

Caracterización de un navegador Web para Hipermedia Física

(Y su impacto en el diseño de aplicaciones)

Agustín Andrés Muñoz

Trabajo final de la carrera

Licenciatura en Informática

de la

*Facultad de Informática,
Universidad Nacional de La Plata,
Argentina*

Directora: Dra. Silvia Gordillo

Codirector: Dr. Gustavo Rossi

Indice

Agradecimientos	3
Capítulo 1 Introducción	4
1.1 Definición del problema	4
1.2 Contribuciones.....	5
1.3 Estructura del documento	6
Capítulo 2 Hipermedia, la Web e Hipermedia Física.....	7
2.1 Introducción a Hipermedia	7
2.1.1 <i>¿Qué es hipertexto?</i>	7
2.1.2 <i>¿Qué es multimedia?</i>	8
2.1.3 <i>Hipermedia</i>	9
2.2 Hipermedia y la Web: introducción y tecnologías	10
2.2.1 <i>Unified Resource Identifier (URI) y Unified Resource Locator (URL)</i>	11
2.2.2 <i>Modelo Cliente-Servidor</i>	12
2.2.3 <i>HyperText Markup Language (HTML)</i>	12
2.2.4 <i>HyperText Transfer Protocol (HTTP)</i>	13
2.2.5 <i>Generación dinámica de contenido</i>	14
2.2.6 <i>Hojas de Estilo en Cascada o CSS</i>	16
2.3 Hipermedia Física.....	18
2.3.1 <i>Mezclando la realidad y el mundo digital</i>	18
2.3.2 <i>Hipermedia para la mezcla de mundos</i>	20
2.3.3 <i>El paradigma de Hipermedia Física (HF)</i>	22
2.4 Conclusiones del capítulo.....	24
Capítulo 3 Navegación en Hipermedia e Hipermedia Física.....	25
3.1 Navegación en Hipermedia y la Web	25
3.1.1 <i>La metáfora</i>	25
3.1.2 <i>Perdidos en el hiperespacio</i>	26
3.1.3 <i>Los navegadores Web y la navegación Web</i>	29
3.2 Navegación en Hipermedia Física	32
3.3 Navegadores Web y dispositivos móviles	36
3.4 Conclusiones del capítulo	40
Capítulo 4 Detección de la realidad e integración con la Web	41
4.1 Sistemas de location sensing	41
4.1.1 <i>Propiedades y problemas de los sistemas de location sensing</i>	41
4.1.2 <i>Modelos generales de location sensing</i>	43
4.2 Técnicas de location sensing	46
4.2.1 <i>Técnicas de location sensing outdoor</i>	46
4.2.2 <i>Técnicas de location sensing indoor</i>	48
4.3 Uso de location sensing en hipermedia física.....	49
4.4 Hipermedia física y location sensing en la Web.....	51
4.5 Conclusiones del capítulo.....	54

Capítulo 5 Un navegador Web para Hipermedia Física.....	55
5.1 Características generales.....	55
5.2 Detección y aumento de la realidad.....	56
5.2.1 Configuración del sistema de location sensing	58
5.2.2 Transformación a URL: Cliente vs. Servidor	62
5.2.3 La Configuración Física.....	69
5.3 Navegación Web física.....	71
5.3.1 El link físico en la Web	71
5.3.2 Asistencia en la navegación física: “El Regreso”	79
5.3.3 Herramientas para la navegación Web física	83
5.3.4 Implementación de las herramientas de asistencia	91
5.4 Impacto en el diseño de aplicaciones	94
5.5 Conclusiones del capítulo	97
Capítulo 6 Conclusiones y trabajo futuro	98
6.1 Conclusiones sobre el trabajo	98
6.2 Trabajo futuro	99
Apéndice: Walker en acción	101
1. Introducción.....	101
2. Detección y aumento de la realidad.....	102
3. Navegación Web física.....	107
Bibliografía.....	114

Agradecimientos

Los primeros agradecimientos tienen como destinatarios a mis padres, a quienes estaré eternamente agradecido por todas las posibilidades que me han brindado y por ser los excelentes padres y personas que son.

También quiero agradecerle a mi abuela, que me recibió en su casa y me brindó su apoyo.

A Matías, Conrado y Nicolás. Que me acompañaron durante toda la carrera y no tuvo que pasar mucho tiempo para que se convirtiesen en mis grandes amigos.

A Barby, por estar siempre conmigo desde que nos conocimos y por acompañarme día a día en cada momento.

Al resto de mi familiares y amigos de siempre y de ahora. Por último quiero agradecerles a Silvia y Gustavo por dirigir este trabajo y por ser siempre tan cordiales.

*Muchas Gracias
Agustín*

Capítulo 1

Introducción

La evolución de la tecnología pone a nuestro alcance una gama de dispositivos pequeños, fáciles de cargar, de grandes capacidades de cómputo y en muchos casos de bajo costo monetario. Esos dispositivos móviles abren un nuevo espectro de posibilidades en cuanto al desarrollo de aplicaciones, donde las variables que afectan su comportamiento no necesariamente viven en el mundo digital sino que pueden ser objetos de la realidad física o circunstancias particulares en el espacio-tiempo. Esto pone en evidencia la necesidad de realizar investigaciones que no solo analicen la incorporación y manejo de esta evolución sino que también estudien cómo afecta a las tecnologías y conceptos ya existentes.

1.1 Definición del problema

Desde hace ya mucho tiempo, los sistemas de hipermedia son una herramienta de software fundamental para la creación, organización y vinculación de información textual, gráfica y sonora. Estos sistemas vinculan dichos contenidos mediante links, los cuales son “navegados” por el usuario utilizando algún sistema navegador de hipermedia como por ejemplo un navegador Web.

Estos navegadores Web, proveen una serie de funciones asociadas a la navegación de una hipermedia tradicional. Entre dichas funciones podemos encontrar la capacidad de navegación de un link, regresar a elementos ya navegados de acuerdo al orden en que se los navegó, el armado de listas de elementos favoritos, entre otras.

La proliferación de dispositivos móviles, como PDA o teléfonos celulares, motiva la inclusión de entidades del mundo real –un cuadro, una estatua, un almacén, etc.- dentro de sistemas informáticos, de manera de aprovechar la movilidad del usuario: a medida que este se desplaza, dentro de un espacio geográfico, puede ser provisto de servicios o información en relación a aquellas entidades con las cuales se cruza.

Como consecuencia de esta motivación, la hipermedia física propone incluir estas entidades en una hipermedia. A través de la misma, se establece una red donde las entidades u objetos físicos poseen una *contraparte digital* (información textual, gráfica y/o sonora), que coexiste con aquellos elementos de un sistema de hipermedia tradicional. De esta manera el usuario puede ampliar sus conocimientos sobre aquellas entidades, incluidas en la hipermedia, a medida que se encuentra físicamente con las mismas.

Uno de los requisitos fundamentales, para la inclusión propuesta, es la determinación de la posición del usuario y la de los objetos físicos dentro de un espacio, así como también la detección de una serie de eventos, como por ejemplo la cercanía a un objeto o el ingreso a un determinado lugar. Este proceso de determinación y detección es conocido con el nombre de location sensing. A partir de este proceso es que se provee al usuario de servicios y/o información.

Esta ampliación del concepto de hipermedia, introduce nuevas características a la navegación de la misma incluyendo, entre otras necesidades, el desplazamiento físico

del usuario. De esta manera se extienden considerablemente las posibilidades en cuanto al soporte que debe brindar el navegador.

Hasta el momento, los navegadores Web diseñados y desarrollados para dispositivos móviles poseen las mismas características que los navegadores Web tradicionales, relegando cualquier consideración sobre las posibilidades inherentes a la movilidad del usuario junto con su dispositivo. Esto es debido a que fueron pensados para acceder a sistemas de hipertexto tradicionales y brindar las mismas características ya establecidas. Los únicos estudios realizados sobre los mismos abarcaban cuestiones relacionadas a la visualización, dado que la pantalla de un dispositivo móvil es considerablemente más pequeña que un monitor de PC.

Actualmente la utilización de un navegador Web como medio para la interacción con sistemas de hipertexto físico no es considerado, imponiendo la necesidad de desarrollar aplicaciones ad-hoc que permitan navegar por dichas hipertextos, y perdiendo una de las ventajas más importantes de los navegadores Web : su ubicuidad. Toda aplicación desarrollada para la Web estará disponible para cualquiera que disponga un navegador Web. Actualmente los navegadores Web son utilizados y conocidos por la gran mayoría de los usuarios.

Existen una gama importante de herramientas y tecnologías que facilitan el desarrollo de sistemas de hipertexto Web tradicionales. Sin embargo, la construcción de un sistema de hipertexto físico Web con dichas herramientas y tecnologías por el momento, no es algo real o viable.

Por lo expuesto anteriormente se ve justificada la realización de un análisis de las características que debe poseer un navegador Web móvil para poder soportar tanto la navegación de un sistema de hipertexto físico como también aquellos conceptos involucrados con la misma, de manera que dichos navegadores se conviertan en medio fundamental para la interacción con los ya mencionados sistemas.

Dentro de este análisis se estudiará cómo las características de los navegadores Web tradicionales se aplican a los sistemas de hipertexto físico, así como también aquellos nuevos conceptos introducidos por este nuevo tipo de hipertexto.

Además, estas características agregarán nuevos requerimientos que deben ser satisfechos por las aplicaciones, imponiendo de alguna manera ciertas pautas en el diseño y desarrollo. Es por esto que también se estudiará cómo las características de estos nuevos navegadores Web influyen en el diseño y desarrollo de sistemas de hipertexto físico.

1.2 Contribuciones

El desarrollo de este trabajo de grado tiene como objetivo global lograr un acercamiento a la materialización de hipertextos físicos en la Web. Esto implica, la capacidad de desarrollar tales hipertextos utilizando las herramientas y tecnologías existentes para el desarrollo de hipertextos Web tradicionales. Para ello se llevará a cabo el análisis y prototipado pertinente, que permitirá determinar las características que deben satisfacer los navegadores Web móviles para navegar una hipertexto físico. A partir de esto se podrán establecer aquellos requerimientos que deben tenerse en cuenta a la hora del diseño y desarrollo de hipertextos con tales características.

Concretamente las contribuciones principales que pretende dejar este trabajo de grado son las siguientes:

- Establecimiento de un conjunto de características que debe satisfacer un navegador Web para hipermedia física.
- Análisis de un conjunto de requerimientos que se deben tener en cuenta para el diseño y desarrollo de sistemas de hipermedia física, basándose en el punto anterior.
- Un prototipo que pruebe los conceptos desarrollados en este trabajo de grado, y que sirva de herramienta para la evaluación de aquellos conceptos investigados, con anterioridad, para hipermedia física.
- Hacer factible el desarrollo de hipermedias físicas utilizando las tecnologías y herramientas existentes para el desarrollo de hipermedias tradicionales.

1.3 Estructura del documento

En el capítulo 2 se darán los conceptos fundamentales en cuanto a Hipermedia y una breve introducción de la Web –como ejemplo de hipermedia- y las tecnologías que involucra. En este mismo capítulo se introducirá el concepto de Hipermedia Física.

En el capítulo 3 se explicará lo investigado y propuesto hasta el momento, en cuanto a la navegación en sistemas de hipermedia, la Web e hipermedia física. Dado que el desarrollo de este trabajo de grado se basa en la caracterización de un navegador Web para Hipermedia Física, este tema es primordial. Se realizará un repaso de las características de los navegadores Web tradicionales y de los navegadores Web en dispositivos móviles, qué problemas atacan y qué modificaciones hacen con respecto a sus antecesores desktop.

En el capítulo 4 se dará una introducción de los conceptos asociados con location sensing; tema fundamental para los sistemas de Hipermedia Física. Dentro de este capítulo se revisaran algunos modelos utilizados en diferentes proyectos.

En el capítulo 5, y ya adentrándose en el trabajo propiamente dicho de esta investigación, se caracterizará detalladamente cómo debe ser un navegador Web para Hipermedia Física. En este capítulo se explicará entre otras cosas, la forma en que se resuelve la navegación física, cómo interactúan el navegador y el servidor Web, la traducción de los conceptos relacionados con las herramientas de asistencia en la navegación Web tradicional (navegación hacia atrás, bookmark, entre otros) en el contexto de hipermedia física y el descubrimiento de nuevas herramientas de asistencia en la navegación. Además se estudiará el impacto que tales características tienen en el diseño de aplicaciones.

Finalmente, en el capítulo 6 se expondrán las conclusiones y trabajos futuros.

Capítulo 2

Hipermedia, la Web e Hipermedia Física

El uso de dispositivos móviles permitió la aparición de una nueva generación de servicios y aplicaciones, donde cuestiones relacionadas a la realidad física son tenidas en cuenta (como la movilidad del usuario, posición geográfica, proximidad a objetos, entre otras). La Web se enfrenta ante una evolución a la hora de brindar tales servicios o aplicaciones. El hecho de que la Web esté construida sobre el paradigma de hipermedia pone a prueba los conceptos existentes, y evidencia la necesidad de generar nuevos conceptos que soporten dicha evolución. En este capítulo se explicarán los conceptos y tecnologías relacionados a la hipermedia y la Web. También se expondrá el concepto de hipermedia física, como extensión del paradigma de hipermedia, y se repasarán algunos de los trabajos que le dieron origen.

2.1 Introducción a Hipermedia

El término **hipermedia** surge a mediados de la década del sesenta, como una conjunción de los conceptos de **hipertexto** y **multimedia**. Con el transcurrir del tiempo este nuevo concepto se transformaría en el paradigma más utilizado para la organización, la presentación y la manipulación de información y contenido digitales.

2.1.1 ¿Qué es hipertexto?

El **hipertexto** puede ser definido como un paradigma para la organización y visualización de documentos o fragmentos de información. La característica fundamental, asociada con este concepto, es el acceso no lineal (o no secuencial) a los contenidos, de manera automática.

Un primer acercamiento al concepto de **hipertexto** –o de acceso no lineal a la información- es el formato del libro de juegos “*Elige tu propia aventura*” [39]. En cada página de este libro se pone al lector en la disyuntiva de la elección de un camino que se seguirá. Una vez planteada la situación, al pie de la página se formulan una serie de preguntas que plantean las opciones respectivas. Junto con cada pregunta se encuentra el número de página donde el lector continuará su lectura, si se decide por la alternativa planteada. De esta manera, el lector elige qué leer de acuerdo con su deseo y salta de una página a otra sin ningún tipo de linealidad o secuencia.

Similar al concepto del libro de juegos, el hipertexto permite el establecimiento de una ligadura entre el nombre de un documento (o fragmentos de información) y el lugar donde se encuentra. Una diferencia fundamental es que el hipertexto se concibe dentro del mundo digital; otra –como consecuencia de lo anterior- es la automatización en el proceso que permite el acceso el documento deseado. El lector solo con seleccionar el nombre del documento, puede visualizarlo automáticamente. Esto provee una mayor fluidez en el acceso a la información.

A continuación se citan algunas definiciones de hipertexto:

“[...] escritura de texto no secuencial que se ramifica y permite opciones al lector, [...] es una serie de fragmentos de texto conectada por enlaces que le ofrecen diferentes caminos al lector [...]”. [47]

“[...] como el uso del computador que trasciende la linealidad, límites y calidad fija de la tradicional forma de escritura de texto”. [12]

“[...] la existencia de una liga o lugar en cualquier parte de un texto almacenado en la computadora que vincule dicho documento con otro lugar en el mismo o en diferente texto, el acceso será rápido y facilitado por botones o cualquier otra herramienta para una navegación no-lineal”. [32]

Lo particular del hipertexto es que permite establecer dichas ligaduras en cualquier parte de un documento y entre distintos documentos (o fragmentos de información), o incluso entre distintas partes del mismo documento. Formalmente a esas ligaduras se las conoce con el nombre de *link* y a los documentos (o fragmentos de información), con el nombre de *nodos*. A la marca que permite visualizar la existencia del link (ej. el nombre del documento que se alcanzará) se la conoce como *anchor*.

Una de las ventajas que se desprenden de las características del **hipertexto**, es la posibilidad de establecer relaciones conceptuales o semánticas entre los nodos, mediante la utilización de los links y anchors, lo que permite la construcción una red. Esto facilita la manipulación de grandes volúmenes de información, y le permite al lector –llamado a partir de ahora usuario- el acceso directo a la información que desea.

2.1.2 ¿Qué es multimedia?

Si bien el término **multimedia** es utilizado en una gran gama de contextos –como el entretenimiento, la publicidad, la educación, el arte, entre otros- dentro del contexto de la informática, se asocia con contenidos digitales, como por ejemplo texto, sonido, imágenes, video, animaciones, etc.

Entre los objetivos principales del uso de dichos contenidos, podemos mencionar el del enriquecimiento de la experiencia del usuario, en cuanto a la asimilación o comprensión de cierta información.

A través de una computadora se pueden controlar una gran diversidad de dispositivos –tales como parlantes, luces, videocámara, etc.- dentro de una presentación continua y preprogramada. A este tipo de presentación se la suele denominar *sistema de multimedia lineal* o pasivo [29]. En contraposición con este tipo de sistemas se encuentran los *sistemas de multimedia interactivos* [29]. Estos últimos recogen un nivel más alto de transferencia de información, dado que proporcionan un entorno hecho a medida en el que los usuarios reciben y envían información, o conocimiento; y en cierta medida, participan de este proceso.

Para ejemplificar, podríamos tomar una empresa que vendiera productos y que poseyera un catálogo que enviará a sus clientes. Antiguamente, para lograr esto se utilizaban folletos, revistas o hasta inclusive películas. Si el contenido –por ejemplo el de la película- se almacenara digitalmente en una computadora, se convertiría en un sistema de multimedia lineal, y los clientes serían actores pasivos que mirarían el monitor. En cambio, si al cliente se le obligara a intervenir en la elección del fragmento de película que quisiera ver, el sistema se denomina de multimedia interactivo.

Si bien no existe una definición formal del término **multimedia** en [29] se define de la siguiente manera:

“Una combinación de informaciones de naturaleza diversa, coordinada por el ordenador, y con la que el usuario puede interactuar”

El hecho de que se utilice la palabra “información” y la frase “interacción con el usuario”, cuando se trata de definir el término **multimedia**, crea confusión al momento de diferenciarlo del concepto de **hipertexto**. En [15] se explica esa diferencia de la siguiente manera:

“Solo cuando los usuarios toman el control interactivamente de un conjunto de links a través de unidades de información, hace que un sistema sea un hipertexto. Se dice que la diferencia entre multimedia e hipertexto es similar a la diferencia que existe entre mirar una filmación de un viaje y realizar el viaje.”

“Un tipo de sistema de multimedia que se confunde a menudo con hipertexto es el video interactivo [...] muchos videos interactivos reducen al usuario al rol de televidente pasivo que solo selecciona, de un menú, algo para ver”

“La razón por la que no es hipertexto es que el usuario no tiene posibilidad de interactuar con la película o video una vez que haya comenzado.”

“En otras palabras, la granularidad de interacción es demasiado gruesa como para hacer sentir al usuario que tiene el control y la posibilidad de explorar el espacio de información”

Entonces se puede concluir en que **multimedia** es información, en distintos formatos digitales (sonido, texto, imágenes, video, etc.) y un sistema de multimedia se caracteriza por la linealidad o baja interacción permitida al usuario.

2.1.3 Hipermedia

Como se dijo en primera instancia, **hipermedia** es una conjunción de hipertexto y multimedia. Esto lleva a pensar en la hipermedia como un hipertexto enriquecido con elementos de multimedia, y se extrae el mayor provecho de ambos conceptos.

De esta manera se presenta la información con elementos multimediales (texto, imagen y sonido) y se organiza mediante una estructura de hipertexto, donde los links ahora no sólo relacionan documentos o información, sino que también pueden relacionar elementos multimediales.

Los conceptos de nodo, link y anchor mantienen su validez para la hipermedia, de hecho son fundamentales para su estudio. La mayoría de los métodos de diseño de hipermedia utilizan estos conceptos.

Algunas de las definiciones más sencillas que podemos encontrar de **hipermedia** en la literatura son:

- “Hipermedia simplemente extiende la noción de texto en el Hipertexto incluyendo información visual, sonora y otros tipos de datos [...]” [47]
- “Hiper-media son presentaciones que se ramifican, en respuesta a las acciones del usuario, o sistemas de palabras o imágenes preorganizadas que se pueden

explorar libremente o consultarse a través de estilos específicos. Ellas no serán “programadas” sino diseñadas, escritas, dibujadas y editadas [...]” [47]

- “Hipermedia es una extensión de la idea de Hipertexto que incorpora otros componentes tales como: video, ilustraciones, diagramas, voz y animación, así como imágenes generadas por computadora. Generalmente un autor crea las ligas o links entre los distintos medios; texto, gráficos, diagramas, fotografías, video, música, películas u otros medios [...]” [32]
- “Hipermedia es una extensión de Hipertexto, un concepto que designa narrativa altamente interconectada o información vinculada.” [3]

En [22] se da una definición de hipermedia sobre la base de los objetivos principales de su uso:

“Hipermedia es un concepto que permite estructurar la información como si fuera una red asociativa de nodos e interrelacionarlos con links. Esto libera al usuario de la estructura lineal que predomina en la mayoría de los documentos. Presentar la información como una red asociativa permite a los usuarios acceder a la información de la manera más apropiada para sus objetivos o propósitos.”

Manfred Thüring, Jörg Hannemann y Jörg M Haake en [20], acerca de la utilidad de hipermedia, afirman lo siguiente:

“En un sentido más amplio, hipermedia incrementa la comprensión. A través del proceso de estructuración de la información como una red asociativa se logra un mejor entendimiento de ella”

Asociado con el concepto de hipermedia, y en cierta manera heredada del hipertexto, se encuentra la noción de *navegación*. Si se utilizan nodos, links y anchor se puede construir una red. A medida que el usuario selecciona, de un nodo, un anchor que lo lleva a otro nodo, puede recorrer dicha red. A este proceso, en el que se “atravesas” el link, se lo conoce con el nombre de navegación o “navegar el link”.

Dado que este trabajo de grado está fuertemente ligado al concepto de navegación se dedicará un capítulo en el que se explicarán y extenderán dichos conceptos.

2.2 Hipermedia y la Web: introducción y tecnologías

La Web, formalmente conocida con el nombre de World Wide Web, es uno de los medios de acceso a información digital más utilizados en el mundo. Dada su estructuración y tecnologías componentes, se puede decir que nos encontramos con el espacio más grande de almacenamiento de hipermedias. Un espacio común a nivel mundial, compuesto por documentos, textos, imágenes, videos, etc., llamados de manera general *recursos* o *recurso Web*, muchos de ellos relacionados mediante links, y a través de los cuales se puede navegar.

Una de las características fundamentales de la misma, es el uso de Internet como plataforma subyacente, para la entrega de los recursos mencionados. El hecho de que Internet sea la plataforma subyacente, permite que todo aquel que se encuentre conectado a tal red, navegue por la Web y acceda a sus recursos. Esto permitió que la Web alcance una masividad nunca antes vista, para un medio de comunicación.

Uno de los recursos Web más significativos es la página Web. Esta, es un documento electrónico que contiene elementos multimediales. Entre distintas páginas Web se establecen links que permiten ir de una página a otra. A partir de esto, se puede dar una interpretación técnica al concepto de hipermedia en la Web de la siguiente manera:

“En un primer acercamiento, una hipermedia en la Web es un conjunto de páginas Web relacionadas con links que en su totalidad encierran un propósito, tema o concepto común.”

Ejemplos de esto puede ser el conjunto de páginas que forman el sitio Web de la Biblioteca Pública Nacional o el sitio Web de una banda de Rock.

La Web esta construida sobre la base de 4 conceptos, tres de los cuales son estándares definidos por la W3C [41], consorcio encargado de definir los estándares Web. Estos 4 conceptos son: unified resource identifier (URI), el modelo cliente-servidor, hypertext markaup language (HTML) y hypertext transfer protocol (HTTP).

En un principio, la Web se caracterizaba por contener información estática. Cuando se solicitaba una página Web, esta siempre tenía el mismo contenido. La única forma de que dicho contenido se modificara carecía de automatización –una persona modificaba manualmente el archivo-. Esto motivó a que la Web experimente una evolución y apareciera el concepto de generación dinámica de contenido Web.

Otro de los elementos que componen la Web, de interés para esta tesis son las hojas de estilo en cascada o CSS. Más adelante se dará una breve explicación del concepto.

2.2.1 Unified Resource Identifier (URI) y Unified Resource Locator (URL)

Un identificador de recurso unificado (Unified Resource Identifier), a partir de ahora llamado URI, no es más que un identificador utilizado con el objetivo de referenciar a uno y solo un recurso Web. De esta forma cualquier usuario puede acceder al recurso de manera unívoca a través de Internet. En [46] se caracteriza al concepto de la siguiente manera:

- **Uniforme:** la uniformidad provee varios beneficios. Permite que diferentes tipos de identificadores de recursos sean usado en el mismo contexto, inclusive cuando el mecanismo utilizado para acceder a dichos recursos pueda diferir. Permite una interpretación semántica uniforme de convenciones sintácticas comunes a través de diferentes tipos de identificadores de recursos. Permite también que el identificador sea reutilizado.
- **Recurso:** el término recurso es utilizado en un sentido general para cualquier cosa que pueda ser identificada por un URI. Ejemplos de estos recursos pueden ser un documento electrónico, una imagen, un servicio, entre otros.
- **Identificador:** contiene la información requerida para distinguir qué esta siendo identificado de las demás cosas dentro del mismo alcance de identificación. El uso del termino identidad e identificación hace referencia al hecho de distinguir un recurso de todos los demás.

Retomando el ejemplo del libro de aventuras –Elije tu propia aventura [39]- utilizado para la explicación del concepto de hipertexto, se puede establecer una

comparativa entre estos y las URL. Al pie de cada página –en estos libros- aparecen una serie de preguntas que le presentan al lector las alternativas a seguir. Con cada pregunta se tiene la página donde se debe continuar la lectura. Las URL entonces, son el equivalente a los números de páginas a continuación de cada pregunta. Esta información es la que se utiliza para navegar los links.

El término Unified Resource Locator (URL) es utilizado para hacer referencia a un subconjunto de URI's [46]. Además de identificar al recurso especifica el mecanismo de acceso primario al mismo. Históricamente el término URL se utilizó como un sinónimo para URI. Uno de los mecanismos de acceso, es el conocido Hypertext Transfer Protocol (HTTP) explicado más adelante. De ahora en adelante se utilizará el término URL como sinónimo de URI.

2.2.2 Modelo Cliente-Servidor

El modelo Cliente-Servidor está fuertemente ligado al surgimiento de las redes de computadoras y a las aplicaciones distribuidas.

El Cliente es una aplicación o proceso, ejecutándose en una máquina perteneciente a la red, que realiza solicitudes a otra aplicación o proceso denominado Servidor, ejecutándose por lo general en una máquina distinta a la del Cliente.

Este modelo es altamente utilizado en situaciones donde el servidor realiza la mayoría del procesamiento o aloja ciertos recursos que se desean distribuir en una red.

El ejemplo más cotidiano de este modelo es el que encontramos en la Web, donde los clientes Web solicitan páginas Web a los servidores que las alojan.

En cuanto a hipermedia se refiere, el usuario es el que cumple el rol de cliente (mediante el uso de una aplicación llamada navegador), mientras que el servidor es quien almacena dicha hipermedia y brinda acceso a la misma.

En esta tesis, hay un mayor foco en el análisis y caracterización del cliente, sin embargo también se analizará el impacto en el servidor debido a las características de dicho cliente.

2.2.3 HyperText Markup Language (HTML)

HTML es un lenguaje de marcado (markup language) que se utiliza para construir una hipermedia. Específicamente, usando HTML se pueden crear páginas Web con contenido multimedial y links a otras páginas.

En [40] se define al lenguaje HTML de la siguiente manera:

“Con el objetivo de publicar información de distribución global, se necesita un lenguaje universalmente entendido, una especie de lengua madre de publicación que todas las computadoras pueden potencialmente entender. El lenguaje de publicación usado por la World Wide Web es HTML”

Este lenguaje de marcado fue originalmente definido por Tim Berners-Lee, el padre de la Web, y luego desarrollado por la organización Internet Engineering Task Force (IETF).

En la última versión de HTML [38] se pueden identificar, básicamente, tres secciones importantes, que definen el esqueleto de una página Web. En la figura 1 se puede ver un ejemplo de código HTML:

- **El Document Type Definition (DTD):** permite especificar la versión de HTML que se utiliza para desarrollar la página Web. Esto sirve para determinar la correctitud en la escritura de la página.
- **El encabezado o Header:** contiene información acerca del documento, que no es considerada como parte del contenido –a visualizarse- del mismo, por ejemplo el título, palabras claves para motores de búsqueda Web etc. Un uso particular de esta sección es para la definición de metadatos.
- **El cuerpo o Body:** en esta sección es donde se define el contenido a mostrar, como texto, imágenes, anchors, etc.

```

<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.0 Transitional//EN">
<HTML>
<HEAD>
  <TITLE> Mi Página Web </TITLE>
</HEAD>
<BODY>
  "Contenido de la página Web"
</BODY>
</HTML>

```

Figura 1: Ejemplo del lenguaje HTML

La sección de una página Web HTML de mayor interés para este trabajo es la del HEAD. En la explicación previa se habló de la especificación de metadatos. En una breve definición, un metadato o metainformación es información no de contenido sino acerca del contenido, es decir, es información que caracteriza la información.

En dicha sección de la página, se suelen incorporar propiedades relativas al documento, como por ejemplo el autor de la página, palabras claves asociadas al contenido de la página, etc. A su vez también es posible la especificación de metadatos relacionados con otros menesteres como por ejemplo, si la página puede ser almacenada en memoria cache (para un acceso más rápido), fecha en que expira el documento (deja de ser válida la información), entre otros.

Otras de las funciones de esta sección es la de especificar ciertos archivos que van adosados a la página Web, como puede ser un archivo de estilos (para la presentación) o un archivo de funciones de script (para manipular dinámicamente el contenido de la página Web).

Estos últimos puntos, relacionados a los metadatos y archivos adosados, han de ser remarcados dado que cumple un rol vital en el desarrollo de este trabajo de grado y en particular, en el desarrollo del prototipo. Más adelante se explicará su uso.

2.2.4 HyperText Transfer Protocol (HTTP)

HyperText Transfer Protocol, a partir de ahora HTTP, es un método utilizado para transferir o transportar información a través de la Web. Su propósito original fue el

de brindar un medio para la publicación y acceso a páginas Web construidas mediante el uso del lenguaje HTML.

El desarrollo del protocolo fue coordinado por el World Wide Web Consortium (W3C) y el Internet Engineering Task Force (IETF), culminando en la publicación de una serie de Request For Calls (RFC), destacándose la RFC 2612 [45] donde se define HTTP/1.1, la versión del protocolo comúnmente usada en la actualidad

El protocolo se caracteriza por su esquema solicitud y respuesta (request/response) entre clientes y servidores. El cliente solicitante (navegador Web, spider, o aplicación) es llamado *user agent*. Este user agent, especifica los recursos que desea acceder mediante URL's. El servidor, que aloja y/o crea recursos Web, se lo llama servidor origen.

La primera versión de HTTP, conocida con el nombre de HTTP/0.9, fue un protocolo simple para transferencia de datos “crudos” a través de Internet. Luego el protocolo continuó su evolución permitiendo que los mensajes contengan *metainformación* acerca de los datos transferidos o sobre la semántica de la solicitud o respuesta.

Básicamente, cuando un cliente desea acceder a cierta información, envía una solicitud HTTP al servidor con el siguiente formato:

- *Método de la solicitud*: entre los más conocidos se puede destacar el método GET y POST.
- *URL*: como medio para la ubicación del recurso.
- *Mensaje MIME-like*: este mensaje contiene información de distinta índole, como información del cliente, datos de aplicación, entre otros.

Cuando el servidor recibe la solicitud HTTP, tiene acceso a toda la información contenida en la misma. Por lo general, el servidor utiliza esa información para realizar cierto procesamiento previo al envío de la respuesta al cliente

En particular, para el presente trabajo de grado, interesa la sección de la solicitud HTTP conocida como HEADER. Esta sección es la indicada para pasar metainformación al servidor respecto de las características de la solicitud y del cliente.

En las solicitudes HTTP pueden agregarse datos ingresados por el usuario. Esta información puede ser utilizada por el servidor para realizar determinado procesamiento de acuerdo a los valores de dichos datos.

Esta posibilidad de enviar datos ingresados por el usuario –así como también los metadatos– en la solicitud, puede ser utilizada para devolverle al cliente una página Web cuyo contenido se genera en el momento. Es decir, en base a los valores específicos de los datos, se crea el contenido de la página Web solicitada. A distintos valores, distinto será el HTML de la página. Esto es parte de lo que se conoce con el nombre de generación dinámica de contenido o páginas Web dinámica.

2.2.5 Generación dinámica de contenido

La generación dinámica de contenido aparece como un requerimiento ante las nuevas exigencias sobre la Web. En un principio, la Web se caracterizó por contener información estática. Las páginas Web encerraban siempre la misma información, o sea, eran páginas Web estáticas. Hasta tanto una persona no modificaba manualmente el archivo de la página, esta permanecía igual.

Con el tiempo comenzaron a plantearse nuevos retos, como por ejemplo, la posibilidad de que la página Web contenga información relacionada al día particular en que se la accedía o información basada en datos ingresados por el usuario. Todo esto, sin que interviniera una persona que manualmente cambiara el contenido de la página. Esto evidenció la necesidad de nuevas técnicas que permitiesen el desarrollo de tales características, o sea, que posibiliten la generación dinámica de contenido.

Una de las primeras técnicas de generación dinámica de contenidos fue CGI (Common Gateway Interface) [44]. Esta técnica es un protocolo estándar que permite a un servidor pasar una solicitud de un cliente Web a una aplicación externa. Esta aplicación genera –en tiempo de ejecución– una respuesta, basándose tal vez en datos que obtiene en el momento. Esta respuesta es la que se le envía al cliente que realizó la solicitud. En la figura 2 se puede ver el esquema de CGI:

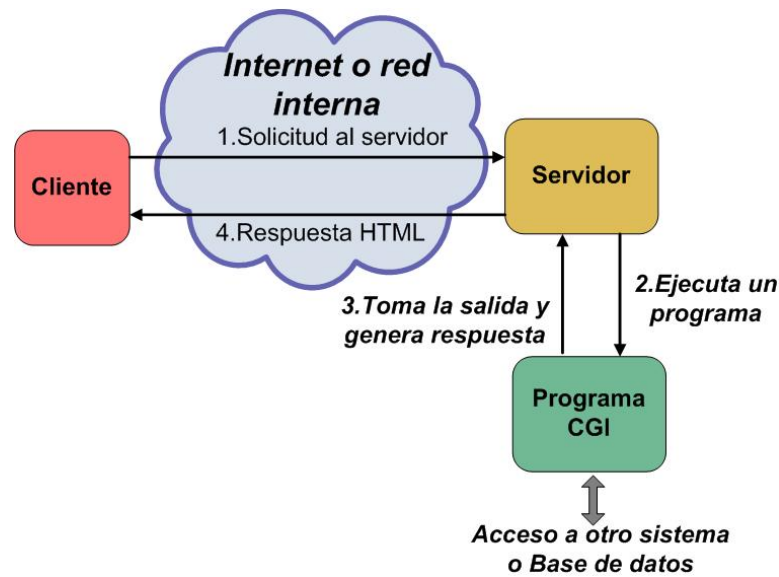


Figura 2: Esquema de CGI

El advenimiento de CGI permitió la implementación un nuevo gran conjunto de funcionalidades relacionadas con las páginas Web. Un programa CGI puede acceder a una base de datos, comunicarse con otros programas o realizar algún procesamiento de acuerdo a datos ingresados por el usuario. La respuesta de estos programas se escribe utilizando HTML y es generada al momento, para ser enviada al cliente luego de la ejecución de los mismos.

Estos programas pueden escribirse utilizando muchos de los lenguajes de programación más conocidos como C, C++, Pearl, Java.

Un aspecto anecdótico de CGI es que su capacidad de generación de contenido dinámico, surgió como un efecto lateral de su propósito inicial: definir un método estándar para que un servidor se comunique con aplicaciones externas [17].

Si bien CGI provocó una explosión en cuanto a nuevas posibilidades sobre la Web, tiene algunas desventajas:

- Una gran sobrecarga (overhead) al iniciar un proceso del sistema operativo por cada solicitud de cliente Web.
- Una gran sobrecarga en la carga y ejecución de un programa para cada solicitud.

- La necesidad de una tediosa y repetitiva codificación para manejar el protocolo de red y la decodificación de la solicitud.

Con el transcurrir del tiempo, nuevas tecnologías que permiten la generación dinámica de contenido aparecieron. Algunas de las más conocidas son:

- **PHP:** es un lenguaje de programación para la generación dinámica de contenidos. Puede embeberse en las páginas Web, es decir, el código PHP puede estar entremezclado con el HTML. Se caracteriza por ser interpretado.[5]
- **Java Servlets API:** creada por Sun, esta API permite generar contenido dinámico utilizando la plataforma Java. Si bien el contenido es por lo general HTML, en varios escenarios suele generarse XML o algún formato de transferencia de datos. Un servlet es un objeto Java que atiende las solicitudes de clientes Web devolviéndoles una respuesta, luego de realizar algún procesamiento. Estos servlets se ejecutan dentro de un servidor y pueden ser accedidos mediante URL's. [17]
- **Java Server Page:** es una tecnología Java creada sobre la base de Java Servlet API. Permite el desarrollo de páginas Web con contenido dinámico utilizando un lenguaje de marcado. Algunas instrucciones Java pueden ser entremezcladas con el HTML. [51]
- **Active Server Page:** desarrollada por Microsoft, esta tecnología permite la construcción de páginas Web dinámicas utilizando un lenguaje de scripting que se ejecuta en el servidor. [35]

En resumen, todas estas tecnologías permiten la generación dinámica de contenidos. Cada una lo hace de manera distinta, pero pueden encontrarse algunas similitudes como por ejemplos que los elementos –o componentes- que generan el contenido dinámicamente, son accesibles a través de una URL.

2.2.6 Hojas de Estilo en Cascada o CSS

Las *hojas de estilo en cascada* o **CSS** (Cascading Style Sheet) son un mecanismo para la visualización de las páginas Web [37]. Básicamente un CSS es un conjunto de instrucciones –escrito en un lenguaje particular- para indicarle al cliente Web cómo se debe visualizar un nodo de la hipermedia, o sea, como mostrar una página Web en la pantalla.

El concepto detrás de esta tecnología es la separación del contenido (o estructura) de la presentación. Es decir separar lo que contienen una página Web –nodo de hipermedia- de cómo será visualizado en la pantalla.

Una página Web puede contener un CSS y cuando el cliente obtiene dicha página, interpreta el CSS y sigue las órdenes allí establecidas para mostrar la página. El lenguaje utilizado fue especificado por la W3C. Un ejemplo de este lenguaje puede verse en la figura 3.

```

...
body {background-color: yellow}
h1 {background-color: #00ff00}
h2 {background-color: transparent}
p {background-color: rgb(250,0,255)}
p.dotted {border-style: dotted}
...

```

Figura 3: Ejemplo de CSS

Este lenguaje permite la definición de algunas propiedades visuales simples (como colores, estilo de bordes, fuentes de letras, etc.) y otras más complejas, como las relacionadas a la posición de los elementos en la pantalla, layout, las clases entre otras.

Básicamente existen dos formas de especificar el contenido de un CSS:

- *Embebido*: las instrucciones de visualización se encuentran directamente en la página Web junto con el HTML de la misma.
- *Archivo .css*: las instrucciones de visualización se encuentran en un archivo separado cuya extensión es .css, y en la página Web se especifica una referencia a dicho archivo para que pueda ser alcanzado.

Como se ve en la figura 4, ambas alternativas requieren necesariamente que sean especificadas en la página Web que se visualizará. Lo que evidencia que, para poder utilizar un estilo, éste debe figurar de una forma u otra en la página Web.

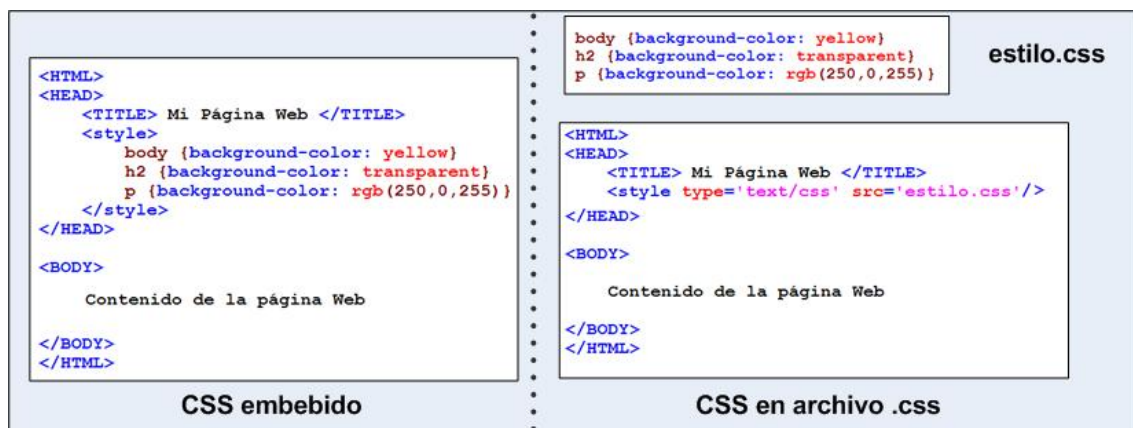


Figura 4: Ejemplo de CSS embebido y archivo .css

Lo interesante de CSS es que desde el punto de vista de la hipermedia, ésta es una forma de especificar la visualización del contenido de un nodo. Y, en el caso de utilizar la especificación mediante archivos, el estilo puede ser compartido por cualquiera de los nodos. Así se puede reutilizar y controlar la visualización entre los nodos de una hipermedia.

Uno de los conceptos que encierra CSS será utilizado –aunque no directamente– más adelante, para el desarrollo de este trabajo de grado.

2.3 Hipermedia Física

La idea de fusionar la realidad física que nos rodea con el mundo virtual o digital en un mismo ambiente, es objeto de varios estudios y experimentos. La principal motivación de esta fusión, es la de “enriquecer” nuestra percepción de lo que nos rodea con información digital. Este enriquecimiento tiene varios propósitos que abarcan, entre otros, el aumento del conocimiento sobre algo que estamos presenciando físicamente, el entretenimiento o el soporte en tareas laborales.

Muchas áreas de la informática han atacado distintos aspectos de esta fusión físico-digital. La hipermedia física es una de ellas y se vale del paradigma hipermedial para aumentar la realidad física.

A continuación se hará un breve repaso de distintos trabajos en los cuales la hipermedia física encuentra sus orígenes. Luego se dará una definición del concepto.

2.3.1 Mezclando la realidad y el mundo digital

Uno de los primeros enfoques en el que se unía la realidad física con el mundo digital es la Realidad Aumentada (Augmented Reality), presentada por primera vez en [31] a mediados del año 1993.

Este enfoque se define en contraposición a la realidad virtual: en lugar de introducir al usuario en un ambiente puramente digital, el principal objetivo de AR es aumentar los objetos del mundo real con información digital [52]. De esta manera la persona que se encuentra dentro de una realidad aumentada puede interactuar con los objetos físicos sobre los cuales puede reconocer algún tipo de aditamento digital, por lo general del tipo visual.

En la figura 5 se ve un ejemplo de realidad aumentada donde se visualiza información sobre una tienda de ropa, además se reconoce información acerca de la calle y la posición geográfica. Todo sobre los objetos de la realidad física. En este caso, se utiliza un casco especial que permite aumentar la visión sobre los objetos.



Figura 5: Realidad Aumentada

En [52] se proponen tres posibles maneras de aumentar los objetos de la realidad física basadas en quién carga con el dispositivo que proyecta la información:

- **Aumentar al usuario:** este lleva consigo un dispositivo que le permite obtener información sobre los objetos físicos que tiene enfrente.
- **Aumentar al objeto físico:** al objeto se le adiciona algún dispositivo para poder generar el aumento digital. Esto puede generar que los objetos físicos cambien de acuerdo a lo que esté delante de ellos.
- **Aumentar el ambiente que rodea al usuario y a los objetos:** ni el usuario, ni los objetos son directamente afectados. En cambio, se dispone de un conjunto de dispositivos que recolectan y proporcionan información sobre el ambiente circundante, desplegando información sobre los objetos y capturando información acerca de las interacciones entre el usuario y los objetos.

Dentro de estas alternativas de aumento, la primera parecería la más viable en la actualidad en cuanto a uso masivo, dado la proliferación de los dispositivos móviles. En particular, la información asociada a los objetos no se visualizaría sobre los mismos, como se ve en la figura 5, sino en la pantalla del dispositivo.

Los sistemas de información basados en posicionamiento (location-based systems), al igual que el concepto de realidad aumentada, tratan de enriquecer la realidad con información digital. En este caso, se asocia información digital a lugares específicos en el espacio (o posiciones geográficas) para que luego, usuarios con sus dispositivos móviles puedan acceder a dicha información en el momento que arriban al lugar.

El proyecto GeoNotes [7] –al igual que [6]– es un ejemplo de este tipo de sistemas donde se intenta discutir su uso masivo. En particular, el prototipo desarrollado permitía a los usuarios dejar notas digitales en lugares específicos mientras permanecía allí. Estas notas podían ser leídas por cualquier usuario que visitara el lugar con posterioridad.

Un trabajo publicado en 1994 por Paul Mignard y Fumio Kushino [30] estableció una taxonomía de las aplicaciones que, en alguna medida, involucraban la mezcla del mundo virtual y físico. A este tipo de tecnologías y aplicaciones se las aglutinó bajo el nombre de *Mixed Reality*. Entre los conceptos expuestos en ese trabajo se encontraba el de *virtuality continuum* (serie continua de la virtualidad) cuyos extremos opuestos eran el mundo físico y digital; y de un extremo a otro se establece la taxonomía de acuerdo a si la realidad física es aumentada con la digital o al revés. Dentro de esta taxonomía se encuentra la realidad aumentada explicada anteriormente. En la figura 6 se puede ver el esquema de *Mixed Reality*.

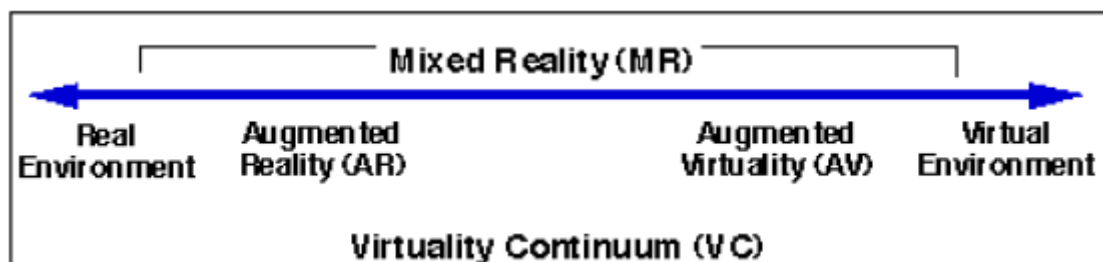


Figura 6: Representación simplificada del virtuality continuum

Los dispositivos móviles y su movilidad inherente proveen nuevas alternativas para el desarrollo de aplicaciones *Mixed Reality*.

2.3.2 Hipermedia para la mezcla de mundos

Como se mencionó en secciones anteriores, la hipermedia es una de las herramientas más poderosas en la actualidad para la organización de contenidos e información. Basados en esta premisa, se plantearon varias propuestas para construir aplicaciones *Mixed Reality* utilizando el paradigma hipermedial.

Estos trabajos, en distintas maneras, tratan de estudiar los nuevos desafíos que se plantean –como la movilidad del usuario, posición geográfica, proximidad a objetos de la realidad, lugares y espacios físicos, entre otros- a la hora de interactuar con la aplicación.

Un ejemplo de esto, es el sistema de información basado en posicionamiento [1], donde se utiliza la posición del usuario dentro de un espacio físico (como un supermercado), para proveerle información digital en su PDA.

Otros trabajos trataron de explotar aún más los conceptos relacionados a la hipermedia, para aumentar el mundo físico con el digital. Estos, no solo tratan de proveer hipertexto y contenido multimedial de acuerdo a la posición geográfica del usuario, sino que también incluyen la movilidad (o desplazamiento), contexto físico del usuario (tiempo, entidades circundantes, visibilidad, etc.) y representaciones digitales de los objetos físicos dentro de una hipermedia.

Estos trabajos intentaron proveer diversas funcionalidades como por ejemplo: ejecutar búsquedas de acuerdo al contexto físico, establecer relaciones semánticas entre objetos de la realidad, soporte en el desplazamiento geográfico (por ejemplo al caminar), presencia de objetos reales en la Web, anotaciones digitales tanto a objetos como a lugares, soporte para guías turísticas, entre otras. Todo esto siempre en el marco de la hipermedia como paradigma.

HyCon [24], es un framework para hipermedia móvil context aware que trató alguno de estos temas. En este proyecto se toma el contexto físico del usuario, como la ubicación, tiempo, objetivo, etc., a la hora de navegar, anotar, buscar y conectar (linking) dentro de una hipermedia. Uno de los aspectos interesante de HyCon es la propuesta de tener una representación digital de entidades de la realidad física a partir de su ubicación en el espacio:

“Dado que los objetos físicos están caracterizados por posicionarse en el espacio y tiempo, podemos capturar y retribuir información sobre ellos...” [24]

En [10] se muestran una serie de aplicaciones desarrolladas con HyCon, como por ejemplo el HyCon Tablet PC Prototype (ver figura 7) y el SVG-based client framework, donde aplican los conceptos expuestos anteriormente.

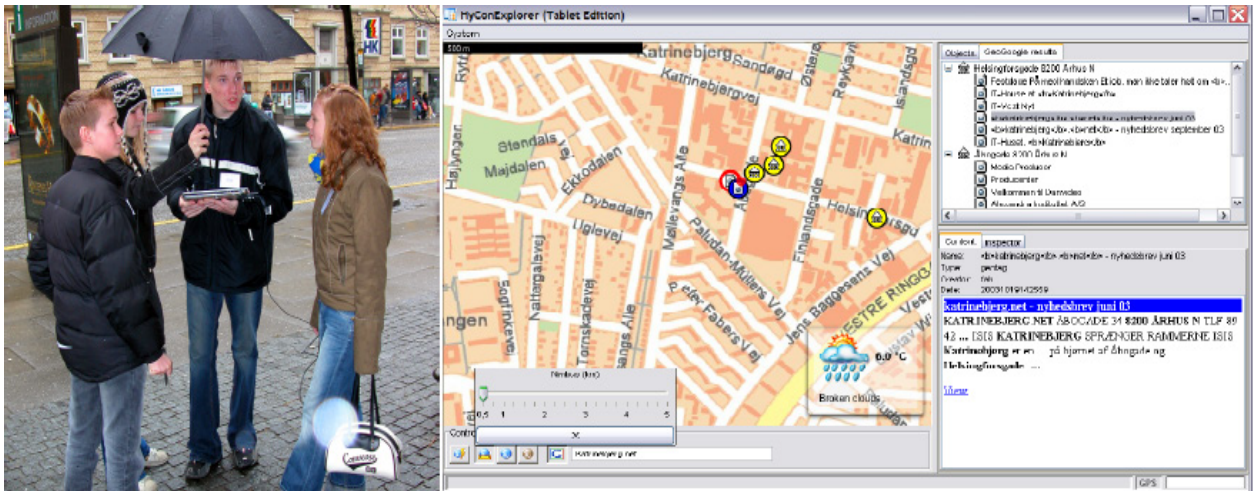


Figura 7: Usuarios realizando anotaciones en el navegador HyCon para Tablet PC

Uno de los primeros trabajos que atacó el desafío de mezclar la realidad física y el mundo digital mediante hipermedia es HyperReal [19]. En este trabajo se presenta un modelo genérico de hipermedia que es utilizado como framework para construir aplicaciones context aware y Mixed Reality. Aspectos como las entidades del mundo real, documentos virtuales, el espacio y tiempo son considerados en este trabajo para extender el conocido Dexter Hypertext Reference Model [9].

Otro trabajo precursor, es el realizado en el laboratorio de Hewlett Packard en Palo Alto. Aquí se desarrolla un proyecto denominado Cooltown [43] donde tratan de explotar las posibilidades propuestas por la Web, redes wireless y dispositivos móviles para lograr una “presencia Web” de personas, lugares y cosas.

En [28] y [50] se define como presencia Web a una representación Web de una entidad (persona, lugar o cosa del mundo físico). Esta representación consiste principalmente en un conjunto de páginas Web que describen a la entidad, accesibles a través de una URL. Esta URL puede ser obtenida ante la presencia física de la entidad, es decir al enfrentarse físicamente con la misma (entrar al lugar o ubicarse enfrente de la persona o cosa en cuestión). Algunos de los prototipos desarrollados en este proyecto incluye uno de los ejemplos más conocido de este tipo de aplicaciones: “El visitante del Museo”. En este ejemplo (ver Figura 8) el usuario recorre el museo con su dispositivo móvil y a medida que lo hace recibe información digital (presencia Web) de los objetos que se encuentra en su camino. Por ejemplo, al pararse frente a un cuadro puede ver, en su dispositivo móvil, información sobre el autor, etc.



Figura 8: Pantalla de PDA del visitante del Museo

Lo interesante de estos últimos trabajos son los distintos usos o adaptaciones que fueron haciendo al paradigma hipermedial para ajustarse a los retos de mezclar la realidad y el mundo virtual.

Por último, y antes de pasar a hablar propiamente del concepto de hipermedia física, vale mencionar el proyecto proximity [34]. Este proyecto propone ensanchar el alcance de la Web desde el mundo virtual al real.

A demás de continuar con el concepto de presencia Web propuesta en [28] y [50]; una de las ideas principales de este proyecto consiste en la extensión de la metáfora de “navegar un link”, al mundo físico. Entre las entidades físicas se establecen links (con alguna relación semántica) y el usuario debe literalmente caminar el link para navegarlo. Esto significa que debe desplazarse geográficamente hacia donde se le indica (posiblemente esto se una indicación de tipo digital en su dispositivo móvil) para alcanzar la entidad de interés. A este concepto se lo conoce como “walk the link”.

Los trabajos mencionados hasta el momento son algunos de los tantos que se pueden encontrar cuyo objetivo es el de mezclar el mundo real y mundo digital. Dentro de estos trabajos surge el concepto de hipermedia física que se desarrollará a continuación.

2.3.3 El paradigma de Hipermedia Física (HF)

El primer trabajo que introdujo el concepto de hipermedia física fue [18]. Aquí se le da una definición más bien informal al concepto. En este caso, se utiliza el término para dar nombre a un conjunto de aplicaciones relacionadas a un dominio particular. En este dominio, la información tanto digital como aquella existente en el mundo físico (documentos en papel, radiografías, planos, etc.) se organiza mediante una hipermedia:

“Necesitamos desarrollar técnicas que hagan que lo objetos del mundo físico sean objetos de primera clase en un sistema de hipermedia, esto motiva enfocarse en lo que nosotros denominamos hipermedia física”

Un posterior trabajo que refinó el concepto de hipermedia física fue [4], como una formalización al concepto de sistemas de información ubicuos (Ubiquitous Information Systems). La definición particular que se da en este trabajo es la siguiente:

“El término Hipermedia Física es usado para describir cualquier sistema de hipermedia que trata con propiedades del mundo físico, como objetos del mundo real, sistemas de locación o dispositivos móviles”

Un tercer trabajo donde se utiliza el término hipermedia física es [13], donde se propone una extensión a un modelo para el diseño de hipermedia, ahora incluyendo aspectos de la realidad física:

“... una forma de aplicar tecnologías wireless y de location sensing para soportar el conocimiento y manejo de información en el ciberespacio: el paradigma de hipermedia física”

En la hipermedia física los objetos de la realidad son aumentados con información digital accedida por un usuario, a través de su dispositivo móvil, a medida que se mueve.

Los objetos son considerados como nodos de una red y por lo tanto relacionados con otros nodos. Estos nodos pueden representar tanto entidades de la realidad como información digital. Es de notar que la hipermedia física no sólo tiene como objetivo el aumento de los objetos de la realidad con información digital, sino que también apunta a proveer un medio para relacionar este tipo de objetos mediante el concepto de link.

Como se explicó anteriormente, los elementos básico de la hipermedia son los nodos, links y anchors. Los nodos representan unidades de contenido, información etc.; mientras que los links y anchor se utilizan para el establecimiento de relaciones entre dichos nodos. Con la inclusión de objetos y lugares de la realidad, y relaciones semánticas entre ellos, se definen tres nuevos conceptos:

- *Nodo físico*: es un objeto o lugar de la realidad física, incluido dentro de la hipermedia.
- *Link físico*: es utilizado para establecer una relación semántica que involucra nodos físicos.
- *Anchor físico*: es el punto de anclaje de un link físico, es decir un link conecta a dos objetos utilizando anchors.

Todo nodo físico dentro de una hipermedia física posee una *contraparte digital*. Es decir, cada objeto o espacio físico de la realidad tiene asociado contenido digital que incluye: información sobre el nodo físico y eventualmente links a nodos tradicionales (también llamados digitales) y anchors físicos, que evidencian la existencia de links físicos a otros nodos físicos. Esta contraparte digital, es el medio utilizado para aumentar al nodo físico, y es accedida automáticamente cuando el usuario se encuentra en las proximidades, es decir, en frente al objeto o dentro del lugar físico.

La hipermedia física establece un fuerte requerimiento tecnológico a la hora de construir una aplicación de este tipo. Para poder aumentar la realidad se necesita identificar dónde se encuentra el usuario o qué objeto está frente a él. Para ello se utiliza lo que se conoce con el nombre de location sensing system (sistema de censado de locación). Existen varias alternativas para implementar un sistema de location sensing y cada uno tiene distintas ventajas y desventajas en diferentes escenarios. En un capítulo posterior se presentaran estas alternativas con más detalle.

Uno de los temas de hipermedia más afectado por este nuevo paradigma es el de navegación. El hecho de establecer links entre objetos físicos exige una nueva metáfora para navegar dicho link. Como vimos en [34], la noción de caminar el link es la utilizada en estas situaciones. Sin embargo, el hecho de mezclar tanto objetos físicos como digitales en una misma red donde cualquiera se puede asociar o “linkear” con cualquiera, implica un análisis más detallado. Para este tema se dedicará un capítulo del presente trabajo de grado, donde se presentarán las soluciones de distintos trabajos.

En resumen se puede decir que la hipermedia física permite construir una hipermedia donde se mezcla la realidad física y la digital en un mismo ámbito interactivo, estableciendo relaciones semánticas entre objetos de la realidad y entre nodos de una hipermedia.

2.4 Conclusiones del capítulo

La combinación del paradigma de hipermedia y la Web es una de las herramientas más utilizada en la actualidad dado el uso masivo de la Web, a tal punto que ya están incorporadas como soporte en varias tareas diarias. La construcción de una hipermedia está regida por el uso de tecnologías estándares (HTML, HTTP, etc.) lo que permite un acceso y uso universal.

Los dispositivos móviles en la actualidad permiten el acceso a la Web en cualquier lugar, inclusive mientras el usuario se mueve. Esto motiva a que se desarrollen aplicaciones que aumenten la realidad física y que utilicen a la Web como medio.

La hipermedia física aparece como una extensión del paradigma de hipermedia que permite el aumento de la realidad, utilizando los conceptos definidos para la hipermedia y agregando algunos nuevos. Para lograr en la actualidad una incorporación al nivel de las hipermedias en la Web de manera fluida y sutil (fácil para todos los usuarios), se requiere que la construcción de las hipermedias físicas se lleve a cabo utilizando las tecnologías mencionadas anteriormente y que el medio de acceso siga siendo el navegador Web, que ya gran parte de la población sabe usar. Es por esto que en este trabajo de grado se analizará y probará qué características deberían incorporar dichos navegadores para comenzar a lograr estos objetivos.

Capítulo 3

Navegación en Hipermedia e Hipermedia Física

La navegación es una de las operaciones más básicas que se pueden realizar en una hipermedia. De hecho sin ella no tendría sentido su uso. Para poder navegar por la Web como una hipermedia, la herramienta universalmente utilizada es el navegador Web. Éste, fue objeto de varios estudios y actualmente se enfrenta a nuevos retos al ser incorporado en todo tipo de dispositivo móvil.

En la hipermedia física el concepto de navegación no es tan trivial como en la hipermedia tradicional; el hecho de establecer relaciones entre entidades de la realidad para poder ser “navegadas”, evidencia la necesidad de replantear o extender el concepto.

En este capítulo se expondrán los conceptos asociados a la navegación en el paradigma de hipermedia y en la Web. Se analizará el concepto de navegación en hipermedia física, revisando los trabajos existentes en el tema. Por último se hará un repaso de los navegadores Web y los retos actuales de su incorporación a los dispositivos móviles.

3.1 Navegación en Hipermedia y la Web

El concepto de navegación en el paradigma de hipermedia surge como consecuencia de la ruptura en el acceso lineal o secuencial de los documentos tradicionales. En el capítulo 2 se habló de cómo la hipermedia permitía la organización de los documentos o información como una red de nodos conectados con links. Tratar de recorrer esa red, pasando a través de los links, es lo que se conoce como navegación.

3.1.1 La metáfora

La metáfora es una herramienta ampliamente utilizada en muchos contextos y áreas. Su objetivo es el de facilitar el aprendizaje o captación de algún concepto o idea, mediante el uso de comparaciones con algo conocido.

Dentro de la informática se pueden encontrar muchos ejemplos del uso de metáforas para la manipulación de sistemas. Un caso ampliamente conocido, es la metáfora del escritorio. Esta es utilizada para permitir la organización y manipulación de documentos electrónicos y archivos digitales, de manera similar a un escritorio de la realidad. Otra metáfora comúnmente utilizada es la presentación del sistema de archivos de una computadora, como un conjunto de carpetas y documentos.

Entre los conceptos relacionados a la hipermedia, se encuentra la metáfora de la navegación como una manera de conceptualizar el mecanismo de interacción con el usuario.

Una de las características más destacada de la hipermedia es que los links son “soportados por la computadora”. Esto quiere decir que cuando un usuario selecciona un anchor, el movimiento entre los nodos involucrados es automático. A este movimiento de un nodo hacia otro se lo conoce como atravesar el link, y se podría

entender o interpretar como si se estuviera “navegando” de un nodo a otro. De hecho se utilizan ambos términos indistintamente.

El conjunto de nodos y links de una hipermedia, como una totalidad, es llamado comúnmente *hiperespacio* o *ciberespacio*. Al ir de un nodo a otro, el usuario se desplaza por el hiperespacio de acuerdo a sus deseos. Este recorrido va marcando un camino caracterizado por las intenciones del usuario. A esta actividad de desplazarse en el hiperespacio, con cierta intención u objetivo, se la conoce comúnmente con el nombre de navegación. En [29] se define el concepto de navegación de la siguiente manera:

“La navegación por un hipertexto se puede definir como el proceso de observación y manipulación de la pantalla para mostrar otro espacio de información”

Para poder navegar, se utiliza una herramienta que se conoce con el nombre de “navegador” o browser, éste se encarga de mostrar el contenido del nodo en el que se encuentra. Cuando un usuario selecciona un anchor, el navegador automáticamente atraviesa el link, alcanzando el nodo destino y visualizándolo.

Mientras el usuario navega por el hiperespacio puede suceder que se desoriente, es decir, no sepa en dónde se encuentra ni hacia dónde ir. Esta situación es conocida con el nombre de “*perdido en el hiperespacio*” (lost in hyperspace). A continuación se explicará la problemática y algunas soluciones.

3.1.2 Perdidos en el hiperespacio

De la misma manera que un turista puede desorientarse en la ciudad que está visitando, sin saber dónde se encuentra o hacia dónde dirigirse para alcanzar su destino, un usuario puede desorientarse mientras navega el hiperespacio. Esta desorientación es conocida como el “*problema de la navegación*” y se la suele referenciar como el fenómeno de “*perderse en el hiperespacio*”. En [53] se asocia este fenómeno con algunas de las siguientes circunstancias en las que puede encontrarse un usuario:

- No puede identificar dónde se encuentra.
- No puede volver a lugares previamente visitados.
- No puede acceder a cierta información que cree que existe.
- No puede recordar qué ha cubierto hasta el momento.
- No recuerda los puntos claves que cubrió.

Muchos trabajos e investigaciones se han llevado a cabo con el objetivo de solucionar este problema. A grandes rasgos se identifican dos enfoques para atacarlo:

- ***Diseño de la hipermedia:*** se enfoca en la organización de los nodos, es decir, en la estructura de la hipermedia. Básicamente propone el uso de ciertas estructuras preestablecidas de grafos (red de nodos) que permiten una mejor ubicación.
- ***Asistencia en la navegación:*** trata de proveer herramientas o mecanismos que ayuden al usuario a orientarse, a medida que navega.

Dado que la navegación en hipermedia tiene muchas relaciones o comparaciones con el correspondiente concepto en el mundo físico; muchas de estos mecanismos o herramientas de orientación, encuentran sus orígenes en las técnicas o herramientas que utilizamos las personas en situaciones comunes cuando nos perdemos o queremos ubicarnos.

Por ejemplo, en el caso del turista antes mencionado, tal vez trate de identificar algún monumento o edificio visible desde cualquier lado, como punto de ubicación a partir del cual puede orientarse. O tal vez utilice un mapa que le indique los lugares más importantes o característicos, los cuales pueda utilizar para ubicarse.

Como se mencionó, el navegador es el medio utilizado para la interacción con una hipermedia. Básicamente, visualiza el contenido de un nodo y permite la navegación a través del hiperespacio, atravesando los links de manera automática. Una de las funciones que se ha ubicado en el navegador es la de suministrar herramientas de orientación o navegación, para el problema de la desorientación.

Probablemente la herramienta de navegación más conocida y utilizada es el **Backtrack** o **Backtracking**, que lleva al usuario hacia el nodo previo al que se encuentra. La gran ventaja del Backtrack es que sirve como una línea de vida para el usuario, que puede hacer cualquier cosa en la hipermedia y estar seguro de que posee la capacidad de retorno a territorios familiares usando esta facilidad.

Dado que el Backtracking es esencial para el fortalecimiento de la orientación del usuario, necesita satisfacer dos requerimientos: debe estar siempre disponible, y debe activarse siempre de la misma manera. En principio debería ser posible para el usuario ir hacia atrás los pasos suficientes hasta que alcance el primer nodo que visitó.

El Backtracking es conceptualmente sencillo: el usuario hace clic en un botón y es llevado al nodo previo. El problema viene cuando el usuario vuelve hacia atrás más de una vez y, anteriormente, visitó ciertos nodos en reiteradas oportunidades. El modelo de backtrack más simple es el cronológico, donde todos los nodos son visitados nuevamente en el orden opuesto. El principal problema con este modelo es que puede resultar ineficiente, para el usuario, perder tiempo en visitar el mismo nodo múltiples veces. Existen varios modelos de Backtrack como el Single-revisited, que elimina el paso por nodos repetido cuando se está regresando. Otro modelo interesante es el Detour-removing que elimina el retroceso por nodos que fueron visitados por equivocación. En la figura 9 se esquematizan los modelos de Backtrack.

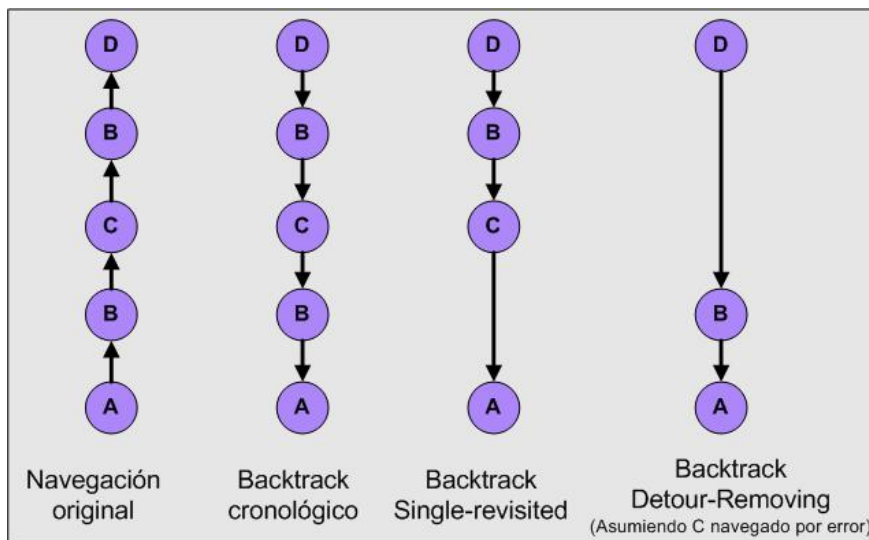


Figura 9: Modelos de Backtrack

Otra herramienta utilizada con frecuencia son las **History Lists**. Estas son mecanismos de historial de navegación más generales que el Backtrack. En particular, permite al usuario un acceso directo a cualquiera de los nodos previamente visitados. A medida que éste navega, se van ingresando automáticamente a las listas, los nodos visitados. Las dos alternativas más comunes para la implementación de una History list, consiste en que los elementos de la lista sean o bien los nombres de los nodos o algún dibujo o foto representativa.

Dado que los usuarios, por lo general, tiene como objetivo la vuelta a nodos visitado recientemente, a menudo se muestran a los elementos de la lista ordenados cronológicamente para facilitar la comprensión y ubicación.

Los **Bookmarks** son marcas que los usuarios pueden hacer a cualquier nodo que visitan con el objetivo de visitarlo nuevamente en cualquier momento, cuando lo desee [21]. La diferencia entre los Bookmarks y las History lists es que un nodo es colocado en la lista de Bookmarks sólo si el usuario cree que necesitará regresar en algún momento posterior. Cuando el usuario define un bookmark, el sistema puede poner el nombre del nodo en la lista, o tal vez le solicite –a éste- que ingrese un pequeño texto como recordatorio del nodo.

Otra herramienta que a menudo ayuda a los usuarios en la navegación es el uso de **Landmarks**. Un turista que visita Paris, por ejemplo, rápidamente aprende donde está la torre Eiffel y cómo usarla como una señal (landmark) para orientarse. A su vez puede utilizar otros lugares como señales de orientación. De manera similar, algunos nodos prominentes dentro de la hipermedia pueden ser utilizados como puntos de orientación. Los Landmarks son definidos, por lo general, por el autor de la hipermedia como parte del proceso de construcción de una estructura de fácil recorrido por el usuario.

Casi toda hipermedia define un nodo específico como el “*introdutorio*”, es decir, el primer nodo en ser visitado, algo así como la puerta de entrada a la hipermedia. Este nodo es considerado como el punto de partida para la navegación, y la posibilidad de retorno al mismo en cualquier momento, ayuda a la orientación. Al nodo que cumple este rol se lo denomina **Home**. Es muy común que dentro de la hipermedia se tengan Landmarks que utilicen al Home como punto de orientación.

En [16], Nielsen propone una solución al problema de no navegar por links ya navegados o alcanzar nodos previamente visitados mediante la técnica conocida con el nombre de **Breadcrumbs**, que provee un indicador visual para saber si un nodo ya ha sido visitado, o si un anchor fue seleccionado anteriormente, o si un link fue atravesado en alguna otra oportunidad. Una implementación muy común de esta técnica se basa en visualizar de un color los anchors que ya fueron seleccionados anteriormente y de otro color los que no. De esta manera el usuario sabe por cuales links navegó.

Se pueden encontrar otras herramientas de orientación como los **Indices** –que son listas de links, anchors o nodos ordenados bajo algún criterio-, los **Mapas globales** –que proveen una vista global de toda la red de nodos y links para que el usuario tenga un mapa de la hipermedia-, o los **Tours**, que son conjuntos de nodos y links preestablecidos, como un camino a seguir por el usuario, de manera de guiarlo.

Para que todas estas herramientas sean realmente efectivas en la orientación dentro del hiperespacio, deben cumplir una serie de características, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes [11]:

- *Capacidad de ser aprendidas*: deben ser fácilmente comprensibles, sin producir una carga cognitiva adicional para el usuario.
- *Capacidad de ser usadas*: hay que tener en cuenta una serie de factores como son la comprensión del propósito de la herramienta, su mecánica y

el uso satisfactorio de la herramienta de navegación en una situación que la requiera.

- *Consistencia*: esta característica es imprescindible en el diseño de las herramientas de navegación, al igual que en otros elementos similares de interfaz.
- *Flexibilidad*: las herramientas de navegación deben adaptarse a los distintos tipos de usuarios y sus diferentes metas, Los navegadores podrían construirse de forma personalizada.

Si bien muchas de estas técnicas o herramientas de orientación son provistas por el navegador, como se vio recién, no es el único medio para hacerlo. Dentro de la misma hipermedia se pueden proveer varias de estas, utilizando nodos, links y anchor. Por ejemplo, se podría incluir un nodo, en la hipermedia, cuyo contenido es una lista de anchors que forman un índice, o bien se podrían agregar links entre nodos para lograr una navegación bidireccional de manera de poder volver a nodos ya visitados.

De hecho, la implementación de algunas de estas herramientas es más fácil o conveniente de realizar en un navegador que en una hipermedia y viceversa. Por ejemplo, el Backtrack es una herramienta fácil de implementar en un navegador, mientras que en una hipermedia implica una proliferación de links entre los nodos y cierta computación para determinar el nodo del cual se vino.

A continuación se hablará sobre el navegador más utilizado en la actualidad (el navegador Web) y las herramientas de orientación que provee.

3.1.3 Los navegadores Web y la navegación Web

La Web es el repositorio de hipermedia más grande y de mayor accesibilidad en el mundo. Cualquier usuario conectado a Internet puede, en principio, acceder a cualquier hipermedia publicada, así como también publicar sus propias hipermedias.

Para poder acceder a una hipermedia publicada y navegarla, la herramienta necesaria es el navegador Web.

Un navegador Web es una aplicación que permite a los usuarios visualizar e interactuar con textos, imágenes u otra información comúnmente contenida en una página Web (equivalente a un nodo en una hipermedia). Las páginas Web pueden tener links a otras páginas (o a secciones dentro de la misma página), y es el navegador Web el que permite la navegación automática de dichos links.

Los navegadores Web cumplen el rol del cliente en el modelo cliente-servidor que propone la Web. Para poder acceder a los recursos utiliza el protocolo HTTP, aunque muchos de los navegadores permiten utilizar otros protocolos como por ejemplo FTP (File Transfer Protocol).

El primer navegador Web de la historia, fue desarrollado por Tim Berners-Lee en 1990 y lo llamó World Wide Web [36]. En 1991 lo introdujo a sus colegas en el CERN (Consejo Europeo para la Investigación Nuclear) como un medio para transferencia y construcción de documentos científicos. Para evitar confusiones, tiempo después se lo renombró como Nexus [11]. Esta herramienta fue tanto un navegador Web como también un editor HTML para la creación de páginas Web.

Este navegador proveía la capacidad de visualizar páginas Web escritas en HTML así como también la navegación de links. Poseía un menú que contenía algunas herramientas básicas de asistencia en la navegación, algunas funciones de edición de documentos, entre otras operaciones, como se ve en la figura 10.

El menú *Navigate* contenía los botones *back*, *next* y *previous*. El primero consistía en la operación de *Backtracking* que se explicó anteriormente, donde se regresa al nodo previamente navegado. El *next* y *previous* eran utilizados cuando se seguía un link de una lista o tabla de links (similar a un índice). El *previous* provocaba que el navegador atravesara el link previo al que se navegó en la lista de links; mientras que el *next* navegaba el link siguiente en la lista. Estas operaciones eran de utilidad en esa época, dado que era común utilizar ese tipo de listas o tablas en las página Web, para estructurar el contenido. Sin embargo, estas operaciones fueron descartadas en posteriores navegadores

Otra de las herramientas de navegación que proveía se asemejaba a los *Bookmarks*, dado que se podía almacenar la URL de una página Web para luego poder accederla en cualquier momento.

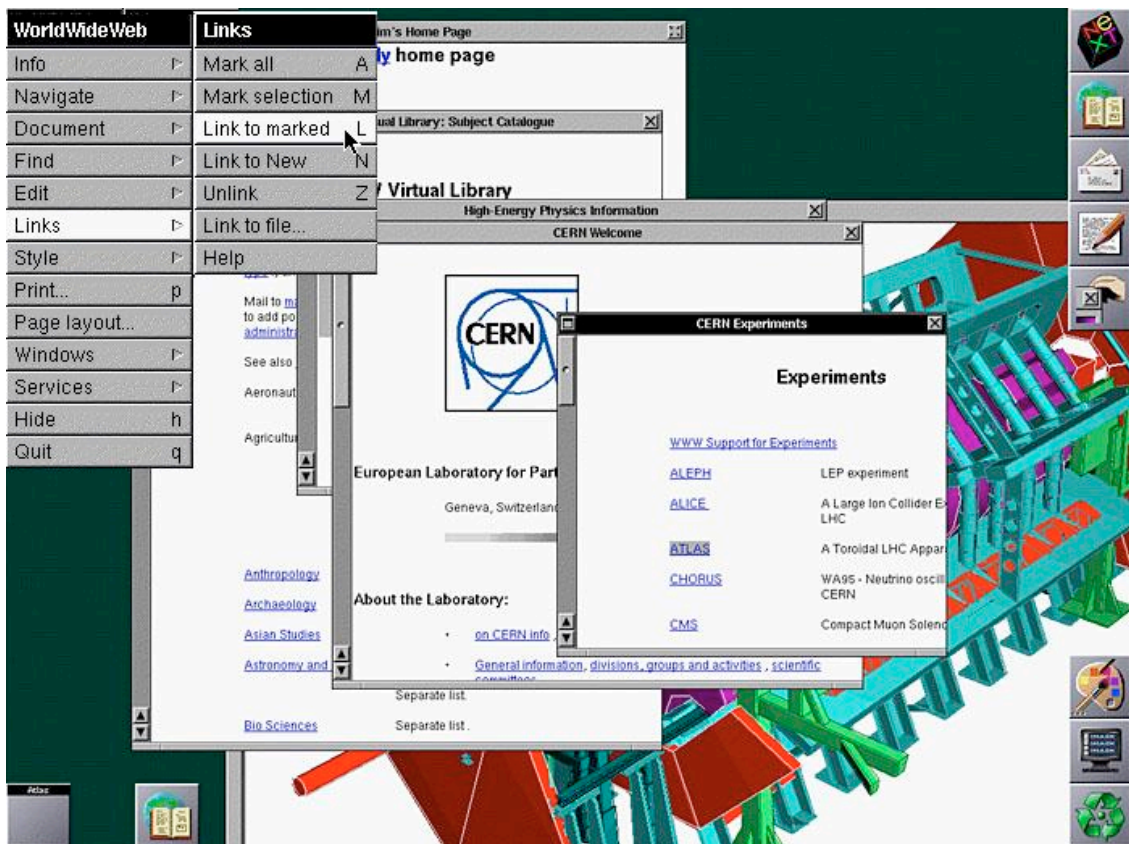


Figura 10: Imagen del navegador WorldWideWeb

En la actualidad existe una cantidad importante de navegadores Web de los cuales se destacan por popularidad Internet Explorer de Microsoft, Mozilla Firefox de Mozilla Corporation y Opera de Opera Software.

En estos navegadores Web existen, en principio, dos formas de acceso a una página Web o recurso Web:

- *Selección de anchor*: al seleccionar un anchor dentro de una página, automáticamente se obtiene la página Web destino, o tal vez una sección dentro de la misma página, es decir, se navega el link.
- *Solicitud explícita*: mediante el ingreso de la URL del recurso, se puede solicitar al navegador la descarga y visualización.

El segundo caso, si bien desde cierto punto de vista acelera el acceso a una página Web –ya que es más directo- puede ser problemático en cuanto a la desorientación mientras se navega. La solicitud explícita se puede efectuar en cualquier momento que se lo desee, inclusive cuando se está navegando por una hipermedia. Con lo cual esto puede generar un salto entre distintas hipermedias provocando, tal vez, una mayor desorientación.

Dentro de la Web, cualquier nodo de una hipermedia puede contener links a nodos de cualquier otra hipermedia, lo que permite también, la ejecución de saltos entre distintas hipermedias. Tanto esto último como la solicitud explícita, plantean una potencial interrelación entre todas las hipermedias publicadas en la Web.

Es por esta potencial interrelación que se suele ver a la Web como una única y gran hipermedia, compuesta por hipermedias más pequeñas todas interconectadas. De hecho los navegadores Web utilizan esta macro-visión a la hora de navegar y proveer asistencia en la navegación.

Todos estos navegadores suministran un conjunto común de herramientas para la asistencia en la navegación. Suelen tener una barra con botones y entradas denominada barra de navegación, que contiene las herramientas más utilizadas. En la figura 11 se puede ver el navegador Mozilla Firefox y en la parte superior la barra de navegación.

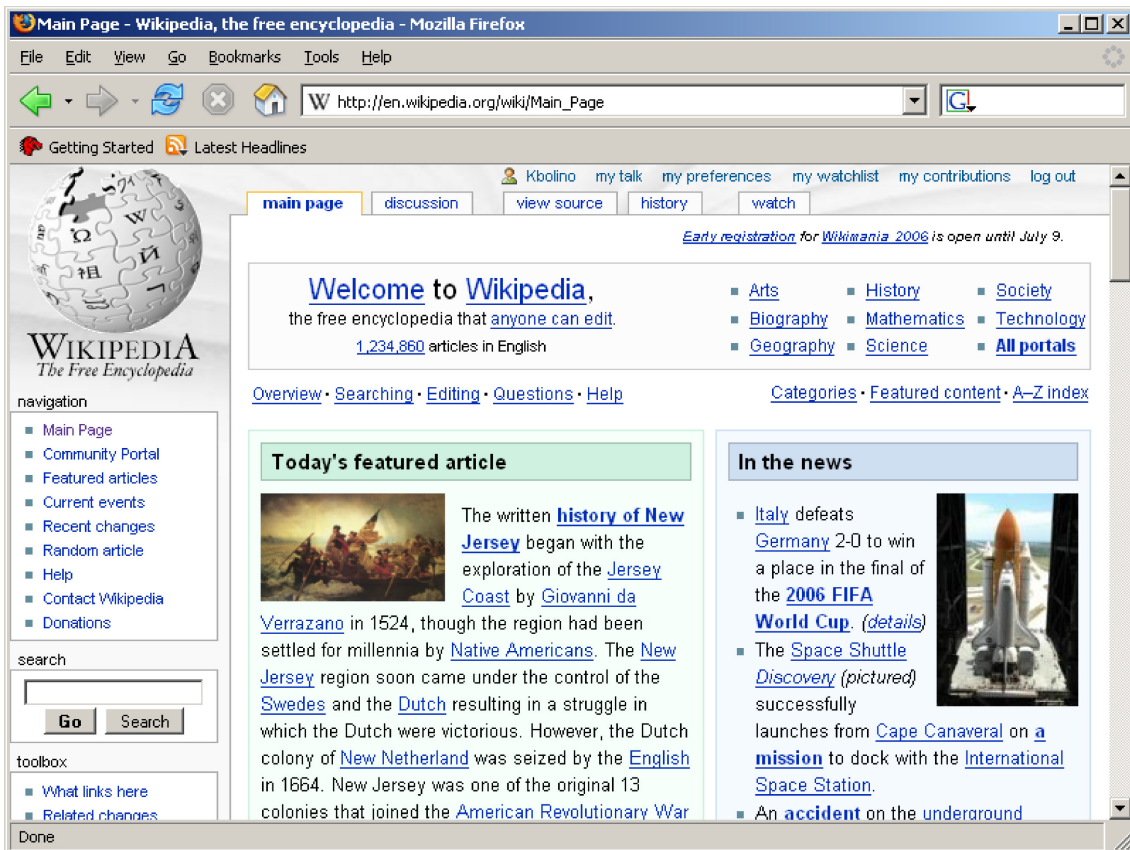


Figura 11: Navegador Web Mozilla Firefox

Entre las operaciones de asistencia para la navegación que se encuentran en los navegadores Web actuales se pueden mencionar:

- *Backtrack*: conduce hacia la página Web que fue navegada previamente, independientemente si esta pertenece a una hipermedia diferente a la que nos encontramos. Implementa el modelo cronológico.

- *Next*: se activa inmediatamente después de la ejecución de un Backtrack y permite regresar en sentido contrario al mismo, hasta alcanzar la última página Web accedida. También sigue el modelo cronológico.
- *Historial*: es una lista donde se guarda una referencia a cada una de las páginas Web navegadas, ordenadas cronológicamente. Permite una navegación directa a cualquiera de ellas.
- *Bookmarks*: permite marcar cualquier página Web en cualquier momento para accederla posteriormente.
- *Home*: es una página Web seleccionada como la inicial, cuando se comienza a navegar por la Web, es decir cuando se ejecuta por primera vez el navegador. El navegador guarda un acceso a esta página y en cualquier momento se puede regresar a la misma.

Los navegadores Web han ido evolucionando y actualmente poseen un conjunto de funcionalidades que van más allá de las cuestiones relacionadas a la navegación Web. Muchos de ellos permiten enviar e-mails, descargar archivos, consultar grupos de noticias, entre otras actividades.

3.2 Navegación en Hipermedia Física

La hipermedia física, como se explicó en el capítulo previo, tiene como objetivo utilizar el paradigma de hipermedia para mezclar el mundo real y el digital en un mismo ambiente interactivo. Los objetos de la realidad, es decir, los nodos físicos, son aumentados con información digital (la contraparte digital) y relacionados semánticamente con links físicos. A su vez un nodo físico puede relacionarse con otro digital y viceversa, con lo cual tanto el nodo físico como el digital pueden tener links físicos y digitales.

Dada la naturaleza de estas relaciones, la navegación de una hipermedia física no siempre puede ser ejecutada automáticamente, al igual que en la hipermedia tradicional. Esto quiere decir, que la computadora en algunos casos solo puede realizar una parte del proceso, mientras que la otra será llevada a cabo por el usuario.

Muy pocos trabajos pueden encontrarse donde se analizan y definen las características de la navegación en hipermedia física, uno de los objetivos de este trabajo es realizar un aporte a este tema. Dos de los trabajos más importantes son [4] y [34] que serán utilizados a continuación para explicar los conceptos involucrados.

En esencia, se pueden distinguir dos eventos asociados a la navegación en la hipermedia física, uno es el acceso a la contraparte digital y el otro es la navegación de links tanto físicos como digitales.

La navegación (o acceso) a la contraparte digital de un nodo físico se produce cuando el usuario se encuentra en las proximidades geográficas del nodo en cuestión. Esto quiere decir que cuando el usuario se encuentra en frente de un objeto físico o ingresa a un lugar, esto es detectado y automáticamente se navega hacia la contraparte digital, visualizando el contenido y, en el caso de existir, los anchors del nodo.

Para ejemplificar este evento se puede utilizar el escenario del visitante que recorre un museo cargando una PDA. Al detenerse éste, por ejemplo, frente a un cuadro (nodo físico), automáticamente recibe información sobre el mismo (contraparte digital del nodo físico) que es visualizada en la pantalla del dispositivo móvil (ver figura 12). Este mismo visitante cuando ingresa a una sala particular (nodo físico) dentro del

museo, podría también obtener información referente a la misma (contraparte digital) al igual que en el caso anterior.



Figura 12: Ejemplo del visitante en el museo frente a un cuadro

La diferencia fundamental de este tipo de navegación, con respecto a la tradicional, es que el usuario no dispara la navegación a partir de la selección de un anchor o de un elemento en la interfaz gráfica, como en la hipermedia tradicional. En cambio, con sólo aproximarse al objeto o ingresar al lugar de interés, se produce la misma. Si bien, al igual que en la hipermedia tradicional, es la computadora (en este caso el dispositivo móvil) la que ejecuta todo el proceso de navegación, el evento que la inicia es la proximidad y no la selección de un elemento en la pantalla.

Este tipo de navegación establece la existencia inevitable de un link entre el nodo físico y su contraparte digital. Esta contraparte digital, además de tener información del nodo físico, es la que contendrá anchors físicos. Estos, evidencian la existencia de links físicos a otros nodos de la misma naturaleza que se relacionan con el que se está presenciando. En principio, esta es la única manera de poder acceder a este nodo digital con información física (anchors físicos). Es decir, ningún nodo dentro de la hipermedia física podrá tener un link cuyo destino sea dicha contraparte digital con la información física. Luego se verá que el navegador tal vez provea algún medio para acceder a este nodo de manera directa, lo cual no implica que la hipermedia defina estos accesos o que se muestren solo partes del nodo en cuestión.

En el capítulo previo se explicó que para establecer una relación semántica entre dos objetos de la realidad, se utiliza un link físico. En este caso los extremos del link son nodos físicos. Como se vio anteriormente, esta relación se visualiza cuando se navega a la contraparte digital del nodo físico origen, es decir cuando se está físicamente presenciando al nodo. Si el usuario desea acceder a dicho nodo destino, entonces lo que en definitiva intenta hacer es navegar el link físico. Si se analiza la situación, lo que el usuario desea es presenciar físicamente el objeto en cuestión, con lo cual debería caminar hasta donde se ubica geográficamente el objeto. Esto lleva a concluir que la navegación del link físico no es igual a la navegación de un link tradicional. Y la diferencia fundamental radica en quién ejecuta el proceso de desplazarse de un nodo a otro. En el caso tradicional es la computadora la que ejecuta todo el proceso, mientras que en el físico es la persona. Este concepto de “*caminar el*

link” fue introducido en [34] como una metáfora para la navegación de links físicos entre nodos físicos.

“proximity trata de extender la metáfora de link de la hipermedia al mundo real. Tratamos de linkear lo real y lo virtual para que los usuarios puedan acceder a escenarios de viajes complejos y localizar objetos físicos en el mundo real...y usamos al viajero físico para caminar los links” [34]

En primera instancia, antes de navegar el link físico, el usuario visualiza el anchor respectivo en la contraparte digital del nodo que presencia. Sería una premisa demasiado fuerte asumir que el usuario con sólo ver el anchor sabe hacia dónde dirigirse, es decir, dónde se encuentra el nodo físico destino. De hecho, en el paradigma de hipermedia física se asume justamente lo contrario: el usuario no tiene conocimiento de la ubicación del nodo físico y se le debería indicar como alcanzarlo. Es justamente esto último uno de los objetivos de la hipermedia física; brindar soporte a la hora de ubicar objetos físicos o lugares en el mundo real, es decir, a la hora de navegar la realidad física.

La gran pregunta es ¿cómo y cuándo se le indica al usuario hacia dónde dirigirse para alcanzar el nodo físico en el otro extremo del link físico, de manera de poder navegarlo? La respuesta tiene que ver con los anchors físicos.

En la hipermedia tradicional, cuando un usuario selecciona un anchor de la pantalla, automáticamente alcanza el nodo destino, ejecutando la navegación. Lo que el usuario no percibe es que dos procesos son llevados a cabo: el primero es lo que se conoce como resolución del anchor y el segundo la navegación propiamente dicha.

El anchor contiene información acerca de la ubicación del nodo destino (en la Web una URL), que describe precisamente dónde reside dicho nodo. La resolución del anchor tiene que ver con determinar dicha ubicación y el acceso a la misma. La navegación se produce cuando el usuario puede visualizar el nodo que intentó alcanzar. Dado que ambos procesos se suceden de manera inmediata, uno seguido del otro, y pueden ser ejecutados automáticamente por la computadora, la percepción del usuario es que todo es una única operación atómica. En esencia, cuando el usuario selecciona un anchor, se comienza con la resolución del mismo, seguido de la navegación del link.

Al igual que los anchors tradicionales, los anchor físicos también tienen información de la ubicación del nodo destino. Esta información tiene que ver con la posición geográfica del mismo. Dado que la navegación de un link físico implica que el usuario camine hasta el extremo del link, la computadora (o dispositivo móvil) solo puede llevar a cabo el proceso de determinación de la ubicación del nodo destino. Es justo en este momento cuando se le indica al usuario hacia dónde debe dirigirse para navegar el link. En definitiva, cuando el usuario selecciona un anchor físico con la intención de navegar el link, automáticamente se le muestra o indica el camino a seguir.

Esta indicación puede ser poco provechosa, y hasta en algunos casos inútil, si no se utiliza la ubicación actual del usuario para su construcción.

Retomando el ejemplo del visitante del museo, supongamos que se encuentra frente a una pintura y en su PDA visualiza un anchor físico que establece un link a una escultura del mismo autor. Cuando el visitante selecciona el anchor aparece en su pantalla el mensaje: *“Esta obra se encuentra en el centro de la sala VI”*. El visitante no sabe cómo llegar a la sala VI ni tampoco dónde se encuentra al momento. Como consecuencia, deberá buscar información extra para poder ubicarse y encontrar la sala en cuestión. Esto puede llevar a que desista y siga con otra cosa. A demás, este tipo de hipermedia se puede construir normalmente con el paradigma de hipermedia tradicional,

utilizando un nodo digital que contenga la explicación, y en lugar de un link físico uno digital que conecte con el nodo mencionado anteriormente.

Si en lugar del mensaje previo se hubiese mostrado un mapa del museo donde se indica la ubicación del usuario y el camino a seguir para alcanzar la sala VI, la información sería de mayor utilidad y precisión para el visitante. La posición del usuario (o del nodo físico que está presenciando) y la de los objetos dentro de la hipermedia física son, en definitiva, un requisito altamente útil a la hora de navegar el link físico.

La resolución de un anchor físico, entonces, se dispara cuando el usuario selecciona un anchor físico, y tiene como resultado la indicación de cómo puede hacer éste para alcanzar el nodo físico destino. En este proceso se tienen en cuenta la posición del usuario (o del nodo físico que presencia) y la del objeto o lugar que desea alcanzar. Existen varias alternativas para indicarle al usuario la manera de caminar el link: se podría utilizar un mapa del lugar en el cual se marca la ubicación del usuario y del destino, también se podría utilizar un texto explicativo que describa las instrucciones a seguir, alguna grabación de voz, video, etc.

En consecuencia, la navegación de un link físico involucra a dos actores: la computadora que resuelve el anchor físico y el usuario que camina el link siguiendo las instrucciones presentadas; y no se realiza de manera atómica como en la hipermedia tradicional.

En un principio se mencionó que dentro de una hipermedia física, existen no solo links que relacionan nodos del mismo tipo (físico con físico y digital con digital) sino que también pueden existir links entre nodos de distinta naturaleza. Es decir, sin ningún tipo de restricción, un nodo físico podría tener un link a un nodo digital y viceversa.

Esta variedad de interrelación introduce nuevos retos a la navegación, dado que hasta el momento sólo se planteó la navegación entre nodos del mismo tipo. En el caso tradicional es automático y en el caso de nodos físicos se camina el link. En [4] se estudió este problema y se definió un esquema de navegación entre nodos, basándose en el tipo de los mismos, de la siguiente manera:

- **Digital a digital:** se navega bajo la metáfora de hipermedia tradicional. Simplemente con seleccionar el anchor se atraviesa el link automáticamente.
- **Físico a físico:** se utiliza la metáfora de caminar el link. Se resuelve el anchor físico indicando como se llega el nodo destino. El usuario se desplaza siguiendo las instrucciones.
- **Físico a digital:** dado que el destino es un nodo digital, no presenta la necesidad de un desplazamiento por parte del usuario. Se utiliza la misma metáfora que en la hipermedia tradicional.
- **Digital a físico:** en este caso, como el destino es un nodo físico entonces implica que el usuario camine hasta el lugar. Para resolver el anchor, dado que el nodo origen es uno digital o bien se utiliza la posición del usuario o bien se da una indicación de carácter general.

Este esquema fue utilizado para implementar el mecanismo de navegación en el experimento Mack Room dentro del proyecto Equator City [4]. Este proyecto es una investigación interdisciplinaria para la integración de los mundos físico y digital.

En particular, el experimento Mack Room fue utilizado para el modelado de una hipermedia física con el objetivo de aumentar la experiencia de los participantes de la exhibición de Charles Mackintosh en Glasgow. Básicamente el participante recorría la exposición cargando su PDA y a medida que se acercaba a locaciones predefinidas recibía información de las mismas como así también opciones de navegación.

En cuanto a la navegación de la hipermedia física pudieron observar que existían algunos problemas con respecto al interés de las opciones de navegación presentadas, es decir los anchor físicos que el participante visualizaba en su PDA. A diferencia de los links digitales, el esfuerzo potencial que implica caminar el link para alcanzar el destino podía llegar a desalentar la navegación. Con lo cual, concluyeron que los links físicos deben tener una alta calidad de interés para los participantes, de manera que se justifique el esfuerzo.

Hasta el momento no se han realizado estudios relacionados a las herramientas de asistencia para la navegación física. Es decir, el hecho de definir un nuevo tipo de navegación que coexiste con el modelo tradicional pone en juego la validez o interpretación de los mecanismos definidos para la hipermedia tradicional, como el Backtrack, las History lists, los Bookmark, etc. Inclusive hasta pueden surgir nuevos mecanismos, que en la hipermedia tradicional no tienen sentido. Es por eso que en este trabajo de grado se tratará de brindar una aproximación al tema.

3.3 Navegadores Web y dispositivos móviles

En sus comienzos, los dispositivos móviles o de mano surgieron como una herramienta de organización personal para el individuo. Es decir, brindaban unos pocos servicios del estilo de una agenda electrónica, una calculadora, etc. Con el tiempo y la evolución del hardware, estos dispositivos aumentaron notablemente su potencia de cálculo, almacenamiento y visualización. Dada esta evolución, los dispositivos móviles comenzaron a brindar nuevos servicios y a equipararse cada vez más con las funcionalidades ofrecidas por una computadora de escritorio o PC.

En la actualidad es común encontrarse con dispositivos como una PDA que poseen sistemas operativos, como el Windows Mobile o el Palm OS, que permiten la administración y manipulación de los recursos del mismo. No sólo se encuentran algunos programas de organización personal (como una agenda) sino que muchos programas disponibles comúnmente en una PC, fueron trasladados a estos dispositivos. Procesadores de texto como el Word, planillas de cálculo como el Excel, juegos o reproductores de multimedia, son algunos de estos programas que ya han encontrado su destino en los dispositivos móviles. Por supuesto estos programas no son ciento por ciento idénticos a sus equivalentes en una PC, dado que el dispositivo móvil no tiene las mismas características que una computadora de escritorio. Si bien las capacidades de cómputo y de almacenamiento del dispositivo móvil son mucho menor a la de una PC, el mayor reto se encuentra relacionado con el pequeño tamaño de la pantalla.

El navegador Web no es una excepción a esta tendencia y desde hace ya un tiempo, el usuario puede disfrutar de navegar por la Web utilizando un dispositivo móvil. A este navegador se lo suele llamar microbrowser [23], navegador móvil o mini navegador. Existe una amplia lista de este tipo de navegadores, entre los cuales se pueden mencionar:

- Opera Mobile Browser
- Microsoft Pocket Internet Explorer

- Minimo
- Blazer
- Thunderhawk
- Palm Web Browser
- AvanGo Client

La mayoría de estos navegadores brindan las mismas funcionalidades, en cuanto a la navegación, que los navegadores Web tradicionales. Es decir, permiten realizar una solicitud explícita, navegar links, Backtracking cronológico, armar listas de favoritos (Bookmarks), History list, entre otras funcionalidades.

Todos estos navegadores mostraron una clara iniciativa: “*tener el mismo navegador Web de una PC en un dispositivo móvil*”. Sin embargo, dada las características de los dispositivos móviles, como su capacidad de cálculo, la pantalla pequeña y una conectividad a Internet poco potente, los navegadores móviles actuales poseen algunas diferencias con respecto a los tradicionales.

El principal reto al que muestran enfrentarse, es el poco espacio disponible para la visualización de las páginas Web o la exposición de toda la funcionalidad disponible (botones, menús, listas, etc.). En la figura 13 se muestran tres de los navegadores móviles más conocidos, visualizando una página Web.



Figura 13: Navegadores móviles Opera, Internet Explorer y Minimo

Una de las técnicas utilizadas por estos navegadores, para maximizar el uso de la pantalla a la hora de visualizar una página Web, es la de una interpretación del HTML un poco distinta a lo tradicional. Por ejemplo, el navegador Minimo trata de organizar todo el contenido de la página Web en una sola columna de manera de que a lo sumo se utilice la barra de scroll vertical. Esto implica que el HTML sea interpretado de manera diferente a lo que lo hacen los navegadores tradicionales. Además trata de minimizar el tamaño de las imágenes en la medida que pueda.

En la figura 14 se puede ver como una misma página es mostrada en el navegador Firefox de Mozilla y en el navegador Minimo de la misma empresa. Minimo, en lugar de mostrar la página tal cual la muestra Firefox y proveer barras de scroll tanto vertical como horizontal (para la visualización de lo que no entra en la pantalla), acomoda el contenido verticalmente y solo ofrece una barra de scroll.



Figura 14: Misma página Web visualizada de manera distinta

Otra técnica comúnmente utilizada es la del zoom. El navegador permite un acercamiento para ver en más detalle el contenido de la página, y también un alejamiento para poder ubicar o reconocer mejor los elementos visuales existentes en toda la página.

Para atacar el problema de la visualización algunos desarrolladores de hipertexto optan por el diseño de las páginas Web de manera de que sean visualizadas apropiadamente en el dispositivo. En lugar de esperar que el navegador haga una apropiada reestructuración y visualización.

A partir de este enfoque, muchas hipertextos en la Web poseen dos formatos distintos de visualización. Es decir, uno adecuado para una PC y otro para mostrar en un dispositivo móvil. En este caso no es el navegador el que resuelve el problema de la visualización, sin embargo tiene cierta participación. La idea principal de esta técnica es que el usuario no tenga que acceder a distintas páginas Web (diferentes URL) si accede desde una PC que si accede desde un dispositivo móvil. El punto clave está en que el navegador móvil envía cierta información extra en la petición de la página Web para que el servidor pueda devolverle la página adecuada. Esta información es un parámetro de la solicitud http: **user-agent**. Los navegadores móviles completan este parámetro de la solicitud de manera de que el servidor la utilice.

Un caso muy conocido es el de Google que posee una página Web para los navegadores Web tradicionales y otra distinta (más adecuada) para los navegadores móviles, y ambas son accedidas a través de la misma url; por ejemplo www.google.com.ar. En la figura 15 se puede ver el resultado de ingresar a Google Argentina mediante el navegador Firefox y el resultado del ingreso a través del navegador móvil Microsoft Pocket Internet Explorer.

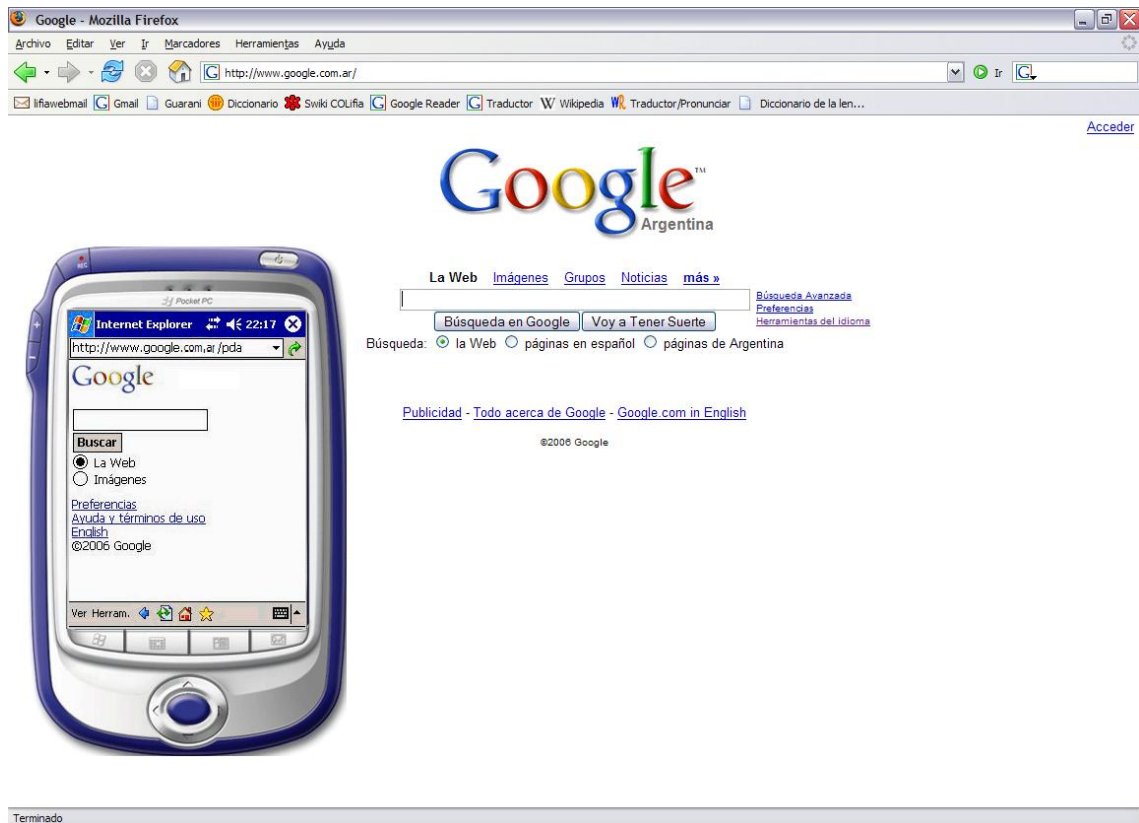


Figura 15: Dos formatos que posee Google; uno para desktop y otro para PDA

Otro de los retos a superar, tiene que ver con los medios que dispone el usuario para la interacción con el dispositivo, es decir, cómo ingresa datos, aprieta botones, inicia la navegación de un link, etc. Los dispositivos móviles carecen de mouse; simplemente poseen botones y en el caso de las PDA se dispone también de un lápiz de plástico o metal. Las pantallas de las PDA son sensibles al tacto y con el lápiz se puede presionar, con mayor precisión, sobre los elementos visuales. El hecho de no tener mouse, le quita al dispositivo una de las formas de interacción usuario-computadora más útil y conocida.

Los navegadores Web, proponen para este problema o bien utilizar el lápiz para interactuar, o bien algún esquema de recorrido por los elementos visuales mediante los botones del dispositivo. Un ejemplo de este recorrido es la navegación secuencial por cada link (uno por uno) presionando un botón hasta alcanzar el de interés. El problema de esta técnica es la poca flexibilidad: si por error pasamos de largo el link de interés, hay que dar toda la vuelta hasta alcanzarlo nuevamente. Una variación a esta técnica consiste en utilizar dos botones para el recorrido en ambos sentidos (hacia arriba y abajo) para evitar dar toda la vuelta en caso de pasarse.

Es un hecho que los navegadores móviles están evolucionando de manera veloz para alcanzar, en la medida que se pueda, las mismas prestaciones ofrecidas por sus parientes de PC. Por supuesto nunca podrán alcanzar el mismo desempeño en cuanto a visualización o a los medios para interactuar, dada las características de los dispositivos móviles. Pero es cierto que el usuario dispone de una herramienta cada vez más potente para la navegación de la Web en cualquier lugar que se encuentre con su dispositivo.

Sin embargo, esta tendencia de proveer un navegador Web en un dispositivo móvil muestra un claro enfoque:

“Todos los retos planteados en el traslado de un navegador Web a un dispositivo móvil se basan en las deficiencias o carencias de estos con respecto a las PC’s y no en función de las nuevas posibilidades que proponen como la movilidad, el contexto físico del usuario (espacio y tiempo), entre otras.”

Esta última propuesta está íntimamente relacionada con la hipermedia física. Es decir, de proponerse el desafío del aprovechamiento de estas posibilidades, se estaría dando un gran paso para lograr que la hipermedia física se integre con la Web. Para permitir dicha integración es necesaria, entre otras cosas, la interacción con sistemas que permitan el cálculo de la posición del usuario o de los objetos. Dichos sistemas son conocidos con el nombre de sistemas de location sensing. En el próximo capítulo se introducirán los conceptos asociados a este tema.

3.4 Conclusiones del capítulo

Como se vio en este capítulo, la navegación en la hipermedia es el mecanismo por el cual un usuario puede recorrer los nodos de la misma. De hecho, surge como una consecuencia de la no linealidad en los contenidos, propuesta por dicho paradigma. Esta actividad tiene el efecto colateral de provocar la desorientación del usuario, a medida que se lleva a cabo. Con el tiempo se han desarrollado técnicas, como el backtrack o los bookmarks, para asistir al usuario en la navegación.

En la hipermedia física el concepto de navegación extiende al de la hipermedia tradicional. Por un lado agrega el acceso a la contraparte digital de un objeto de la realidad; y por el otro propone el desplazamiento físico del usuario para caminar los link físicos. Sin embargo, no se han realizado muchos estudios sobre las consecuencias de este nuevo tipo de navegación.

La Web y los navegadores Web han impulsado el uso masivo de la hipermedia como herramienta informática y por tanto han motivado la realización de numerosos estudios y trabajos. La hipermedia física trae una nueva gama de aplicaciones de gran potencial y utilidad para los usuarios. Su integración con la Web permitiría el alcance masivo del cual goza actualmente la hipermedia, y son los navegadores móviles el punto de inflexión para lograrlo.

Por el momento el foco del desarrollo de navegadores móviles se centra en las carencias que presentan los dispositivos móviles frente a las PC’s. Más adelante se expondrá la manera de aprovechar las posibilidades que proponen dichos dispositivos con el objetivo de poder construir hipermedias físicas en la Web.

Capítulo 4

Detección de la realidad e integración con la Web

En una hipermedia física, cuando el usuario se encuentra frente a un objeto de la realidad o ingresa a un lugar determinado, navega automáticamente a la contraparte digital de tal entidad física. A su vez, cuando desea navegar un link físico, se utilizan las posiciones tanto de él como del objeto o lugar que quiere alcanzar.

Estas nuevas formas de navegación se producen, al detectar la posición del usuario y también la presencia de los objetos o lugares; es decir cuando se detecta la realidad. Para tal detección se necesita de algún sistema que permita determinar la ubicación del usuario o de las cosas que lo rodean. Estos sistemas son conocidos con el nombre de sistemas de location sensing.

En este capítulo se explicarán las diferentes técnicas y tecnologías relacionadas con los sistemas de location sensing. Se verá su uso en algunos trabajos de hipermedia física. También se examinará cómo son utilizados junto con la Web, de manera de lograr que los objetos y lugares de la realidad física tengan una presencia en la Web.

4.1 Sistemas de location sensing

El uso de los dispositivos móviles introdujo la posibilidad de brindar servicios de acuerdo a la posición del usuario. Estos servicios abarcan desde herramientas de información, búsqueda de objetos, detección de personas, entre muchas otras.

Con el objetivo de determinar la ubicación del usuario se utilizan los sistemas de location sensing. Estos, se basan en tecnologías que incluyen desde pequeñas y simples etiquetas de código de barras hasta la interacción con satélites. Sin embargo, no solo se utilizan para la detección de la posición del usuario sino también para detectar la presencia de objetos dentro de un espacio o el ingreso a un lugar.

En particular, la hipermedia física se basa fuertemente en la posibilidad de determinar dónde se encuentra el usuario o qué objetos y lugares lo rodean. Es decir, se utilizan los sistemas de location sensing a la hora de acceder a la contraparte digital de un objeto o lugar y también en el momento de la navegación de un link físico.

Existen numerosos acercamientos y tecnologías que se utilizan para implementar un sistema de location sensing. A continuación se hará un repaso de los modelos, técnicas y tecnologías involucrados en este tipo de sistemas.

4.1.1 Propiedades y problemas de los sistemas de location sensing

En el trabajo [14] se realiza un análisis de los sistemas de location sensing para su evaluación a la hora de utilizarlos. En este análisis se definen las propiedades y problemas que caracterizan, de manera general, a dichos sistemas. Entre las características y problemas se mencionan:

- *Posición física y locación simbólica:* un sistema de location sensing puede proveer información de tipo física o simbólica. Una posición física esta compuesta, entre otras cosas, por coordenadas geográficas dentro de un espacio. Por otra parte, las locaciones simbólicas representan ideas abstractas de lugares como por ejemplo una oficina, el depósito de una tienda, un museo, etc.
- *Absoluto versus relativo:* un sistema de location sensing absoluto usa un marco de referencia compartido, de todos los objetos localizables. Por ejemplo, todos los receptores GPS usan la latitud, longitud y altitud. Dos receptores GPS ubicados en la misma posición reportarán lecturas de posiciones equivalentes. En un sistema relativo, cada objeto puede tener su propio marco de referencia.
- *Computación de locación localizada:* algunos sistemas proveen la capacidad de locación e insisten en que el objeto localizado sea el que computa su propia posición. Este modelo asegura la privacidad mediante la premisa de que ninguna otra entidad puede saber donde se ubica el objeto a menos que el objeto específicamente publique esa información. En contraste, algunos sistemas requieren que el objeto localizado periódicamente emita, responda o difunda algún tipo de señal para permitir que una infraestructura externa lo localice.
- *Exactitud y precisión:* algunos receptores GPS localizan posiciones con una imprecisión de 10 metros en el 95 por ciento de las mediciones. Otros más potentes tienen una exactitud de entre 1 y 3 metros y una precisión del 99 por ciento. La exactitud, entonces, denota la granularidad mientras que la precisión indica cuantas veces se obtiene o espera dicha exactitud. En el caso del primer receptor GPS se tiene una exactitud de 10 metros y una precisión del 95 por ciento.
- *Escala:* un sistema de location sensing debe ser capaz de localizar objetos del mundo entero, dentro de un área metropolitana, a través de un campo, en un edificio particular o dentro de una habitación. Además, el número de objetos que el sistema localiza utilizando cierta cantidad de infraestructura o en un tiempo dado puede ser limitado. Por ejemplo, GPS puede servir a un número ilimitado de receptores en todo el mundo utilizando 24 satélites más tres backups redundantes. Por otro lado, algunos lectores de tags electrónicos no pueden realizar una lectura si más de un tags se encuentra dentro del rango. Para determinar la escala de un sistema de location sensing, se considera su área de cobertura por unidad de infraestructura y el número de objetos que el sistema puede localizar por unidad de infraestructura y unidad de tiempo.
- *Reconocimiento:* para aplicaciones que necesitan reconocer o clasificar objetos localizables para la toma de una acción específica basada en su posición, se necesita un mecanismo de identificación automático. Un sistema de location sensing compuesto por scanners de tags instalados en ciertas locaciones permite que el reconocimiento de objetos sea simplemente una cuestión de la impresión del código de destino apropiado en un adhesivo para que luego sea leído. En contraste a esto, los satélites GPS no tienen un mecanismo inherente para el reconocimiento de receptores individuales. Una técnica general para la provisión de reconocimiento, consiste en la asignación de nombres o identificadores únicos globales a los objetos que serán localizados. Una

vez que el tag, label, etc., en el objeto revela su identificador, la infraestructura puede acceder a algún repositorio para la obtención de información relacionada al objeto.

- *Costo*: Se puede determinar el costo de un sistema de location sensing de muchas maneras. El costo en tiempo incluye factores como el proceso de instalación y el tiempo de administración. El costo de espacio involucra la cantidad de infraestructura y tamaño del hardware. Costo monetario incluye factores como el precio por unidad móvil o elementos de infraestructura, y el salario del personal de soporte.
- *Limitaciones*: algunos sistemas no funcionarán en ciertos ambientes. Por ejemplo una dificultad de GPS es que los receptores usualmente no detectan la transmisión de los satélites si se encuentran dentro de alguna instalación, como un edificio, habitación, etc. Esta limitación tiene implicancias para el tipo de aplicaciones que se pueden construir usando GPS. Algunos sistemas de lectura de tags pueden leerlos únicamente si uno solo de ellos se encuentra presente. En general, se determina las limitaciones funcionales mediante el análisis de las características de la tecnología subyacente que implementa el sistema de location sensing.

Todas estas características y problemas se utilizan a la hora de la evaluación de un sistema de location sensing. Sin embargo en [14] luego de realizar varios análisis sobre distintos sistemas de location sensing concluyeron en que la gran variedad de tecnologías puede introducir nuevas variables al análisis.

Otra de las conclusiones a las que llegaron es que tal evaluación tiene una naturaleza circular, al igual que el desarrollo de software: se especifica la aplicación, se construye el esquema del sistema de location sensing de acuerdo a las necesidades de la aplicación, se determina la existencia de sistemas que se acerquen a tal esquema, se evalúa cuan bien se ajustan a las necesidades de la aplicación, se especifica nuevamente la aplicación, y así repetidas veces hasta que se elige el sistema de location sensing o se opta por la construcción de uno nuevo.

4.1.2 Modelos generales de location sensing

La triangulación, la proximidad y el análisis de escena son los tres modelos generales de location sensing. Un análisis de dichos modelos, se hace en [14]. Estos modelos se utilizan de manera individual e independientes, o bien combinados en un mismo sistema.

La **Triangulación** utiliza las propiedades geométricas de los triángulos para computar la posición de los objetos. Este modelo se divide en dos categorías llamadas *lateration* –que utiliza medidas de distancia- y *angulation* –que utiliza medidas de ángulo-.

La *lateration* computa la posición de un objeto a través de la medición de la distancia desde múltiples puntos de referencia. El cálculo de la posición en dos dimensiones de un objeto, requiere la medida de la distancia desde 3 puntos no colineales como se muestra en la figura 16. Si se desea trabajar con posicionamiento en tres dimensiones, se requiere la medición de la distancia de cuatro puntos no coplanares.

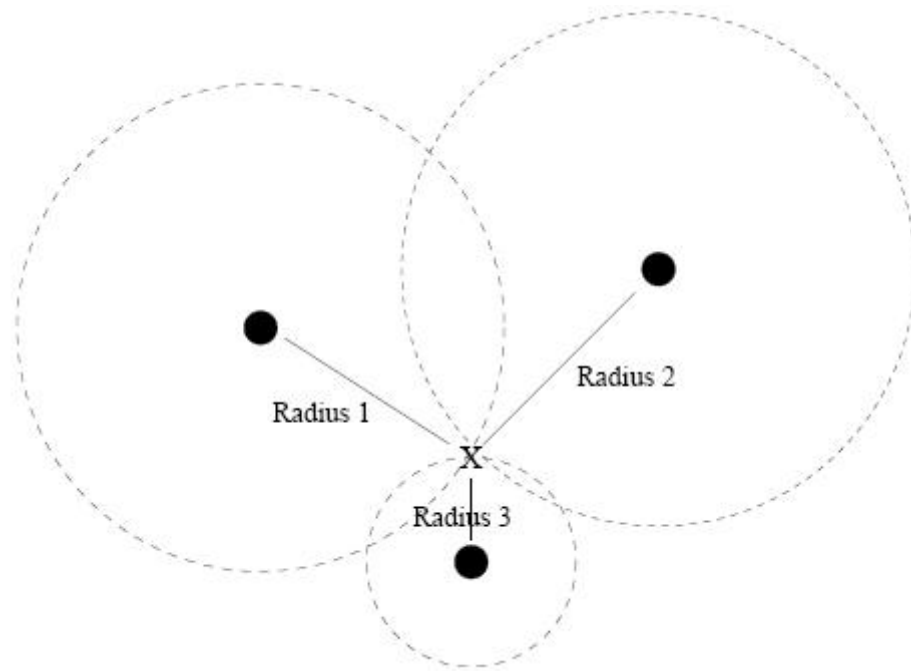


Figura 16: Posicionamiento de dos dimensiones usando lateration

Existen tres acercamientos generales para medir la distancia requerida por el modelo de lateration:

1. *Directa*: la medición directa de distancia usa una acción física o movimiento. Por ejemplo, un robot puede extender una sonda hasta que toca algo sólido o tomar medidas con una cinta de medición. La medición de distancia directa es simple de entender pero difícil de obtener automáticamente dado la complejidad que involucra en la coordinación de movimientos físicos autónomos.
2. *Time-of-Flight*: medir la distancia de un objeto hasta un punto P usando este modelo consiste en la medición del tiempo que toma el viaje desde el objeto hasta el punto P a una velocidad conocida. El objeto en sí puede estar moviéndose, como por ejemplo un avión volando a una velocidad conocida por un intervalo de tiempo dado, o, como sucede en ocasiones, el objeto se encuentra aproximadamente inmóvil y se observa la diferencia en la transmisión y el tiempo de arribo de una señal emitida. Por ejemplo, las ondas de sonido tienen una velocidad de aproximadamente 344 metros por segundo. Luego, un pulso de ultrasonido enviado desde un objeto que arriba al punto P en 14,5 milisegundos permite concluir en que el objeto se encuentra a cinco metros de distancia del punto P . La medición con esta técnica mediante luz o radio es también posible pero requiere relojes con mucha mayor resolución (de seis ordenes de magnitud más precisos).
3. *Atenuación*: la intensidad de una señal emitida decrece a medida que la distancia entre el emisor y el receptor aumenta. El decrecimiento relativo de la intensidad original es la atenuación. Dada una función que relaciona la atenuación y la distancia para un tipo de emisión y la fuerza original de la emisión, es posible estimar la distancia entre un objeto y un punto P midiendo la fuerza de la emisión cuando alcanza P . Por ejemplo, una señal de radio emitida por un objeto será atenuada por un factor

proporcional a $1/r^2$ cuando alcanza el punto P a una distancia r del objeto.

El modelo de *angulation* es similar al *lateration* excepto que, en lugar de distancias, son utilizados ángulos para determinar la posición de un objeto. En general, un posicionamiento de dos dimensiones requiere la medida de dos ángulos y una medida de longitud como la distancia ente los puntos de referencia como se muestra en la figura 17. Si se desean posicionamiento de tres dimensiones se necesita la medición de dos ángulos, la medición de una longitud y una medición de azimuth (componente horizontal de una dirección medida en grados alrededor del horizonte y comúnmente de norte a este).

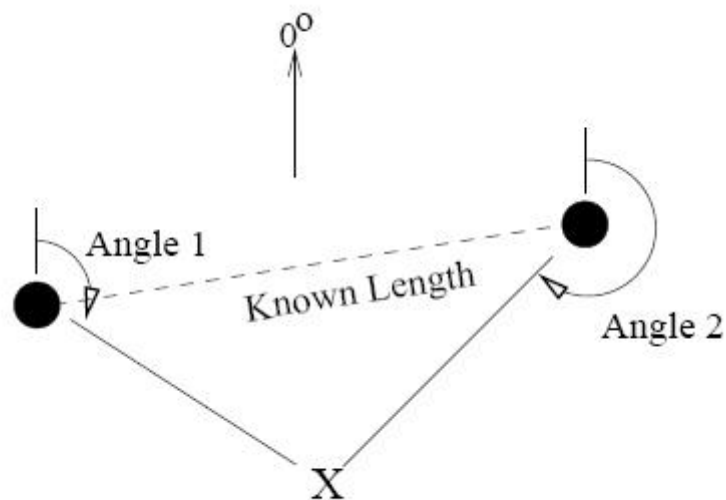


Figura 17: Posicionamiento de dos dimensiones usando angulation

Algunas implementaciones de *angulation* optan por la designación de un vector de referencia constante, como por ejemplo el norte magnético, como el grado cero (0°). El sistema de navegación de aviones VHF Omnidirectional Ranking es un ejemplo de este modelo.

La **Proximidad** trata de determinar cuándo un objeto se encuentra cerca de una locación. La presencia del objeto es censada usando un fenómeno físico de rango limitado. Hay tres acercamientos generales para el censo de la proximidad:

1. *Detección de contacto físico*: detectar el contacto físico con un objeto es el caso más básico de proximidad. Las tecnologías para la detección del contacto físico incluyen sensores de presión, sensores de tacto, y detectores de campos de capacidad.
2. *Monitoreo de wireless cellular acces point*: consiste en el monitoreo de un dispositivo móvil cuando se encuentra dentro del rango de uno o más access point en una red celular wireless.
3. *Observación de sistemas de identificación automáticos*: una tercera implementación de proximidad utiliza sistemas de identificación automáticos como las terminales point-of-sale de tarjetas de créditos, tarjetas electrónicas, tags de identificación, beacons, entre otros.

El *Análisis de escena* usa las características de una escena observadas desde un punto particular, para sacar conclusiones sobre la ubicación del observador o de los objetos en la escena. La ventaja del análisis de escena es que la ubicación de los objetos puede ser inferida utilizando observación pasiva y ciertas características que no se corresponden con mediciones geométricas de ángulos y distancias.

La escena en si puede consistir en imágenes visuales, como cuadros capturados por una cámara o cualquier otro fenómeno físico que se pueda medir, como las características electromagnéticas que se suceden cuando un objeto se encuentra en una posición y orientación particular.

4.2 Técnicas de location sensing

En la actualidad existen una diversidad importante de tecnologías y hardware para la implementación de un sistema de location sensing. De hecho, las características que estos presentarán suelen depender mucho de las tecnologías subyacentes.

Las técnicas de location sensing, si bien se basan en alguno de los modelos antes explicados, presentan alguna variación o característica nueva debido a su fuerte relación con la tecnología o hardware utilizado.

En [26] se hace un repaso de varias técnicas de location sensing y las tecnologías que se utiliza en cada uno de los casos. En dicho trabajo se clasifican a las técnicas en dos grandes grupos: las técnicas outdoor, que son las utilizadas en espacios abiertos como ciudades, campos, etc; y las técnicas indoor, que son las utilizadas en espacios cerrados como un edificio, salón, oficina, etc. A continuación se explicarán ambos grupos.

4.2.1 Técnicas de location sensing outdoor

Las técnicas de location sensing outdoor pueden dividirse en tres categorías. La primera se conoce con el nombre de *Network-Based* (basado en red) que depende de la capacidad del dispositivo móvil de recibir señales desde una red móvil. La segunda, llamada *Handset-Based* no necesitan la cobertura de una red móvil, pero requieren hardware y software especiales en el dispositivo móvil para determinar su posición. Finalmente la tercera categoría está compuesta por las técnicas *Híbridas* que mezclan en un mismo sistema las técnicas anteriores.

Las técnicas *Network-Based* utilizan estaciones bases, satélites u otros dispositivos que emiten señales de radio a los dispositivos móviles, para determinar la posición del usuario. En el dispositivo del usuario, no hay hardware o computación alguna que participe del proceso. Dentro de esta categoría, algunas de las técnicas más conocidas que se pueden mencionar son:

- *Cell ID*: es un método simple para el posicionamiento de teléfonos móviles altamente utilizado. La técnica determina la posición de acuerdo a la fuerza de la señal que recibe el teléfono. La estación base que emite la señal con mayor fuerza permite inferir que el usuario se encuentra en las proximidades de dicha estación. La exactitud depende de cuan cerca el teléfono se encuentra, que por lo general es un rango de cien a tres mil metros.

- *Angulo de arribo (AOA)*: determina la posición del teléfono móvil basado en el modelo de triangulación. Esta técnica usa múltiples antenas para determinar el ángulo de incidencia de una señal que arriba desde un teléfono. La información de dos antenas permiten el cálculo de la posición.
- *Tiempo de arribo (TOA)*: determina la posición de un teléfono basándose en la intersección del rango de distancia. Dado que el tiempo de propagación de una onda de radio es directamente proporcional a su rango atravesado, multiplicando la velocidad de la luz por el tiempo se obtiene el rango del teléfono móvil a la estación base con la que se comunica.
- *Diferencia de tiempo de arribo (TDOA)*: se basa en una variación del modelo de triangulación *lateration*, denominado *trilateration*. Utiliza la diferencia de tiempo en lugar de una medida del tiempo absoluta como hace TOA. Emplea dos pares de estaciones bases para el posicionamiento.

Las técnicas **Handset-Based** requieren hardware o software especial en el dispositivo móvil para el cálculo de su posición. La técnica más común de este tipo es el sistema de posicionamiento global o GPS. Entre las técnicas de esta categoría se pueden encontrar:

- *Sistema de posicionamiento global (GPS)*: es un sistema de posicionamiento basado en satélites. Existen 24 satélites orbitando alrededor de la tierra que difunden señales especiales que pueden ser procesadas por un receptor GPS. Existen actualmente dos sistemas GPS públicos. El sistema NAVSTAR cuyo propietario es Estados Unidos y es administrado por el Departamento de Defensa. Rusia posee el otro sistema llamado GLONASS. El principio básico del posicionamiento GPS es el cálculo de la distancia entre los satélites y el receptor. Para medir esa distancia se requiere, primero de cuatro señales para calcular la posición del receptor en tres dimensiones y segundo la sincronización de los relojes en los satélites y el receptor. GPS puede ser muy exacto si el receptor tiene señal suficiente de tres o cuatro satélites. Sin embargo la mayor desventaja es que es demasiado costoso y su performance puede verse comprometida en espacios cerrados y áreas urbanas muy densas.
- *Sistema de posicionamiento global asistido (A-GPS)*: GPS requiere cálculos complejos antes de determinar la latitud y longitud del usuario. En un A-GPS, el receptor se integra dentro de estaciones móviles. La red entrega información de asistencia sobre la posición y configuración de los satélites al dispositivo. La ventaja se ve reflejada en una mejor sensibilidad, un tiempo de configuración menor, y en algunos casos la posibilidad de utilizarlo en espacios cerrados.

Las técnicas **Híbridas** son aquellas que incorporan una combinación de las técnicas Network-Based y Handset-Based de manera tal de que las ventajas de una compensen las desventajas de la otra, y viceversa, con el objetivo de proveer una solución mas robusta y confiable. Por ejemplo, en un área rural y un suburbio, no hay muchas estaciones bases que puedan “escuchar” al dispositivo móvil, pero un receptor

GPS puede por lo general “ver” cuatro o más satélites. En un área urbana densa o dentro de un edificio, un receptor GPS no detecta demasiados satélites, pero el dispositivo móvil puede conectarse con dos o más estaciones base. Algunos ejemplos comunes de técnicas híbridas son: E-OTD/GPS, A-FLT/A-GPS y Cell ID-A-GPS.

4.2.2 Técnicas de location sensing indoor

Dado que estas técnicas son utilizadas en ambientes cerrados (edificios, museos, habitaciones, etc.) no dependen de ninguna red externa. Sin embargo, dependen de un conjunto de tecnologías utilizadas para transmitir datos de manera wireless en ambientes cerrados, como los sensores infrarrojos, ultrasonido, WLAN's, Bluetooth y RFDI:

- *Infrarrojo*: el primer sistema de posicionamiento indoor fue desarrollado usando sensores infrarrojos. Varios transmisores infrarrojos son colocados en las paredes, puertas, objetos, etc. Cada uno de ellos emite una señal que posee un valor. Este valor es utilizado como un identificador único para el sensor. Un dispositivo que posee un receptor de señales infrarrojas usa esa señal para determinar su posición actual. El sistema Active Badge [33] utiliza tecnología infrarroja. Las personas cargan con un pequeño dispositivo infrarrojo que emite un identificador global único (para cada persona) cada 10 segundos o por demanda. Un servidor central colecciona la información y provee información de locación absoluta en un rango de varios metros.
- *Ultrasonido*: el sistema Active Bat [2] emplea un método de Time-of-Flight mediante el uso de ultrasonido para proveer un posicionamiento físico más preciso que Active Badge. El sistema puede localizar objetos dentro de los 9 centímetros de su posición real el 95 por ciento de las mediciones. La mayor desventaja de esta técnica incluye la escalabilidad, la facilidad de instalación y el costo de implementación. Para complementar al Active Bat, el sistema Cricket [25] utiliza emisores de ultrasonido para crear la infraestructura y receptores embebidos en los objetos a ser localizados.
- *IEEE 802.11: RADAR* [27] es un sistema de seguimiento dentro de un edificio basado en la tecnología de red wireless IEEE 802.11 WaveLAN. Este sistema mide en la estación base, la fuerza de la señal que el dispositivo móvil envía, luego utiliza estos datos para computar una posición de dos dimensiones dentro de un edificio. La mayor ventaja del sistema es que es fácil de configurar, dado que requiere unas pocas estaciones base y utiliza la misma infraestructura que provee la red wireless. Una de las desventajas de RADAR es que tiene una exactitud de 3 metros con una precisión de 50 por ciento.
- *Bluetooth*: es un estándar de rango de radio corto para conectar dispositivos y permitir transmisión de datos punto a punto. Provee una mayor precisión que IEEE 802.11. Existen muchos trabajos que se concentran en el uso de esta tecnología para implementar sistemas de location sensing [8].
- *RFID*: la identificación de radio frecuencia es otra tecnología bastante prometedora, utilizada para llevar a cabo una identificación y

seguimiento de objetos dentro de un radio de unos pocos metros. Un sistema de location sensing que utiliza RFID integra una antena con circuitos electrónicos para formar un transponder que, cuando es consultado por un interrogador remoto, responderá con un número que lo identifica unívocamente. Las ventajas de esta tecnología incluyen identificación a distancia, alta precisión, entre otras.

- *Indoor-GPS*: en esta técnica se trata de explotar las ventajas del sistema GPS para desarrollar sistemas de location-sensing para ambientes cerrados (indoor). Típicamente GPS no funciona en ambientes cerrados dado que la fuerza de la señal es demasiado débil para penetrar las paredes. Indoor-GPS tiene en cuenta el bajo poder de consumo y los pocos requerimientos para el acceso wireless de los dispositivos como los teléfonos móviles y PDA. Las señales son generadas por lo que se conoce como pseudos-satélites que simulan a los satélites GPS. La idea es que la señal que generan sea compatible con los receptores GPS de manera de no tener que modificarlos para que funcionen correctamente.

Todas estas técnicas y tecnologías buscan el mismo objetivo, que es el de lograr dar un posicionamiento a objetos, personas, etc., en la realidad. En particular, la hipermedia física necesita de estos sistemas y en principio cualquiera de ellos es potencialmente útil. A continuación se hará un repaso de algunos trabajos donde se haya implementado una hipermedia física utilizando alguno de estos sistemas de location sensing.

4.3 Uso de location sensing en hipermedia física

Como se mencionó previamente, en la hipermedia física es imperativa la existencia de un sistema de location sensing subyacente para detectar la realidad e incluirla en una hipermedia. Sin este tipo de sistema, no podría implementarse sus dos nuevas formas de navegación: acceso a la contraparte digital de un nodo físico y la navegación de links físicos.

El primero de los casos, tiene lugar cuando el usuario se encuentra enfrente de un objeto o dentro de un lugar y automáticamente se navega a la contraparte digital del nodo físico. La implementación de este tipo de navegación implica la capacidad de detectar el objeto que se tiene delante o el lugar que se está visitando. Se pueden encontrar algunos trabajos que implementan este evento utilizando técnicas de location sensing indoor como RFID o tecnología de señales infrarrojas. En [18], por ejemplo, utilizan tags RFID que colocan sobre objetos de la realidad. Estos tags emiten información que es capturada con un lector de mano (ver figura 18). La información recibida, es un identificador que permite reconocer unívocamente cada objeto. Este identificador es utilizado para acceder y visualizar información digital relacionada al objeto.



Figura 18: *A la izquierda un tubo con un tag RFID, a la derecha un lector RFID de mano*

De manera similar, en [34] utilizan dispositivos de señales infrarrojas, denominados beacons (ver figura 19). Cada beacon emite, de manera intermitentemente, una señal infrarroja que es detectada e interpretada por el dispositivo móvil. Los beacon se asocian a los objetos o lugares, y permiten la identificación unívoca de cada uno de ellos. Cuando el usuario se encuentra en el rango de la señal infrarroja, el sistema lee el beacon y utiliza el identificador asociado para acceder a la contraparte digital.

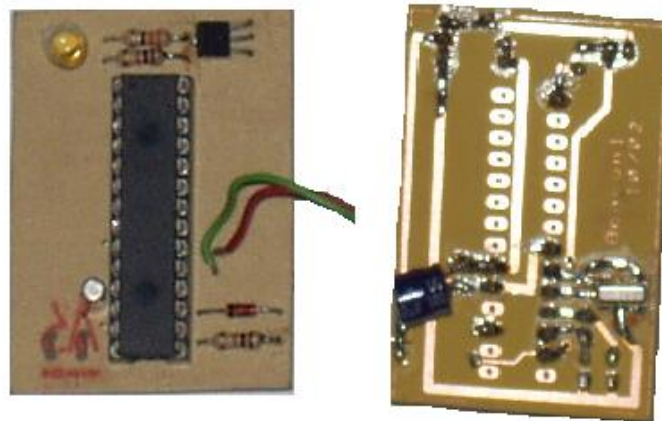


Figura 19: *Beacons que emiten señales infrarrojas*

Si bien estos sistemas de location sensing permiten una fácil implementación de la navegación a la contraparte digital de un nodo físico, no dicen nada con respecto al cálculo de la posición del usuario. Una alternativa consiste en el uso de alguna técnica de location sensing híbrida, y realizar una mezcla con algún otro sistema de posicionamiento como indoor-GPS o ultrasonido. Otra alternativa más sencilla, consiste en que la información digital del nodo físico que se está presenciando, incluya la posición de dicho objeto. De esta manera, cuando se accede a la contraparte digital se infiere la posición del usuario, ya que se sabe que se encuentra en frente del nodo físico.

En [4] se presenta la experiencia de una hipermedia física implementada para un espacio donde tiene lugar una exhibición. En este caso, para implementar la navegación hacia la contraparte digital, se utilizó un sistema de posicionamiento de ultrasonido. A medida que el usuario se desplazaba, se calculaba la posición física del mismo, para luego asociarla (lo que se conoce con el nombre de mapeo) con una locación simbólica permitiendo la ejecución de las consultas apropiadas. En este mismo trabajo se

proponen, en términos generales, tres posibles maneras de implementar la navegación a la contraparte digital de un nodo físico utilizando distintos sistemas de location sensing:

- Comparar la posición física de la persona con la de los objetos para determinar cuál está presenciando (Ultrasonido, GPS, etc.).
- Agregar algún dispositivo detectable sobre los objetos y/o lugares, que permitan identificarlos unívocamente (beacons, RFID, etc.).
- Utilizar un sistema de análisis de escena para detectar lo que está presenciando el usuario (sistema equipado con cámara).

El último de los casos se presenta, tal vez, como el menos viable dado la complejidad del sistema de location sensing subyacente. Las primeras dos son las que más potencial demuestran debido a las características de las tecnologías involucradas (costos, manipulación, complejidad, etc.).

En cuanto a la navegación de links físico se refiere, en el momento que el usuario intenta atravesar uno de ellos, es cuando el sistema de location sensing entra en juego. Como resultado de la selección de un anchor físico, al usuario se le indica cómo se llega al nodo físico de interés. En la resolución de este proceso se utiliza la posición actual del usuario, con lo cual, el sistema de location sensing debe ser consultado y dicha información incorporada en la solicitud de resolución.

En [48] proponen una implementación para la navegación de links físicos mediante el uso de un sistema de location sensing basado en la lectura de códigos de barras sobre los objetos. Cuando el usuario intenta navegar el link físico, se lee el código de barras sobre el nodo físico origen y se utiliza el identificador capturado para determinar la posición del usuario. Es decir, en este caso se infiere la posición del usuario a partir del objeto que está presenciando.

Si bien este trabajo utiliza lectores de código de barras, la misma metodología puede seguirse con cualquier sistema de location sensing. Es decir, a la hora de navegar el link físico se incorpora la información de la posición del usuario (o información que ayude a determinarla) en la solicitud hecha por el mismo.

4.4 Hipermedia física y location sensing en la Web

Para llevar una hipermedia a la Web es necesario un desarrollo en término de las tecnologías componentes de la Web. Es decir, construirla utilizando HTML, HTTP, el modelo cliente-servidor y URL's. En la actualidad existe una importante diversidad de herramientas para llevar a cabo esta tarea.

Sin embargo, cuando se quieren implementar los conceptos relacionados a la hipermedia física surgen nuevos retos a sortear.

La contraparte digital de un nodo físico puede implementarse en la Web, como una página Web escrita en HTML. Para el acceso a dicha página se utilizará la URL asociada con la misma. El problema surge en el momento de navegar a dicha contraparte digital. Los sistemas de location sensing proveen información de la ubicación del usuario, como su posición geográfica o algún tipo de identificador, para el acceso a la contraparte digital del nodo físico que el usuario presencia. Sin embargo, para navegar a la página Web correspondiente es necesario la obtención de a la URL asociada con la misma.

Como resultado de esta necesidad de obtener la URL de la contraparte digital del nodo físico, se establece una relación entre lo que detecta el sistema de location sensing y la URL a utilizarse.

Esta relación es llamada en [49] como *Sensing de URL*. Cuando el sistema de location sensing detecta un objeto de la realidad, se determina a que URL se accede, de acuerdo a la información disponible al momento. En particular proponen dos tipos de sensing de URL:

- *Sensing de URL directo*: se utilizan dispositivos como beacons infrarrojos, que en lugar de enviar un identificador único, envían directamente la URL a acceder. El dispositivo móvil detecta la señal infrarroja y ya dispone de la URL en cuestión.
- *Sensing de URL indirecto*: consiste en proveer algún servicio o mecanismos que permita transformar la información provista por el sistema de location sensing (posición, identificador, código de barras, etc.) en una URL. A este servicio o mecanismo se lo denomina ‘resolver’ y a la transformación resolución.

El primer caso es más directo ya que no requiere de ningún tipo de procesamiento extra. Por el otro lado, una ventaja del sensing indirecto es que la misma información de location sensing podría ser utilizada para acceder a distintas URL en diferentes contextos (varios resolvers). En la figura 20 se puede ver un esquema del prototipo implementado en [49] donde distintas técnicas de location sensing son utilizadas (infrarrojos, código de barras y RFID) integrados con algunos módulos del proyecto CoolTown [43] para la resolución de las URL.

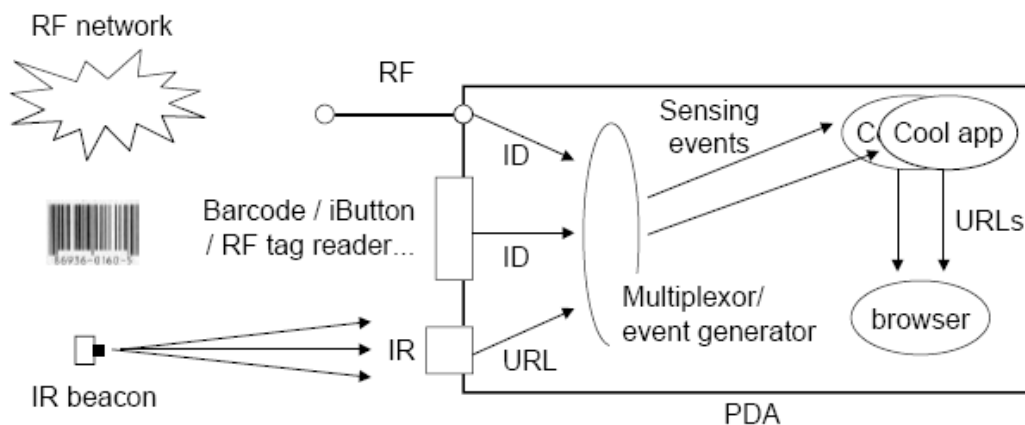


Figura 20: Esquema de sensing de URL en [49]

Otro trabajo que ataca esta problemática es [48], que de manera similar al trabajo expuesto anteriormente, transforma la información de location sensing en la URL pertinente. En particular propone un sensing de URL indirecto donde una serie de ‘resolvers’ permiten el acceso a la página Web en cuestión. Estos ‘resolvers’ son componentes Web, es decir, son servicios accesibles mediante una URL.

Los usuarios acceden a una página Web que permite la ejecución de solicitudes a un resolver particular. Esta página Web contiene un anchor especial que cuando se lo selecciona, se produce el sensing de URL. Es decir, se le solicita al sistema de location sensing la información –en este caso un código de barras- que luego es enviada al ‘resolver’. Este último, hace uso de esa información y retorna la página Web correspondiente. En la figura 21 se puede ver el prototipo y los pasos que se ejecutan en este proceso.

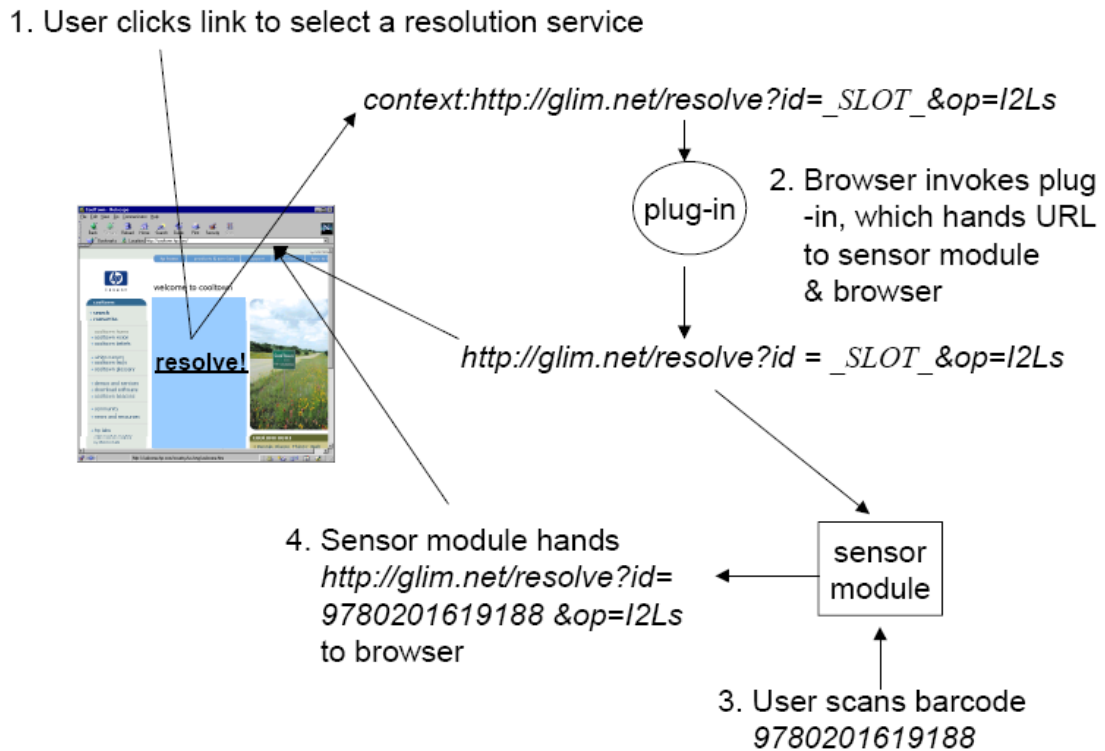


Figura 21: Resolución de URL en [48]

Una diferencia fundamental entre este último trabajo y el anterior es que la navegación a la contraparte digital de un nodo físico no se ejecuta de manera automática. Es decir, el usuario primero selecciona un link y luego tiene lugar la navegación. Esta automatización del acceso a la contraparte digital es preferible o más bien preponderada, en la hipermedia física.

Ambos trabajos, sin embargo coinciden en un punto: para poder mezclar la realidad con la Web se necesita establecer una asociación entre la información de location sensing y URL's. Esta asociación –denominada resolución o sensing de URL- aparece como un requisito inevitable y que marca una directiva de trabajo, para el desarrollo en el campo de la hipermedia física y la Web.

4.5 Conclusiones del capítulo

Los sistemas de location sensing surgen como el único mecanismo a través del cual se puede llegar a “detectar la realidad”. Con lo cual, es un requisito indispensable que dichos sistemas formen parte de la infraestructura de una hipermedia física.

Existen una gran cantidad de técnicas y tecnologías, y cada una de ellas tiene su validez dentro del contexto adecuado. Distintas hipermedias físicas utilizarán las técnicas más apropiadas, de acuerdo a sus requerimientos. Esto último, es un punto clave a la hora de construir un navegador Web que permita el recorrido de cualquier hipermedia física.

La mezcla de hipermedia física y la Web impone la necesidad de establecer una asociación entre URL's e información de location sensing, con el objetivo de que los objetos y los lugares físicos tengan una presencia en la Web.

Todas estas conclusiones serán tenidas en cuenta a la hora de construir un navegador Web para hipermedia física. En el próximo capítulo se explicará, entre otras cosas, como se incorporan estos conceptos.

Capítulo 5

Un navegador Web para Hipermedia Física

En los capítulos previos, se llevó a cabo una investigación sobre los temas relacionados con la hipermedia física y la Web. Cuestiones como la navegación en hipermedia e hipermedia física, los sistemas de location sensing y los elementos que componen a la Web; sirvieron de disparadores para llegar a un conjunto de conclusiones relacionadas con su integración. Estas conclusiones, constituyen la base sobre la cual se construirá un navegador Web, cuyo objetivo es la interacción con hipermedias físicas.

El desarrollo de dicho navegador Web permitirá realizar una caracterización de este tipo de herramientas; lo que forma parte de la motivación principal de este trabajo de grado.

*En este capítulo se expondrá dicha caracterización y se utilizará como ejemplo el prototipo que se ha desarrollado para este trabajo: **Walker** un navegador Web para Hipermedia Física.*

5.1 Características generales

Un navegador Web –como se explicó previamente- es la herramienta utilizada para la navegación a través de distintas hipermedias. Básicamente, cumple el rol de cliente dentro del modelo cliente-servidor, y permite el acceso a las páginas Web pertenecientes a las hipermedias. Estas páginas Web están construidas mediante el lenguaje HTML. Un navegador Web interpreta el lenguaje HTML y genera una visualización en la pantalla. En cuanto a la navegación propiamente dicha permite: navegar un link, mantener un historial, regresar a nodos visitados cronológicamente, entre otras facilidades.

En términos generales, la hipermedia física se caracteriza por lidiar con propiedades de la realidad física que son integradas con el mundo digital. Con lo cual, un navegador Web que sirva para la interacción con tales hipermedias deberá incorporar ciertas características relacionadas a este hecho.

La primera característica que se desprende del análisis, es bastante trivial. Dado que es un navegador Web, lo primero en cuestión es la navegación Web tradicional. En otras palabras, brindará las funciones básicas de un navegador Web: acceso a páginas Web, navegación de links, Backtracking, historial, next, entre otras facilidades.

Otras características más interesantes se relacionan con la integración entre el mundo físico y el digital, o sea, con el manejo de la hipermedia física. De acuerdo a lo visto en capítulos anteriores, se concluye en que existen dos características generales –o de granularidad gruesa- que deben satisfacerse:

- *Detección y aumento de la realidad:* tiene que ver con la detección de los objetos y lugares de la realidad física (nodos físicos) y el aumento de los mismos con información digital (contraparte digital).
- *Navegación Web física:* se asocia con la navegación en la hipermedia física extrapolada a la Web. Esto quiere decir, la navegación en la Web

considerando tanto nodos y links físicos como así también nodos y links digitales.

Sobre estas dos características es que se centra el trabajo importante. El hecho de que este nuevo navegador brinde las funciones Web tradicionales, no motiva ningún reparo especial en ello, ya que no introduce ningún reto de carácter conceptual. Es una cuestión meramente de implementación. En cuanto a las otras dos características planteadas; éstas si presentan retos tanto conceptuales como de implementación que hasta el momento no han sido exploradas. Con el objetivo de desarrollar estos conceptos y probarlos, se implementó un prototipo llamado *Walker*.

Walker es un navegador Web para hipermedia física, por lo tanto, cumple con las características generales presentadas. A demás de la navegación tradicional a través de la Web, brinda una navegación Web física y detecta/aumenta la realidad circundante. Este prototipo, es en principio, un microbrowser, es decir, es un navegador Web para dispositivos móviles, que en particular se desarrolló para PDA's. En la figura 22 se ve una imagen del navegador.

A continuación se explicará con más detenimiento las características generales en cuestión y se mostrará cómo fueron implementadas en *Walker*. Esto último permitirá establecer las características más específicas de un navegador Web para hipermedia física.



Figura 22: Imagen de Walker

5.2 Detección y aumento de la realidad

Dentro de la hipermedia física, la detección de la realidad tiene que ver con actividades como detectar la presencia de objetos, el cálculo de la posición del usuario, la detección del ingreso a un lugar particular, etc. Esto se asocia con unos de los mecanismos de navegación introducidos por este nuevo paradigma: la navegación a la contraparte digital.

La navegación a la contraparte digital se produce cuando el usuario se encuentra en las proximidades de un nodo físico. O sea, cuando se acerca a un objeto o ingresa a un lugar, dependiendo de qué es considerado como un nodo físico en la hipermedia que se está navegando. Como resultado de este evento, se obtiene información digital del nodo físico. Todo este proceso encierra a la detección y el aumento de la realidad.

En el contexto de la Web, la contraparte digital de un nodo físico no será otra cosa que una página Web. De esto se puede concluir que cuando se detecta un nodo físico, en definitiva lo que sucede es que se solicitará una página Web que representa la contraparte digital –o parte de ella- del nodo en cuestión. Está claro que es el navegador Web para hipermedia física, el que en definitiva solicitará la contraparte digital, dado que es una forma de navegación y como tal, dicho navegador es quien debe hacerse cargo. Para tal menester, deberá interactuar con algún sistema de location sensing de manera de poder detectar la realidad.

Como se explicó anteriormente, para la detección de la realidad se utilizan los sistemas de location sensing. Existen una gran variedad de tecnologías y técnicas, que de acuerdo al contexto, presentarán sus ventajas y desventajas. Cada sistema pone a disposición distinto tipo de información: mientras que unos proveen coordenadas geográficas otros brindan alguna forma de identificador unívoco.

Independientemente del sistema de location sensing utilizado, y en función de que la contraparte digital es una página Web, se puede establecer –en términos generales- los pasos a seguirse para resolver esta cuestión.

En la figura 23 se muestran los pasos que tienen lugar cuando se resuelve el acceso a la contraparte digital, donde el navegador Web primero detecta el nodo físico, luego hace la solicitud de la contraparte digital y el servidor Web le retorna la página solicitada para que finalmente sea visualizada en la pantalla.

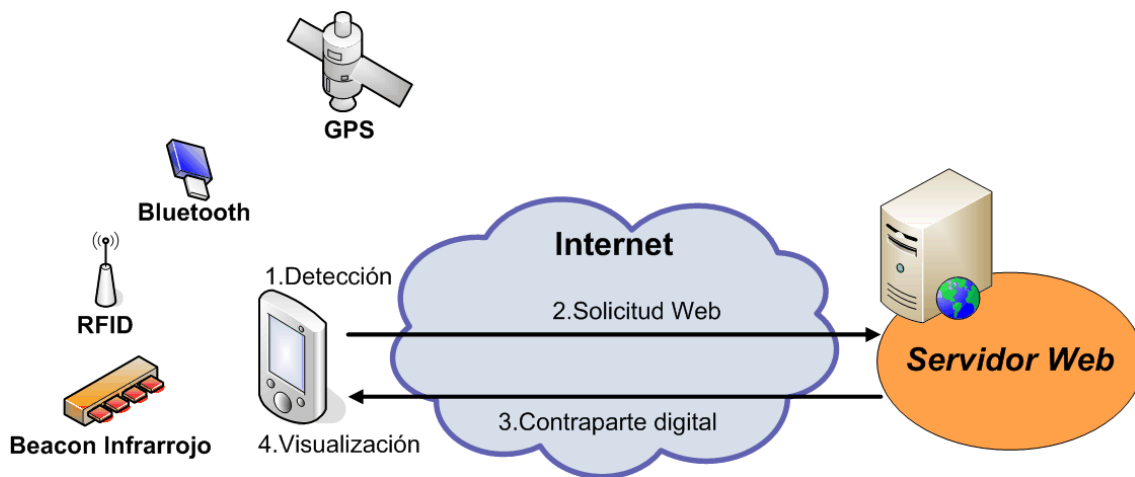


Figura 23: Acceso a la contraparte digital en la Web

Varias cuestiones a resolver surgen de este proceso y se relacionan con la interacción entre el navegador Web y los otros dos participantes: el sistema de location sensing y el servidor Web. En primer lugar no se habló nada sobre cuál sistema de location sensing se utilizará. No es lo mismo utilizar un sistema basado en GPS que uno basado en Infrarrojo. Por lo tanto se necesita resolver esta cuestión.

Una vez resuelto el problema del sistema de location sensing falta solucionar cómo se le solicita al servidor Web la contraparte digital. Dado que esta última es una página Web, la manera de acceso a la misma es mediante una URL. Sin embargo al

momento de la navegación sólo se dispone de la información de location sensing –un identificador, una coordenada, etc.- y no la URL. En el capítulo anterior se vio una aproximación de cómo se resuelve esto, que será tenida en cuenta para la solución de tales cuestiones.

A continuación se explicará la manera en que se resuelven estas cuestiones y se utilizará el navegador *Walker* para mostrar cómo se llevan a la realidad tales propuestas.

5.2.1 Configuración del sistema de location sensing

El primer problema a resolverse está relacionado con el sistema de location sensing. La cuestión se remite a la elección de cuál de todos los sistemas de location sensing utilizará el navegador Web. La respuesta a esto es: todos -o por lo menos los más utilizados en la actualidad-. Esta respuesta tiene que ver con las ventajas y desventajas que presenta cada sistema en determinados contextos. Distintas hipermedias físicas utilizarán distintos sistemas de location sensing de acuerdo a sus requerimientos. Por ejemplo, mientras que para una hipermedia física de un museo podría ser más conveniente una técnica de location sensing indoor –beacons infrarrojos, RFID, etc.- para una hipermedia física de una ciudad entera podría ser más conveniente una técnica outdoor –como GPS, A-GPS, etc.-.

De esto se concluye en que la selección de un solo sistema de location sensing para el trabajo con el navegador Web genera dos fuertes restricciones: o todas las hipermedias físicas tratan de utilizar el sistema de location impuesto por el navegador, o se descarta la posibilidad de navegar por aquellas hipermedias físicas que no utilizan el sistema elegido.

Ambas restricciones son notablemente inadmisibles. Restringir al uso de un sistema de location sensing impuesto, puede convertir a la construcción de una hipermedia física en una tarea extremadamente compleja y hasta en algunos casos imposible de lograr. Por otra parte, la reducción del objetivo del navegador a sólo aquellas hipermedias que utilizan el sistema de location sensing elegido, limita la potencia del mismo y conduce o bien a la primera restricción o bien a no utilizarlo.

Es por esto que la estrategia elegida consiste en que el navegador Web soporte todos los sistemas de location sensing posibles, con la intención de que las restricciones planteadas se eliminen. De esta manera, cada hipermedia física utilizará el sistema de location sensing que más le convenga.

Dado que cada hipermedia física goza de la posibilidad de elección, se puede concluir en que el mencionado sistema es una característica de cada una de las hipermedias físicas. El nuevo problema ahora es cómo determina el navegador Web, con cuál sistema debe interactuar, para la navegación de la hipermedia objetivo.

La solución propuesta para este problema radica en que cada hipermedia física indique, de manera declarativa, cuál sistema de location sensing se debe utilizar para poder navegarla. Así, el navegador Web para hipermedia física incorpora una nueva característica: *ser “configurable” con respecto al sistema de location sensing.*

De esto se desprende que una hipermedia física contiene una configuración de location sensing que especifica el sistema a utilizar, y dicha configuración tiene como objetivo al navegador Web. Es decir, la configuración tiene un conjunto de instrucciones cuyo destinatario es el navegador, para que éste último sepa cómo se trabaja con el ambiente físico.

Para entender mejor esto, se hará un paralelismo con un concepto explicado anteriormente: las hojas de estilos en cascada o CSS. Básicamente un CSS es un

conjunto de instrucciones dirigidas al navegador, para indicarle a éste cómo debe mostrar (visualizar) en la pantalla un nodo de la hipermedia. De la misma manera, la configuración de location sensing de una hipermedia física, encierra un conjunto de instrucciones dirigidas al navegador para indicarle a éste qué sistema de location sensing debe utilizar. Mientras que CSS se relaciona con las características visuales de la hipermedia; la configuración de location sensing se relaciona con las características físicas de la hipermedia física.

En particular, el navegador *Walker* es configurable con respecto al sistema de location sensing. El lenguaje utilizado para especificar la configuración se basa en XML (ver figura 24). Supongamos que la hipermedia física involucrada, utiliza beacons infrarrojos. Los beacons envían una señal intermitente con una cantidad de caracteres específica. La cantidad de caracteres depende de la fabricación del beacon, con lo cual debe ser especificada en la configuración.

```
<physic>
  <beacon size='13'>
</physic>
```

Figura 24: Especificación de location sensing en Walker

Así como se especificó la utilización de un sistema de location sensing basado en beacons, se podría especificar otros sistemas como Bluetooth, GPS, etc. Cada sistema posee características particulares –como la cantidad de caracteres en los beacons- que deben ser especificadas en la configuración.

Una vez que el navegador obtiene la configuración, se encuentra en condiciones de iniciar el trabajo con la realidad física. La pregunta que surge ahora es: ¿De dónde obtiene el navegador la configuración de location sensing? Es evidente que dicha configuración residirá en un servidor Web y que de una forma u otra, se deberá utilizar un URL para obtenerla.

En principio, la respuesta a dónde se ubica la configuración es: en cualquier nodo de la hipermedia. Es decir, al igual que CSS, la configuración de location sensing se especificará en alguna de las páginas Web –en uno de los nodos de la hipermedia-. Por cuestiones que se explicarán más adelante, no existe ninguna restricción sobre cuál página deberá contener dicha configuración. Lo que sí queda claro es que carece de sentido que todas las páginas –o más de una- contengan tal configuración, ya que una vez configurado el navegador, la reiteración del envío de las mismas instrucciones no generaría ningún efecto favorable, y por el contrario se realizaría un procesamiento obsoleto. Lo que se propondrá entonces, es establecer una convención sobre el lugar donde se especificará la configuración. Esta convención se basará en un concepto visto en el capítulo tres: el *Home* de una hipermedia.

El *Home* es un nodo más, dentro de la hipermedia, que sirve de alguna manera como carta de presentación. En él se puede encontrar información sobre la hipermedia en general, como algún resumen que caracterice el contenido de toda la hipermedia, links a los demás nodos, invitaciones para navegar a determinados lugares, etc. Por lo general, es el primer nodo en ser accedido por un usuario y a partir de allí comienza la navegación a través de la hipermedia. De acuerdo a estas características, es aquí entonces donde se propone ubicar la configuración del sistema de location sensing. Dado que el *Home* contiene información sobre la hipermedia, y teniendo en cuenta que

el sistema de location sensing es una característica de la misma, se considera entonces el lugar más apropiado para la ubicación de dicha configuración.

Como consecuencia de esta decisión se tiene que el *Home* de una hipermedia física es un nodo digital y que para poder interactuar con la realidad física se debe primero acceder –o sea, navegar- a dicho nodo. Tal acceso, implica la utilización de la URL correspondiente a la página Web que representa el *Home* en cuestión.

A modo de ejemplo, retomemos el escenario de la hipermedia física de un museo y del visitante que carga su PDA. Para poder ingresar a la hipermedia física y que el navegador esté listo para interactuar con la realidad, el usuario navega hacia el *Home* de la misma –a través del navegador- utilizando una URL conocida o dada; tomemos como ejemplo www.museo.org. Una vez que el usuario navegó hacia dicho *Home*, el navegador está listo para comenzar con el trabajo.

De esto se pueden sintetizar una serie de pasos, que se suceden, para dar inicio a la interacción con la hipermedia física y que el navegador quede configurado:

1. *Solicitud del Home*: mediante una URL conocida o dada, se navega hacia la página Web.
2. *Obtención del Home*: el navegador obtiene la página Web del *Home*, que entre otras cosas contiene la configuración.
3. *Extracción de la configuración*: el navegador extrae la configuración de location sensing en el *Home*.
4. *Configuración*: de acuerdo a la especificación extraída, el navegador configura el sistema de location sensing a utilizarse.

En la figura 25 se muestran los pasos listados previamente, teniendo en cuenta el ejemplo de la hipermedia física de un museo cuyo *Home* es www.museo.org.

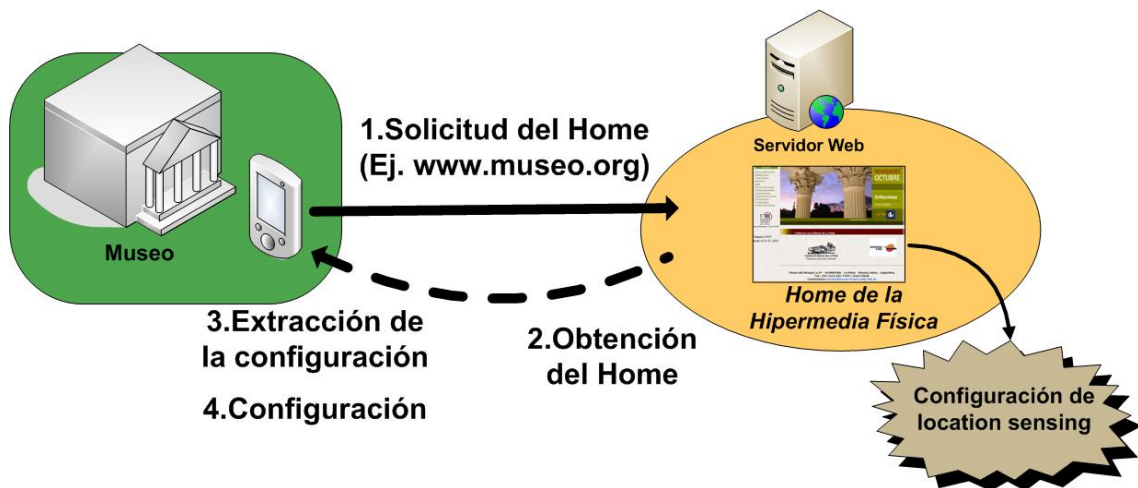


Figura 25: Ingreso a la hipermedia física y configuración del navegador

Queda claro que el usuario solamente ingresa la URL del *Home* –de la misma manera que cuando accede a cualquier página Web- y luego los pasos subsiguientes se ejecutan automáticamente. Es el navegador el encargado de realizar todo el trabajo extra sin sumar ninguna carga al usuario. De hecho, para este último, todo el proceso se resume a la utilización del navegador de la misma manera que lo hace cotidianamente.

Una vez ejecutado todo este proceso, el navegador Web está configurado para la interacción con la hipermedia física, detectando los objetos y lugares de la realidad. Sin embargo es necesario clarificar un paso para que el proceso sea exitoso: ¿De dónde extrae el navegador la configuración? Como se explicó, ésta se encuentra en el *Home*, pero nada se dijo sobre cómo se incluye en dicho lugar.

La solución a este problema se relaciona directamente con la especificación de la configuración. Anteriormente se mostró que esta especificación es un conjunto de instrucciones –en el caso de *Walker* XML- dirigidas al navegador. Lo que hace falta es la posibilidad de incluir dicha especificación en una página Web, y en particular dentro del *Home*.

Las alternativas encontradas para incluir la configuración, se asemejan a la utilizada en CSS. Se proponen, entonces, dos formas de incluir la configuración de location sensing en una página Web:

- *Configuración embebida*: la configuración se encuentra especificada dentro de la página Web.
- *Configuración en archivo*: la configuración se especifica en un archivo separado y se referencia desde la página Web.

En el primero de los casos, las instrucciones de la configuración se ubican junto con el HTML de la página. Un lugar apropiado para esto es el HEAD dado que es el lugar destinado, entre otras cosas, a la ubicación de metadatos. La segunda alternativa consiste en que la especificación se escriba en un archivo separado y desde la página Web se suministre la ubicación del mismo. Esto se hará mediante la URL del archivo.

Walker provee ambas alternativas. Por lo tanto, permite incluir la configuración de location sensing –dentro de una página Web- de manera embebida y también utilizando un archivo separado. En la figura 26 se muestra cómo se hace esto, utilizando como ejemplo el sistema de location sensing basado en beacons.

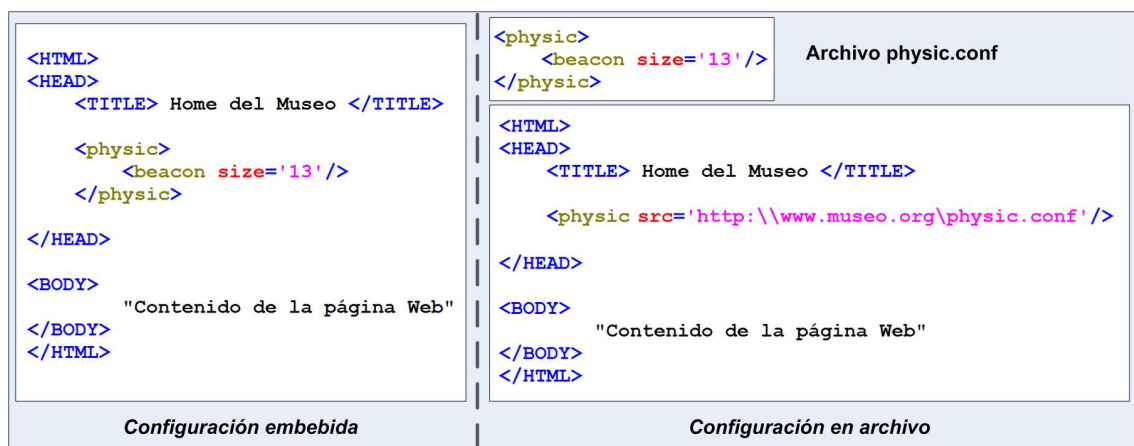


Figura 26: Formas de incluir location sensing usando Walker

Una vez que se configuró el navegador –de acuerdo a los pasos mencionados anteriormente-, éste se encuentra en condiciones de interactuar con la realidad, detectando los objetos y lugares o bien resolviendo la posición del usuario. Este usuario, se desplaza a través del espacio físico y el navegador recolectará la información de location sensing del ambiente.

De esta manera entonces, se resuelve el problema de “detectar la realidad”, ya que la información de location sensing queda a entera disposición del navegador.

Ahora un nuevo reto se presenta y tiene que ver con el acceso a la contraparte digital de un nodo físico. Cuando un usuario, por ejemplo, se encuentra frente a un objeto físico, el navegador detecta el evento y como consecuencia, debería acceder a la contraparte digital de tal objeto. Dicha contraparte digital es una página Web y para accederla se debe utilizar su respectiva URL. Pero al momento, el navegador sólo dispone de la información de location sensing. Entonces, ¿cómo hace al navegador para acceder a la contraparte digital? A continuación se explicará la solución que se le dio a este problema.

5.2.2 Transformación a URL: Cliente vs. Servidor

El acceso a la contraparte digital de un nodo físico, es un requerimiento que se debe satisfacer para cualquier navegador de hipermedia física. Como se vio anteriormente, la interacción con el sistema de location sensing no es suficiente para acceder a la contraparte digital. Es decir, se resuelve una parte del problema –ya que se detecta la presencia de nodos físicos-, sin embargo la información disponible no es suficiente. El problema radica en que la información de location sensing no es una URL ni tampoco la incluye. En cambio se tiene otro tipo de información, como un identificador único, una coordenada geométrica, una posición geográfica global, etc.

Como se expuso en el capítulo anterior, en [49] existe una propuesta para embeber dentro de los dispositivos de location sensing la URL a acceder. En este trabajo se proponía que los beacons infrarrojos –dado que envían una cadena de caracteres- contengan almacenada una URL y la envíen a través de las señales infrarrojas que emiten. A esto lo denominaron “*sensing de URL directo*”. Esta propuesta soluciona el problema del acceso a la contraparte digital. Cuando el navegador captura la señal del beacon ya dispone de la URL.

Si bien esta propuesta tiene la ventaja de que una vez detectado el nodo físico, se dispone inmediatamente de la URL –correspondiente a la contraparte digital-, presenta algunas desventajas que la excluyen como alternativa. Algunas de las desventajas encontradas son: dado que las URL’s se componen de una cantidad importante de caracteres, esto implica que los beacons tengan que suministrar una mayor capacidad de almacenamiento y se debe considerar el caso en que el tamaño de la URL aumente; además resulta costosa la reutilización de un dispositivo para distintos nodos físicos, ya que o bien se debe reconfigurar el beacon con la nueva URL o bien se reasignan las URL’s de las contrapartes digitales.

A pesar de esto, existe una desventaja de mayor relevancia. Los beacons infrarrojos son uno de los pocos dispositivos –en un sistema de location sensing- que pueden almacenar la URL necesitada, es decir, no todos poseen esta capacidad. Tomemos como ejemplo el caso de GPS. Este sistema suministra una coordenada global con un formato estándar. Es imposible para este sistema proveer una URL –en lugar de una coordenada-, ya que es utilizado en diversos contextos donde esta capacidad no tiene sentido. De hecho no fue pensado para esto. Con lo cual, si se utiliza la propuesta anterior, el sistema GPS quedaría descartado como alternativa para las hipermedias físicas. Así como queda descartado GPS, también se descartan un número importante de sistemas de location sensing. Es por esto que no se considerará al “*sensing de URL directo*” como alternativa para el acceso a la contraparte digital de un nodo físico. Se

debe plantear entonces, una solución que incluya la mayor cantidad de sistemas de location sensing posibles.

Si se analiza la problemática, lo que se presenta es la necesidad de navegar a la contraparte digital de un nodo físico a partir de la información de location sensing disponible al momento. Es decir, un nodo físico se caracteriza por tener asignado un dato o información de location sensing –como por ejemplo uno o varios identificadores unívocos, una o varias coordenadas geográficas, etc.- y esa información es la que debe ser utilizada para la navegación hacia la página Web que representa la contraparte digital. Por lo tanto lo que se necesita es realizar una transformación de la información de location sensing a URL's.

Dado que cada nodo físico posee información de location sensing que lo distingue de otros nodos físicos, entonces es posible establecer una asociación entre dicha información y la URL correspondiente a la contraparte digital del nodo en cuestión. Una asociación en la que, a partir de información de location sensing, se logra obtener –mediante una transformación o traducción- la URL a utilizarse.

Esta asociación puede establecerse con cualquier tipo de información de location sensing. Para ejemplificar esto, tomemos el caso del sistema basado en beacons infrarrojos. Es posible establecer una asociación entre un identificador emitido por un beacon y una URL particular. Otro caso podría ser el de Bluetooth, donde se puede asociar una URL específica con la MAC –identificador unívoco- de un adaptador de Bluetooth. También es posible la asociación ente una posición geográfica GPS (o un conjunto de ellas) y una URL.

De esta manera, el navegador Web, luego de la detección del nodo físico en las proximidades y haciendo uso de la asociación correspondiente, logra la navegación hacia la contraparte digital del nodo. Este será el esquema utilizado para lograr el acceso a la contraparte digital de un nodo físico a través de la Web, y obtener el aumento de la realidad planteado en un principio.

A este proceso de traducción se lo denominará **transformación a URL** y, como se muestra en la figura 27, le sucede al proceso de detección del cual recibe como entrada la información de location sensing a transformar.

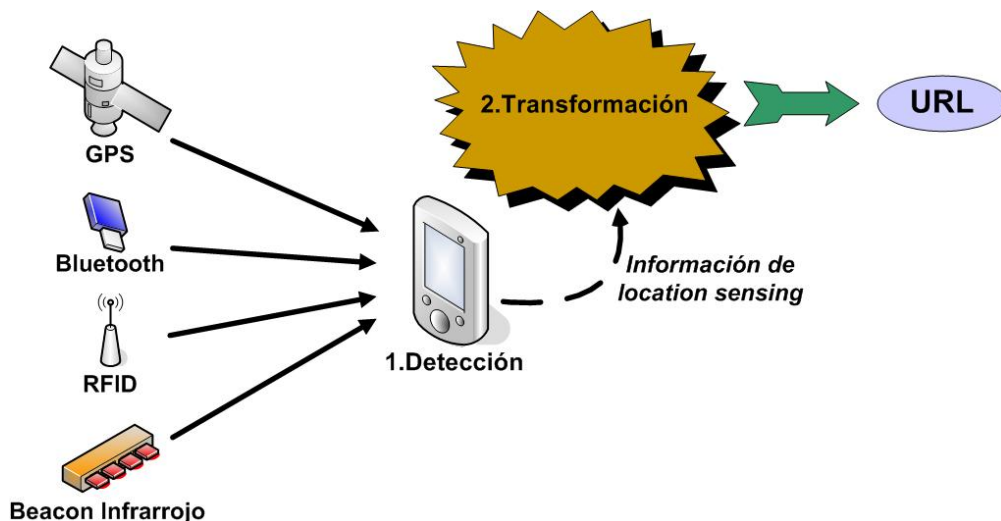


Figura 27: Proceso de transformación a URL

Si se reflexiona sobre la solución buscada, lo que se está haciendo –de alguna manera- es homogeneizar la interacción entre el navegador Web y los sistemas de

location sensing. O sea, se analizó y finalmente se eligió un mecanismo que permitiese la navegación a la contraparte digital de un nodo físico independientemente del sistema de location sensing subyacente.

El proceso de *transformación a URL*, entonces, es un servicio que será utilizado por el navegador Web para efectuar la navegación a la contraparte digital de un nodo físico. La pregunta que surge a continuación es ¿dónde tiene lugar tal proceso de transformación? Es decir, en qué lugar se ejecuta o bien, quién lo ejecuta. Hasta el momento sólo se mencionó que luego de dicho proceso, se llevaba a cabo la navegación pertinente, sin explicación sobre la forma en cómo eso se llevaba a cabo. Con lo cual, es momento de resolverlo.

En el modelo cliente-servidor las alternativas para la ubicación del proceso de transformación a URL son obviamente pocas: o se lleva a cabo en el cliente o en el servidor. En este caso particular, o bien lo realiza el navegador Web o bien lo realiza el servidor Web.

Las dos alternativas fueron estudiadas, y se concluyó en que ambas presentan condiciones suficientes para que sean incluidas como parte de la solución. Es decir, si bien cada una presenta ventajas y desventajas, ninguna prevalece por sobre la otra.

Para cada una de las alternativas el navegador Web participará de diferente manera, sin embargo –como se mostrará más adelante- esto no tendrá un gran impacto sobre la construcción de una hipermedia física.

A continuación se explicará en detalle cada una de las posibles transformaciones a URL y como interviene el navegador Web en cada caso.

En la *transformación a URL en el Cliente*, el navegador Web puede llevar a cabo la traducción de la información de location sensing a una URL por sus propios medios. Esto significa que la transformación se ejecuta por completo en el cliente y automáticamente el navegador obtiene la URL de la contraparte digital a obtener.

Como se ve en la figura 28, la transformación tiene lugar inmediatamente después de la detección del nodo físico; y finalizada la primera, el navegador está en condiciones de navegar a la contraparte digital.

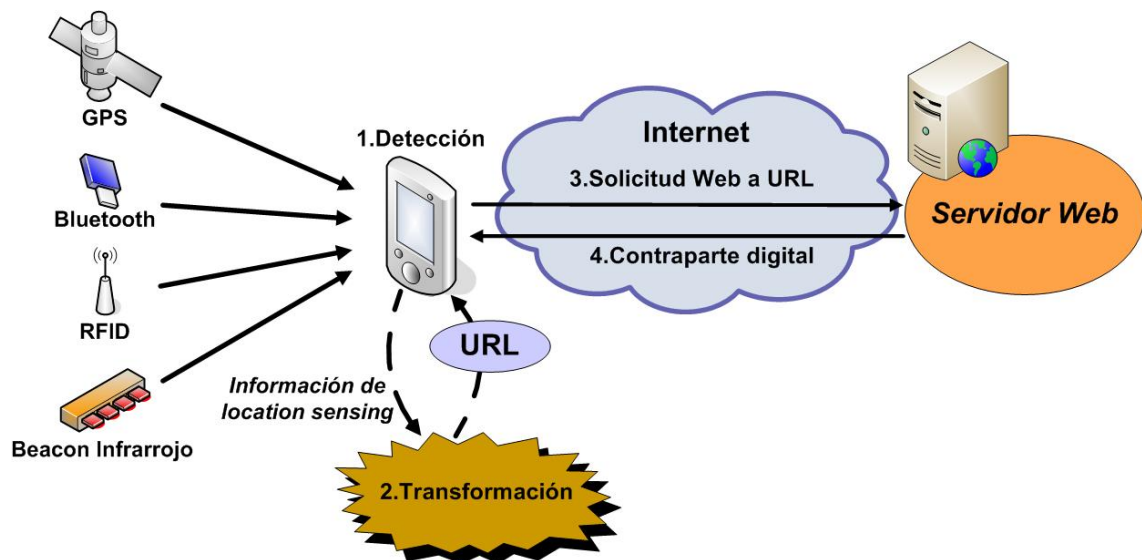


Figura 28: Proceso de transformación a URL en el Cliente

A partir de esto se esquematiza la forma de trabajo del navegador Web, utilizando *transformación a URL en el Cliente*, de la siguiente manera:

1. *Detección*: el navegador detecta el nodo físico mediante la interacción con el sistema de location sensing subyacente.
2. *Transformación*: el navegador transforma la información de location sensing a la URL asociada.
3. *Solicitud Web*: el navegador utiliza la URL –obtenida en el proceso de transformación- y solicita al servidor Web la página, que en definitiva es la contraparte digital.
4. *Obtención*: el navegador obtiene la contraparte digital y la visualiza en la pantalla.

Esta es la manera en que se resuelve la *transformación a URL en el cliente*. Sin embargo una cuestión queda flotando en el aire: ¿De dónde obtiene, el proceso de transformación, las URL? Es decir, este proceso es ejecutado por el navegador y en ningún momento éste se comunica con algún servicio externo para obtener la lista de URL's necesarias. Con lo cual esta información debe encontrarse disponible localmente.

Hasta el momento se vio que la información de location sensing sí está disponible localmente en el cliente, y que puede ser suministrada al proceso de transformación para que realice la traducción a la URL asociada. Por lo tanto, la información donde se especifican las asociaciones –entre información de location sensing y URL's- , será manipulada por el navegador Web de manera local.

El problema surge a partir de que cada hipermedia física tiene su propia información sobre las asociaciones o transformaciones. Y esto se relaciona directamente con el sistema de location sensing que utilizan y las URL de las cuales dispone. Con lo cual, esta información será específica para cada una de las hipermedias físicas. De esto se desprende que, si bien la información sobre las asociaciones se manejará localmente, deberá ser actualizada cuando se navegan distintas hipermedias.

La solución propuesta para este problema consiste en que cada hipermedia física especifique las asociaciones de manera declarativa, para que el navegador Web pueda llevar a cabo las transformaciones. Con lo cual, el navegador Web obtiene tal especificación y luego la maneja localmente.

Esta especificación encierra la misma estrategia utilizada para la configuración del sistema de location sensing vista anteriormente. O sea, de la misma manera que una hipermedia física especifica el sistema de location sensing –para configurar el navegador-, también especifica las transformaciones entre la información de location sensing y las URL's. Así, el navegador maneja esta información localmente. A esta especificación de las transformaciones se la denominará **Mapeo**.

El **Mapeo**, entonces, será la herramienta que se utilizará para proporcionar la *transformación a URL en el cliente*. Es decir, si en una hipermedia física se desea utilizar dicha clase de transformación, basta con que se suministre su mapeo.

Para entender mejor este concepto se mostrará cómo se brinda la posibilidad de *transformación a URL en el Cliente* utilizando **Walker**.

Retomando el ejemplo de la hipermedia física del museo, ésta utilizaba un sistema de location sensing basado en beacons infrarrojos. Cada beacon emite un identificador único. Supongamos que se dispone de tres beacons que emiten los identificadores 000, 111 y 222. Ahora supongamos que se asocia el primer beacon con el esqueleto, que posee el museo, del *Tiranosaurio*. Lo mismo con el *Velociraptor* y el *Protoceratops* respectivamente. Cada uno de estos nodos físicos tiene su contraparte digital (*Tiranosaurio.html*, *Velociraptor.html* y *Protoceratops.html*). Entonces, la

hipermedia física especificará el mapeo que se puede ver en la figura 29. Este mapeo es el que utilizará el navegador para trabajar dentro de la hipermedia física del museo.

```
<mapping>
  <map value='000' url='www.museo.org/Tiranosaurio.html' />
  <map value='111' url='www.museo.org/Velociraptor.html' />
  <map value='222' url='www.museo.org/Protoceratops.html' />
</mapping>
```

Figura 29: Ejemplo de Mapeo con beacons en Walker

En este ejemplo se muestra claramente cómo se especifican las asociaciones entre la información de location sensing –en este caso beacons- y las URL's. Una vez que el navegador obtiene tal mapeo, se encuentra en condiciones de realizar las transformaciones localmente.

La pregunta que surge ahora es: ¿de dónde obtiene el navegador el mapeo de una hipermedia física? La ubicación del mapeo se establece junto con la configuración de location sensing, si seguimos la convención planteada, en el *Home*. De esta manera, cuando el navegador obtiene la configuración de location sensing también obtiene el Mapeo. Con lo cual ahora la configuración agrupa algunas cuestiones más; no sólo el sistema de location sensing subyacente sino que también el Mapeo. Es por esto que se denominará a toda esta configuración como **Configuración Física**. Más adelante se explicará con más detalle este concepto.

De la misma manera que en el ejemplo anterior se utilizaron los identificadores emitidos por los beacons, se podrían utilizar las direcciones MAC de un conjunto de adaptadores de bluetooth –ejemplos de algunas de estas MAC son 00:0B:0D:07:50:93, 00:0B:0D:07:2F:8C y 00:0B:0D:07:2C:1C- o posiciones geográficas GPS. Cualquiera sea el caso, en *Walker*, basta con la inclusión de una línea 'map', asignando al atributo 'value' la información de location sensing y al atributo 'url' la URL de la contraparte digital.

Una de las ventajas que se vislumbran en un primer y rápido análisis de esta alternativa, se relaciona con el impacto en el desarrollo de hipermedias físicas. Con sólo suministrar la configuración física usando el mapeo –que no es más que un archivo de texto o parte de una página Web- una hipermedia tradicional, construida con las herramientas actuales, se transforma en una hipermedia física. Más adelante se profundizará en este tipo de análisis.

La **transformación a URL en el Servidor** consiste en que éste brinde un servicio accesible a través de la Web para transformar información de location sensing a las URL adecuadas. Este servicio será específico para cada hipermedia física. Como se vio antes, cada hipermedia manejará su propia información de location sensing y su propio conjunto de URL's. El navegador Web, entonces, enviará al servidor la información de location sensing con el objetivo de que se lleve a cabo la transformación. Para lograr esto, el servicio de transformación deberá ser accesible a través de una URL.

Se plantean dos esquemas de funcionamiento, para la implementación de este servicio de transformación, sin embargo solo uno será elegido.

El primero consiste en que el navegador Web solicite la transformación, a través de la Web utilizando la URL del servicio. El servidor utiliza la información de location sensing y la transforma a la URL asociada. Luego le retorna dicha URL al navegador. Finalmente, el navegador obtiene la URL de la contraparte digital y ejecuta la navegación.

El segundo esquema consiste en que el navegador envíe la información de location sensing al servidor para que éste la transforme. El servidor realiza la transformación y obtiene la URL correspondiente. Sin embargo, en lugar de retornarle la URL al navegador, ejecuta una redirección –mediante algún mecanismo que se explicará mas adelante- y accede a la contraparte digital. Por último le retorna la página Web al navegador, y por ende se obtiene la navegación a la contraparte digital.

El segundo esquema es el que se utilizará, dado que el primero presenta algunas desventajas que lo apartan de su elección como alternativa. En primer lugar, el proceso completo del primer esquema involucra dos solicitudes para la navegación a la contraparte digital: primero la solicitud de transformación y luego la solicitud de la página Web. Esto en el segundo esquema no se presenta, ya que sólo se realiza una solicitud que desencadena toda la navegación. Además, la redirección postulada en el segundo esquema es un mecanismo muy sencillo de utilizar y disponible en la mayoría de las plataformas de desarrollo Web.

De esta manera, *la transformación a URL en el Servidor* –ver figura 30- se dispara luego de una solicitud Web hecha por el navegador y tiene como resultado la navegación a la contraparte digital.

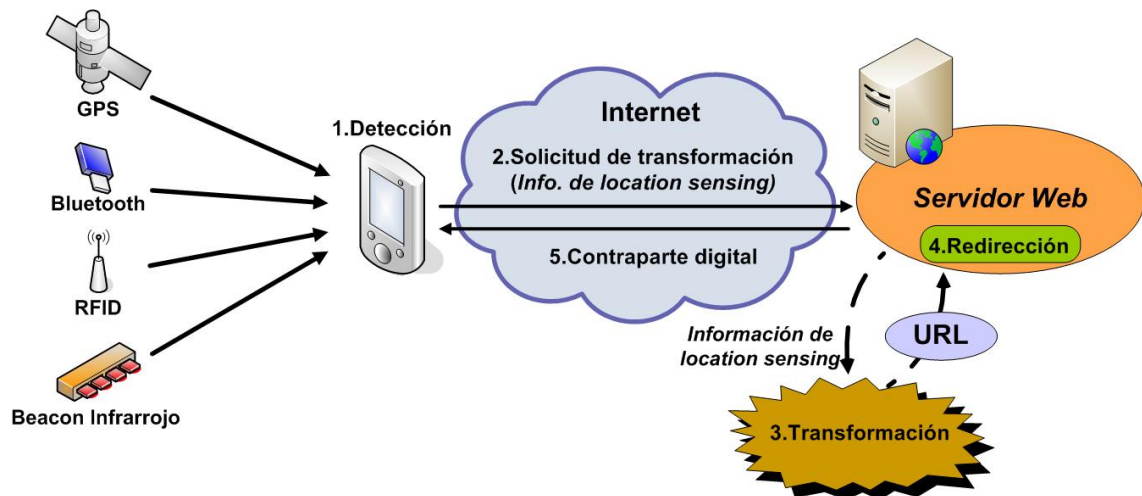


Figura 30: Proceso de transformación a URL en el Servidor

A partir de este esquema se enumeran los siguientes pasos que tienen lugar en la navegación a la contraparte digital utilizando este tipo de transformación:

1. *Detección*: el navegador Web detecta el nodo físico y recupera la información de location sensing.
2. *Solicitud de transformación*: el navegador hace una solicitud de transformación enviando la información de location sensing.
3. *Transformación*: se lleva a cabo la transformación en el servidor y se obtiene la URL de la contraparte digital.

4. *Redirección*: el servidor realiza una redirección utilizando la URL obtenida en el paso anterior y accede a la página Web correspondiente.
5. *Obtención*: el navegador recibe la página Web correspondiente a la contraparte digital y la visualiza en la pantalla.

En este caso, el navegador no resuelve todo el trabajo como en la transformación anterior. Solamente se restringe a la detección y luego a la solicitud Web. Luego es el servidor el que deberá completar el resto del trabajo. Con lo cual, esto quedará como requerimiento en la construcción de la hipermedia física y de las tecnologías que se utilicen. A este servicio de transformación se lo denominará **Transformer**.

Una cuestión que no se aclaró tiene que ver con la forma en que el navegador solicita la transformación, y por ende la navegación a la contraparte digital. El *Transformer* posee una URL para ser accedido a través de la Web. Cada hipermedia física tendrá su propio servicio de transformación. Entonces, ¿cómo sabe el navegador la URL del *Transformer* al que tiene que invocar? Esta no puede estar predefinida en el navegador como información estática, ya que irá variando a medida que se navegan distintas hipermedias físicas.

La solución a este problema sigue la misma estrategia que se utilizó para la *transformación a URL en el cliente*. O sea, cada hipermedia física especifica de manera declarativa la URL del servicio de transformación. Así el navegador Web obtiene la ubicación del *Transformer* y a medida que detecta los nodos físicos realiza las solicitudes pertinentes.

A modo de ejemplo, asumamos que la hipermedia física del museo utiliza *transformación a URL en el servidor* –en lugar del otro tipo de transformación– y que el *Transformer* a utilizar se ubica en `www.museo.org/Service`. Sin intención de entrar en detalles, tal *Transformer* podría ser implementado por medio de un Servlet, una JSP, un script PHP, entre muchas más alternativas. El único requerimiento es la capacidad de redirección a una página Web. En la figura 31, entonces, se muestra como se declara el uso y la ubicación del *Transformer* en *Walker*. Esta especificación es una alternativa al Mapeo.

```
<transformer url='www.museo.org/Service' />
```

Figura 31: Ejemplo de especificación del Transformer en Walker

Al igual que el mapeo, la especificación del servicio de transformación irá junto con la configuración del sistema de location sensing, dentro de la *Configuración física*.

El *Transformer* quedará como requerimiento a satisfacerse en la construcción de la hipermedia física. Dentro del mismo se establecerán las asociaciones adecuadas entre la información de location sensing que llegan del navegador y las URL's correspondientes.

Resuelto el problema de la forma en que el navegador Web reconoce a qué servicio de transformación invocar, se mostrará cómo se resuelve otra cuestión pasada por alto. Se mencionó que el navegador envía la información de location sensing al servidor para que este efectúe la transformación y posterior redirección. Si bien en el esquema mostrado se puede intuir cómo se envía la información a continuación se aclarará. En realidad lo que sucede es que el navegador Web agrega algunos parámetros a la solicitud HTTP con la información de location sensing obtenida. De esta manera, el servidor puede asumir la existencia de dichos parámetros y por ende de la información

de location sensing en la solicitud entrante. Estos parámetros se establecen por convención y en particular en *Walker* los mismos son incluidos en el HEAD de la solicitud HTTP bajo los nombres 'location-value y 'location-type'.

La *transformación a URL en el servidor* puede resultar ventajosa frente a la transformación en el cliente en cuanto a la eficiencia. Si la hipermedia posee una gran cantidad de nodos físicos entonces se tendrá un gran número de asociaciones entre información de location sensing y URL's. Esto impactará en el tamaño del archivo donde se especifica el Mapeo. Dado que esta especificación será obtenida a través de la Web, a mayor tamaño de la misma mayor el archivo a descargar. En el caso de la transformación en el servidor, como solo se especifica la ubicación del *Transformer* el tamaño del archivo será pequeño y no aumentará en ningún momento, cosa que en el Mapeo sucederá en la medida que se ingresen nuevos nodos físicos.

Las alternativas de *transformación a URL* presentadas muestran las dos formas posibles de implementar la navegación a la contraparte digital de un nodo físico en la Web. De acuerdo a los requerimientos del dominio se utilizará una u otra. A esta altura se empieza a reconocer el bajo impacto que esto produce en el diseño y construcción de aplicaciones, en contraste con el potencial de las capacidades suministradas.

5.2.3 La Configuración Física

En la detección y aumento de la realidad, el navegador Web cumple un rol protagónico. Como se explicó hasta el momento, con una serie de instrucciones o especificaciones –suministradas por la hipermedia física- el navegador se encuentra en condiciones de interactuar con la realidad.

En primer lugar se propuso la especificación del sistema de location sensing, con el objetivo de que cada hipermedia física pudiese utilizar aquel que le resulte más conveniente de acuerdo a sus requerimientos. En segundo lugar, se mostró cómo a través de un conjunto de instrucciones –la *transformación a URL*- el navegador incorpora la capacidad de acceso a la contraparte digital de un nodo físico.

Estas especificaciones o instrucciones revisten el mismo carácter funcional. No son más que un conjunto de configuraciones para el navegador Web. Es por esto que, a lo largo de las explicaciones, se fue planteando que tanto la especificación del sistema de location sensing como la *transformación a URL* se ubicarán en un mismo lugar de manera de que el navegador Web las obtenga en un solo paso.

Al lugar donde se ubican la especificación del sistema de location sensing y la *transformación a URL* se lo denominará **Configuración Física**.

Esta configuración encierra todas las características –en relación al mundo físico- que debe conocer el navegador Web para la navegación a través de una hipermedia física. Por lo tanto, cada una de estas hipermedias definirá su propia *Configuración Física* y la pondrá a disponibilidad del navegador. En cuanto al lugar donde se incluye tal configuración; previamente se postuló una alternativa. El *Home* será, entonces, el lugar que por convención –dada la justificación expuesta en su momento- incluirá la configuración.

De esta manera se completa el esquema de configuración del navegador Web como se ve en la figura 32. Esta figura representa el ejemplo de la hipermedia física del museo –ver figura 25- donde la configuración se incluye en el *Home* de la misma. Cuando el usuario navega hacia dicho nodo, el navegador extrae la configuración y automáticamente empieza a interactuar con la realidad física.

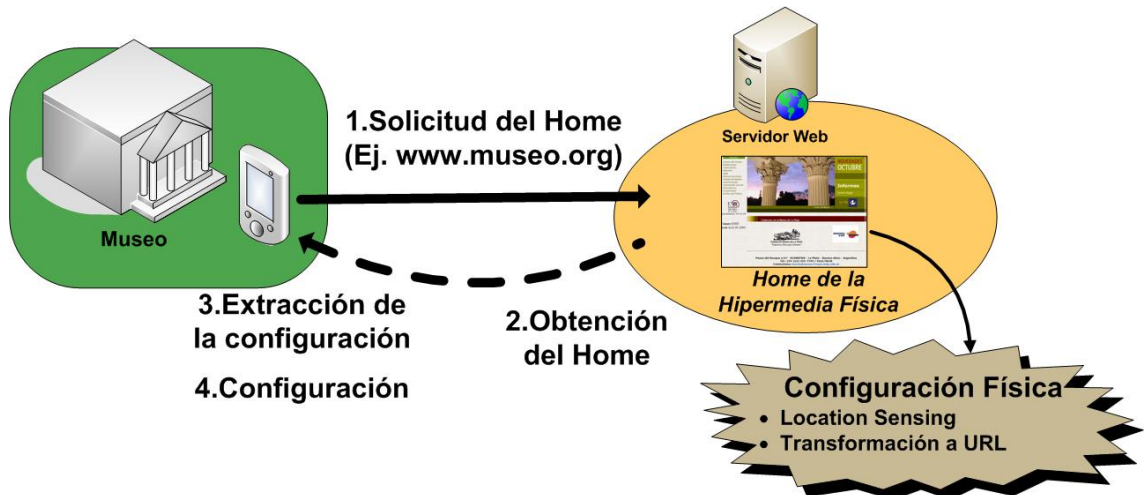


Figura 32: Esquema de Configuración Física

Esta será entonces la forma en que se trabajará con las distintas hipermedias físicas en la Web. Se puede ver que la metodología que se sigue es la misma que la explicada para incluir la especificación del sistema de location sensing. De hecho, esto no es más que una pequeña extensión.

Para ejemplificar el concepto de *Configuración Física*, se mostrará cómo se implementa esto en *Walker*. En la figura 33 se puede ver la manera en que queda especificada la *Configuración Física* de la hipermedia física del museo, de acuerdo a los ejemplos utilizados anteriormente. En particular se utiliza un sistema de location sensing basado en beacons y *transformación a URL en el cliente*.

```

<physic>

  <beacon size='3'>

    <mapping>

      <map value='000' url='www.museo.org/Tiranosaurio.html' />
      <map value='111' url='www.museo.org/Velociraptor.html' />
      <map value='222' url='www.museo.org/Protoceratops.html' />

    </mapping>

  </beacon>

</physic>

```

Figura 33: Ejemplo de Configuración Física en Walker

La inclusión de la *Configuración Física* dentro de una página Web será de la misma manera que se planteó anteriormente. Es decir, se tiene una configuración embebida –donde la especificación está dentro de una página Web- o una configuración en archivo –donde la especificación se hace en un archivo separado y la página Web indica la ubicación del mismo-. Como ejemplo de esto se puede revisar la figura 26.

5.3 Navegación Web física

La navegación física se caracteriza por el desplazamiento geográfico del usuario dentro de una locación. Cuando el usuario selecciona un anchor físico, obtiene como resultado una explicación de cómo se alcanza al nodo físico destino, en el extremo posterior del link, utilizando como punto de partida la posición de dicho usuario –o tal vez la del nodo físico que está presenciando–.

Anteriormente se expuso que la mezcla de los dos tipos de nodos (digital y físico) dentro de una misma hipermedia, planteaba la utilización de las dos metáforas de navegación de links de la siguiente manera:

- *Digital a digital*: se navega con la metáfora tradicional.
- *Físico a físico*: se utiliza la metáfora de caminar el link.
- *Físico a digital*: se navega con la metáfora tradicional.
- *Digital a físico*: se camina el link.

La **navegación Web física** consiste en la navegación de una hipermedia física utilizando a la Web como plataforma subyacente. Esto involucra dos aspectos: por un lado la manera en que se representan o implementan, en la Web, aquellos conceptos involucrados con el proceso de navegación –como los link, nodos o anchor físicos- y por el otro lado la forma en que se utilizan las distintas tecnologías para la ejecución de tal navegación.

Este nuevo tipo de navegación se basa en el tradicional mecanismo que existe en la Web; y agrega algunas características nuevas. Por lo tanto, la navegación tradicional se mantiene. Esto implica que una hipermedia tradicional será navegada de la misma manera que se lo hizo siempre. Solo las hipermedias físicas se verán involucradas en estas nuevas características.

Dado que la navegación Web tradicional ha sido el foco principal de numerosos trabajos, aquí no se hará reparo en extender los estudios sobre los conceptos asociados. Sin embargo, tales conceptos serán utilizados para la explicación de las nuevas características incorporadas en la *navegación Web física*.

Dentro de la navegación Web no sólo se encuentra el mecanismo que permite atravesar un link, sino que también un conjunto de herramientas que asisten al usuario en tal actividad. Entre las herramientas más comunes están el *Backtracking*, las *History list*, los *Bookmarks*, etc. El nuevo tipo de navegación introducido en este trabajo también motivará la aparición de nuevas herramientas que asistan al usuario. Además provocará el análisis sobre la interpretación de las anteriores en este nuevo contexto.

A continuación se explicará la forma en que se interpretan e implementan todos los conceptos relacionados a la navegación física en la Web. Posteriormente se explicarán las herramientas que asisten al usuario en la *navegación Web física*.

5.3.1 El link físico en la Web

El link físico es aquel elemento, introducido por el paradigma de hipermedia física, que se utiliza para establecer una relación física entre dos nodos. Una nueva metáfora es presentada para la navegación de este tipo de link, que involucra el desplazamiento del usuario. Esta metáfora se la conoce como “caminar el link”.

En un principio se vio que tal link relacionaba sólo nodos físico, pero luego este concepto se extendió dando lugar a que el nodo origen del mismo pudiese ser también

de tipo digital. Con lo cual la única restricción, en cuanto al uso de un link físico, es que el nodo destino sea físico.

Dos nodos se relacionan mediante un link de este tipo, a través del uso de los anchors físicos. La navegación este tipo de link involucra dos etapas: la resolución del anchor físico y el desplazamiento del usuario.

La resolución del anchor físico tiene lugar cuando un usuario selecciona uno de estos anchors y, como resultado de este proceso, se suministra una indicación del camino a seguir para alcanzar el nodo físico destino. Cuando el usuario se dirige al lugar especificado se completa la navegación. La diferencia fundamental con la navegación en una hipermedia tradicional es que, en ésta última, ambas etapas se ejecutan de manera atómica sin que el usuario lo perciba.

Los conceptos de link y anchor físico ya fueron definidos y estudiados en secciones anteriores, con lo cual aquí sólo se propondrá una manera de implementarlos en la Web, utilizando las tecnologías que la componen.

En la actualidad, la forma en que se implementa un link en la Web es mediante la especificación de un anchor, utilizando el lenguaje HTML. Este anchor es de naturaleza digital, o sea, permite que se relacionen dos nodos digitales.

El lenguaje HTML, provee un tag especial para dicha especificación. En la figura 34 se puede ver un ejemplo del mismo. Este tag contiene información de relevancia para la navegación, como por ejemplo la ubicación del nodo destino –URL del mismo- y algún contenido que se visualizará en la pantalla –por ejemplo un texto o una imagen- de manera que el usuario reconozca la existencia del link. Al incluir tal especificación dentro de una página Web, se establece un link entre este nodo digital y aquel ubicado en la URL suministrada.

```
<a href='www.museo.org/ElCretacico.html'> El Cretácico </a>
```

Figura 34: Ejemplo de anchor digital en la Web

En términos generales, cuando una página Web contiene la especificación de un anchor, el navegador Web comienza mostrando el contenido del mismo –texto, imagen, etc.- en la pantalla, con el objetivo de que el usuario reconozca la existencia del link. Cuando el usuario selecciona dicho anchor, el navegador accede al nodo destino y lo muestra en la pantalla de manera automática. Para lograr esto, utiliza la URL provista dentro de la especificación del anchor.

Como se vio anteriormente, para el establecimiento de un link físico se utilizan los anchors físicos. Estos se mostrarán en la pantalla para que el usuario reconozca la existencia del mencionado link. Una primera traducción de esto en la Web implica que los anchors físico sean especificados dentro de una página Web (más adelante se explicará cómo). El navegador mostrará los anchors físicos en la pantalla, junto con todo el contenido de la página Web que los incluye. Esta página será, o bien un nodo digital o bien la contraparte digital de un nodo físico.

Cuando el usuario selecciona alguno de los anchors físico, comienza a ejecutarse la navegación del link físico; empezando con la resolución del anchor. La pregunta que surge a continuación es: ¿cómo se implementa tal resolución en la Web?

La propuesta para implementar la resolución del anchor físico, se basa en la utilización de una página Web destinada a tal función. Cuando el usuario selecciona un anchor físico, se producirá la navegación a una página Web que contiene alguna explicación del camino que se recorrerá para navegar el link físico. Esta página Web no

representa al nodo físico que se desea alcanzar. En cambio, representa la resolución del anchor físico: cabe recordar que la resolución del anchor digital desencadena automáticamente la navegación –imperceptible para el usuario- mientras que la resolución del anchor físico resultaba en la indicación de cómo el usuario debe llevar a cabo la navegación, o sea, hacia dónde caminar. En la figura 35 se esquematiza la resolución de un anchor físico en la Web, luego de que el usuario lo selecciona:

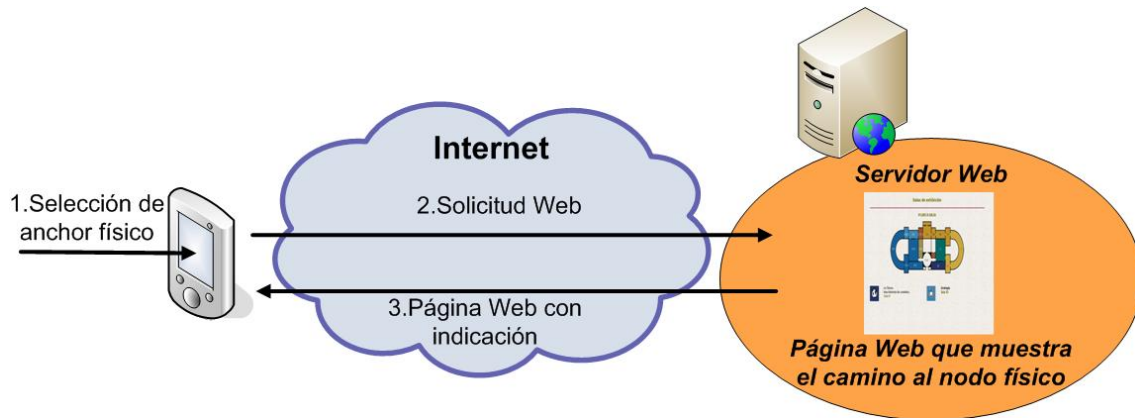


Figura 35: Esquema de resolución de anchor físico en la Web

Una vez que se finalizó el proceso de resolución del anchor físico, el usuario visualiza en la pantalla la indicación pertinente. Esta, puede construirse mediante contenido multimedial –como la imagen de un mapa, texto, sonido, etc.- dentro de la página obtenida. Un aspecto relevante de esta indicación, es que se tiene en cuenta la posición actual del usuario.

Lo que se mostró hasta aquí es un esquema de funcionamiento en la Web, ahora hace falta plantear la manera en que se utilizarán las tecnologías para la resolución de esta cuestión. El punto clave es cómo se determina la posición del usuario (o del nodo físico que presencia) para incluirla en la indicación del camino a recorrer.

Una primera implementación de la resolución del anchor físico en la Web, consiste en el uso de las tecnologías, de la misma manera que se lo hace para una hipermedia Web tradicional, pero valiéndose de algunos trucos de manipulación. Para esta explicación se retomará el ejemplo de la hipermedia del museo.

Supongamos que el visitante del museo se encuentra frente al esqueleto del *Tiranosaurio*. Como consecuencia, visualiza en su PDA, la contraparte digital de este nodo físico. Esta contraparte digital incluye un anchor físico de un link físico al *Velociraptor* (otro nodo físico). Si el visitante selecciona el anchor físico, se le muestra el camino a recorrer desde el lugar en el que se encuentra hasta el *Velociraptor*. Esto implica la existencia de una página Web que contenga tal explicación y, además, la determinación de la posición del usuario. Dado que las posiciones de los dos nodos físicos son conocidas a la hora de construir la hipermedia física, se podría crear una página Web estática –cuyo nombre podría ser *TiranosaurioAVelociraptor.html*- que contenga una explicación de cómo se llega al *Velociraptor* desde el *Tiranosaurio*. Entonces se incluye en la contraparte digital del *Tiranosaurio*, un link a dicha página (como se ve en la figura 36). Dado que la contraparte digital se accede cuando se presencia el nodo físico, entonces se puede inferir que la posición del usuario es la misma que la del nodo en cuestión. Por lo tanto, la explicación en la página *TiranosaurioAVelociraptor.html* es válida.

` Velociraptor `

Figura 36: Posible implementación de anchor físico en la Web

Esta página, con la explicación, tiene sentido (o su información es válida) solamente si se accede desde la contraparte digital del *Tiranosaurio*, ya que siempre contiene la misma información y fue creada únicamente para este propósito.

De igual manera, se pueden implementar todos los links físicos entre todos los nodos físicos. Es decir, si existe un link físico entre el *Tiranosaurio* y el *Protoceratops*, se creará una página Web estática –por ejemplo *TiranosaurioAProtoceratop.html*– que contiene la información del camino desde el primero al segundo. Luego, en la contraparte digital del *Tiranosaurio* se especificará un anchor similar al de la figura 36.

Lo interesante de esta solución es que en ningún momento se necesita información de location sensing para el cálculo de la posición del usuario. En realidad, no se realiza ningún tipo de procesamiento extra al respecto. Solamente se utilizan anchors digitales y páginas Web de manera tradicional, jugando un poco con la interpretación de los nodos y los links.

Una primera crítica que recae sobre esta solución es la proliferación de páginas Web dentro de la hipermedia física. Esto se debe a que por cada link físico se genera una página Web, que representa la resolución del anchor físico. Si se establecen pocos links físicos entre los nodos, entonces no será una solución problemática. La complejidad surge cuando la cantidad de este tipo de links es numerosa.

A pesar de esta crítica, la solución sigue siendo válida dado que es factible su implementación y, más allá del problema de las múltiples páginas, carece de complejidad conceptual. Esto último, desde el punto de vista de que sólo se manejan links digitales y páginas Web.

Sin embargo, existe una restricción que la excluye como alternativa para la implementación de links físicos. Esta solución se basa fuertemente en que la página que representa la resolución del anchor físico se accede solamente desde la contraparte digital de un nodo físico. Con lo cual, se puede inferir la posición del usuario sabiendo que se encuentra frente al nodo físico correspondiente. Aquí entonces se implementa un link físico entre un nodo físico y otro de la misma clase. Pero qué sucede cuando el nodo origen es uno digital. Previamente se explicó que esto era posible. El nodo digital puede tener un link físico a un nodo físico. Entonces, ¿cómo se determina la posición del usuario?

Una diferencia fundamental entre un nodo digital y uno físico es justamente que el primero no posee una ubicación geográfica dentro de un espacio o locación. De hecho puede ser accedido en cualquier momento y lugar. Con lo cual, si un usuario se encuentra en un nodo digital y selecciona un anchor físico, no se puede inferir o asumir cuál es la ubicación del mismo.

Por lo tanto esta solución sólo resuelve una parte de la problemática, que es la implementación de links físicos entre nodos físicos. Pero no resuelve la implementación de links físicos entre nodos digitales y físicos. Es por eso que a continuación se presentará otra alternativa para la resolución del problema.

La limitación que presentaba la solución previa se basaba en la ausencia de información sobre la ubicación del usuario. Ante esta carencia, se realizaban algunas inferencias de acuerdo a la contraparte digital que el usuario accedía. Si se dispone de tal información al momento de la resolución del anchor físico, se podría generar la

indicación de cómo se llega al nodo físico, de manera dinámica. La idea de representar la resolución del anchor físico mediante una página Web –como se postuló antes- se sigue manteniendo, pero sufrirá algunas modificaciones.

La solución que se propone se basa fuertemente en la generación dinámica de contenido Web –concepto visto previamente- y el envío de la información de location sensing al servidor. Básicamente, cuando el usuario selecciona un anchor físico, el navegador Web realizará una solicitud, y en ella incluirá la información de location sensing obtenida al momento.

Como resultado se sigue obteniendo una página Web, con la explicación de cómo se llega al nodo físico destino, que representa la resolución del anchor físico. El punto clave es la creación dinámica de tal página.

La solicitud hecha por el navegador tiene como objetivo algún componente Web que genere contenido dinámicamente –por ejemplo Servlet, JSP, ASP, PHP, etc.- en base a la información de location sensing enviada. Este componente Web resuelve el anchor físico utilizando la información suministrada por el navegador. Esto quiere decir que tal componente crea la página Web que contiene la explicación –del camino a recorrer para alcanzar el nodo destino- y tal indicación se genera al momento de la solicitud.

En la figura 37 se muestran los pasos que tienen lugar en esta implementación del link físico y la resolución del anchor físico.

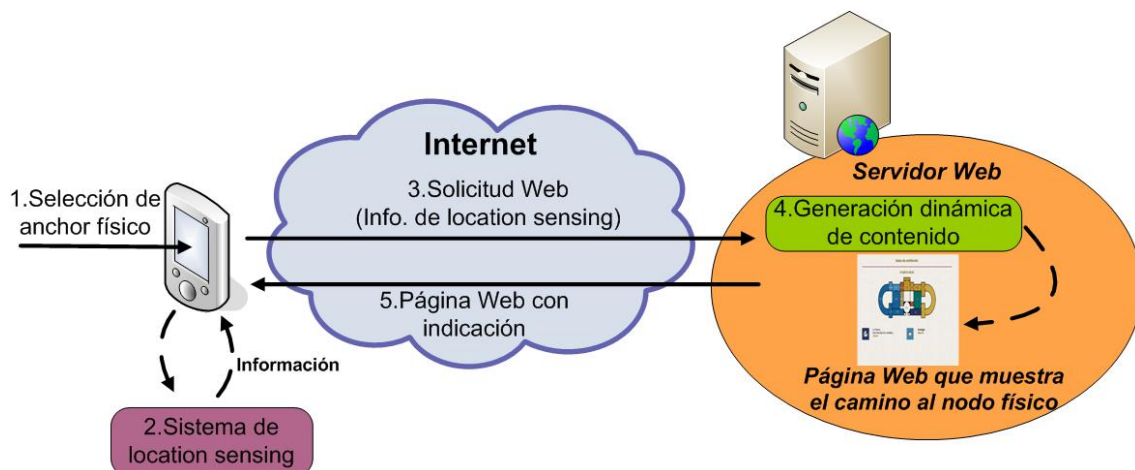


Figura 37: Resolución de anchor físico en la Web

De esta manera se implementa un link físico, cuyo nodo origen es uno digital o uno físico. En cualquiera de los dos casos, el navegador solicita al sistema de location sensing subyacente la información necesaria para enviar al servidor Web al momento de la resolución del anchor físico.

Dado que tal anchor, será incluido al fin y al cabo en una página Web, es necesario el establecimiento de una forma de especificación del mismo. Anteriormente se mostró como, mediante un tag HTML, se especifica un anchor digital. Lo mismo se necesita para los anchors físicos.

El uso de la especificación para un anchor digital, tal cual se la conoce, no es suficiente para esta cuestión. El problema radica en que el navegador debe ser notificado –de alguna manera- sobre cuándo se incorpora, en la solicitud Web, la

información de location sensing y cuándo no. Si se trata de un anchor digital, no se incluye tal información. Con lo cual una nueva forma de especificación es necesaria.

Se proponen dos alternativas de especificación de un anchor físico dentro de una página Web. O bien se incorpora un nuevo tag especial o bien se suministra más información dentro del tag para anchors digitales.

El primero de los casos involucra la extensión del lenguaje HTML. Se define un nuevo tag que el navegador Web interpreta y muestra en la pantalla –tal vez de la misma manera que un anchor digital- para que el usuario reconozca la existencia del link. Cuando el usuario selecciona el anchor, el navegador identifica que es uno físico y envía la información de location sensing.

La segunda alternativa consiste en la utilización del tag de HTML para anchors digitales, pero agregando cierta información en alguno de sus atributos. Esta información no está contemplada como parte de la definición del anchor, dado que no se pensó para ello. Por ejemplo, se podría agregar algún indicador de que el anchor es físico dentro del atributo donde se suministra la URL destino, o bien incluyendo un atributo nuevo en la definición del anchor.

En *Walker* se utilizó este último acercamiento. En particular se agrega una palabra clave (*'physic:'*) delante de la URL en el atributo `href` del anchor digital. En la figura 38 se observa un caso de especificación de anchor físico usando el prototipo. Dado que se utiliza el mismo tag de un anchor digital, el navegador lo muestra en la pantalla normalmente. Cuando el usuario selecciona tal anchor, *Walker* reconoce que se trata de un anchor físico, dada la presencia de la palabra clave *'physic:'*. Como consecuencia de esto, recupera la información de location sensing al momento y la envía a la URL especificada en el anchor. Tal URL debe corresponder a un componente que genera contenido dinámicamente, como se propuso con anterioridad. La componente puede asumir la existencia de algunos parámetros en el HEADER de la solicitud HTTP, que *Walker* completa, y donde encontrará la información relevante.

```
<a href='physic:www.museo.org/AnchorResolver.jsp'>Velociraptor</a>
```

Figura 38: Ejemplo de anchor físico en Walker

La figura de arriba hace referencia al ejemplo del museo. La URL apunta a una página JSP que genera (dinámicamente) la indicación de cómo alcanzar al *Velociraptor* de acuerdo a la información suministrada por *Walker*.

Como se explicó, el navegador Web recupera la información de location sensing, relacionada a la situación actual del usuario, en el momento en que éste último selecciona un anchor físico. Pero qué sucede con la información de location sensing del nodo físico que se quiere alcanzar, o sea su ubicación en el espacio. La resolución del anchor físico necesita información sobre la posición del usuario (o del nodo físico que éste presencia) e información sobre el nodo físico del otro lado del link. Si no se dispone de esta información no se podría generar la indicación del camino correspondiente.

Para el problema de obtener la información de location sensing asociada al nodo físico, en el extremo posterior de un link físico, se presentan dos soluciones.

La primera solución consiste en incluir, en la declaración del anchor físico, información del nodo físico destino. Dado que el anchor debe especificarse dentro de

una página Web –ya sea en un nodo digital o en una contraparte digital-, en tal especificación se agrega la información que el navegador extraerá. Por ejemplo, de la misma manera que se incluyó la palabra clave ‘*physic:*’ en el caso anterior, se podría incluir también la posición del nodo físico destino o un identificador único. Así el navegador Web obtiene esta información y la envía, junto con la información del usuario, al componente Web que genera la indicación dinámicamente.

La segunda alternativa consiste en que el navegador envíe únicamente la información de location sensing relacionada con el usuario o el nodo físico que se presencia y disponer de un conjunto de componentes Web que genere contenido dinámico para cada uno de los nodo físico de la hipermedia.

Cada uno de estos componentes, posee la información sobre un nodo físico en particular y saben como generar la indicación del camino desde cualquier nodo físico al mencionado previamente. Por lo tanto habrá un componente por cada nodo físico. De esta manera la única información que el navegador suministra es la del usuario o la del nodo físico presenciado.

Para mostrar esta última alternativa, retomemos el ejemplo del museo. El *Tiranosaurio* tenía un link físico al *Velociraptor*. Como consecuencia existirá un componente Web –Servlet, JSP, PHP, etc.- destinado exclusivamente a la resolución de anchors físicos cuyo link involucra al *Velociraptor*. El anchor físico que hace referencia al link con el *Velociraptor*, incluirá la URL del componente Web asociado. Así, cuando el usuario selecciona el anchor, el navegador envía la información de location sensing a tal componente y obtiene como resultado la página Web con la indicación de cómo se llega al *Velociraptor*. De la misma manera, se tendrá un componente que resuelva las cuestiones relacionada con la ubicación del *Tiranosaurio*.

Ambas alternativas presentan sus ventajas y desventajas como implementación a la resolución de anchors físico. La primera de las soluciones tiene como ventaja la sencillez, dado que solamente requiere de la inclusión de cierta información extra en la especificación del anchor y de un solo componente Web que genera contenido dinámicamente. Lo recomendable sería la utilización de identificadores únicos (de manera similar a las URL) para cada nodo físico, en lugar de utilizar la posición de tal nodo, dado que en ciertos escenarios este ultimo dato puede variar con frecuencia y se necesita su cálculo en tiempo de ejecución. La desventaja que presenta es que tal información extra (referida al nodo físico destino) estará dispersa por toda la hipermedia, en cada anchor físico que referencia al nodo. Con lo cual será difícil de controlar, sobre todo frente a las modificaciones.

La segunda alternativa tiene la ventaja de que la información del nodo destino, involucrada en los links físicos, será administrada por el componente asociado y los anchors no se verán cargados con demasiada información. La desventaja que presentan es la proliferación de componentes que resuelven el anchor físico, dado que existe uno por cada nodo físico en la hipermedia.

En *Walker*, se implementaron y probaron ambas alternativas. La conclusión a la que se llegó es que la sencillez de especificar en el anchor la información del nodo destino, y tener un solo componente que resuelve el anchor entre cualquier par de nodos físicos, hacen de la primera alternativa una mejor solución que la segunda. Vale la pena recordar que la segunda alternativa tenía la desventaja de la proliferación de componentes.

Al componente que resuelve el anchor entre dos nodos físicos se lo denominará *AnchorResolver*. Con cada solicitud, le llegará la información de location sensing al momento y la especificada en el anchor físico del nodo físico destino. A partir de esta información, es que genera la indicación del camino a seguir para alcanzar el nodo

destino. En la figura 39 se muestra el esquema de resolución de anchor utilizando la alternativa elegida anteriormente.

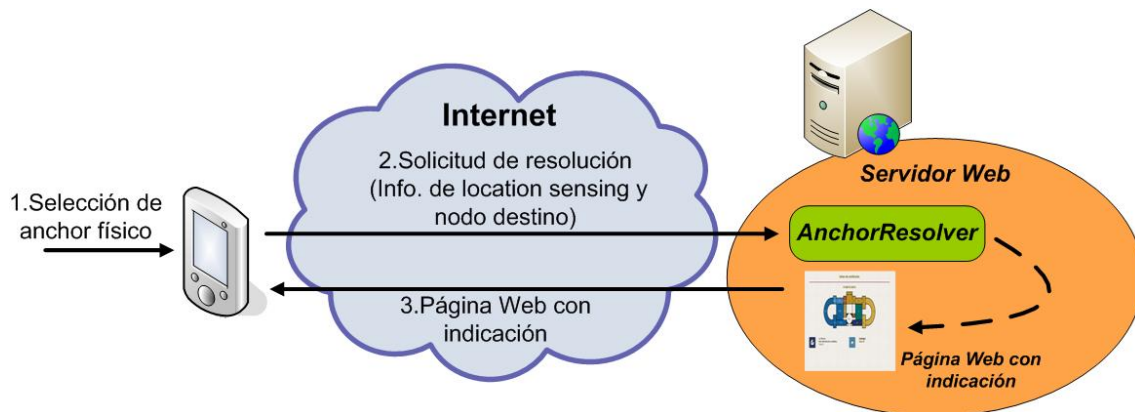


Figura 39: Esquema completo de resolución de anchor físico

La información del nodo físico al extremo del link, que se incluirá en la especificación del anchor, puede ser o bien la información de location sensing (como por ejemplo su posición geográfica) o bien algún tipo de identificador único para el nodo físico. La primera de las alternativas presenta una desventaja importante desde el punto de vista de que los nodos físicos podrían cambiar, eventualmente, su información de location sensing (el nodo cambió de posición geográfica). Además, ciertos dominios tiene esta característica de los nodos físicos como principal. Es decir, que la posición de los nodos físicos cambia con cierta frecuencia, o éstos se encuentran en movimiento.

Por lo tanto la utilización de identificadores únicos es una posibilidad más amplia y flexible a la hora de incluir la información del nodo físico en el anchor. Así, el *AnchorResolver* utiliza tal identificador para recuperar la información del nodo físico y determinar la información de location sensing en tiempo de ejecución. En la figura 40 se muestra una posible especificación de anchor físico utilizando esta última alternativa.

```
<A href='physic:Velociraptor:www.museo.org/AnchorResolver' >
  El Velociraptor
</A>
```

Figura 40: Especificación completa de anchor físico

El ejemplo de la figura 40 hace referencia a la especificación de un anchor físico donde el nodo físico destino es el *Velociraptor*. Se utiliza un identificador con el mismo nombre del nodo físico.

Esta, entonces es la solución propuesta para la implementación del link físico en la Web, utilizando las tecnologías subyacentes. El prototipo desarrollado trabaja de esta manera permitiendo la especificación y navegación de tales links. Esta forma de navegación introduce nuevos retos y posibilidades asociadas con el desplazamiento del usuario dentro de espacios físicos. A continuación se trabajará en lo referente a la asistencia al usuario en la navegación física.

5.3.2 Asistencia en la navegación física: “El Regreso”

La navegación a través del hiperespacio, puede culminar en la desorientación del usuario. A este fenómeno se lo conoce con el nombre de “*Perdido en el hiperespacio*”. En respuesta a esta problemática se desarrollaron herramientas que asisten al usuario en la navegación, de manera de facilitar la actividad.

Entre las operaciones más conocidas se encuentran el *Backtracking* (que permite el regreso a nodos visitados previamente) los *Bookmarks* (que marcan nodos para visitarlo posteriormente), las *History list* (que guardan el historial de los nodos visitados) y el *Forwarding* o función *Next* (que se activa luego del *Backtracking* y permite la navegación inversa a este).

El uso cotidiano y masivo de la Web, enriqueció la pericia de los usuarios en cuanto a la navegación a través de hipermedias. Esto provocó que la utilidad que se les da a las distintas herramientas de asistencia en la navegación, oscile entre cuestiones relacionadas a la desorientación en el hiperespacio y la comodidad en el acceso a ciertos nodos –o sea para crear atajos o el registro de ciertas URL- .

Independientemente de la forma en que se utilizan tales herramientas; de la asistencia en la navegación se desprenden algunos conceptos generales que rigen la construcción de todas ellas. Uno de estos conceptos se basa en el retorno a nodos visitados previamente. La facilidad de regreso a zonas conocidas, ya sea para orientarse nuevamente o simplemente para agilizar el acceso, se encuentra en la mayoría de las herramientas como eje fundamental de su diseño. Lo que diferencia a cada una de ellas es la política o estrategia de regreso y la modalidad de acceso. Por ejemplo, el *Backtracking cronológico* permite el acceso a nodos visitados anteriormente de manera secuencial bajo una estrategia de orden cronológico –el primer nodo al que se regresa es el último que se visitó- ejecutando un recorrido que finaliza en el nodo donde comenzó la navegación. Por otro lado, las *History list* también permiten el acceso a nodos previos pero la modalidad de acceso es directa en lugar de secuencial, permitiendo la navegación a cualquiera de los nodo visitados, sin necesidad del paso por algún nodo intermedio.

El regreso a nodos previos, es una actividad de fácil interpretación cuando sólo nodos digitales están involucrados. De la misma manera que la navegación de un link es ejecutada automáticamente por el navegador, el regreso también se automatiza, o sea, se mantiene el paradigma de navegación en la hipermedia tradicional. Pero qué sucede cuando se tienen nodos físicos en un mismo recorrido. ¿Cómo se interpreta el regreso entre nodos de este tipo? Además, se podría tener una mezcla de tipos de nodos (digitales y físico) en un mismo recorrido ¿Cómo se interpreta el regreso en ese caso? Dado que este concepto es eje de muchas herramientas de asistencia en la navegación entonces se puede afirmar lo siguiente:

Si se le da una interpretación al concepto de regreso en la hipermedia física, entonces se podrán redefinir todas las herramientas de asistencia en la navegación basadas en dicho concepto, para que tengan validez en este nuevo contexto.

Con lo cual a continuación se le dará una interpretación al concepto de regreso y, en base a la misma, se podrá plantear una posible redefinición de algunas de las herramientas más conocidas de asistencia en la navegación.

Anteriormente se mostró la forma de interpretar la navegación mezclando indistintamente nodos tanto digitales como físicos. Se podría decir que esta navegación

tiene una orientación “hacia delante” o hacia lugares no visitados. De acuerdo a los nodos involucrados se utiliza la metáfora correspondiente, ya sea la navegación tradicional o caminar el link. En el caso de la navegación de un link digital, automáticamente se accede al nodo destino. Cuando se navega un link físico se produce la resolución del anchor físico y se obtiene una indicación del camino que se recorre para alcanzar al nodo destino.

El regreso a través de nodos digitales y físicos también involucrará alguna de estas metáforas. La cuestión se reduce a la determinación de cuál de ellas o, en el caso de que se utilicen ambas, en qué circunstancias se utiliza cada una. Regresar consiste, básicamente, en la navegación de un nodo hacia otro, con lo cual se estudiarán los posibles casos de regreso de acuerdo a los tipos de nodos involucrados.

El primer caso que se estudiará involucra nodos digitales. Esto implica que, se navegó a un nodo digital desde otro del mismo tipo y se quiere regresar a éste último. Este caso es el mismo que se tiene en la hipermedia tradicional y no introduce ninguna problemática nueva. El regreso al nodo previo se ejecuta automáticamente cuando el usuario realiza tal solicitud. Con lo cual, para este caso particular se utiliza la misma metáfora de navegación que en la hipermedia tradicional.

El otro caso se remite a cuando nodos físicos están involucrados. La navegación de un link físico involucra la resolución del anchor físico y el desplazamiento del usuario. Un primer acercamiento indicaría que se debería utilizar el mismo esquema, para el regreso entre nodos físicos. Si el usuario navegó físicamente de un nodo a otro, regresar al primero involucraría que se le indique hacia dónde debe caminar y que éste se desplace hacia allí. Cabe aclarar que la resolución del anchor ahora es hacia el lado contrario de cómo se navegó el link. Como se explicó, el link físico posee dos anchor en sus extremos y en la navegación “hacia adelante” uno de los anchor es visualizado. En el regreso no se visualiza el anchor del link que se navegó. Éste se manifiesta de manera implícita, lo cual no implica que no exista.

Para tener una mejor imagen de esto, retomemos el ejemplo del visitante del museo. Asumamos que éste se encuentra frente al *Tiranosaurio* (nodo físico), con lo cual visualizará la contraparte digital del mismo. Este nodo físico tiene un link al *Velociraptor* (otro nodo físico). El usuario selecciona el anchor físico correspondiente, recibe la indicación de cómo se llega a dicho dinosaurio y se dirige hacia allí. Por lo tanto ejecutó la navegación física. Ahora el usuario desea regresar al *Tiranosaurio*. De acuerdo a la interpretación propuesta, se le indicaría hacia dónde caminar, luego el usuario se dirigiría hacia allí, y al llegar visualizaría nuevamente la contraparte digital correspondiente al *Tiranosaurio*. De esta manera se ejecutó el regreso entre nodos físicos.

Si bien esta es una interpretación posible del regreso, existen ciertas situaciones donde no se ajusta de la mejor manera. Retomando el ejemplo anterior, supongamos que el visitante –que caminó hacia el *Velociraptor*– sólo quiere visualizar la contraparte digital del *Tiranosaurio*, es decir, no desea caminar de regreso hasta donde se ubica el nodo físico pero sí quiere ver nuevamente la información del mismo. Como la interpretación dada del regreso, implica que el usuario se dirija al nodo físico previo, dicho usuario se ve obligado a desplazarse para obtener la visualización de la contraparte digital del *Tiranosaurio* y así lograr su objetivo.

En la situación anterior, esta interpretación del regreso pone al usuario en la disyuntiva de elegir entre dos alternativas: o regresa caminando al nodo previo, a pesar de su deseo de no hacerlo, o desiste y no visualiza la contraparte digital del nodo, continuando con otra actividad. Cualquiera sea la alternativa que elija, la interpretación del regreso planteada no satisface las necesidades del usuario.

El problema surge a partir de que el regreso entre nodos físicos plantea dos posibles interpretaciones o intenciones por parte del usuario. Estas intenciones pueden ser: el regreso al nodo físico dado que se desea presenciarlo nuevamente (caminar hacia allí) o simplemente la visualización de la información de aquel nodo (contraparte digital), pero sin necesidad de dirigirse hasta donde se encuentra el mismo para lograrlo.

En el primero de los casos se utilizaría la metáfora de caminar el link, con lo cual se le mostraría al usuario cómo se regresa al nodo previo. El segundo caso involucra la metáfora de la hipermedia tradicional.

Cada alternativa, respectivamente, satisface sólo uno de los requerimientos introducidos por el regreso entre nodos físicos. Esto provoca que la selección de una sola de ellas, como interpretación del regreso, no sea una solución aceptable en su totalidad. Por lo tanto una nueva interpretación debe proponerse.

Dado que cada una de las metáforas satisface parcialmente los requerimientos establecidos, entonces la interpretación del regreso entre nodos físicos que se propone consiste en el ofrecimiento de ambas. Con esto, el usuario puede elegir de qué manera regresa. A continuación se definirá tal interpretación del regreso.

El regreso entre nodos físicos consta de dos opciones o niveles, de acuerdo a la intención del usuario. Estos niveles son caracterizados por el ambiente donde se llevan a cabo. Es decir, si el regreso se ejecuta en el mundo físico (desplazamiento del usuario) o si el regreso se hace en el mundo digital (automáticamente). En la figura 39 se muestra la interpretación del regreso de dos niveles, aplicado al ejemplo del visitante del museo.

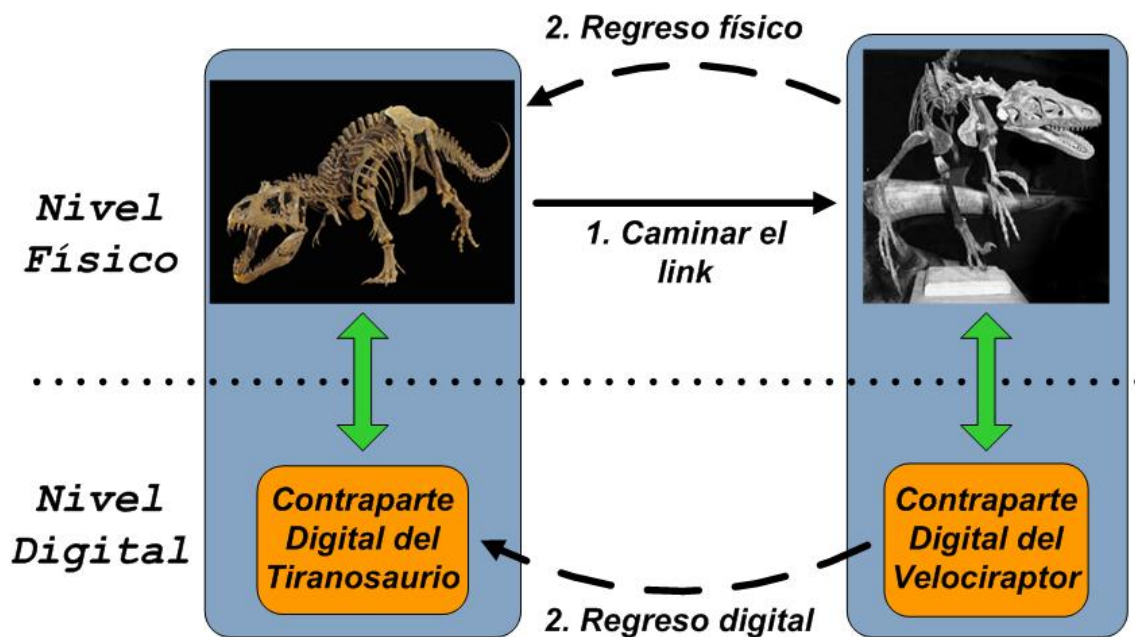


Figura 39: Regreso de dos niveles entre nodos físicos

Dada esta interpretación del regreso entre nodos físicos, cuando el usuario navega un link físico y desea retornar al nodo físico previo, se le presenta la opción de regresar físicamente o digitalmente y, cualquiera de las dos se considera como el regreso. En el caso del regreso físico, el usuario camina hasta el nodo –siguiendo las indicaciones presentadas- y cuando llega o enfrenta al nodo físico, navega a la contraparte digital del mismo. En el caso del regreso digital, simplemente se accede a la contraparte digital del nodo físico previo desde la ubicación actual del usuario.

Restan dos casos posibles de regreso entre nodos y se relaciona con la combinación de tipos. Por un lado, el regreso de un nodo físico a uno digital, y por el otro el regreso de un nodo digital a uno físico.

Regresar de un nodo físico a uno digital no introduce ninguna problemática nueva. Es una situación que presenta las mismas características que la navegación “hacia adelante”. Cuando se navega desde un nodo físico hacia un nodo digital, se utiliza la metáfora de navegación tradicional, o sea se accede automáticamente al nodo destino. Por lo tanto, cuando se regresa de un nodo físico a un nodo digital, también se accede automáticamente al nodo previo.

Si el regreso es desde un nodo digital a uno físico, entonces se presentan las mismas opciones del regreso entre nodos físicos. Esto significa que el usuario tal vez quiera volver caminando al nodo físico previo o simplemente desea visualizar la contraparte digital de aquel nodo. Con lo cual, en esta situación, se utilizará el regreso de dos niveles antes planteado. Lo particular del caso es que el usuario puede encontrarse ubicado en cualquier sitio, dado que el nodo digital puede ser accedido sin ninguna restricción sobre la posición geográfica del usuario. Si éste último desea regresar físicamente, entonces se utilizará su posición actual para la indicación del camino.

De acuerdo al caso que se presente –tipo de nodos involucrados-, se utilizará la interpretación pertinente. El regreso en la navegación física entonces, se presenta como una actividad donde se alterna entre las distintas interpretaciones de acuerdo al caso. Una observación que se extrae de las alternativas de regreso propuestas es que, para el caso entre nodos digitales y el caso físico a digital, se utiliza la misma solución que en el nivel digital incluido en el regreso de dos niveles. De hecho, se puede deducir que el regreso de dos niveles contempla tales casos de retorno, a través del nivel digital. La diferencia está en que en ciertas circunstancias se puede optar por el nivel sobre el cual se navega (cuando se retorna a un nodo físico), mientras que en otras, solamente se ofrece el nivel digital (regreso a un nodo digital). Esto conduce a una interpretación del regreso como un solo concepto de la siguiente manera.

El regreso en la navegación física se refiere a la navegación hacia nodos previamente visitados, que pueden ser del tipo digital o del tipo físico, y se compone de dos niveles de navegación:

- *Nivel Digital*: involucra el regreso hacia nodos digitales o contrapartes digitales de nodos físicos, haciendo uso de la metáfora de navegación tradicional. La navegación al nodo previo se ejecuta automáticamente.
- *Nivel Físico*: consiste en el regreso hacia nodos físico desde cualquier tipo de nodo, donde el desplazamiento del usuario hasta el mismo es el eje de la navegación. La indicación de cómo se llega al nodo previo es parte del proceso.

Con esta interpretación del regreso, al usuario se le presenta la posibilidad de retorno de acuerdo a la situación en la que se encuentra. Esta situación dependerá del tipo de nodo al cual quiere volver. Si el nodo previo es de tipo digital, la única alternativa de regreso es el nivel digital, mientras que si el nodo previo es físico queda a elección del usuario el nivel sobre el cual se navega.

Esta nueva forma de navegación es una característica que incluirá el navegador Web para hipertexto física. En particular, en *Walker* se implementó esta interpretación del regreso.

Como consecuencia de esta interpretación del regreso en la navegación física, las herramientas de asistencia en la navegación tradicional, encontrarán una nueva definición en este nuevo contexto. A continuación se explicará lo referente a este tema.

5.3.3 Herramientas para la navegación Web física

Muchas de las herramientas para la navegación se basan en el concepto del regreso. De alguna forma u otra permiten el retorno a nodos visitados previamente. En este trabajo se dio una interpretación al regreso en la navegación física, con lo cual se podrá analizar cómo se traducen tales herramientas al mundo de la hipermedia física.

Este análisis se concentrará en tres de las herramientas de asistencia en la navegación más conocidas: el *Backtracking*, las *History list* y los *Bookmarks*

El *Backtracking* –y en particular el cronológico– es una de las herramientas de asistencia más conocida y utilizada. Como se explicó, se caracteriza por la navegación secuencial hacia nodos visitados con anterioridad bajo un orden temporal.

De acuerdo a la interpretación del regreso en la navegación física que se dio, una primera lectura que se puede hacer es que el *Backtracking* tendrá dos niveles: uno digital y otro físico. Esto se debe a que, en su ejecución más básica (un paso), se lleva a cabo el regreso entre dos nodos, con lo cual simplemente se manifiesta el regreso tal cual su interpretación, ofreciendo los dos niveles propuestos. La complejidad viene dada por la ejecución consecutiva de pasos.

La situación más sencilla sería aquella en la que sólo nodos digitales fueron navegados. Con lo cual, el único nivel sobre el cual se puede navegar, en el regreso, es el digital y por ende el *Backtracking* es el mismo que en la hipermedia tradicional.

Una situación más compleja involucra el regreso entre varios nodos físico. Dado que la interpretación del regreso ofrece dos niveles, se tienen dos formas de ejecución del *Backtracking*, una por el nivel digital y otra por el nivel físico. En la figura 40 se muestra una representación de esto. Esta es una primera aproximación del caso, donde solo se tiene en cuenta el regreso por un mismo nivel.

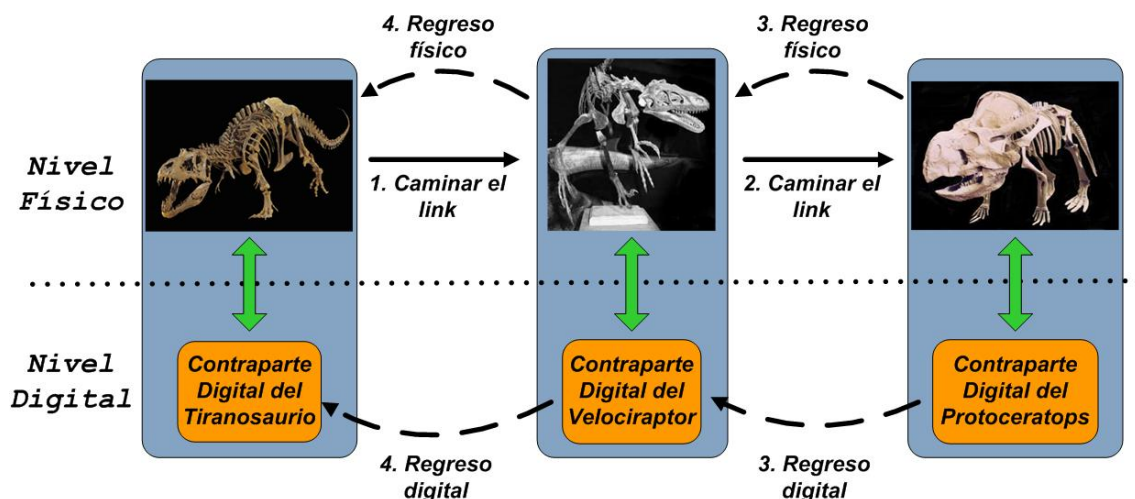


Figura 40: Backtracking entre nodos físicos

Una situación posible es el cruce de niveles, es decir, se comienza regresando por un nivel y se desea continuar por el otro. Esta es una situación bastante compleja, con lo cual, se comenzará el análisis con los casos donde se mantiene el mismo nivel.

La primera de las alternativas que se estudiará es la concerniente al regreso a través de las contrapartes digitales de los nodos físicos. En esta situación, el usuario solamente está interesado en visualizar las distintas contrapartes digitales de los respectivos nodos físicos que visitó. Esta actividad se caracteriza por la reiteración del regreso siguiendo el nivel digital. Por lo tanto se mantiene la misma noción de *Backtracking* que en la hipertexto tradicional. El acceso a las contrapartes digitales es automático, a medida que el usuario lo solicita.

El *Backtracking* entre nodos físicos, siguiendo el nivel físico, no es tan sencillo como el caso anterior. El problema se encuentra en lo referente al desplazamiento del usuario y la utilidad de la herramienta. Para atacar este problema se utilizará el ejemplo que se muestra en la figura 40. Supongamos que los dinosaurios se encuentran ubicados, dentro del museo, como se muestra en la figura 41. El usuario se encuentra actualmente en *Protoceratops* (dinosaurio recuadrado en la figura 41) y quiere llevar a cabo un *Backtracking*.

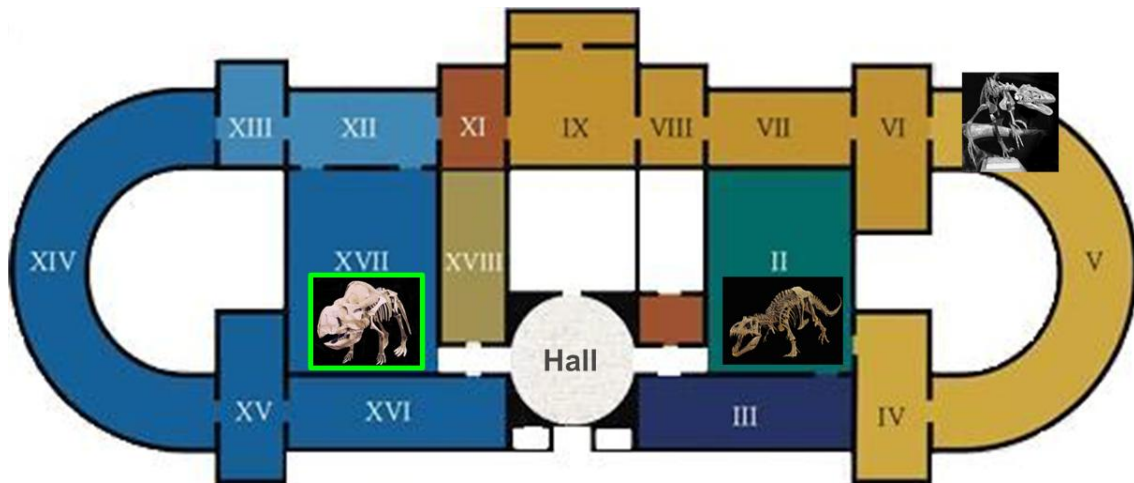


Figura 41: Ubicación de los dinosaurios en el museo

Cronológicamente, el usuario primero visitó al *Tiranosaurio*, luego caminó el link hacia el *Velociraptor* y finalmente arribó al *Protoceratops*. De acuerdo a este recorrido se pueden ejecutar dos pasos de *Backtracking*, uno al *Velociraptor* y otro al *Tiranosaurio*. La cuestión radica en cuál es el resultado de la ejecución de tales pasos si se hacen de manera consecutiva.

El primer paso llevaría al *Velociraptor*. De acuerdo a la interpretación que se propuso del regreso, y teniendo en cuenta que se vuelve por el nivel físico, se le debería mostrar al usuario como se llega a tal nodo. Un ejemplo de esto puede verse en la figura 42, teniendo en cuenta la ubicación de los dinosaurios que se dio en la figura 41. Eso es un ejemplo de lo que vería el usuario en su dispositivo móvil, como consecuencia de ejecutar un paso de *Backtracking*.

Hasta aquí simplemente se ejecutó la primera parte del regreso entre dos nodos físicos. El problema viene a continuación, y se relaciona con el desplazamiento del usuario hacia los nodos físicos visitados.

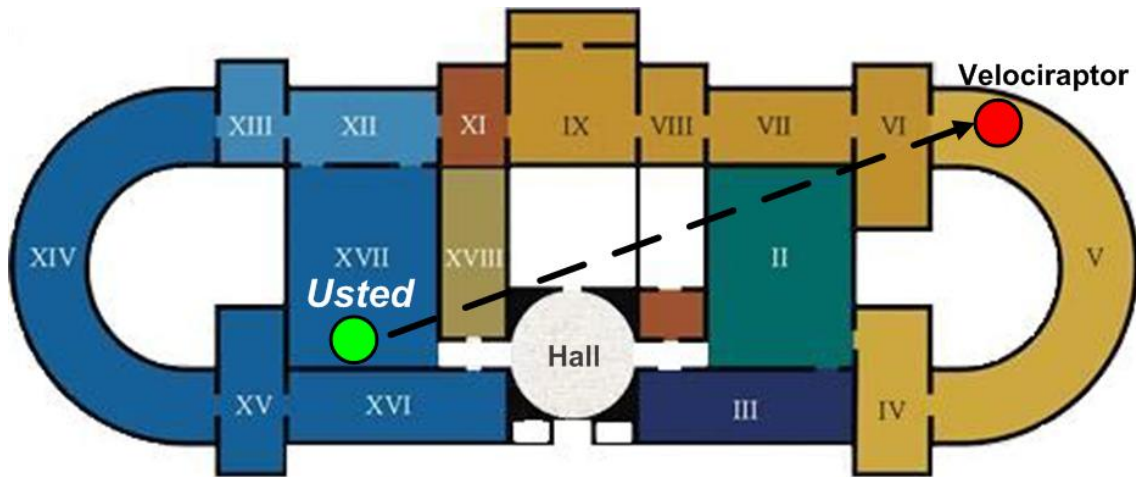


Figura 42: Primer paso del Backtracking en nivel físico

Luego de que se suministra la indicación de cómo se llega al nodo físico previo, el usuario debería dirigirse hacia allí. Asumiendo que el usuario efectivamente caminó de regreso al nodo previo, ahora éste ejecuta el segundo paso del *Backtracking*. Lo que sucede es que se le indica el camino desde el *Velociraptor* al *Tiranosaurio*, como se aprecia en la figura 43. Si el usuario nuevamente camina de regreso al nodo previo, entonces se ejecuta el *Backtracking* completo.

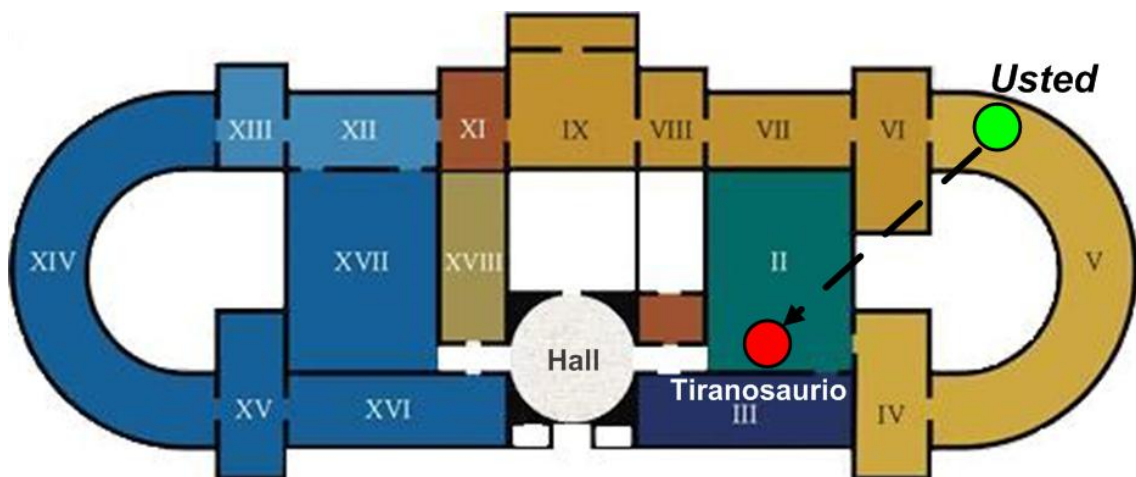


Figura 43: Segundo paso del Backtracking en nivel físico

Esta podría ser una posible definición del *Backtracking* entre nodos físicos siguiendo el nivel físico, sin embargo se presenta una situación en la que esta solución no se ajusta de la mejor manera.

En el *Backtracking* tradicional, cuando el usuario desea retornar a un nodo previo, que no es el inmediatamente anterior al actual, ejecuta varios pasos de manera consecutiva y logra su objetivo. Este proceso se realiza de manera automática y fácil, sin demasiado esfuerzo por parte del individuo.

Si llevamos esa situación al mundo de la hipermedia física, y teniendo en cuenta la visión que se dio del *Backtracking* sobre el nivel físico, la sencillez para el usuario desaparece. Para contextualizar esta situación, se seguirá utilizando el ejemplo de los tres dinosaurios (ver figura 40 y 41).

Supongamos que el visitante del museo realizó el recorrido que se propuso con anterioridad, y se encuentra actualmente frente al *Protoceratops*. Ahora, dicho usuario, quiere regresar al *Tiranosaurio* (primer nodo físico visitado). Para esta actividad utilizará el *Backtracking* sobre el nivel físico propuesto. El logro de su objetivo involucra la ejecución de dos pasos hacia atrás.

De acuerdo a la solución planteada, en el primer paso se le muestra al usuario cómo se llega al *Velociraptor*. Hasta tanto no alcance dicho nodo físico –y se ejecute el regreso- no se puede llevar a cabo el segundo paso. A partir del momento en que el visitante arriba al *Velociraptor*, se encuentra en las condiciones necesarias para la ejecución del segundo paso. Cuando efectiviza dicho paso, se le muestra un indicación de cómo se llega al *Tiranosaurio* y se espera a que el usuario se dirija hacia allí.

La intención inicial del visitante fue dirigirse al *Tiranosaurio* para visitarlo nuevamente. El camino que tuvo que recorrer, para el logro de su propósito, se muestra en figura 44.

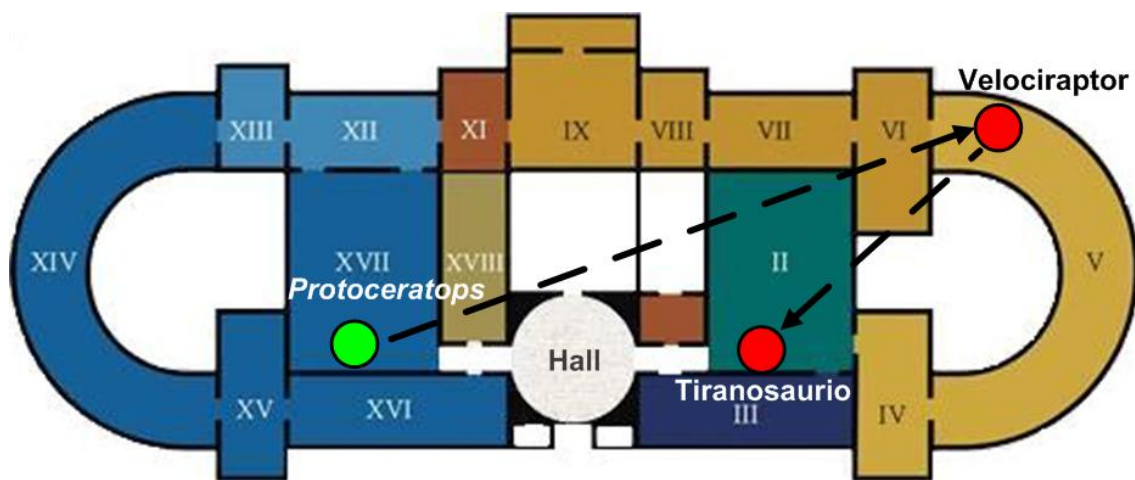


Figura 44: Camino al Tiranosaurio de acuerdo al Backtracking

Claramente, este camino no es el más adecuado para que el usuario llegue al nodo físico de su interés. De hecho, como se observa en la figura 44, existe un camino más corto y directo al *Tiranosaurio* desde la posición actual del visitante.

Lo que sucede es que la definición del *Backtracking* sobre el nivel físico que se propuso, obliga al usuario a que camine al nodo previo en cada paso que regresa. Si no se cumple con tal imposición, no se ofrece la posibilidad de acceso a los demás nodos visitados con antelación.

De esto se desprende que, la ejecución consecutiva de pasos hacia atrás, requiere que el usuario se dirija a cada uno de los nodos que visitó (de acuerdo al orden en que lo hizo) hasta que alcance el de su interés. Inclusive hasta se puede dar la situación, totalmente ilógica, de que el usuario pase caminando por delante del nodo que intenta alcanzar, en su afán de cumplir con el recorrido establecido por el *Backtracking* sobre el nivel físico. En la figura 44 se observa que uno de los caminos que conducen al *Velociraptor* pasa por delante del *Tiranosaurio*.

Si el deseo del usuario es realmente presenciar –otra vez- cada uno de los nodos físicos previos, siguiendo el orden cronológico de visitas, entonces la definición del *Backtracking* sobre el nivel físico que se dio es adecuada. Sin embargo, si la intención de tal usuario es el retorno a uno de los nodos previos, que no es el inmediatamente anterior, entonces se necesita una nueva concepción de la herramienta.

Tal herramienta entonces, satisfará los dos requerimientos que surgieron en las situaciones anteriores. Es decir, permitirá el recorrido hacia atrás, presenciando los nodos físicos uno a uno en orden cronológicos, pero también ofrecerá la posibilidad de la ejecución de varios pasos consecutivos sin la obligación de visitar otros nodos. A continuación se explicará la nueva definición de la herramienta.

El *Backtracking* entre nodos físicos sobre el nivel físico tendrá dos etapas, una de indicación y otra de concreción. La etapa de indicación se corresponde con mostrar al usuario como se llega a un nodo físico previo desde su posición actual. Sobre esta etapa se podrán ejecutar varios pasos. Por otra parte, en cada paso de *Backtracking* se tiene la posibilidad de caminar al nodo que se indica, lo que significaría la concreción del regreso.

Sobre la etapa de indicación se podrán ejecutar varios pasos de regreso, que se relacionan con cada uno de los nodos físicos previos. Como resultado de cada paso, se muestra una indicación del camino hacia el nodo físico anterior teniendo en cuenta la posición actual del usuario. Esta actividad se repite consecutivamente de acuerdo a la necesidad del usuario y la cantidad de nodos físicos visitados.

En el escenario anterior, el usuario estaba obligado a dirigirse al *Velociraptor* como consecuencia de su intento de regreso al *Tiranosaurio*. En el primer paso del *Backtracking* se le indicaba como ir al *Velociraptor* (ver figura 42) y éste debía dirigirse hasta allí para la ejecución del segundo paso.

La nueva definición del *Backtracking*, permite al usuario la ejecución de otro paso más sin la necesidad de caminar hacia el *Velociraptor*, y lo que sucederá es que obtendrá como resultado la indicación del camino hacia el *Tiranosaurio* pero teniendo en cuenta su posición actual, como se ve en la figura 45.

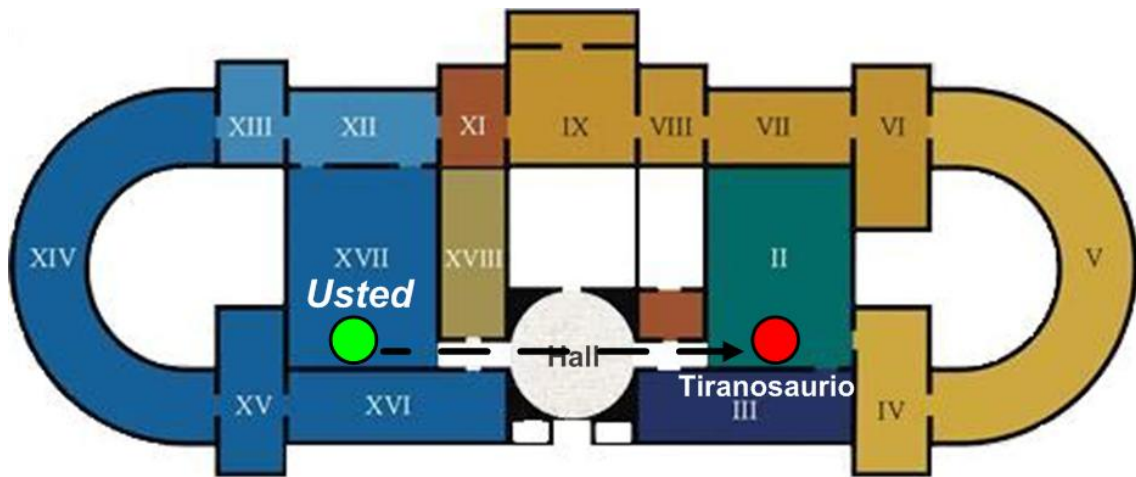


Figura 45: Segundo paso con nuevo esquema de Backtracking

De esta manera, el usuario puede realizar una serie de pasos consecutivos hacia atrás, y obtendrá la indicación de cómo se llega a cada uno de los nodos físicos previos en función de su posición actual y manteniendo el orden cronológico de visitas.

La etapa de concreción tiene que ver con la posibilidad de caminar al nodo indicado en cada paso, sobre la etapa de indicación. Cuando el usuario realiza un paso hacia atrás, obtiene la indicación pertinente. Este, si lo desea, puede dirigirse hacia tal nodo y de hecho lo hará si se trata del nodo físico de su interés. Si efectivamente concreta la caminata hacia tal nodo, entonces esto se computa como un regreso. De

ahora en más el nodo actual del usuario será el que presencia al momento, y cualquier operación que se realice se tendrá en cuenta esto. Con lo cual, si ejecuta un paso de *Backtracking* sobre el nivel físico nuevamente, se considerará la nueva posición del usuario o nodo físico que presencia. En la figura 46 se muestra como queda el esquema del *Backtracking* entre nodos físicos siguiendo el nivel físico.

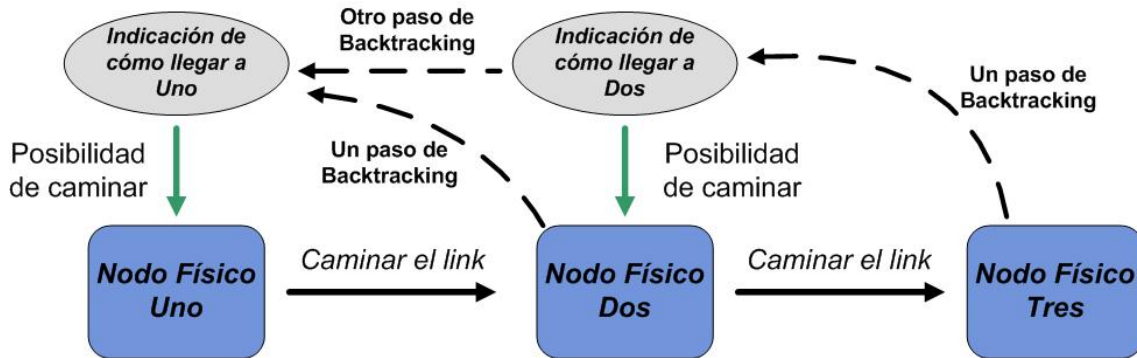


Figura 46: Esquema de Backtracking siguiendo el nivel físico

En la figura se aprecia el resultado de efectuar una serie de pasos sobre la etapa de indicación, luego de caminar dos links físicos. En cada paso se presenta la posibilidad de caminar hacia el nodo indicado y, de efectuarse tal acción, entonces se concreta el regreso. El *Backtracking* se computará a partir de la nueva posición. Si no se efectiviza el regreso, entonces se pueden generar tantas indicaciones como nodos físicos previos. Inclusive hasta podría no concretarse nunca la posibilidad de caminar, y el usuario continúa su navegación hacia otros nodos no visitados.

Ya definido el *Backtracking* siguiendo el nivel digital y también aquel siguiendo el nivel físico, entonces se puede finalmente establecer el esquema de *Backtracking* entre nodos físicos. En la figura 47 se esquematiza el funcionamiento de la herramienta.

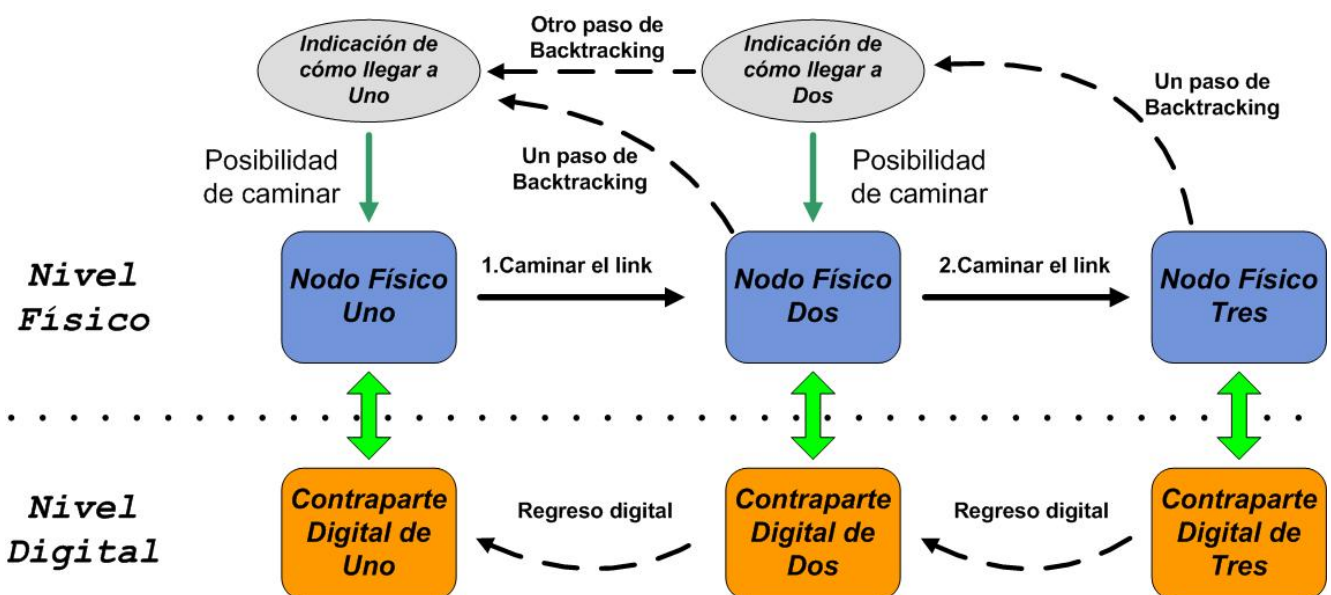


Figura 47: Esquema final de Backtracking entre nodo físicos

Hasta el momento se presentó el *Backtracking* entre nodos digitales y entre nodos físicos exclusivamente. Pero qué sucede si en un recorrido se tiene una mezcla de tipos de nodos. En realidad, se seguirán manteniendo los esquemas propuestos y de acuerdo a la situación se aplicará uno u otro. Por ejemplo, si el recorrido involucra un nodo físico entre dos digitales (como se ve en la figura 48), el *Backtracking* se hará sobre el nivel digital.

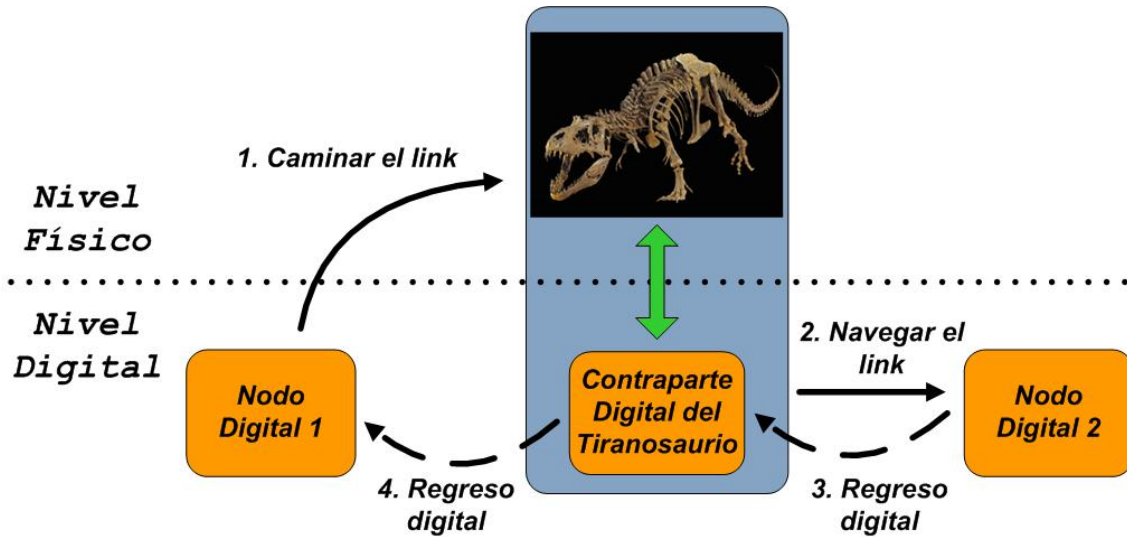


Figura 48: Backtracking entre nodos digitales y físico en el medio

Si el recorrido involucra un nodo digital entre dos nodos físicos (como se ve en la figura 49) entonces se plantean dos situaciones. El regreso por el nivel digital, que va a incluir al nodo digital, y el regreso por el nivel físico que no lo incluirá, dado que sólo se consideran los nodos físicos. En este último caso se usa el esquema visto en 47.

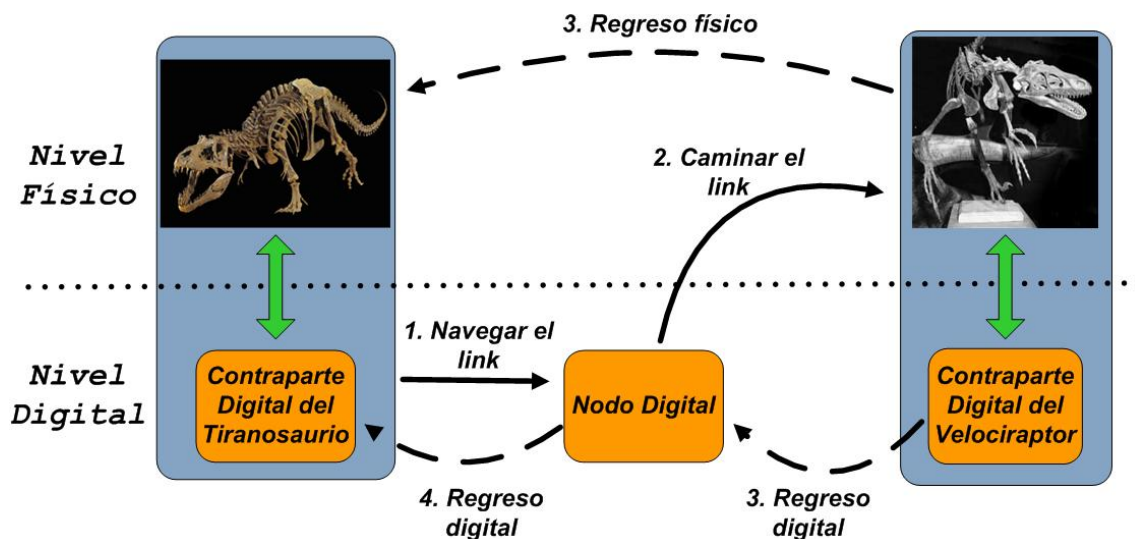


Figura 49: Backtracking entre nodos físico y digital en el medio

Si bien estos dos ejemplos sólo muestran casos particulares de *Backtracking* en un recorrido que mezcla tipos de nodos, sirven de base para la explicación de todos los potenciales casos de recorridos que incluyan nodos de distinto tipo.

Es momento de hablar acerca de las otras dos herramientas propuestas para el análisis: los *Bookmarks* y las *History list*. Las mismas no presentan la complejidad que evidenció el *Backtracking*. Esto se debe a que ambas tienen una misma característica y es que solamente ejecutan un solo paso de regreso. Es decir, se basan en el regreso entre dos nodos solamente, con lo cual, se utilizará la interpretación que se propuso de tal concepto para redefinirlas.

En el caso de las *History list*, estas agrupan a los nodos visitados de acuerdo a un orden cronológico y permite una navegación directa a cualquiera de ellos desde el nodo actual. De acuerdo a la interpretación de regreso que se dio, si el nodo de interés es uno digital se navegará automáticamente mientras que si se trata de uno físico se ofrecerán los dos niveles propuestos (el digital o el físico).

Los *Bookmarks* presentan un escenario similar. Esta herramienta permite el marcado de aquellos nodos de interés, para luego navegar hacia los mismos desde cualquier nodo en cualquier momento. Entonces, si el nodo marcado es uno digital, la navegación al mismo será automática. Si en cambio, se marca uno físico, se ofrecen los dos niveles de regreso, con lo cual el usuario puede o bien acceder a la contraparte digital o bien dirigirse hasta el nodo físico.

Hasta aquí se realizó un análisis de la manera en que algunas de las herramientas de asistencia en la navegación tradicional, encuentran una nueva concepción en el contexto de la hipermedia física. Si bien estas herramientas pueden ser consideradas como nuevas, no son más que una extrapolación del concepto original al mundo de la hipermedia física. Es decir, no son conceptos nuevos que surgen de las características inherentes a la navegación en la hipermedia física y que no encuentran su origen en la hipermedia tradicional.

Este tipo de navegación, donde se fusiona lo físico y lo digital, ofrece un marco de estudio para el descubrimiento de nuevas herramientas que asistan al usuario en la navegación.

El surgimiento de nuevas herramientas, está fuertemente marcado por la experiencia y sobre todo por el uso. Cuanto más se navega, se reconocen con mayor facilidad aquellas situaciones que propician la desorientación o que exponen la posibilidad de un acceso cómodo. Con lo cual, el descubrimiento de herramientas nuevas para la asistencia de la navegación en la hipermedia física, se encuentra delineado por esta tendencia.

Una primera herramienta para la asistencia en la navegación, surgió como consecuencia de la potencial desorientación generada por la siguiente situación recurrente. Para ejemplificar se retomará el ejemplo del museo.

Supongamos que el usuario se encuentra recorriendo el museo (navegando la hipermedia física) y se detiene frente al *Tiranosaurio*. Así, navega a la contraparte digital del nodo físico. Tal contraparte digital, ofrece un link a un nodo digital. El usuario navega a dicho nodo y seguido de esto, comienza una navegación a través de distintos nodos digitales. En un momento dado, desea regresar a la contraparte digital del nodo físico que presencia. Para tal menester inicia un *Backtracking*. De acuerdo a la definición de la herramienta, el regreso es automático dado que sólo involucra nodos digitales. El problema surge cuando el usuario no recuerda bien cuál era la contraparte digital del nodo físico ni tampoco cuántos nodos digitales recorrió. Con lo cual, corre el riesgo de desorientarse tratando de descifrar cuál era la contraparte digital mientras recorre los nodos visitados. Inclusive cuando cree haberla encontrado, podría o bien haberse confundido o bien no estar completamente seguro. Esta es una situación que amerita asistencia y como resultado surge la herramienta *Here*.

El *Here* o *Aquí*, es una herramienta de asistencia en la navegación que, independientemente de la situación en la que se encuentra el usuario, navega a la contraparte digital del nodo físico que presencia. En la figura 50 se muestra un ejemplo de la herramienta basado en el caso anterior del visitante en el museo.

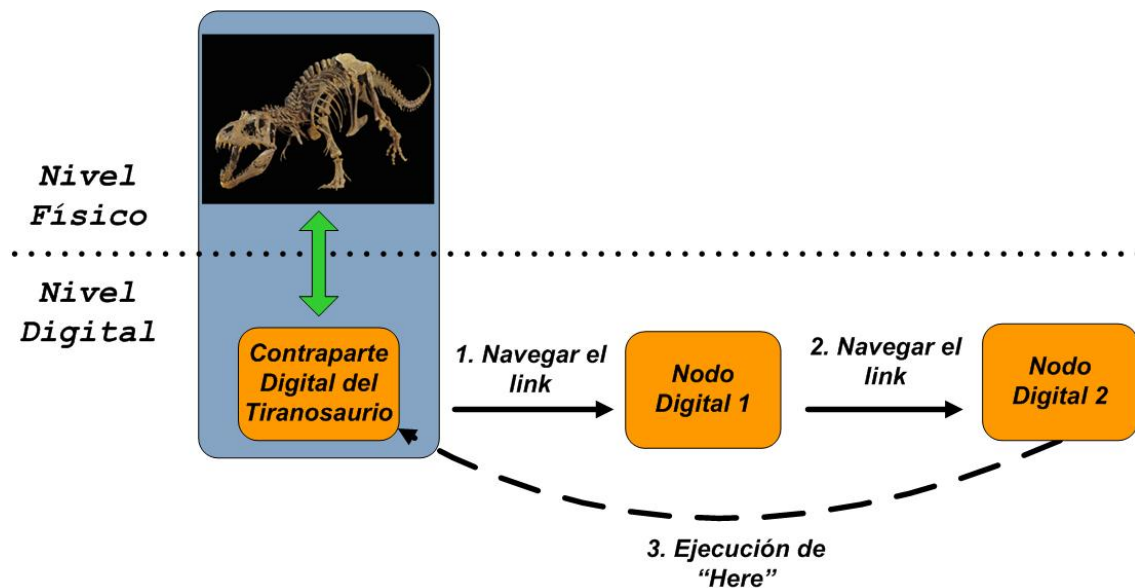


Figura 50: Ejemplo de la herramienta “Here”

En el ejemplo del museo, si el usuario utiliza el *Here* evita el recorrido por nodos previos y la vacilación sobre el acceso a la contraparte digital, dado que navega directamente.

Otra situación en la que la *Here* ofrece utilidad es en la siguiente. En un principio se propuso que la navegación a la contraparte digital de un nodo físico era automática. Cuando el usuario presenciaba el nodo, automáticamente se accedía a la contraparte digital. Este no es el único modelo de navegación. Otra alternativa es la navegación bajo demanda. Es decir, cuando el usuario presencia un nodo físico, solicita explícitamente la navegación a la contraparte digital. Por ejemplo, cuando entra a un lugar, solicita la descarga de los servicios disponibles allí; o mismo en el ejemplo del museo, cuando se enfrenta a un dinosaurio solicita la contraparte digital del mismo. El *Here* aplica en estos casos como el medio a través del cual el usuario ejecuta la solicitud.

Todas estas herramientas de asistencias, son capacidades que el navegador ofrece al usuario para mejorar la navegación de hipermedias físicas. Por lo tanto es responsabilidad del mismo, llevar a cabo las tareas asociadas con tales capacidades. En las hipermedias Web tradicionales, el navegador se encarga de estas tareas en su totalidad, sin necesidad de ayuda externa, pero cuando se trata de hipermedias Web físicas no es tan sencillo. A continuación se explicará la problemática y su solución.

5.3.4 Implementación de las herramientas de asistencia

La implementación de las herramientas de asistencia en la navegación hace referencia a la capacidad del navegador de resolver las tareas que encierra cada

herramienta específica. Es decir, si puede llevar a cabo las tareas en su totalidad o requerirá de ayuda externa para la resolución de ciertas etapas.

Las herramientas mencionadas se caracterizan por ofrecer dos niveles de regreso. Uno de los niveles es el digital, cuya implementación no reviste complejidad alguna, dado que simplemente consiste en la navegación automática al nodo previo. El navegador puede hacerse cargo de toda la tarea sin intervención externa.

El otro de los niveles es el físico, sobre el cual se le indica al usuario hacia dónde debe dirigirse para alcanzar al nodo previo. Este nivel presenta una dificultad a la hora de implementarlo y requerirá que el navegador solicite ayuda externa.

El problema radica en la indicación que se generará en cada paso de la herramienta. Por ejemplo, en el *Backtracking*, se generará una indicación de cómo se llega al nodo físico previo desde el actual. Cada hipermedia física tendrá su forma de indicación propia, como mapas, textos, sonidos, etc. Inclusive si dos hipermedias físicas utilizaran mapas, estos serán muy diferentes entre sí. Con lo cual, es imposible desde el punto de vista del navegador, reproducir tal indicación para cada una de las hipermedias. Esto involucraría, entre otras tareas, análisis de HTML dado que la indicación se genera en este formato.

Se delegará entonces a la hipermedia física brindar un servicio para la asistencia en la navegación. Sin necesidad de un análisis profundo, se puede ver que este servicio solamente tiene que generar la indicación del camino entre dos nodos físicos suministrados. Esto se debe a que todas las herramientas de asistencias se basan en la interpretación que se dio del regreso en la hipermedia física. Independientemente de la herramienta de asistencia particular, lo que se necesita es la indicación de cómo se llega desde la posición actual al nodo previo. Esto último, es justamente la parte que no puede resolver por su cuenta el navegador.

De esta manera, el navegador Web se encargará de todo lo referido a la lógica de las herramientas de asistencia en la navegación, y cuando lo necesite, hará uso del servicio propuesto. Por ejemplo, en el caso del *Backtracking* se encargará de las cuestiones asociadas al orden cronológico de los nodos, y en el caso que el usuario inicie un regreso sobre el nivel físico, el navegador irá solicitando al servicio de asistencia, en la hipermedia física que se navega, la indicación pertinente.

Si se analiza un poco la problemática, se puede deducir que se presenta la misma situación que en la resolución de anchors físicos. Anteriormente se explicó la manera en que se implementa el anchor físico en la Web, y se llegó a la conclusión de que se necesita que la hipermedia física suministre un servicio que resuelva el anchor físico. O sea, que genere la indicación del camino que se recorre para presenciar el nodo físico al extremo del link. A tal servicio se lo denominó *AnchorResolver*.

Es claro que, en el caso de la implementación de las herramientas de asistencia para la navegación, se tienen las mismas necesidades. Es que, de hecho, las herramientas de asistencias se basan en el regreso, y esto no es más que la resolución del anchor físico en dirección contraria. Es decir, la situación que se plantea es la de navegar el link físico –que se navegó en otra oportunidad– de manera inversa o “hacia atrás”. Con lo cual, tiene sentido la utilización del mismo servicio por parte del navegador, para completar las tareas relacionadas con las herramientas de asistencia en la navegación.

En la figura 51 se muestra cómo es el esquema de la implementación de las herramientas de asistencia para la navegación en la Web, de acuerdo a lo que se expuso anteriormente.

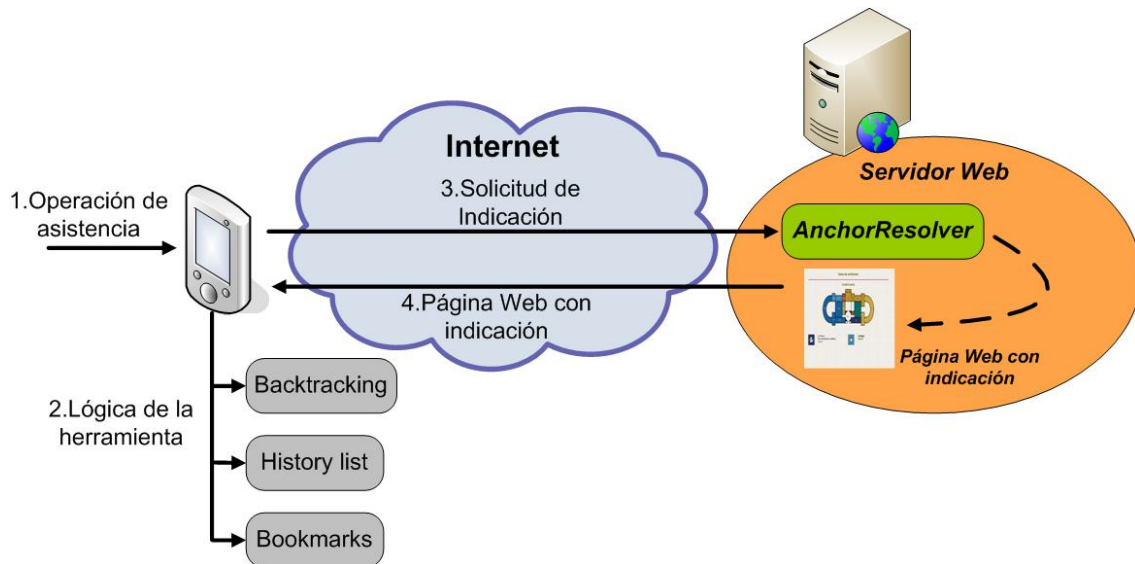


Figura 51: Herramientas de asistencia en la Web

En la figura 51, se muestra como toda la lógica y administración de las herramientas de asistencia están en el navegador, y este interactúa con el servicio de asistencia –de ahora en más *AnchorResolver*– sólo cuando debe generar una indicación.

Como se dijo, cada hipermedia física suministrará un *AnchorResolver*, el cual construye indicaciones de acuerdo a la política particular de la misma (usando mapas, textos, etc.) en base a la información enviada por el navegador.

La pregunta que surge ahora es, ¿cómo sabe el navegador a qué servicio se invoca, para obtener la indicación adecuada? La respuesta sigue la misma estrategia propuesta a lo largo del trabajo: mediante una configuración. Cada hipermedia física especifica en su *Configuración Física*, la ubicación del *AnchorResolver* –o sea su URL– junto con todas las demás especificaciones que encierra tal configuración. Así, el navegador está en condiciones de brindar las herramientas de asistencia, al momento que obtiene la *Configuración Física* de la hipermedia que se recorrerá. En particular, *Walker* provee un conjunto de herramientas de asistencia, y la forma de configurar tal servicio se muestra en la figura 52.

```
<aresolver url='www.museo.org/AnchorResolver' />
```

Figura 52: Ejemplo de configuración del *AnchorResolver* en *Walker*

El *AnchorResolver* recibirá del navegador Web información o bien de los nodos involucrados o bien de la posición actual del usuario y del nodo que desea alcanzar, cada vez que el usuario utilice una herramienta de asistencia para la navegación que involucre el nivel físico. Este servicio trabajará independientemente de la herramienta de asistencia, a pesar de que el navegador lo utilice para cada una de ellas.

A lo largo de la caracterización del navegador Web para hipermedia física, se fue mostrando y se explicó la interacción entre éste y las aplicaciones. También los elementos que se incorporaron y algunos roles a satisfacerse. Esto tiene un impacto en el diseño de las hipermedias y a continuación se hará un análisis sobre la cuestión.

5.4 Impacto en el diseño de aplicaciones

Las características expuestas del navegador Web para Hipermedia Física, a lo largo de este trabajo, muestran una clara diferencia por sobre los navegadores Web tradicionales. Esto evidencia un impacto en el diseño de las aplicaciones, y en cuanto a impacto se hace referencia a las modificaciones o agregados que se deben hacer a los diseños tradicionales de hipermedias Web. Impacto, como consecuencia de aquellos requerimientos impuestos por el nuevo navegador, y que deben satisfacerse para el buen funcionamiento de éste y de las aplicaciones.

Una línea que marcó el estudio y desarrollo de la caracterización del navegador para Hipermedia Física, fue la de incurrir en la menor modificación posible de los diseños existentes. Es decir que, partir de una hipermedia tradicional se obtenga una hipermedia física mediante un proceso de agregado y sin modificaciones (o las menos posibles).

La tendencia, es el aumento de una hipermedia agregando todas las cuestiones físicas. Esto favorecerá, en gran medida, a la rápida adopción y entendimiento del desarrollo de hipermedias físicas Web. Además ofrecerá la posibilidad de que hipermedias tradicionales ya desarrolladas, puedan ser trasladadas al mundo físico sin perder sus características iniciales.

Dada una hipermedia tradicional, un primer elemento que se agrega –para la creación de una hipermedia física- es la *Configuración Física*. Esta, es la columna vertebral de la nueva hipermedia dado que en ella se especifican las características físicas, como por ejemplo el sistema de location sensing. En función de dicha configuración, el navegador Web podrá recorrer la hipermedia física objetivo y detectar la realidad. A medida que se agregan nuevas características se irá modificando dicha configuración.

Otro elemento requerido, es el conjunto de contrapartes digitales de los nodos físicos. Estas, en su diseño más básico, serán páginas Web con información referida al nodo físico asociado. La construcción de las mismas no requiere de ninguna tecnología o herramienta diferente a las utilizadas en la construcción de una hipermedia tradicional.

Cada nodo físico se caracteriza por poseer cierta información de location sensing asociada, como un identificador único en el caso de beacons infrarrojos, o una posición GPS, etc. Esta información es la que se utiliza para la unión entre un nodo físico y su contraparte digital, en el servidor Web. Para el logro de tal asociación, se utiliza la *transformación a URL* –proceso explicado anteriormente- de manera de que el navegador sepa hacia dónde navegar cuando detecta un nodo físico. Se propusieron dos alternativas para dicha transformación: *transformación en el cliente* y *transformación en el servidor*. A pesar de que tienen resultados similares, impactan de distinta manera en el diseño de la hipermedia física.

El primero de los casos, requiere de la utilización del *Mapeo*. A través de éste, se especifica –de manera declarativa- cómo se transforma la información de location sensing a las URL de las contrapartes digitales. El *Mapeo* se ubica en la *Configuración Física*. Con lo cual no implica el agregado de nuevos componentes a la hipermedia física. Es simplemente texto que se agrega a un archivo plano. El impacto, en este caso es mínimo.

Para el segundo caso, se necesita del cumplimiento de un rol o actividad en el servidor. El navegador Web envía la información de location sensing al servidor, para que allí se haga la traducción y se retorne la contraparte digital asociada al nodo físico que se presencia. La estrategia propuesta es la inclusión de un componente Web, con

una URL conocida por el navegador, que lleve a cabo tal actividad. A ese componente (o más bien rol a cumplir) se lo denomina *Transformer*. El impacto en este caso, es más significativo, dado que se debe desarrollar –para cada hipermedia física- la lógica asociada con la transformación a URL. No es simplemente texto que se agrega a un archivo plano.

La resolución de anchors físicos es otra cuestión que impacta en el diseño de hipermedias físicas. El navegador no puede ejecutar la resolución del anchor físico en su totalidad, dada la complejidad de algunas de las tareas involucradas. Un ejemplo de esto se relaciona con la forma que tiene una hipermedia física particular de indicarle al usuario hacia dónde caminar (imágenes de mapas, texto, sonidos, etc.). No hay forma de que el navegador detecte esto y lo reproduzca cuando se resuelve un anchor físico. Otro problema se asocia con el conocimiento de la información de location sensing del nodo destino. Si no se dispone de tal información no se puede generar la indicación del camino a recorrer desde la posición actual del usuario.

La solución que se propuso, consiste en incluir la información del nodo físico destino en la especificación del anchor físico y disponer de un servicio que lo resuelva. Este servicio se denomina *AnchorResolver*. Así, el diseño de la hipermedia física se ve impactado por la necesidad del cumplimiento de un rol (agregando un componente). Sin embargo el impacto, tiene las características buscadas: se agregan nuevos elementos sin modificar lo existente o preestablecido.

Finalmente, como se explicó con anterioridad, las herramientas de asistencia en la navegación requieren de ayuda de la hipermedia física para la resolución de ciertos problemas. Éstos, son similares a los expuestos en la resolución del anchor físico. De hecho, se estaba ante la presencia de la resolución del anchor físico pero en sentido inverso. Por lo tanto, se propuso la utilización del *AnchorResolver* para colaborar con el navegador en la completitud de las tareas relacionadas con las herramientas de asistencia para la navegación. El hecho de utilizar al *AnchorResolver*, no genera ningún impacto, más que el que generó la inclusión de tal servicio para la resolución de anchors físicos.

De acuerdo a lo expuesto se observan dos posibles esquemas o diseños de una hipermedia física y la diferencia está en la *transformación a URL*. En la figura 54 se observa el esquema de una hipermedia física utilizando *transformación a URL en el cliente*.

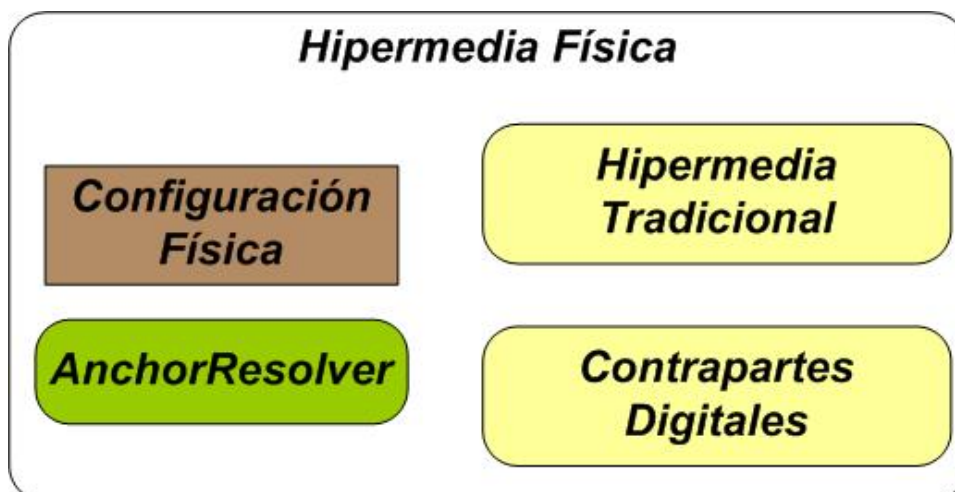


Figura 54: Hipermedia Web Física usando Mapeo

En este caso, no se tienen un componente para la *transformación a URL* dado que el *Mapeo* se especifica en la *Configuración Física*.

En la figura 55 se muestra el esquema de una hipermedia física utilizando *transformación a URL en el servidor*.

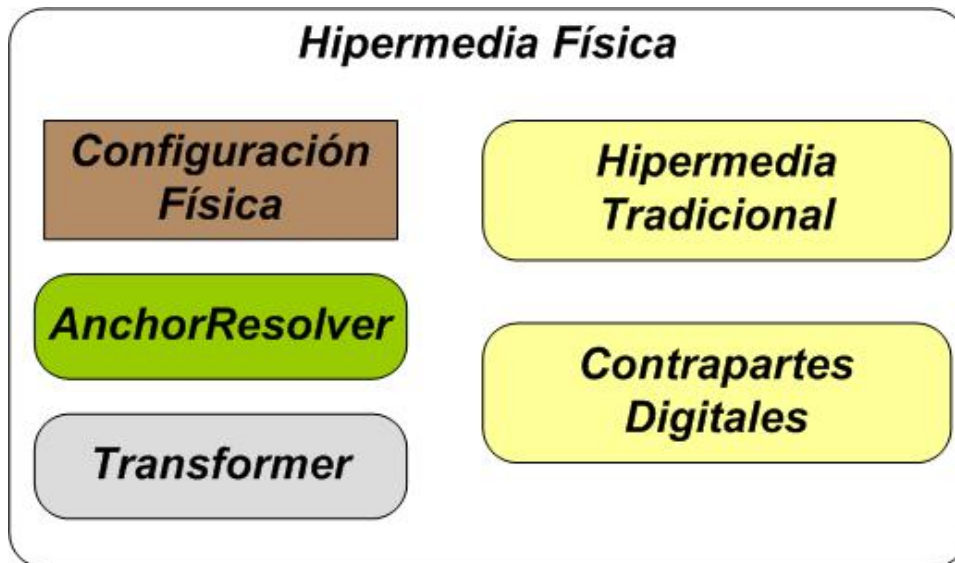


Figura 55: Hipermedia Web Física usando Transformer

Aquí, a diferencia del caso anterior, se tiene un componente que cumple con el rol de *Transformer*. Este último deberá tener la capacidad de redirección a otras páginas, de manera de acceder a las contrapartes digitales en base a la información de location sensing suministrada por el navegador Web.

Con respecto al conjunto de las contrapartes digitales, en realidad, este no es un requerimiento impuesto por el navegador. Si bien el navegador asume su existencia para el buen funcionamiento de la navegación, esto es propio de la hipermedia física. Es decir, al diseñar una hipermedia física, justamente lo que se agrega son los nodos físicos y sus contrapartes digitales, así como también el establecimiento de links entre los distintos nodos. Todo esto, independientemente de la herramienta que se utiliza para la navegación.

Lo que se trata de poner en evidencia –con esto último– es el impacto final provocado exclusivamente por las características del navegador Web para Hipermedia Física. En conclusión, lo único que se debe agregar en una hipermedia física, es la *Configuración Física* y el *AnchorResolver*; y en el caso de utilizar *transformación a URL en el servidor* se suma el *Transformer*.

Esto, es lo necesario para satisfacer los requerimientos impuestos por este nuevo navegador Web. Sin embargo, a partir de las características de este último y las soluciones que se propusieron, pueden existir algunas variantes.

De necesitarse, se podrían tener más de una *Configuración Física*. Este es el caso en el que se tienen más de un sistema de location sensing, para distintos sectores del mismo espacio geográfico que abarca una hipermedia física. Por ejemplo, en el caso del museo, podría suceder que una de las salas tenga instalado un sistema de location sensing basado en Bluetooth mientras que en todo el resto del museo se utiliza beacons infrarrojos. Para este caso se necesita la inclusión de dos *Configuraciones Físicas* dentro de la hipermedia física. Cuando se ingresa a la sala mencionada, el navegador

debería obtener la *Configuración Física* de la misma, para la interacción con su sistema de location sensing.

Algo similar ocurre con el *AnchorResolver*. Dada la especificación que se propuso para los anchor físicos, se podrían utilizar distintos *AnchorResolvers* dentro de la misma hipermedia física. Esto significa que, para algunos anchor físicos se utiliza un *AnchorResolver* específico mientras que para otros anchors, uno diferente. Además, se podría tener un *AnchorResolver* para las herramientas de asistencia en la navegación y otro para la resolución de anchors físicos.

5.5 Conclusiones del capítulo

El descubrimiento y análisis de algunas de las características del navegador Web para Hipermedia Física, se vio delineado por los requerimientos emergentes de los conceptos y tecnologías asociadas con tal paradigma, y de su traslado a la Web.

Un ejemplo claro de esto es la variedad de posibles sistemas de location sensing subyacentes a una hipermedia física. La configuración, surge como la estrategia más flexible y potente para atacar tal variedad. Como consecuencia de tal elección, se tiene que el navegador Web será configurable con respecto al sistema de location sensing.

Otro ejemplo de esto, es la detección de nodos físicos a medida que el usuario se desplaza. La *transformación a URL* es un proceso inevitable cuando se implementa tal detección sobre la Web. Por lo tanto, el navegador se caracteriza por el trabajo con dicha transformación. Se propusieron dos alternativas para tal actividad –en el cliente o en el servidor- con resultados equivalentes en términos generales, pero cada una con ventajas y desventajas en distintos contextos.

El esquema de la resolución de anchors físicos en la Web, también caracteriza al navegador. Cuando el usuario selecciona un anchor de tal tipo, el navegador no responde como lo hace tradicionalmente con un anchor digital, sino que envía información de location sensing y del nodo físico destino, a un servicio especial de la hipermedia física –el *AnchorResolver*- que suministra la indicación del camino que se recorre para alcanzar el nodo destino desde la posición actual.

Otras características surgieron del estudio realizado sobre ciertos aspectos de la navegación en la Hipermedia Física, que no fueron definidos o establecidos hasta el presente trabajo. En particular, se habla del regreso y de las herramientas para la asistencia en la navegación basadas en este concepto.

El regreso a través de dos niveles –el físico y el digital- es la propuesta que satisface de mejor manera la problemática. A partir de esta interpretación del concepto, se redefinieron algunas de las herramientas de asistencia más conocidas, como el *Backtracking*, los *Bookmarks* y las *History list*. Además se expuso el surgimiento de nuevas herramientas de asistencia (por ejemplo el *Here*) como consecuencias de todas estas características de la navegación en la Hipermedia Física.

Tanto la interpretación del regreso como las herramientas de asistencia, caracterizan al navegador Web, aunque en un nivel conceptual aún mayor que en los primeros casos. Esto se debe a que el estudio es independiente de su implementación, ya sea en la Web o en otro contexto. Sin embargo, su traslado a la Web, también incurre en nuevas características para el navegador. Por ejemplo, en el caso de las herramientas de asistencia, se mostró que la lógica de las mismas está a cargo del navegador, pero éste hace uso del *AnchorResolver* para llevar a cabo las tareas en su totalidad.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

La caracterización de un navegador Web para Hipermedia Física, fue el eje de este trabajo de grado. Sin embargo, a través del mismo, se puso en evidencia el impacto que las características establecidas tienen en el diseño de aplicaciones.

En el capítulo previo, se desarrolló todo el contenido de la investigación sobre el cual, ahora, se debe reflexionar y establecer nuevas metas.

A continuación se presentarán las conclusiones que se desprenden de la labor efectuada y, además, se plantearán las tareas relacionadas con la continuidad del trabajo en el tema.

6.1 Conclusiones sobre el trabajo

Muchas áreas de la informática, dedican sus esfuerzos a la mezcla del mundo digital y del físico, en un mismo ambiente interactivo. Donde las aplicaciones se ven afectadas por factores externos al mundo digital, y la realidad física se enriquece con características digitales. La hipermedia física es una de estas áreas y propone que se realice tal mezcla mediante la utilización del paradigma de Hipermedia. Así, distintos espacios geográficos y las entidades físicas en ellos, poseen una contraparte digital y son incluidos dentro de hipermedias, interrelacionándose con los elementos que allí existen.

La evolución de los dispositivos móviles –por ejemplo los teléfonos celulares o las PDA-, los coloca a éstos como el medio más provechoso y adecuado para la interacción con distintas hipermedias físicas. Su capacidad de movilidad, su cada vez más potente capacidad de procesamiento, el acceso a Internet y el creciente uso masivo, son algunas de las características más importantes que justifican su ubicación en tal posición.

La Hipermedia y la Web son dos conceptos íntimamente relacionados, y el hecho de que Internet sea la plataforma subyacente logró que los mismos alcancen la popularidad necesaria para ser una de las herramientas informática más utilizadas.

Uno de los puntos clave, se haya en el navegador Web. Esta aplicación permite navegar una hipermedia publicada en la Web, ofreciendo un conjunto de herramientas que facilitan la actividad.

Tal es la utilidad de los navegadores Web, que desde hace ya un tiempo fueron trasladados al mundo de los dispositivos móviles. Así el usuario puede navegar por la Web desde su teléfono celular o PDA. Esto motiva a que se intente llevar el mundo de la Hipermedia Física a la Web, siendo el navegador el medio fundamental para la interacción.

Pero una clara tendencia se ve en el traslado de los navegadores Web a un dispositivo móvil y es que los retos planteados se basan en las deficiencias o carencias de estos con respecto a las PC's y no en función de las nuevas posibilidades que proponen como la movilidad, el contexto físico del usuario (espacio y tiempo), entre otras. Los retos planteados no son para nada desacreditados, de hecho son sumamente

importante. Sin embargo, las nuevas propuestas presentan un conjunto de posibilidades por demás atractivas.

Es claro que, para llevar el mundo de la Hipermedia Física a la Web, el navegador Web es un punto crucial y las características que actualmente este presenta no son suficientes.

En el presente trabajo de grado, se realizó una caracterización de un navegador Web para Hipermedia Física. Se establecieron las características necesarias para hacer factible el desarrollo de hipermedias físicas con las tecnologías utilizadas en el desarrollo de hipermedias Web tradicionales.

En particular, se expuso cómo la configuración del sistema de location sensing, en el navegador, es la estrategia más flexible si se ataca el problema de la variedad de los mismos. Se planteó la necesidad de transformar información de location sensing a URLs, con el objetivo de acceder a la contraparte digital de un nodo físico. Para esto se propusieron dos soluciones, una en el cliente y otra en el servidor.

La navegación física también fue foco de estudio, y se propuso una implementación de los links físicos en la Web, donde se involucra tanto al navegador como a la hipermedia física que se navega. A partir de la implementación dada, se concluyó con la aparición de un rol o actividad a satisfacerse en cada una de las hipermedia física –el *AnchorResolver*– que genera una indicación del camino entre dos nodos físicos, o entre la posición actual del usuario y el nodo físico al cual éste desea dirigirse.

Se realizó también un aporte conceptual a la navegación en Hipermedia Física, con la interpretación del regreso entre nodos físicos y digitales. En base a ésta, se redefinieron algunas de las herramientas de asistencia en la navegación como el *Backtracking* y los *Bookmarks*. Además se propuso una nueva herramienta para la asistencia en la navegación, que surge de las características de esta última. Este estudio también caracteriza al navegador, dado que son herramientas ofrecidas por el mismo.

Como prueba de concepto se desarrolló un prototipo de navegador llamado *Walker*, donde se implementan todas las características expuestas.

6.2 Trabajo futuro

La realización de este trabajo de grado, mostró un conjunto de soluciones a determinados problemas; asociados con la caracterización y el impacto de un navegador Web para Hipermedia Física. Sin embargo, finalizado el trabajo, se detectan ciertos disparadores que motivan la continuidad de la labor en el tema. El trabajo futuro entonces, incluye las siguientes actividades y desarrollos:

Incorporación de nuevos sistemas de location sensing: el sistema de location sensing es ofrecido, por el navegador, como un servicio configurable. Existe una gran variedad de este tipo de sistemas. Por lo tanto, se incorporará en *Walker* –el prototipo del navegador Web– el soporte para nuevos sistemas de location sensing. Esto significa, extender la lista de los sistemas de location sensing ofrecidos hasta el momento. Así se dispondrán de mayores posibilidades para el desarrollo y estudio de las hipermedias físicas.

Casos de pruebas: se desarrollarán nuevas hipermedias físicas, pertenecientes a distintos dominios, para profundizar la evaluación de la potencia, flexibilidad y alcance

del navegador Web. Además se iniciará el descubrimiento de nuevas características del mismo.

Herramientas de asistencia en la navegación: las posibilidades ofrecidas por la navegación física, motivó el descubrimiento de una nueva herramienta de asistencia para la navegación: el *Here*. Como evidenció esta última, queda abierto el campo para la investigación y descubrimiento de nuevas herramientas. Esta tarea, está fuertemente marcada por el alto uso del navegador, de manera de detectar las potenciales situaciones de desorientación u oportunidades para la simplificación en el acceso a nodos.

Análisis y manejo de situaciones excepcionales: existen muchas situaciones anómalas o excepcionales que deben ser analizadas y tratadas. Algunas de ellas se relacionan con el salto entre distintas hipermedias físicas. Supongamos que un usuario marca con un *Bookmark* un nodo físico de una hipermedia física. Luego sale de la tal hipermedia e ingresa en otra, con características totalmente distintas (espacio geográfico, sistema de location sensing, transformación a URL, etc.). Qué sucede entonces, cuando el usuario intenta utilizar el *Bookmark* anterior. El navegador está configurado de acuerdo a las características de la nueva hipermedia. Por otro lado, qué indicación se le puede ofrecer si ya no se encuentra en el espacio geográfico cubierto por la primera de las hipermedia física que visitó. Así como esta situación, surgen otras similares, que deben ser manejadas de manera de ofrecer una solución útil y provechosa. Otras situaciones anómalas o excepcionales son de carácter puramente tecnológico, como la interferencia en el sistema de location sensing, conectividad, etc.

Desarrollo y estudio de un nuevo tipo formulario Web: una de las posibilidades expuesta de alguna manera por este trabajo, es la posibilidad de implementar formularios Web que incluyan información de location sensing. Al igual que los links físicos, estos formularios darían lugar al desarrollo de aplicaciones Web móviles teniendo en cuenta la posición del usuario. Esto permitiría, entre otras cosas, la ejecución de consultas cuyos resultados están personalizados a la ubicación del usuario.

Apéndice

Walker en acción

A lo largo del trabajo de grado desarrollado, se fue ejemplificando brevemente los conceptos expuestos, con el prototipo de navegador Web para Hipermedia Física **Walker**. En este apéndice se profundizarán los ejemplos, incluyendo imágenes reales del prototipo en funcionamiento e imágenes de una hipermedia física Web desarrollada para tal menester. Además, se incluirán algunas porciones de código (HTML, Java, entre otros) para exponer la implementación de la hipermedia física ejemplo.

1. Introducción

Para probar y ejemplificar cada uno de los conceptos desarrollados en este trabajo de grado, y para realizar una evaluación del desempeño de **Walker**, se implementó una hipermedia física Web tomando como dominio el Museo de Ciencias Naturales de la Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina [42].

Básicamente, se recreó el escenario en el que el visitante del museo recorre las instalaciones cargando su PDA. A medida que se desplaza, recibe información sobre los objetos físicos que presencia. Para reducir la complejidad, solamente se escogieron tres objetos físicos. Estos son los esqueletos, dentro del museo, de los dinosaurios utilizados en las explicaciones previas: el *Tiranosaurio*, el *Velociraptor* y el *Protoceratops*.

Como sistema de location sensing, fueron utilizados los beacons infrarrojos que se muestran en la figura 56.

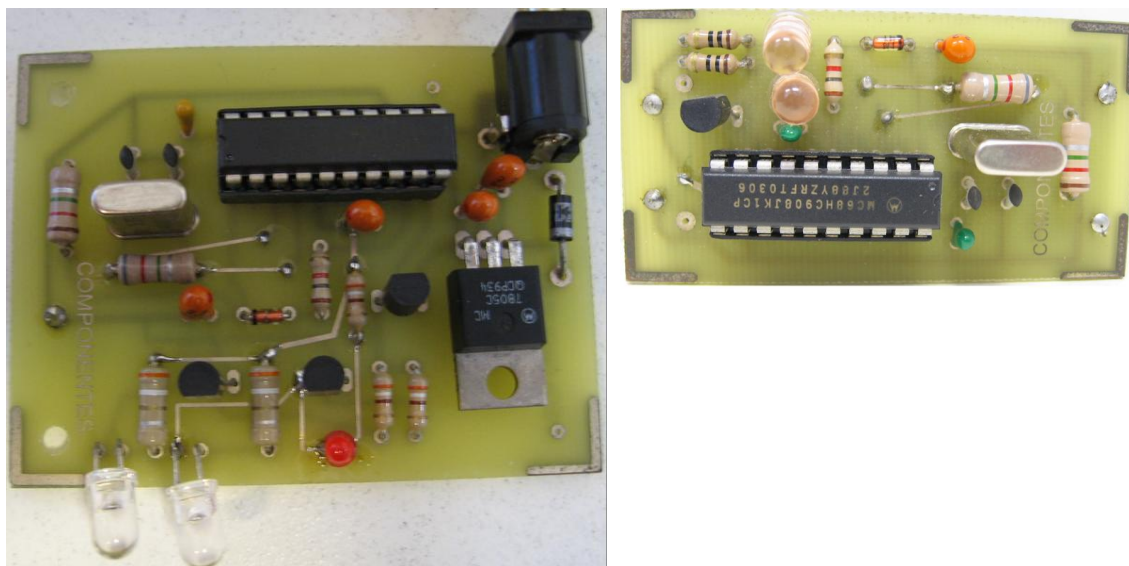


Figura 56: Dos de los beacons infrarrojos utilizados

Cada uno de estos dispositivos, emiten una señal infrarroja que es interpretada como una cadena de caracteres. En particular, éstos emiten las cadenas 0111100002222, 0111100003333 y 0111100004444. A cada uno de los dinosaurios (esqueletos en el

museo) se les incorporó uno de los beacons, con lo cual se estableció una asociación entre un dinosaurio y un identificador único (la cadena de caracteres que emite). Para ser más explícito, se generaron las asociaciones que se muestran en la figura 57, de acuerdo al beacon incorporado en el dinosaurio:

Tiranosaurio → 0111100002222
 Velociraptor → 0111100003333
 Protoceratops → 0111100004444

Figura 57: Asociaciones entre dinosaurios y beacons (caracteres)

Estas asociaciones servirán para determinar la ubicación del usuario y para la detección del objeto que éste presencia al momento. Esto significa que cuando el usuario se posicione frente a un dinosaurio, *Walker* detectará la señal infrarroja y obtendrá el identificador asociado.

2. Detección y aumento de la realidad

Como se explicó en el capítulo 5, la mejor estrategia para atacar la diversidad de sistemas de location sensing es la configuración del mismo en el navegador. Es decir, mediante una especificación provista por la hipermedia física particular, el navegador sabe con qué sistema de location sensing interactuar. Por lo tanto, la hipermedia física del museo suministrará una configuración donde se evidenciará el uso de beacons.

Además del sistema de location sensing, la hipermedia física debe especificar la *transformación a URL*, de manera que el navegador logre el acceso a las contrapartes digitales a partir de la información de location sensing detectada. Este proceso se caracteriza por la transformación de un dato provisto por el sistema de location sensing subyacente –una señal infrarroja, una coordenada GPS, una MAC de Bluetooth, etc.- en una URL.

Se propusieron dos alternativas al proceso de transformación. Una de ellas era la *transformación en el Cliente* por medio del *Mapeo*, donde se suministra una traducción directa y explícita en un archivo de texto plano. El proceso se lleva a cabo en su totalidad en el cliente, quien dada la especificación de transformación puede determinar a cuál URL navegar. La segunda alternativa se corresponde con la *transformación en el Servidor* utilizando una componente Web con capacidad de redirección. A esta componente se la denomina *Transformer* y todo el proceso se sucede en el Servidor.

Toda esta información se aglomera bajo el concepto de *Configuración Física*. Esta, se caracteriza por ser un archivo de texto plano, escrito en XML y que es suministrado por la hipermedia física para que le navegador interactúe con el ambiente físico circundante. Como se discutió con anterioridad, es en el *Home* de la hipermedia donde se ubica la *Configuración Física*, teniendo a disposición dos métodos: el embebido, donde toda la información se suministra junto con el código HTML del *Home*, o en archivo separado y suministrando la URL del mismo en el *Home*.

Retomando el ejemplo implementado, cuando el visitante ingresa al museo, debe navegar al *Home* de la hipermedia. En particular, verá en su PDA lo que se muestra en la figura 58, que no es más que el *Home* del museo.

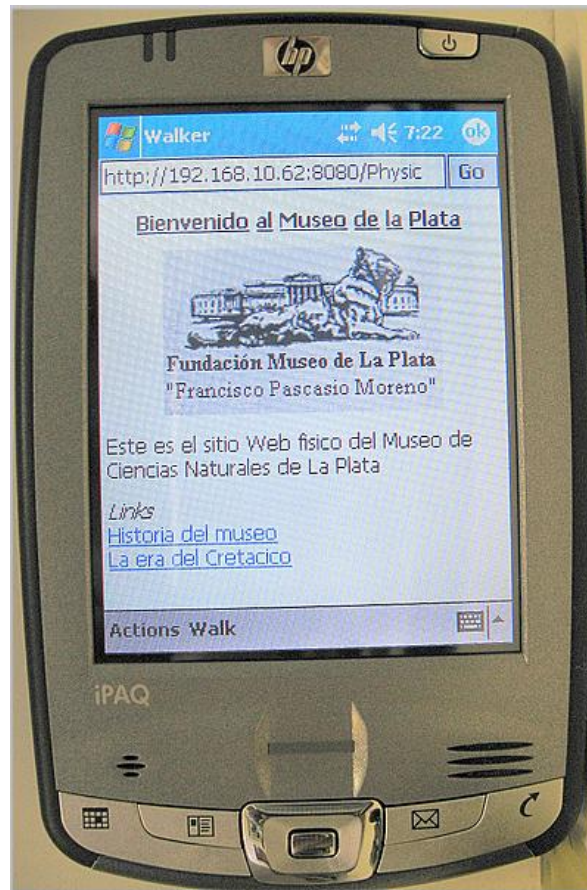


Figura 58: Home del Museo en Walker

El código HTML correspondiente al *Home* del museo puede apreciarse a continuación en la figura 59.

```

<html>
<head>

  <title>Museo de La Plata</title>

  <physic src= 'http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/physicM.conf.xml' />

</head>

<body>
<P align="center">
  <STRONG><U>Bienvenido</U> <U>al</U> <U>Museo</U> <U>de</U> <U>la</U> <U>Plata</U></STRONG>
</P>
<P align="center"><IMG src="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/Images/LogoFundacion.bmp"
border="0">
</P>

<P>Este es el sitio Web fisico del Museo de Ciencias Naturales de La Plata</P>
<BR/>
<EM>Links</EM><BR/>
  <A href="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/HistoriaMuseo.html"> Historia del
  museo</A><BR/>
  <A href="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/Cretasico.html"> La era del Cretacico</A>
</body>
</html>

```

Figura 59: HTML del Home

Al ingresar a esta página Web, el navegador *Walker* queda automáticamente configurado para interactuar con el museo. En la figura 59 se muestra cómo se suministra la *Configuración Física* –observar la sección head de la página Web– mediante el método del archivo separado. Se observa que el resto de la página Web no presenta ninguna característica ajena a una página Web tradicional, es simplemente HTML.

La *Configuración Física* utilizada para la hipermedia física del museo (archivo `physicM.conf.xml`) se muestra en la figura 60. Allí se observa la manera en que se configura el sistema de location sensing subyacente (en este caso beacons) y suministra la *transformación a URL*. La propiedad *size* en el tag *beacon* hace referencia a la cantidad de caracteres que posee la cadena emitida por los beacons utilizados, que en este caso son 13. Esto se debe a que la cantidad de caracteres enviados por el dispositivo, dependerá del fabricante del mismo.

```
<physic>
  <beacon size="13" />
  <mapping>
    <map value='0111100002222'
      url="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/Tiranosaurio.html"/>
    <map value='0111100003333'
      url="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/Velociraptor.html"/>
    <map value='0111100004444'
      url="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/Protoceratops.html"/>
  </mapping>
</physic>
```

Figura 60: Configuración Física del Museo

En este caso, se utiliza un *Mapeo*. Notar que para cada cadena de caracteres que se asignó a cada dinosaurio –ver figura 57– se tiene una transformación a una URL, que en definitiva será la ubicación de la contraparte digital de cada dinosaurio.

Alternativamente se puede utilizar la *transformación a URL en el Servidor*. Para tal caso se necesita reemplazar el *Mapeo*, en la configuración anterior, por la ubicación del *Transformer*. En la figura 61 se muestra el ejemplo.

```
<transformer
url="http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/servlets/TransformerServlet"
/>
```

Figura 61: Uso de Transformer en Walker

En este caso se utilizó un servlet para implementar el *Transformer*. Este servlet utiliza la información de location sensing enviada por *Walker* para la transformación en una URL. En la figura 62 se muestra la implementación de tal servlet así como también la *transformación a URL* y redirección.

```

public class TransformerServlet extends HttpServlet {

    private Map map;

    public void doGet(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {

        if(request.getHeader("location-value") != null)
        {
            String location=(String)request.getHeader("location-value");
            String url= this.transform(location);
            response.sendRedirect(url);
        }

    private String transform(String location){

        return (String)this.map.get(location);

    }

    public void init() throws ServletException {

        this.map= new HashMap();
        this.map.put("0111100002222","../Tiranosaurio.html");
        this.map.put("0111100003333","../Velociraptor.html");
        this.map.put("0111100004444","../Protoceratops.html");

    }

}

```

Figura 62: Implementación del Transformer con un Servlet

De manera similar a la expuesta arriba, se puede implementar el *Transformer* utilizando otras tecnologías Web como *PHP*, *ASP.NET*, etc. El único requerimiento es la capacidad de redirección a otras páginas Web. Simplemente se accede al HEADER de la solicitud HTTP, realizada por *Walker*, y se recupera la información de location sensing. Luego se continúa con la transformación.

Ya especificada la *Configuración Física* junto con el *Mapeo* –o implementado el *Transformer*- y el sistema de location sensing *Walker* está en condiciones de comenzar a detectar la realidad física.

Cuando el visitante del museo ingresa al *Home* de la hipermedia física del museo, puede comenzar a acercarse a los objetos físicos de manera de navegar a las contrapartes digitales de los mismos. Recordemos que es prioritario el ingreso al *Home* de la aplicación en primera instancia, para luego permitir la navegación física a través del espacio geográfico y la detección de los objetos.

En el caso particular de este ejemplo, tales contrapartes digitales no son más que páginas Web tradicionales, con información del objeto presenciado por el visitante. En la figura 60, se observan las URL de las mismas en la sección de la *transformación a URL*. Por lo tanto, se tiene una página Web para cada dinosaurio. Cabe aclarar que esta no es necesariamente la única manera de diseñar la contraparte digital de un nodo físico, y que se considera a esta opción como la más sencilla y básica de todas.

Cuando el visitante se acerca al *Tiranosaurio*, entonces navegará a la contraparte digital del mismo y visualizará en su PDA lo que se observa en la figura 63. Si se acerca al *Velociraptor* o al *Protoceratops*, obtendrá resultados similares, pero con el dinosaurio involucrado.

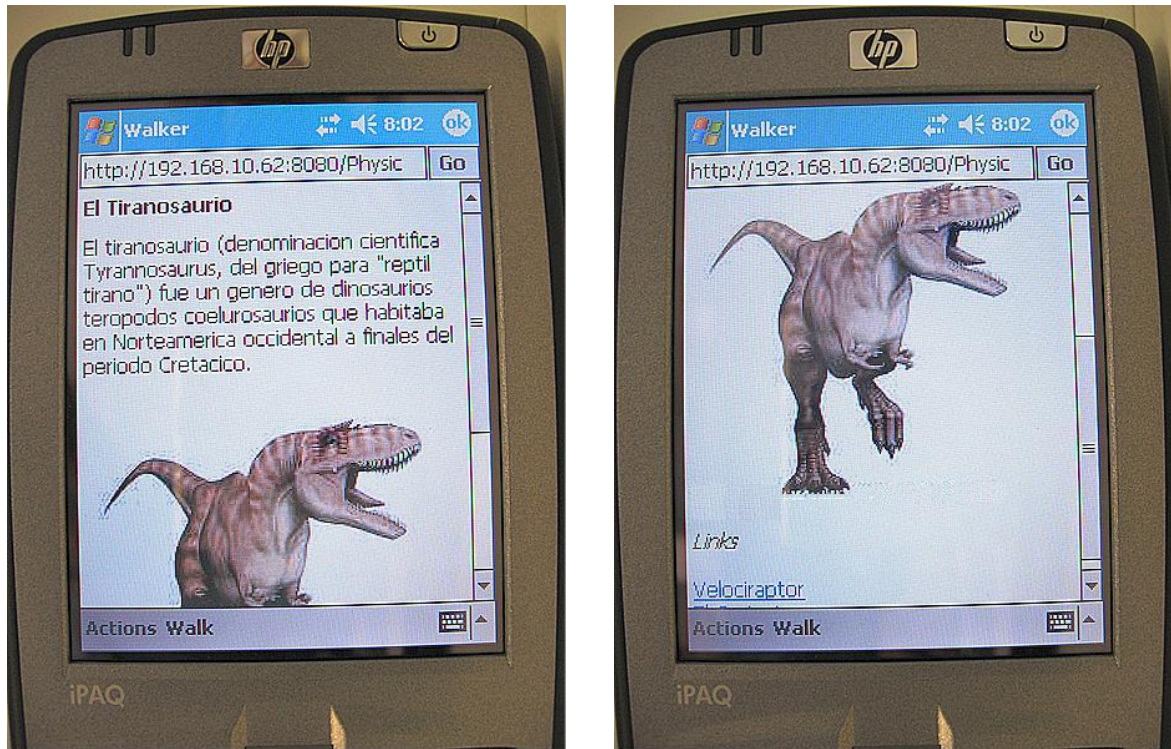


Figura 63: Contraparte digital del Tiranosaurio en Walker

En la figura de arriba se aprecia que la contraparte digital del *Tiranosaurio*, tiene un anchor físico de un link físico al *Velociraptor*. La contraparte digital de este último dinosaurio se muestra en la figura 64.

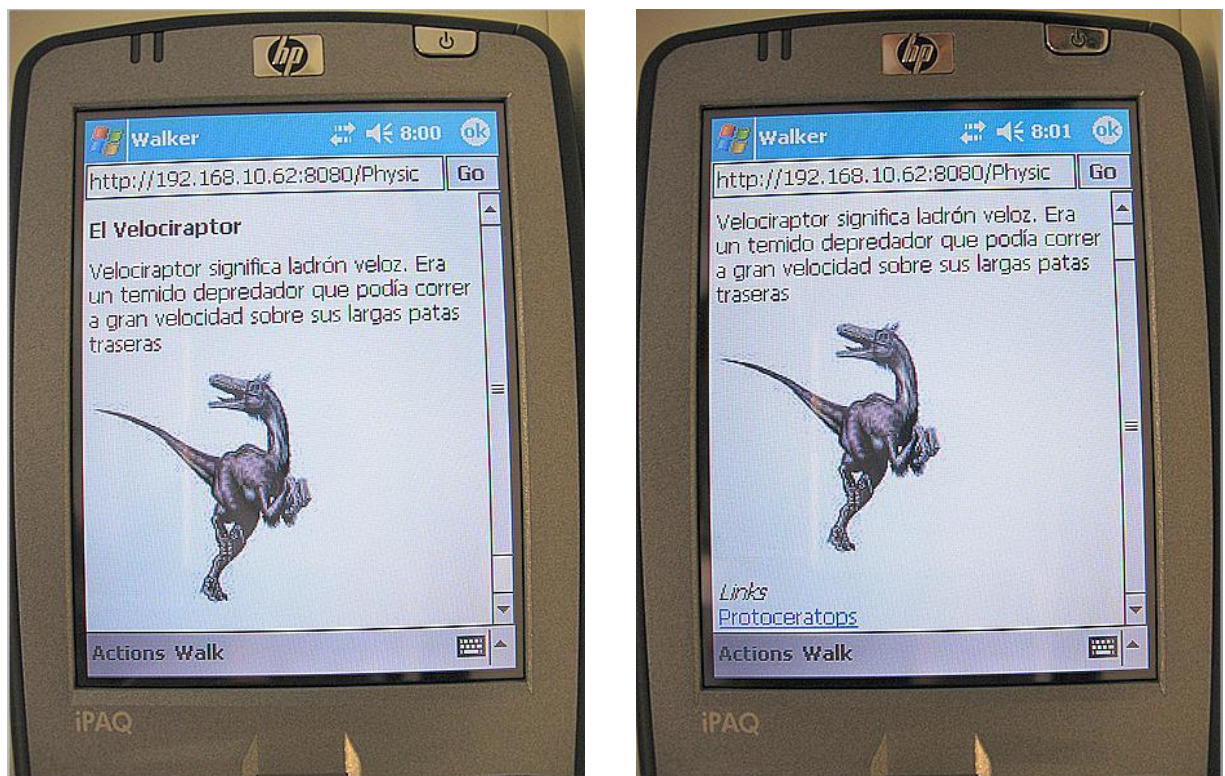


Figura 64: Contraparte digital del Velociraptor en Walker

La contraparte digital del *Velociraptor*, también presenta una anchor físico, pero de un link físico al *Protoceratops*. La contraparte digital de este dinosaurio se muestra en la figura 65.

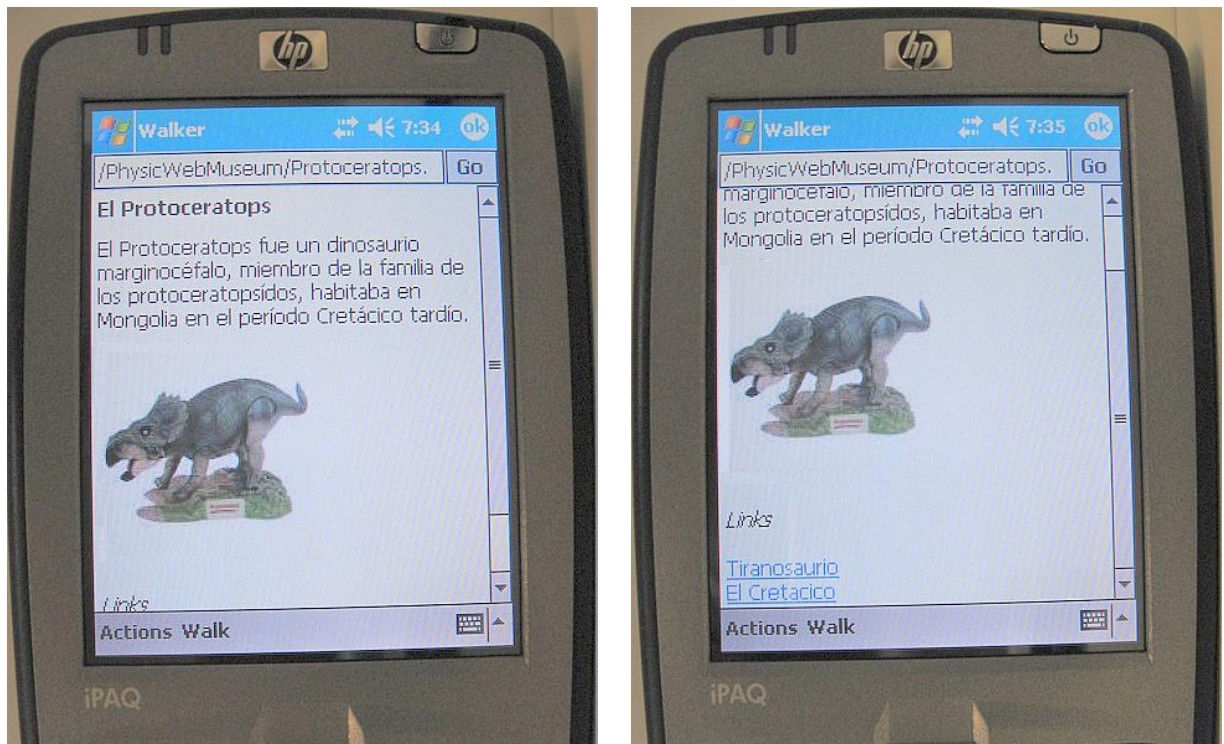


Figura 65: Contraparte digital del Protoceratops en Walker

Además de los nodos físicos, la hipermedia física del museo posee otros nodos del tipo digital. Ente dichos nodo se encuentra uno relacionado con la era del Cretácico, que contiene información sobre tal período. En la contraparte digital del *Protoceratops* se ve un anchor digital de un link a dicho nodo. El *Home* de la hipermedia también es un nodo digital. Además, éste último posee un anchor digital de un link hacia otro nodo digital –ver figura 58- que contiene información sobre la historia del museo. Este último y el primero, son páginas Web tradicionales, con lo cual no se hará reparo en ellos.

3. Navegación Web física

Uno de los puntos más sobresalientes de la navegación Web física es el link físico, su interpretación, implementación y tecnologías subyacentes.

Cuando un usuario intenta navegar un link físico, comienza un proceso de dos etapas. En primera instancia se produce la resolución del anchor físico, cuyo resultado es la indicación del camino que se debe seguir para alcanzar el nodo físico destino. Esta indicación puede ser un mapa, un texto, etc. Luego el usuario se dirige al lugar indicado, y cuando arriba, accede a la contraparte digital del nodo físico presenciado.

En el ejemplo desarrollado, el *Tiranosaurio* posee un link físico hacia el *Velociraptor*. En la figura 63 se observa como se visualiza tal link. Para esto se especificó un anchor físico en la contraparte digital del *Tiranosaurio*, como se explicó con anterioridad. A continuación, en la figura 66 se muestra la especificación del anchor físico del link entre el *Tiranosaurio* y el *Velociraptor*.

```
<A href='physic:Velociraptor:http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/
servlets/AnchorResolver' >
  Velociraptor
</A>
```

Figura 66: Anchor físico en la contraparte digital del Tiranosaurio

El *Velociraptor* también tiene un link físico y éste tiene como destino al *Protoceratops*. Al igual que en el caso del *Tiranosaurio*, se especificó un anchor físico en la contraparte digital. En la figura 67 se observa tal especificación.

```
<A
href='physic:Protoceratops:http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/
servlets/AnchorResolver' >
  Protoceratops
</A>
```

Figura 67: Anchor físico en la contraparte digital del Velociraptor

La URL a la que apuntan ambos anchors, es del *AnchorResolver*. Recordemos que éste, es un componente Web que genera contenido dinámicamente y que en particular cumple el rol de construir una indicación del camino al nodo físico destino, utilizando la posición actual del usuario.

Cuando se explicó la navegación Web física, se tomó como ejemplo el recorrido que iniciaba en el *Tiranosaurio*, continuaba con el *Velociraptor* y finalizaba en el *Protoceratops*. Se utilizará el mismo ejemplo para mostrar los resultados en *Walker*.

A modo de recordatorio, se muestra nuevamente la ubicación de los dinosaurios dentro del museo en la figura 68.

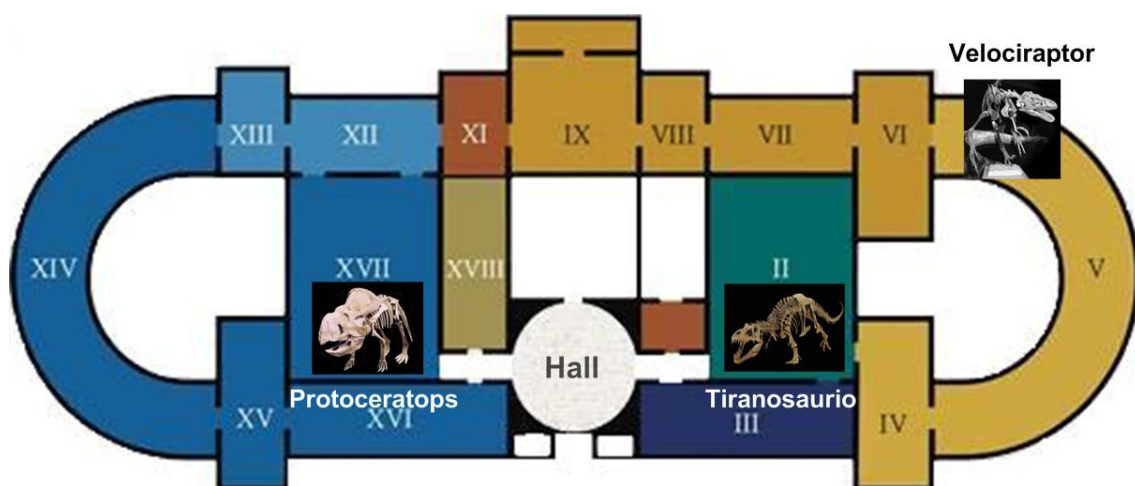


Figura 68: Ubicación de los dinosaurios en el museo

A continuación se describe el escenario –situación que atraviesa el visitante del museo- utilizado para mostrar las características de la navegación Web física.

Supongamos que el visitante del museo se dirige al *Tiranosaurio*. Este es el primer nodo físico que visita. Cuando enfrenta a dicho objeto físico, navega a su contraparte digital y visualiza en su PDA lo que se muestra en la figura 63.

A continuación, desea navegar el link físico al *Velociraptor*. Selecciona el anchor físico correspondiente y obtiene una indicación de cómo se llega a este último dinosaurio, teniendo en cuenta la posición actual en la que se encuentra.

En el ejemplo de hipermedia física del museo que se desarrolló, se tomó como posición actual del usuario, la posición del objeto físico que presencia. Es decir, en el caso que se describe, la posición actual del visitante es la del *Tiranosaurio*. Es a partir de esta posición, que se genera la indicación del camino.

El visitante sigue las indicaciones presentadas y arriba al *Velociraptor*. Como resultado de esto, observa en su PDA lo que se ve en la figura 64. Finalmente el usuario quiere navegar el link físico al *Protoceratops*. Para esto, selecciona el anchor físico en la contraparte digital del *Velociraptor* y recibe la indicación para alcanzar al dinosaurio de su interés. Cuando llega al *Protoceratops*, acceda a la contraparte digital del mismo (ver figura 65) y culmina el recorrido planteado.

En la figura 69 se muestra las indicaciones de los caminos que debe seguir el visitante, como resultado de la resolución de los anchors físicos. Es decir, a la izquierda se observa la indicación que recibe el visitante cuando intenta navegar el link físico entre el *Tiranosaurio* y el *Velociraptor*. A la derecha se muestra la indicación que recibe cuando quiere navegar el link físico desde el *Velociraptor* al *Protoceratops*. Previo a esto último, el usuario visualizó la contraparte digital del *Velociraptor* dado que se dirigió allí primero.

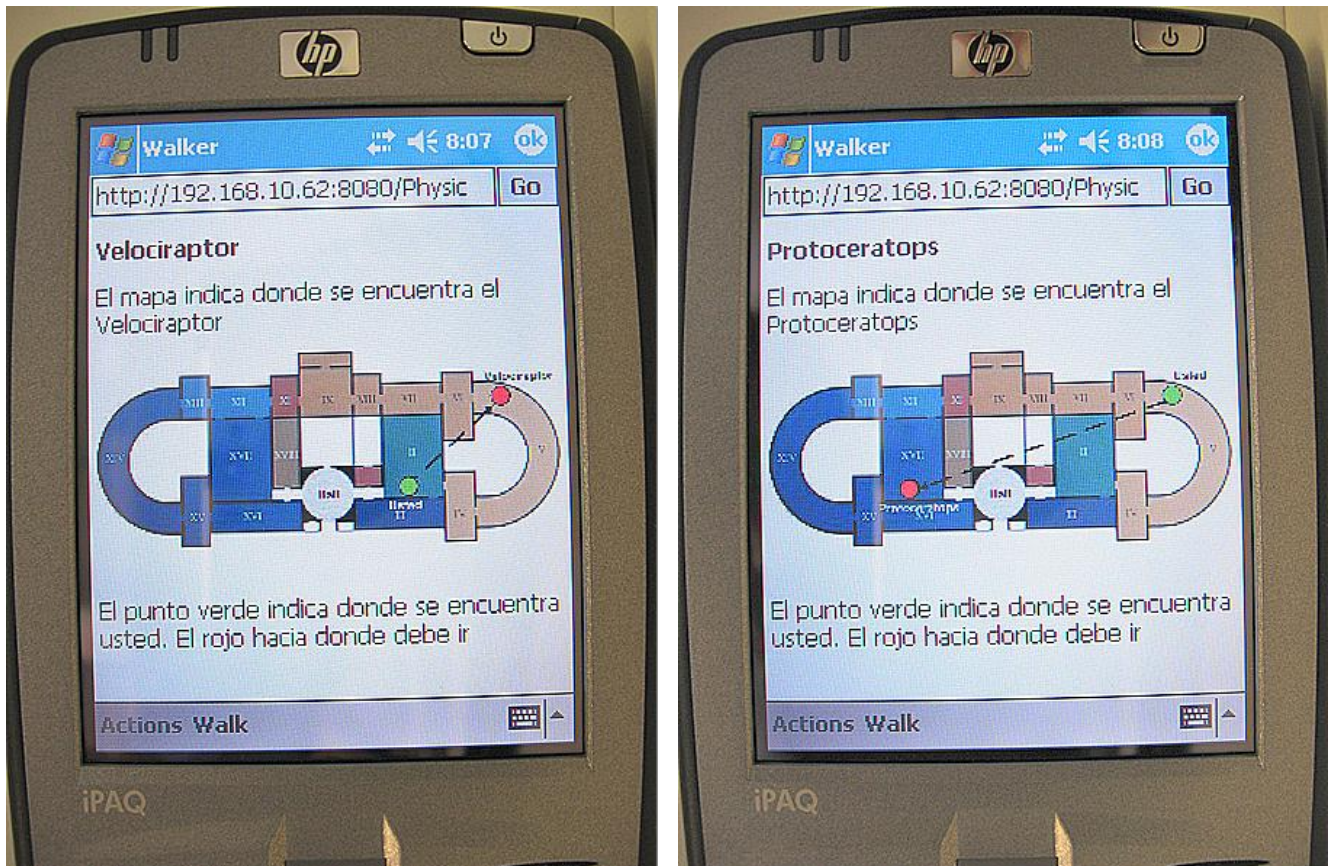


Figura 69: Resolución de anchors físicos del museo en Walker

El segundo punto más importante en la navegación Web física, es lo concerniente la asistencia en la navegación. La definición del “regreso”, aparece como uno de los desafíos más importantes. En la Hipermedia Física, y en particular cuando se involucra un nodo físico, esta actividad no tiene una interpretación. Al proveer una interpretación, entonces, se pudieron redefinir varias de las herramientas que se basan en el concepto –o actividad- del regreso. Como se explicó anteriormente, el regreso consta de dos niveles: el digital (involucra nodos digitales y contrapartes digitales) y el físico (que involucra nodos físicos y desplazamiento geográfico).

La primera de las herramientas de asistencia, a la cual se le dio una nueva concepción, fue el *Backtracking*. En su definición tradicional, esta herramienta permite regresar secuencialmente a nodos visitados previamente bajo un orden cronológico.

La interpretación que se dio del regreso, llevó a que el *Backtracking* tenga también dos niveles: uno digital y otro físico. De acuerdo con la sección 5.3.3 de este trabajo de grado (Herramientas para la navegación Web física), el *Backtracking* tiene dos niveles entre los cuales puede alternar –ver figura 47-. Cuando solamente nodos digitales aparecen en el camino recorrido por el usuario, se mantiene la definición tradicional del *Backtracking*, sin embargo, cuando nodos físicos aparecen, se optó por un nuevo esquema de dos etapas: de indicación y de concreción (ver figura 46).

Por una lado se ejecuta la resolución del anchor físico en sentido inverso (etapa de indicación): se le muestra al usuario como llegar al nodo previo. Luego el usuario opta por concretar la caminata hacia allí (etapa de concreción). Sobre la etapa de indicación, el usuario puede ejecutar varios pasos de *Backtracking*. Esto significa que se le indica cómo llegar a los nodos previos, siempre teniendo en cuenta la posición actual, sin obligación de caminar al nodo inmediatamente anterior al actual.

Para disponer de las capacidades de asistencia en la navegación física, hace falta la especificación de la URL del *AnchorResolver*. Como se explicó, este es un rol a satisfacerse en cada hipermedia física. Se trata de un componente Web que genera contenido dinámicamente, desarrollado en cualquier plataforma que brinda tales características. Por lo tanto, se agregó a la *Configuración Física* de la hipermedia del museo (figura 60), la línea que se muestra a continuación en la figura 70.

```
<resolver href='http://192.168.10.62:8080/PhysicWebMuseum/
servlets/AnchorResolver' />
```

Figura 70: Especificación del AnchorResolver

Para mostrar el concepto de *Backtracking*, en *Walker*, tomaremos como ejemplo el recorrido que se utilizó para la explicación del link físico. A continuación se presenta el escenario.

El visitante se encuentra frente al *Protoceratops* y ya visitó primeramente el *Tiranosaurio* y a continuación el *Velociraptor*. Ahora, desea realizar una *Backtracking* y llegar el primer nodo físico que presencié (el *Tiranosaurio*).

Existen dos posibles alternativas de regreso. Una consiste en regresar y visitar nuevamente –uno por uno- los nodos presenciados hasta llegar al *Tiranosaurio*. Esto implica que el visitante haga el mismo camino que realizó en sentido contrario. La otra opción, es realizar varias ejecuciones sobre la etapa de indicación que provee el nuevo *Backtracking*, hasta alcanzar aquella que indique como llegar al *Tiranosaurio*.

A continuación se muestra en imágenes (figuras 71 y 72) un ejemplo de cómo se vería la primera de las alternativas. El visitante camina del *Protoceratops* al *Velociraptor* y de allí al *Tiranosaurio*.

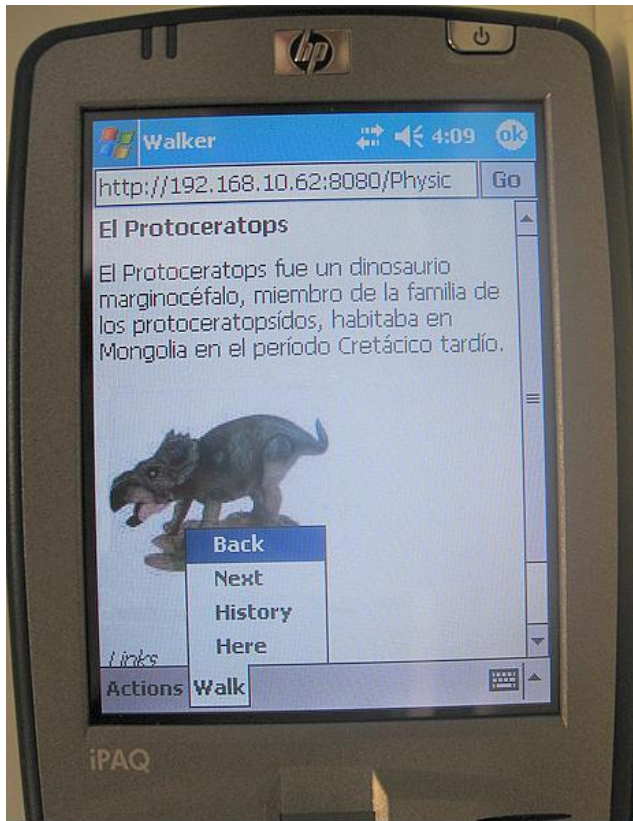


Figura 71: El visitante ejecuta un regreso (indicación + concreción)

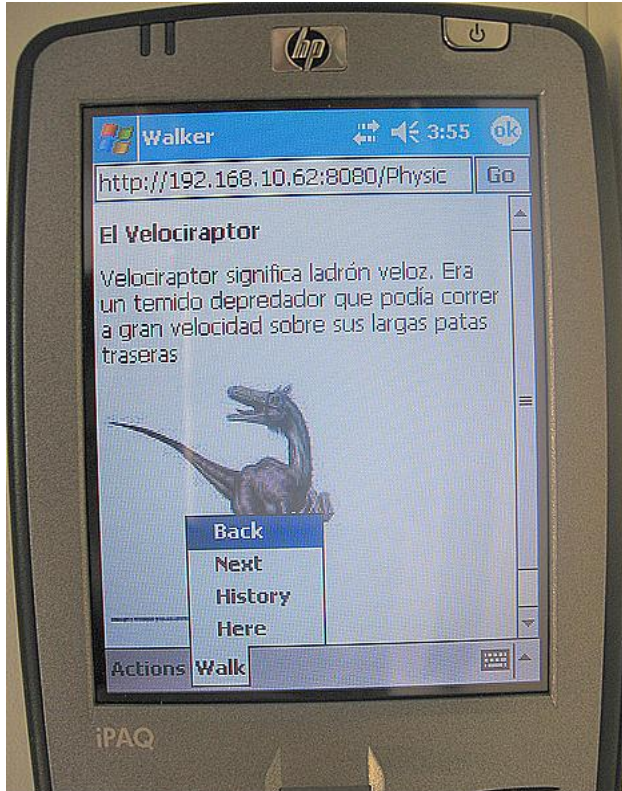


Figura 72: El visitante, ya en el Velociraptor, ejecuta otro regreso

Como se observa en las figuras 71 y 72, el visitante ejecutó un paso sobre la etapa de indicación y obtuvo como resultado la descripción de cómo llegar al *Velociraptor* a partir de su ubicación. Seguido de esto, concretó la caminata hacia dicho dinosaurio, con lo cual hizo efectivo un paso del regreso. A partir de allí, visualizó en su PDA la contraparte digital del *Velociraptor*. Luego, inició un segundo paso de regreso. Primero actuó sobre la etapa de indicación, recibiendo un mapa que le indica cómo llegar al *Tiranosaurio* teniendo en cuenta su nueva posición y luego se dirigió hacia allí. Por lo tanto finalizó el *Backtracking* hasta el *Tiranosaurio*.

En la segunda alternativa, el visitante ejecuta varios pasos sobre la etapa de indicación hasta recibir aquella que le indique cómo llegar al *Tiranosaurio* a partir de su posición actual. De esta manera no se ve obligado a caminar a los nodos físicos previos para llegar al de su interés. A continuación se muestra en la figura 73 el inicio del *Backtracking* mencionado, en *Walker*.

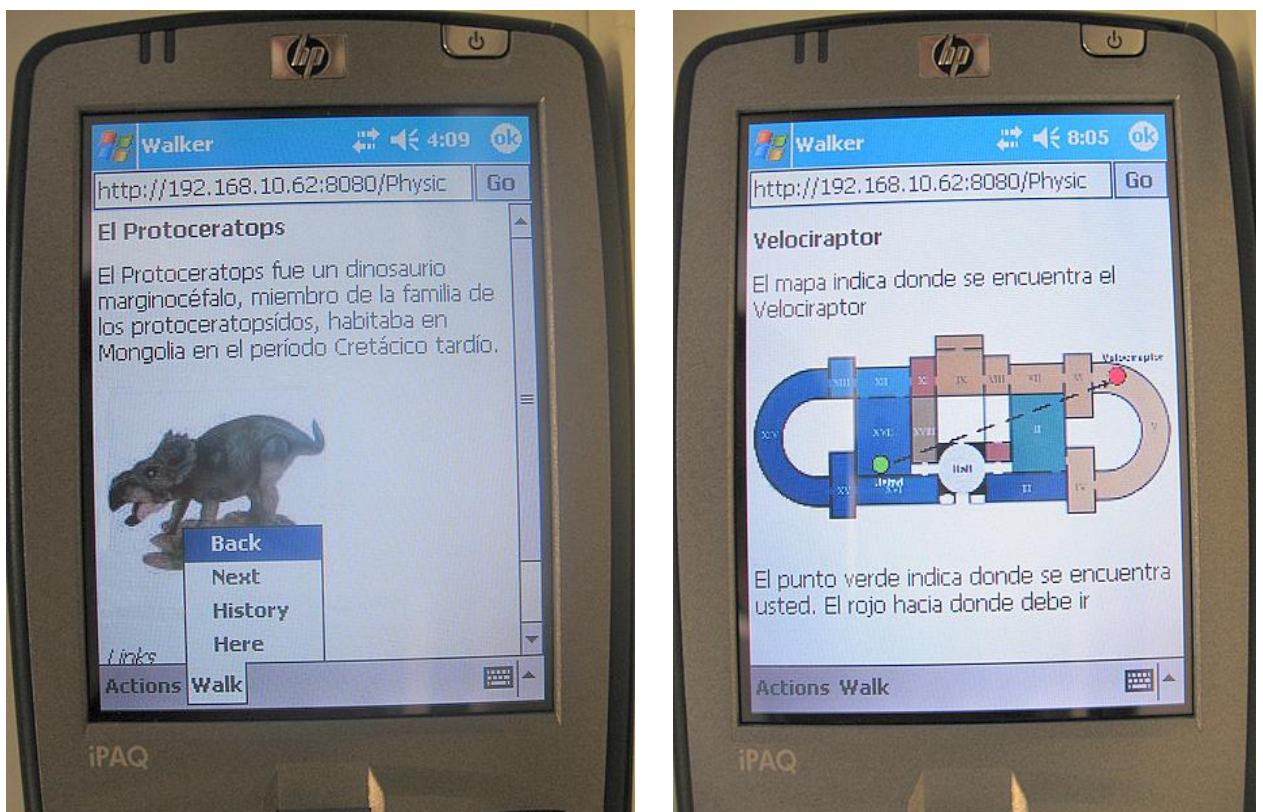


Figura 73: El visitante ejecuta un paso sobre la etapa de indicación

Como se aprecia en la figura de arriba, comienza por la ejecución de un paso en la etapa de indicación a partir del *Protoceratops*. Como resultado visualiza en su PDA el mapa que le indica cómo se llega al *Velociraptor*. Dado que no es de su interés dirigirse hacia dicho nodo –esto implica caminar hacia allí– y teniendo en cuenta que intenta llegar al *Tiranosaurio*, ejecuta otro paso sobre la etapa de indicación. El resultado de esta acción puede observarse en la figura 74.

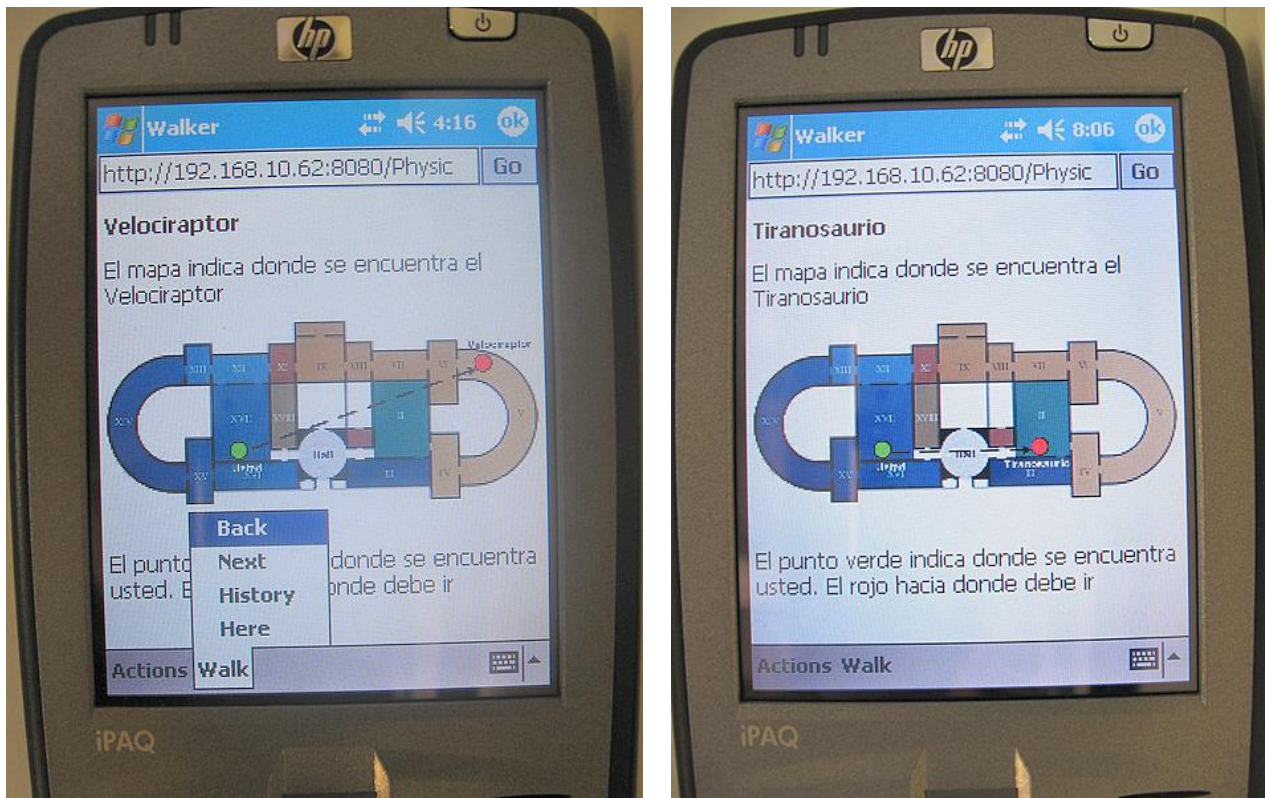


Figura 74: El visitante ejecuta otro paso sobre la etapa de indicación

El segundo paso sobre la etapa de indicación se traduce –como se muestra en la imagen- a ejecutar nuevamente el **Back** en *Walker*, sin haber caminado al nodo previo. La indicación de cómo alcanzar al *Tiranosaurio* desde su posición actual, es el resultado que obtiene el visitante de la operación en cuestión. Finalmente el visitante sigue el camino indicado y llega al dinosaurio de su interés.

Estos ejemplos, muestran casos concretos de las posibilidades que propone el *Backtracking* en la hipermedia física. En el caso de que se regrese sobre el nivel digital, los resultados son iguales a lo de un navegador tradicional. La diferencia conceptual, tal vez, es el paso por contrapartes digitales de nodos físicos en algún caso particular. Sin embargo, esto no presenta modificaciones al resultado visual final. El menú **Actions**, que se ve en el extremo inferior izquierdo de *Walker*, es el lugar donde se encuentran las operaciones relacionadas al nivel digital.

En lo que respecta al resto a las herramientas de navegación *History list* y *Bookmarks*, estas no son más que la ejecución de un paso de regreso. Pero con la diferencia conceptual de que se regresa a un nodo físico marcado, no necesariamente el anterior al actual. Por lo tanto, los ejemplos en *Walker* son similares a los expuestos en el *Backtracking*.

Si bien el *Here* es una nueva herramienta de asistencia en la navegación Web física, el resultado es el mismo al acceso a la contraparte digital del nodo físico que se presencia. De hecho es un acceso a la contraparte digital pero explícito, o sea, ejecutado por el usuario.

Bibliografía

- [1] A. Haghighat, Cristina V. Lopes, Tony Givargis, Atri Mandal: "*Location Aware Web System*". En proc. Workshop on Building Software for Pervasive Computing, OOPSLA'04, October 2004.
- [2] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, P. Webster: "*The anatomy of a context-aware application*". En A. Press, editor, 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 1999), Seattle, WA, páginas 59-68, August 1999.
- [3] C. Nueda: "*Educación y futuro. Textos para una encrucijada*". Colección Documentos de la Red. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid y Entimema. Madrid, 2001. ISBN: 84-8198--367-5.
- [4] D. E. Millard, Marek Bell, Danius Michaelides, Mark Thompson, Mark Weal, Matthew Chalmers: "*Physical Hypermedia as a Formalization of Ubiquitous Information Systems*".
- [5] D. Sklar: "*Learning PHP5*". O'Reilly Media, First Edition, Julio 2004. ISBN: 978-0596005603.
- [6] E. Churchill, Laurent Denoue, Jonathan Helfman, Les Nelson: "*Digital Graffiti: Public Annotation of Multimedia Content*". Scott Carter Group for User Interface Research Computer Science Division, University of California Berkeley, CA 94720-1776, USAscarter@cs.berkeley.edu.
- [7] F. Espinoza, P. Persson, A. Sandin, H. Nystrom, E. Cacciatore, M. Bylund: "*GeoNotes: Social and Navigational Aspects of Location-Based Information Systems*". Proceedings of Third International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2001), pp 2-17. Springer Verlag.
- [8] F. Gonzalez-Castano, J. Garcia-Reinoso: "*Survivable Bluetooth location networks*". IEEE International Conference on Communications, 2003. ICC '03, (2):1014 { 1018, 11-15 May 2003.
- [9] F. Halasz, M. Schwaryz: "*The Dexter Hypertext Reference Model*". NIST Hypertext Standardization Workshop, Gaithersburg, MD, January 16-18, 1990
- [10] F. Hansen, N. Bouvin, B. Christensen, K. Gronbaek, T. Pedersen, J. Gagach: "*Integrating the Web and the World: Contextual Trails on the Move*". Proceedings of the 15th. ACM International Conference of Hypertext and Hypermedia (Hypertext 2004), ACM Press.
- [11] G. Gary, J. Mazur: "*Navigating in Hypermedia*". En Hypertext/Hypermedia Handbook. Internet Publications. McGraw-Hill (Nueva York), pp. 271-283. ISBN:0-07-016622-6.
- [12] G. Landow, P. Delany: "*Hypermedia and Literary Studies*". Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, 1991. ISBN: 978-0-262-04119-5.
- [13] G. Rossi, S. Gordillo, F. Lyardet: "*Modeling Physical Hypermedia Applications*". Proceedings of the International Workshop on Cyberspace Technologies and Applications, 2005, January, 410-414
- [14] J. Hightower, G. Borriello: "*A Survey and Taxonomy of Location Systems for Ubiquitous Computing*". University of Washington, Computer Science and Engineering. Technical Report UW-CSE 01-08-03
- [15] J. Nielsen: "*Multimedia and Hypertext. The Internet and Beyond*". Morgan Kaufmann, 1995. ISBN: 978-0125184083
- [16] J. Nielsen: "*The Art of Navigating Through Hypertext*". Communications of the ACM, Volume 33, Issue 3 Pages: 296 – 310, 1990. ISSN:0001-0782

- [17] J. William: *"Java Servlet Programming"*. O'Reilly Media, Second Edition, Enero 2001. ISBN: 978-0596000400.
- [18] K. Gronbaek, J. Kristensen, M. Eriksen: *"Physical Hypermedia: Organizing Collections of Mixed Physical and Digital Material"*. Proceedings of the 14th. ACM International Conference of Hypertext and Hypermedia (Hypertext 2003), pp 10-19, ACM Press.
- [19] L. Romero, N. Correia: *"HyperReal: A Hypermedia model for Mixed Reality"*. Proceedings of the 14th ACM International Conference of Hypertext and Hypermedia (Hypertext 2003), pp 2-9, ACM Press.
- [20] M. Thü Ring, , J. Hannemann, , J. M. Haake: *"Designing for comprehension: a cognitive approach to hypermedia development"*. Communications of the ACM, 1995, 38(8), 57Ð66.
- [21] M. Bernstein: *"The bookmark and the compass: Orientation tools for hypertext Users"*. SIGOIS Bulletin, 9:34-45, 1988.
- [22] M. Bieber, F. Vitali, H. Ashman, V. Balasubramanian, H. Oinas-Kukkonen: *"Fourth generation hypermedia: some missing links for the World Wide Web"*. International Journal of Human-Computer Studies, Volume 47, Issue 1 (July 1997) Special issue: World Wide Web usability, páginas: 31 - 65. ISSN:1071-5819
- [23] M. Mallick: *"Mobile and Wireless Design Essentials"*. Wiley Publishing Inc., 2003. ISBN:0471214191.
- [24] N. Bouvin, B. Christensen, K. Grønbaek, F. Hansen: *"HyCon: A Framework for Context-aware Mobile Hypermedia"*. Department of Computer Science, University of Aarhus, A° bogade 34, DK8200 A° rhus N, Denmark
- [25] N. Priyantha, A. Chakraborty, H. Balakrishnan: *"The cricket location-support system"*. En ACM Press, editor, 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 2000), Boston, MA, páginas 32-43, August 2000.
- [26] O. Riva: *"Location Sensing for Mobile Computing"*. University of Helsinki, Department of Computer Science FIN00014 University of Helsinki, Finland.
- [27] P. Bahl , V. Padmanabhan: *"RADAR: An RF-Based In-Building User Location and Tracking System"* Proc. IEEE Infocom, Marzo 2000.
- [28] P. Debaty, D. Caswell: *"Uniform web presence architecture for people, places and things"*. IEEE Personal Communications, vol. 8, no. 4, August 2001, pp. 6-11.
- [29] P. Díaz, N. Catenazzi, I. Aedo: *"De la Multimedia a la Hipermedia"*. Editorial Ra-MA, 1996. ISBN: 84-7897-237-4
- [30] P. Milgram, F. Kishino: *"A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays"*. IEICE Trans. Information Systems, vol. E77-D, no. 12, 1994, pp. 1321-1329.
- [31] P. Wellner, W. Mackay, R. Gold: *"Computer Augmented Environments: Back to the Real World"*. Special Issue of Communications of the ACM, July, Vol. 36, No. 7, p 24-26.
- [4-32] R. Horn: *"Mapping Hypertex"*. Lexington Institute, 1990. ISBN: 978-0962556500
- [33] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons: *"The active badge location system"*. ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No. 1, Enero 1992.

- [34] S. Harper, C. Goble, S. Pettitt: "*proximity: Walking the Link*". In Journal of Digital Information, Volume 5, Issue 1, Article No 236, 2004-04-07. Available at: <http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v05/i01/Harper/>
- [35] Sitio Web. Active Server Pages en MSDN. URL: <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnanchor/html/activeservpages.asp>
- [36] Sitio Web. Breve historia del navegador Web en el sitio oficial del consorcio de la World Wide Web. URL: <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/WorldWideWeb>
- [37] Sitio Web. Definición de CSS en el sitio Web oficial del consorcio de la World Wide Web. URL: <http://www.w3.org/Style/CSS/>
- [38] Sitio Web. Definición de HTML 4 en el sitio oficial del consorcio de la World Wide Web. URL: <http://www.w3.org/TR/html4/struct/global.html>
- [39] Sitio Web. Explicación del formato de libros de cuentos "*Choose your Own Adventure*" en Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Choose_Your_Own_Adventure
- [40] Sitio Web. Introducción a HTML 4 en el sitio oficial del consorcio de la World Wide Web. URL: <http://www.w3.org/TR/html401/intro/intro.html#h-2.1>
- [41] Sitio Web oficial del consorcio de la World Wide Web. URL: <http://www.w3.org/>
- [42] Sitio Web oficial del Museo de Ciencias Naturales de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina. URL: <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/abamuse.html>
- [43] Sitio Web oficial del proyecto CoolTown. URL: <http://www.cooltown.hp.com/>.
- [44] Sitio Web oficial de CGI. URL: <http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/>
- [45] Sitio Web. Request For Comments de HTTP 1.0. URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc2616>
- [46] Sitio Web. Request For Comments de URI. URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc3986>
- [47] T. H. Nelson: "*Literary Machines*". Mindful Press, 1982. ISBN: 0-89347-062-7.
- [48] T. Kinderberg: "*Implementing Physycal Hyperlinks Using Ubiquitous Identifier Resolution*". 11th International World Wide Web Conference, Honolulu, Hawaii, 2002 ISBN: 1-58113-449-5.
- [49] T. Kindberg, J. Barton: "*A Web-based nomadic computing system*". Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking. Volume 35, Issue 4, páginas 443 – 456, 2001. ISSN: 1389-1286
- [50] T. Kindberg, J. Barton, J. Morgan, G. Becker, D. Caswell, P. Debaty, G. Gopal, M. Frid, V. Krishnan, H. Morris, J. Schettino, B. Serra, M. Spasojevic: "*People, Places, Things: Web Presence for the Real World*". Hewlett-Packard Laboratories. 1501 Page Mill Road, Palo Alto, CA 94304, USA.
- [51] V. Chopra, J. Eaves, R. Jones, S. Li, J. Bell: "*Beginning Java Server Page*". Wrox, Febrero 2005. ISBN: 978-0764574856
- [52] W.E. Mackay: "*Augmented Reality: Linking real and virtual worlds. A new paradigm for interacting with computers*". Proceedings of the ACM Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI 98), ACM Press, pp13-21.

[53] Y. Heng, M. Jones, H. Thimbleby W: *"Lost in hyperspace: Psychological problem or bad design?"* Proceedings First Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction, APCHI'96, 1996, 387-396.