

# “Redes Ad Hoc y Opportunistic Networking: una oportunidad a la Gestión de Desastres”

**Autor:** Lic. Alejandro Darío Willers

**Director:** Prof. Mg. Javier Bazzocco

Trabajo Final presentado para obtener el grado de Especialista en  
Ingeniería de Software



"Facultad de Informática - Universidad Nacional de La Plata"

12/2012

*... a mis padres, por dar el pasado, a mi esposa, por sustentar el presente y a mis hijos, por proyectar el futuro.*

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| <b>Índice de Figuras</b> .....   | 4  |
| <b>Capítulo I: <i>Introducción</i></b> .....   | 5  |
| 1.1 <i>Redes Ad Hoc: emergiendo de dos conceptos</i> .....                           | 6  |
| 1.2 <i>Redes Ad Hoc: características generales</i> .....                             | 7  |
| <b>Capítulo II: <i>Caracterizaciones de las redes Ad Hoc</i></b> .....               | 13 |
| 2.1 <i>MANETs</i> .....  | 13 |
| 2.2 <i>Opportunistic Networks (OppNets)</i> .....                                    | 14 |
| 2.3 <i>Pilares de las OppNets: los nutrientes que alimentan al paradigma</i> ....    | 17 |
| 2.4 <i>Cuestiones y perspectivas que surgen del paradigma</i> .....                  | 24 |
| <b>Capítulo III: <i>OppNets en la realidad: arquitecturas y protocolos</i></b> ..... | 27 |
| 3.1 <i>Haggle: una mirada a la arquitectura</i> .....                                | 32 |
| 3.2 <i>Haggle: una mirada a los protocolos</i> .....                                 | 33 |
| <b>Capítulo IV: <i>Una oportunidad a la Gestión de Desastres</i></b> .....           | 40 |
| 4.1 <i>“Twitter in Disaster Mode” [39]</i> .....                                     | 44 |
| 4.2 <i>“Using haggle to create an electronic triage tag” [34]</i> .....              | 47 |
| <b>Capítulo V: <i>Conclusiones</i></b> .....   | 52 |
| <b>Capítulo VI: <i>Bibliografía relacionada</i></b> .....                            | 57 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1:</b> ejemplo de una red ad hoc .....                            | 8  |
| <b>Figura 2:</b> red heterogénea .....                                      | 9  |
| <b>Figura 3:</b> configuración de red ad hoc en Windows XP .....            | 14 |
| <b>Figura 4:</b> el paradigma de Opportunistic Networks y sus pilares ..... | 18 |
| <b>Figura 5:</b> tres capas de redes sociales [19] .....                    | 22 |
| <b>Figura 6:</b> propiedades de la movilidad humana [25] .....              | 29 |
| <b>Figura 7:</b> patrón espacial. ....                                      | 31 |
| <b>Figura 8:</b> arquitectura Hagggle [25] .....                            | 32 |
| <b>Figura 9:</b> escenario para la aplicación Hagggle-ETT [34] .....        | 49 |

## Capítulo I: *Introducción*

Desde su aparición décadas atrás, a la fecha, la noción que evoca en las personas la palabra “computadora” ha ido evolucionando desde una idea más personal y aislada, como lo era la PC a secas, a lo que luego se generó a partir de su integración en un todo llamado internet, la cual a impregnado en el colectivo social una nueva noción más global y abarcadora, producto de la inter-conectividad con ese todo de diferentes maneras, atravesando desde aplicaciones hasta fenómenos sociales. Esta evolución del concepto también ha ido más allá al sumársele la noción de portabilidad o movilidad. En la primera escalonada del concepto, se logró pensar en términos de conectividad más que en términos de hardware (ya no importa tanto el equipo sino, más bien, si uno se puede conectar y utilizar los servicios de la nube). Y en la segunda escalada, se ha profundizado el concepto una vez más al lograrse que estar conectado ya no dependa de tener la máquina enfrente, sino que se lleva consigo a todos lados.

Esta evolución ha sido sustentada por un sinnúmero de aportes tecnológicos los cuales lograron modificar el concepto. Entre los más remarcables se puede mencionar, sin lugar a dudas, a los avances en protocolos e infraestructura de redes (sobre todo en lo que a wireless se refiere), y a la proliferación de las redes sociales, entre otros. La extensión de la red a través de WI-FI a medios portátiles, como ser laptops, PDAs, celulares se ha convertido en una suerte de sinergia que hace que internet se vuelva más poderosa, por la capacidad de procesamiento y la variedad de servicios que ofrece, pero en devota retroalimentación con los dispositivos móviles que se mencionaban. Así y todo, esto funciona al unísono siempre y cuando se dé una premisa: que exista conectividad constante. Por tanto, hay cuestiones relacionadas con la infraestructura de red, las cuales son condición necesaria para garantizar su funcionamiento; la red debe ser:

- Preexistente
- Su topología debe ser conocida para los dispositivos que se comuniquen a través de ella.
- Las aplicaciones, así como la administración, suelen ser centralizadas por depender de la infraestructura.

### ***1.1 Redes Ad Hoc: emergiendo de dos conceptos.***

Dos fenómenos tecnológicos contemporáneos se han fusionado entre sí para dar lugar a un sinnúmero de aplicaciones: la movilidad (mobility en inglés) y el aumento del uso de las denominadas Redes Sociales. En cuanto a lo primero, la masificación de dispositivos móviles tales como smartphones, teléfonos celulares, PDAs, GPS, etc. ha permitido contar con la posibilidad, sin importar dónde nos encontremos, de estar conectados electrónicamente. Así, la natural característica humana de movilidad ahora puede ser acompañada por el avance tecnológico. Esta característica implica que tenemos la capacidad de cambiar de un lugar a otro, y que sólo permaneceremos en un estado estacionario si lo elegimos. De esta manera, los dispositivos móviles ahora nos permiten conectarnos a internet y estar en comunicación con amigos, familiares y consumir servicios sin la restricción de estar conectados desde un sitio estático, o nuestra PC de escritorio.

Por otra parte, aparece como complemento a la movilidad otra característica del ser humano: la sociabilidad. El diccionario de la Real Academia Española, presenta la siguiente definición para la palabra “sociable”:

*“Naturalmente inclinado al trato y relación con las personas o que gusta de ello”.*

En general, necesitamos relacionarnos con otras personas y tener trato con ellas para compartir emociones, alcanzar objetivos y mantener vínculos que nos refuerzan la identidad o la causa para la cual vivimos. También permiten que logremos fines mayores a los que podríamos alcanzar de manera individual, y así la sociabilidad lleva a un agrupamiento de personas más sofisticado el cual conocemos como organización, y armarse y desarmarse ésta en función de los fines que se persigan (ad hoc). La primera experiencia de lo social es el trato con otros cara a cara, pero la aparición de las redes sociales ha expandido las fronteras de este concepto. En inglés, de esta idea aparece la conceptualización abstracta denominada social awareness, lo cual significa que podemos estar conscientes de la existencia de otras personas, qué piensan, lo que hacen, sus gustos y preferencias, sin la necesidad de tener que contactarnos con ellas personalmente, sino que a través de la interacción virtual que posibilita internet.

Ambos fenómenos, complementados entre sí, dan lugar a un sinnúmero de posibles servicios. Algunos ejemplos pueden ser:

> A la idea de conocer dónde queda el café más cercano (*mobility*), podemos sumarle cuál es el más popular dentro de esa zona (*social awareness*).

> Imaginemos que nuestro celular nos haga un sonido especial en caso de que alguno de nuestros amigos (*social awareness*) se acercan a la zona por la que andamos (*mobility*).

> Nos dirigimos a un concurrido centro comercial (*mobility*) y otros visitantes también fanáticos del lugar (*social awareness*) nos avisan de las ofertas, en base a nuestros intereses, que encontraron en el mall enviándonos la locación exacta.

Como podemos ver en estos ejemplos, la combinación de ambos conceptos dan como resultado servicios que dependen de: a) la ubicación del usuario, y b) la inteligencia que aportan las redes sociales en función de esa ubicación.

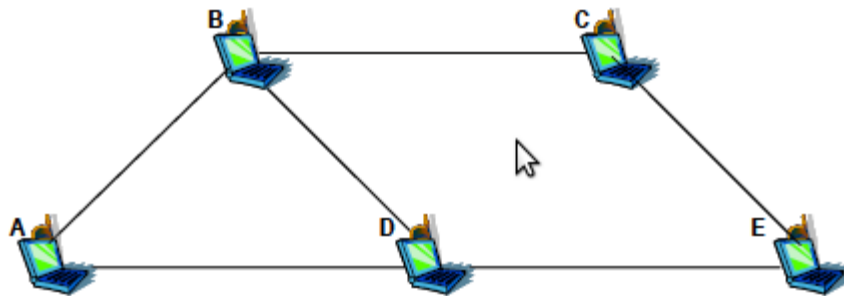
Así, la idea más poderosa que extraemos de este complemento es que la combinación de la información física del usuario (ubicación), a través de los dispositivos móviles, sumado a la información contextual que pueden brindar las redes sociales (hobbies, gustos y preferencias, etc.) proporciona un sinnúmero de ideas.

## **1.2. Redes Ad Hoc: características generales.**

Sin embargo y como se decía mas arriba, para lograr conseguir que funcionen cualesquiera de estos servicios, se da por sentado que se dispone con una conectividad constante, es decir, se asume que tenemos la posibilidad de estar online todo el tiempo. Por ejemplo, para que nuestro amigo se entere de que estamos por su zona, el sistema deberá ser capaz de avisarle en el preciso instante que estamos allí, lo cual se espera que suceda a través de la red de telefonía celular disponible (que corresponde a la categoría de **redes wireless centralizadas**, como por ejemplo los servicios GSM, GPRS, UMTS, etc.). Así, la información que podría transmitirse gracias a la movilidad depende entonces de la *infraestructura estática* que se encuentre disponible en ese momento, la cual por supuesto deberá ser *preexistente*.

La información que interesa que llegue a un determinado destinatario, pasa por diferentes nodos, los cuales en este contexto *no son*, entonces, *móviles*, sino estáticos. Aquí es donde devienen las *redes wireless ad hoc (descentralizadas)* como la propuesta contraria a las redes que dependen de la infraestructura que proveen los proveedores del servicio de datos y telefonía [14, 16].

Se llaman *ad hoc* (locución latina que significa *para esto*, o *para este propósito*) porque pueden formar redes para conseguir un fin y luego desarmarse. En estas redes, cada dispositivo se comporta como un router capaz de retransmitir los paquetes que por él pasan pero que deben llegar a otro destinatario. Así, la transmisión es multi-salto (multi-hop en inglés) lo cual significa que si el dispositivo A se quiere comunicar con C, pero C no está disponible, entonces se necesitará hacer multi-saltos a través de B, o D-B, o D-E, para así llegar a C.



*Figura 1 : ejemplo de una red ad hoc*

En este ejemplo, B, D y E estarían actuando como routers hasta llegar al destinatario, y el reenvío del paquete no ocurre on-the-fly dado que los nodos guardan la información mientras no aparezca una oportunidad de transmitirlo (a esto se lo conoce como paradigma “*store, carry and forward*”).

Otra característica, es que la topología de estas redes es dinámica y, por ende, desconocida para los dispositivos que se conectan entre sí. Al ser dinámica, también se asume la heterogeneidad de la misma pudiendo intervenir diferentes tipos de dispositivos (lo único necesario sería su capacidad wireless).





*Figura 2: red heterogénea*

Las redes *ad hoc* se forman con al menos dos nodos transmitiendo entre sí y, por ende, advirtiendo su presencia (en inglés, a este proceso se le denomina “*beaconing*”) e intercambiando sus respectivas direcciones. A esta información, también se le puede añadir información de su ubicación GPS. Si dos nodos son capaces de establecer comunicación directa entre sí, porque sus mensajes de *beaconing* fueron exitosos, entonces ambos nodos actualizan sus tablas de enrutamiento. En caso de que un tercer nodo aparezca, entonces existen dos escenarios posibles (mirando la fig. 1):

- i) *el ruteo se hace directo, o sea, A con B, B con C y también A con C;*
- ii) *en caso de que uno de los dos nodos (A o B, supongamos B en este ejemplo) pueda establecer conexión con C, entonces el ruteo sería:  $B \rightarrow A$ ,  $B \rightarrow C$  y por último  $A \rightarrow C$ , por ser comun a los otros dos el nodo B.*

Como la movilidad es una característica de estas redes, se asume entonces que una conexión puede dejar de existir entre los nodos de la red ad hoc, con lo cual la información en la tabla de enrutamiento se deberá ir actualizando constantemente. Así entonces, la movilidad presenta una característica insoslayable de estas redes, la cual también se aborda desde el punto de vista de patrones de movilidad, predictibilidad, velocidad, etc.

Si bien las redes *ad hoc* suponen unas cuantas ventajas, lo cierto también es que requieren de investigación para abordar distintas problemáticas que traen aparejadas. Algunas de éstas tienen que ver con la seguridad, los protocolos utilizados para transmitir y retransmitir mensajes, el consumo de energía de los dispositivos

(tener encendido WiFi y Bluetooth representa una reducción importante del tiempo de batería disponible), alcance con otros nodos y cuestiones relacionadas con la movilidad.

Dentro de las redes wireless ad hoc, se han ido proponiendo diferentes alternativas. Algunas de estas son:

- > MANETs (Mobile Ad Hoc Networks)
- > DTN (Delay and disruption Tolerant interoperable Networking)
- > Mesh Networks
- > Opportunistic Networks (OppNets)

Si bien todas ellas son similares y conceptualmente apuntan a lo mismo, existen algunas diferencias en los supuestos sobre las que se han ido desarrollando estas propuestas. Por ejemplo, las **Mesh Networks** conforman redes ad hoc pero son un tipo híbrido de éstas, en las cuales se asume que alguna infraestructura deberá ser montada para conformar la topología.

En tanto, las DTNs presentan una arquitectura propia y opuesta a los supuestos en los que trabajan los protocolos de Internet [15], a saber:

- ⤴ Durante la sesión de comunicación, el vínculo entre el emisor y el destinatario debe existir (conectividad end-to-end).
- ⤴ Las pérdidas end-to-end son, por ende, relativamente pocas.
- ⤴ Todos los routers y estaciones soportan el protocolo TCP/IP.
- ⤴ Las aplicaciones no deben preocuparse por la performance de la comunicación.
- ⤴ Generalmente las cuestiones de seguridad se pueden administrar centralizadamente (end-point security mechanism).
- ⤴ La elección de un sólo router entre el emisor y el destinatario suele ser suficiente para alcanzar una comunicación aceptable, en términos de performance.

Así, las **DTNs** objetan estos supuestos y, también, la que es una de las asunciones de algunos tipos de redes wireless ad hoc, que es la conectividad end-to-end, y proponen asumir exactamente lo opuesto: la intermitencia de las conexiones. Sin embargo, su alcance de estudio radica en las cuestiones de arquitectura de red y de protocolos de transmisión bajo estas circunstancias.

Por otro lado, las OppNets se nutren de las DTNs pero representan un concepto más amplio que abarca, además, las cuestiones de contexto social y movilidad humana como la idea base de los protocolos que proponen para transmitir mensajes.

De esta forma, el presente **Capítulo I** ha dejado una síntesis de la historia de las redes ad hoc e introduce un vistazo de los diferentes tipos que se pueden encontrar dentro de este universo.

El **Capítulo II** mostrará una clasificación de las redes ad hoc identificando similitudes y diferencias de los tipos identificados bajo esta noción, entre los cuales los más destacados son las MANETs y las Opportunistic Networks. También, se identificarán las bases y fundamento de éste último tipo de red ad hoc y su conceptualización como paradigma.

En el **Capítulo III** se identifican algunos intentos en el campo de plasmar en la realidad el paradigma de las Opportunistic Networks, y se presenta, como exponente más notorio, a la arquitectura Huggle como un buen prefacio al desarrollo de aplicaciones oportunistas inalámbricas [2]. También se mencionarán algunas posibles aplicaciones para ir pensando en este contexto.

Ya en el **Capítulo IV** se citarán trabajos bajo el paradigma con aplicación a la Gestión de Desastres y se expondrá la utilidad de las nociones aquí desarrolladas para las tareas de rescate en situaciones críticas.

Por último, las conclusiones de este trabajo son presentadas en el **Capítulo V**, donde se dejarán identificadas las fisuras que se encuentran en el desarrollo del paradigma, los campos donde existe necesidad de mayor investigación y la oportunidad identificada para cubrir un área de desarrollo hasta ahora dejada a un lado.

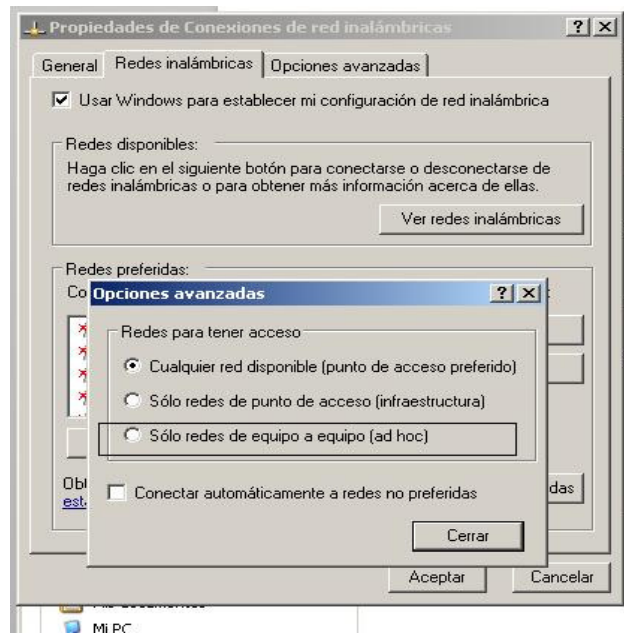


## Capítulo II: *Caracterizaciones de las redes Ad Hoc*

### 2.1 MANETs

Como decíamos, las redes Ad Hoc surgen como alternativa a la restricción de contar con infraestructura previa. Uno de los tipos de redes que se encuentran bajo esta idea son las MANETs (Mobile Ad Hoc Networks), las cuales hacen énfasis en que los nodos y el host se mueven frecuentemente y, por ende, la topología también lo hace con la misma frecuencia en forma dinámica. De estas redes se dice que permiten una rápida implementación y, además, son autoconfigurables; también tienen la característica de ser descentralizados. Las MANETs pueden ser standalone o bien conectarse a una red externa (como ser por ejemplo internet). Es requisito que los paquetes se puedan transmitir a través de múltiples saltos entre nodos hasta llegar al destinatario (multi-hop).

Desde una mirada histórica, las MANETs aparecen en la forma de implementaciones militares que buscaban instalar una red en campo de batalla cuando no hubiera alcance a la red de comunicación formal. Un ejemplo de esto es el proyecto DARPA Packet Radio Network (PRNet), que data de 1972, y que comenzaba a experimentar en cuestiones de transmisión de paquetes en ambientes de movilidad wireless; un poco más tarde, en 1983, DARPA también experimentó mejoras en términos de eficiencia, seguridad y administración de la energía en otro proyecto llamado Survivable Radio Networks (SURAN) [17]. Otro ejemplo de aplicaciones militares en este tipo de redes surge en el año 1997 [18] por la *US Army al implementar Tactical Internet (TI)*, una de las más grandes implementaciones MANET que incluía la transmisión de paquetes con la característica multi-hop. Luego, con la definición de estándares a mediados de 1990, tales como IEEE 802.11, el alcance de las redes Ad Hoc ahora salía de la exclusividad del dominio militar y se abría paso a una difusión ampliada de investigación académica así como la apertura para aplicaciones de tipo comercial. Este estándar define dos modos operacionales para las redes WLAN: *infrastructure-based* y *infrastructure-less* o *ad hoc*. Así es que los dispositivos móviles que posean conectividad wireless son capaces hoy en día de conformar redes Ad Hoc; a continuación se muestra, a modo ilustrativo, la pantalla de Windows XP de configuración de redes inalámbricas:



*Figura 3: configuración de red ad hoc en Windows XP*

Así que la capacidad de conformar redes de este tipo no pertenece a la ciencia ficción, o a muchos años hacia el futuro, sino que hoy ya se dispone de esta capacidad.

Así entonces, una comunicación de este tipo deja abierta la posibilidad de darle solución a situaciones que, desde el modo “infraestructura”, no son viables, pero sí para el modo “ad hoc”; algunos ejemplos son: gestión de emergencias, rescates en zonas de desastres naturales, congestionamientos de tránsito sobre una autopista, etc. A este último ejemplo se lo reconoce como un subtipo de MANET llamado VANET (Vehicular Ad Hoc Network), el cual conforma una red Ad Hoc vehicular tal que podría utilizarse para avisarle a los automóviles de la zona sobre el congestionamiento, la causa, el desvío y demás información relevante al propósito por el cual se configure la red.

## **2.2 Opportunistic Networks (OppNets)**

Pero claro está, la falta de infraestructura requiere una visión descentralizada para el desarrollo de este tipo de aplicaciones, así como asumir que la conectividad no será permanente, pero por supuesto necesaria a la vez para lograr una aplicación de networking.

Un concepto que viene evolucionando a partir de las MANETs es el de Opportunistic Networks (OppNets). Según este concepto, cuando dos dispositivos se contactan entre sí de manera inalámbrica, aunque sea de manera oportunista, se brinda la posibilidad de compartir mensajes, servicios, ejecutar tareas de manera remota, etc. Según esta mirada, las Opportunistic Networks se centran en el comportamiento humano ya que siguen la forma en la que los seres humanos se contactan entre sí, y es por ello que se asientan en las redes sociales con el fin de aprovechar las relaciones humanas para construir protocolos de comunicación eficientes y confiables. Esta idea de “oportunidad” se basa en la amplia difusión de dispositivos móviles con capacidad wireless y de sensado, tales como Wi-Fi, Bluetooth, cámaras, sensores de movimiento, y otras, la cual crea potencialmente una amplia *capacidad de contacto* (contact opportunities), y más teniendo en cuenta que para el año 2010 se estimaba que la tasa de crecimiento y difusión de los dispositivos móviles era del 22% anual. De hecho, según la agencia de noticias Reuters, para ese año se estimaba que aproximadamente 3300 millones de personas utilizaban celulares (casi la mitad de la población mundial).

Si se considera, además, los aproximadamente *10000 millones* de procesadores ARM en uso, distribuidos en móviles, laptops y PDAs, la estimación podría ser aún mayor. Por eso, teniendo en cuenta el panorama existente, *la posibilidad de que dos dispositivos puedan entrar en contacto entre sí de “a pares”*, es más bien frecuente que raro. **Ésto proporciona entonces la base o el soporte para que las opportunistic networks promuevan el desarrollo de diferentes aplicaciones.**

Aparte de lo anterior, hasta mediados de los '90 las aplicaciones eran desarrolladas teniendo como centro a la computadora y a su vez, se esperaba que los usuarios se adaptaran a ella, y se podía marcar una diferencia clara entre cliente-servidor y proveedor y consumidor de servicios. Sin embargo, con el advenimiento de la computación ubicua y la mencionada explosión de los dispositivos wireless, sumado ésto al creciente uso de las redes sociales y a la inserción de internet en la vida de las personas, se da lugar a un cambio en el paradigma: el centro de las aplicaciones ahora son los usuarios, quienes ya no son sólo consumidores o proveedores de servicios, sino que ambos a la vez. Por ello, **el desafío más grande** de la computación oportunista es hacer efectivos los contactos oportunistas a fin de compartir información y, de esta forma, proveer servicios colaborativos.

Dado que este paradigma pretende lograr comunicarse con otros dispositivos (vistos como nodos aquí) sin contar con infraestructura preexistente, está claro que se requiere de protocolos de comunicación diferentes a los de las redes tradicionales. Así, tanto en las MANETs como en las Opportunistic Networks la comunicación es multi-hop [3], utilizando a cada nodo como enrutadores que reenvían los mensajes con destino a otros nodos. Aquí se puede mencionar una diferencia: mientras que en las MANETs la movilidad es vista como una interrupción, en las Opportunistic Networks la movilidad crea oportunidades para comunicarse con otros nodos, evaluando entre nodo y nodo si algún próximo nodo a contactar podrá proveer un próximo salto efectivo hacia el destino (algunas aproximaciones a esto son el *proyecto Huggle*, el cual proporciona una arquitectura para este concepto de opportunistic networks, y, llevado a la práctica, por ejemplo utilizando los servicios de Wi-Fi y Bluetooth permite que una aplicación como lo es PhotoShare comparta fotos con otros dispositivos vecinos) [19]. Así entonces, las Opportunistic Networks no asumen ninguna compatibilidad con la arquitectura de internet a la cual se conectan, ni tampoco acerca de la topología de red. Otras diferencias que se pueden remarcar son que las MANETs apuntan a comunicaciones sincrónicas entre los nodos, así que entonces requieren enrutamiento en tiempo real. También, se asume que todos los nodos que conformen la red representan personas que quieren colaborar y permitir la transmisión y retransmisión del tráfico. En tanto, las Opportunistic Networks generalmente trabajan en modo asincrónico, y además, ponen su énfasis en la disseminación de la información, estudiando los aspectos de la movilidad humana con el objetivo de proseguir ese fin.

Previamente se ha mencionado que algunos conceptos previos a las OppNets sobre arquitecturas de red y conectividad, provienen de las Delay Tolerant Networks (DTN), concepto el cual a veces se usa indistintamente con las primeras; sin embargo habrían diferencias que radican en que las OppNets son más abarcativas que las DTNs, ya que las primeras no necesitan tener un conocimiento *a priori* acerca de la topología de red, mientras que las segundas sí; otra diferencia es que en las OppNets cada nodo actúa como gateway. Así, se perfilan como un ambiente más flexible que las DTNs [4].

Por otra parte, la arquitectura es sólo un aspecto de este **paradigma**, ya que otro muy importante es el que se debe al comportamiento humano, sobre todo en cuanto a modelos de movilidad humanos. Tomar en cuenta las características del movimiento humano provee un marco fundamental para el diseño de protocolos eficientes. En cuanto a esto, sirven de inspiración las estructuras que se adoptan a partir de las



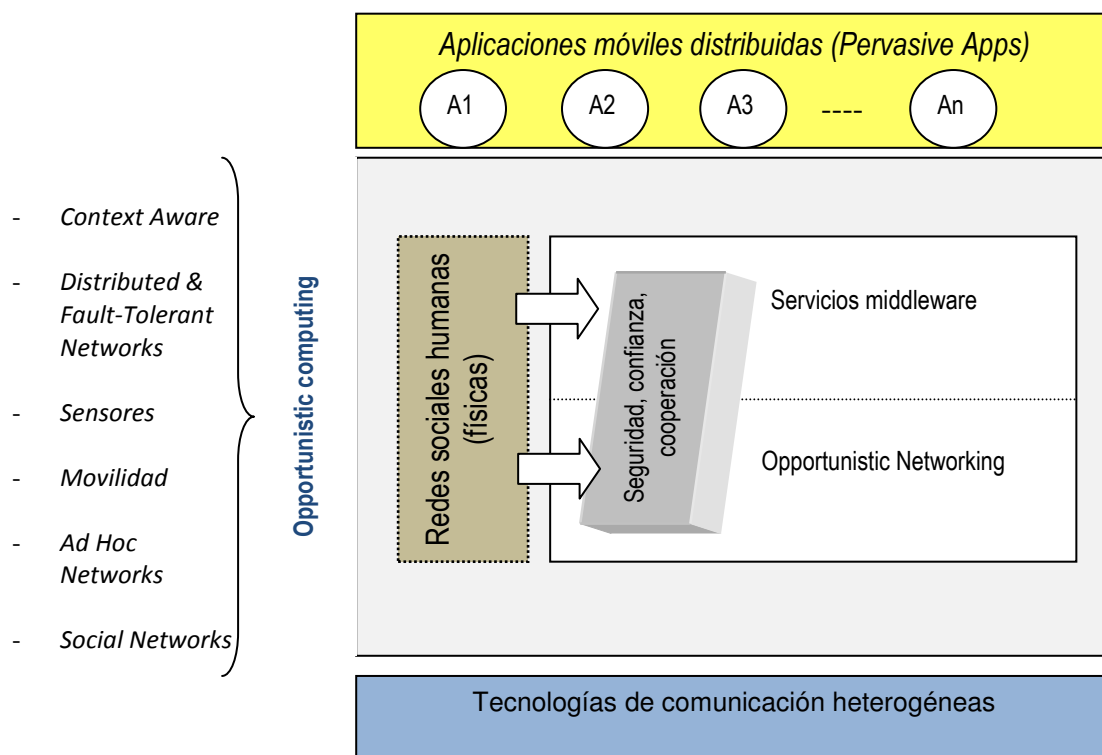
redes sociales, tales como los conceptos de comunidad y centralidad. El primero, se refiere a la característica humana de vivir en comunidades (físicas, pero extensible a las virtuales también), y el segundo a la influencia que algunos miembros tienen sobre ella ciertos miembros de dicha comunidad por sobre otros. Ésto puede tenerse en cuenta a la hora de decidir cómo transmitir un mensaje desde un nodo hacia otro, pensando en los miembros que posean alta centralidad como medio para llegar a otro nodo.

### ***2.3 Pilares de las OppNets: los nutrientes que alimentan al paradigma.***

Salvo por las diferencias enumeradas anteriormente, en ocasiones, una leída rápida por la bibliografía no permite discernir un tipo de red Ad Hoc de otro, ya que a veces se mencionan indistintamente MANETs como Opportunistic Networks y éstas como DTNs. Por eso, nos referimos a OppNets como paradigma ya que, como se viene mostrando, la literatura no se refiere a ellas como a un framework, a una tecnología, o a un protocolo de comunicación en particular, sino a una sinergia de conceptos integrados entre sí y con la tecnología RF disponible en la actualidad. También implica una forma de pensar la conectividad, teniendo en cuenta las cuestiones que habilitan la movilidad junto con las redes sociales.

Así, podríamos establecer cuáles son algunos de los nutrientes de esta visión de conectividad:

- Pervasive y Ubiquitous computing: particularmente Context – Aware
- Distributed and fault-tolerant computing: sobre todo del las DTNs.
- Sensor networks
- Mobile ad hoc networks: es el tipo de red Ad Hoc del cual aparece el concepto
- Social Networks: las redes sociales son un engranaje importante de este paradigma.



**Figura 4:** el paradigma de Opportunistic Networks y sus pilares

Si bien algunos de ellos ya se han ido explicando, a continuación se detallan algunos de ellos:

– *Context Awareness*

Las aplicaciones originalmente se concebían anteriormente desde una mirada estática, ya que se ejecutaban a nivel desktop y, por lo tanto, el ambiente físico de ejecución era siempre el mismo. Claro está, con la aparición de los sistemas móviles esto cambió dando lugar a que las mismas aplicaciones ahora se puedan ejecutar en diferentes ambientes o contextos físicos. A este ambiente se le llama *contexto*, y se entiende que el mismo es dinámico, cambiante con la movilidad del humano que transporta al sistema (PDAs, laptops, smartphones, etc.).

Tres cuestiones básicas deben responderse para conocer el contexto:

1) *Dónde estoy*

- 2) *Con quiénes estoy*
- 3) *Qué recursos se encuentran cerca*

Diferentes tecnologías habilitan la posibilidad de responder estas preguntas, como, por ejemplo, los sistemas GPS (Global Positioning Systems), las redes inalámbricas y los sensores electrónicos. Pero para explotarlas, se depende del software que intente utilizar el contexto. Y si hablamos de software, se requiere una abstracción que permita modelar el contexto. Sobre esto, según *Fortier et al* [20], las propiedades del contexto son:

- i) El contexto no es pasivo: debe ser tomado como parte activa si éste forma parte de las decisiones del proceso, y no como un dato predefinido.
- ii) El contexto no es estable y por ello no debe definírsele de antemano: dado que es inherentemente dinámico, no debe ser determinado al momento del diseño de la aplicación. Así, el modelo debe incluir la posibilidad de representar dinámicamente el contexto para cada situación particular.
- iii) El contexto es independiente de los mecanismos de sensado: si bien los sensores son necesarios para crear el entendimiento del contexto, el diseño no debe comprometerse de antemano a éstos.

Un *ejemplo* de una aplicación context aware sería: para un usuario que recorre un edificio de oficinas, al momento de imprimir un documento el sistema le propone cuál impresora se encuentra más cercana.

Desde la mirada del Context Aware, las características de las Opportunistic Networks también son deseables. En su tesis doctoral, *Schilit* (1995) presentaba una arquitectura para desarrollar aplicaciones móviles context-aware en la cual dejaba ver como una *propiedad deseable* para esas aplicaciones el que soportaran la interacción oportunista:

“When system components come and go it may be necessary for applications to postpone actions until certain prerequisites are met. It is desirable to let users act as if they are fully connected—to the extent possible— even when they are not. For example, in the case of a mobile hosts, a network file system should try to postpone updates until the activity will be unobtrusive, and mail programs should try to batch messages for transmission until a low cost network connection is made. The novelty is in making these kinds of actions automatic.”

La cita mencionada muestra que hace 17 años ya se preveía que es inherente a las aplicaciones dependientes del contexto el contar con un mecanismo automático de comunicarse con el medio para el caso frecuente característico de la movilidad: la intermitencia y lo disruptivo de las conexiones de red. Y viceversa, explorar la información contextual del usuario es clave para cualquier solución OppNet, solo que va más allá del contexto físico.

¿Qué es, entonces, *contexto* desde el paradigma de las OppNets? *Boldrini et al.* [21] proponen en su trabajo un middleware el cual automáticamente aprende información contextual y social de los usuarios de la red para predecir futuros movimientos. En su trabajo, se distingue al contexto de la siguiente forma, separado en tres partes:

- i) Contexto del Usuario: se refiere a dos conjuntos de información. El primero, se refiere mayormente a los datos de índole personal como por ejemplo nombre, dirección, teléfono, gustos, preferencias, hábitos, agendas, lugares favoritos, intereses específicos, etc. El segundo, abarca a las características sociales materializadas en contactos sociales y su clasificación por afiliaciones a comunidades y los intereses y preferencias que las mismas representan. Basado en la *teoría de las redes sociales*, la interrelación de estos conjuntos de información permite hacer un análisis probabilístico de las futuras conexiones del usuario en el futuro, incluyendo a la noción de contexto la información de las redes sociales virtuales. Así, se entiende que un usuario puede pertenecer a una comunidad de usuarios, con los cuales comparte hábitos, intereses, lugares comunes, etc. y, además, posee un **peso** en dicha comunidad a la cual pertenece. También se habla de **estacionalidad** del contexto social del usuario, ya que hay usuarios que pueden estar bastante anclados a una comunidad, mientras que otros son considerados “visitantes” de dichas comunidades, haciendo de puente con otras comunidades a las cuales pertenecen. Por otro lado la noción de contexto social, a su vez, puede analizarse desde el punto de vista de los movimientos del usuario (mobility) y los lugares físicos por los cuales se traslada, dando por sentado que muchos de esos lugares son habituales y por ende dan lugar a hábitos que, al ser compartidos por otras personas que se encuentren en el mismo lugar, también se

proyectan relaciones sociales (ejemplo: de lunes a viernes estoy en la oficina hasta las 18, y los lunes, miércoles y viernes a las 19, estoy en el gimnasio).

- ii) Contexto de servicios: se trata de aquellos que están corriendo en los dispositivos y que permiten interactuar con otros dispositivos cercanos, tales como compartir contenido, chat, diseminación de información entre otros. Tomando en cuenta lo mencionado en i), si en el contexto se encontrara el servicio de compartir contenido, junto con el contexto social de los usuarios, entonces se podría identificar, a través de los perfiles, posibles interesados en compartir ese contenido y así decidir quién será podrá ser un “nodo candidato” para enviar un paquete de datos con miras a llegar al destinatario.
- iii) Contexto del dispositivo: está relacionado exclusivamente con las características y limitaciones físicas de los dispositivos, tales como sensores, cámaras, capacidad, duración de la batería, interfaces wireless, etc. Todos estos factores son importantes para el modelo de OppNets, dado que, por ejemplo, tomar en cuenta las interfaces wireless disponibles, la vida útil de la batería, entre otros, pueden ser útil a la hora de decir de qué manera esparcir un mensaje de manera oportunista.

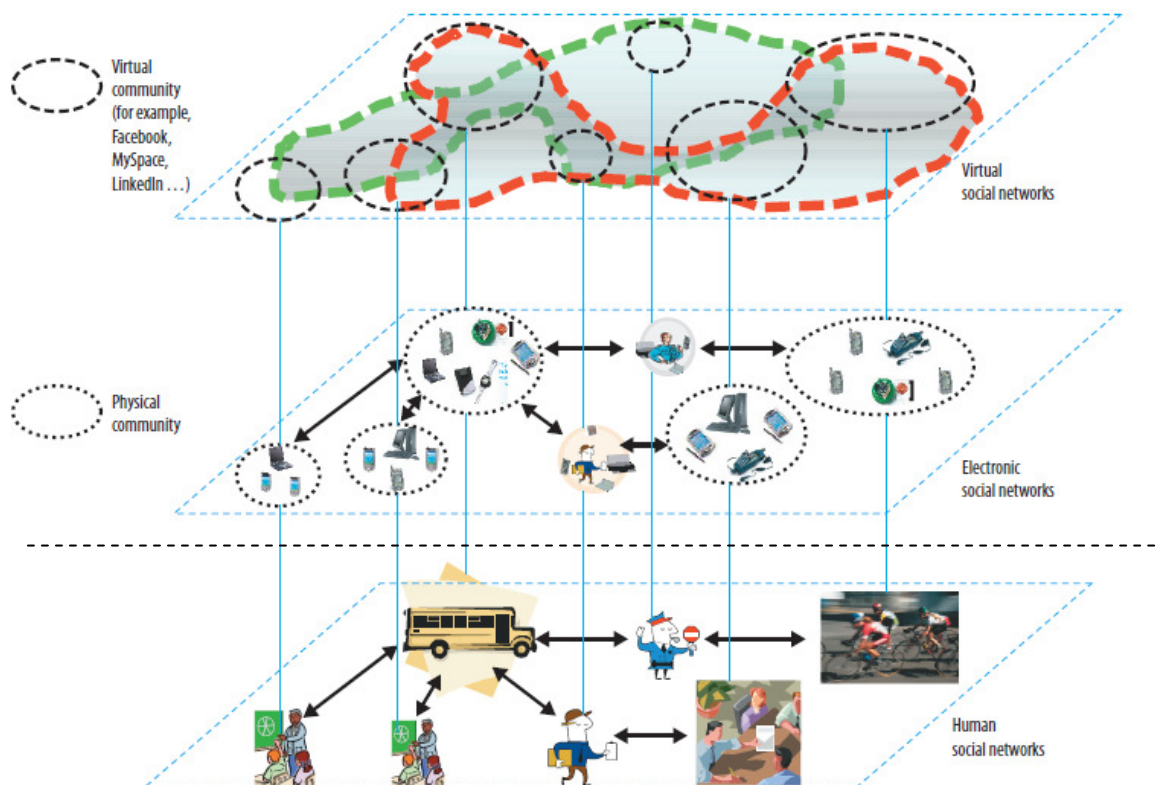
– *Social Networking*

Las ciencias sociales estudian las diferentes formas en las cuales los individuos interactúan entre sí y entre otras unidades sociales tales como grupos, organizaciones y sociedades. Estas interacciones dan lugar a diferentes estructuras de redes sociales (humanas, para diferenciarlas de las virtuales, que no son más que una abstracción de las primeras). La psicología social ha demostrado que los individuos identifican a otros grupos de individuos basándose en las apariencias, patrones de movimientos, objetivos y afiliaciones compartidos (G.W. Ip et al., 2006; R. Kurzban et al. , 2001). Así, se puede establecer que cuanto más similares son las personas más probable es que sean próximas y hasta buenas amigas.

Como se viene sosteniendo, parte de la motivación del paradigma de las OppNets son la influencia que tienen en la sociedad las redes sociales

virtuales, tales como facebook, twitter, google+, etc., las cuales se embeben de las relaciones humanas y se potencian por la facilidad que provee internet. Los nodos, vistos como usuarios de diferentes redes sociales, contienen contactos los cuales conforman las estructuras de esas redes, de lo cual se puede abstraer generalizaciones de movilidad humana y, por ende, el diseño de protocolos para la diseminación de la información oportunista. Uno de los proyectos que busca explorar esas estructuras de las redes sociales y aprovecharlas para la comunicación oportunista es *Social-nets Project* (<http://www.social-nets.eu/>), el cual explora las interacciones sociales y los hábitos para orientar el diseño de protocolos. Tal como el paradigma abarca un abanico interdisciplinario, este proyecto también se ensambla desde diferentes disciplinas: redes físicas complejas, antropología social y computer networking.

La idea básica del proyecto Social-nets es que se pueden embeber las relaciones sociales en el mundo electrónico desde dos niveles en un ambiente oportunista: la red social electrónica –que depende de las propiedades físicas de ese ambiente-, y la red social virtual que se monta por sobre los dispositivos electrónicos y las propiedades físicas. La siguiente figura ilustra la diferencia:



**Figura 5:** tres capas de redes sociales [19]

La sociedad humana se encuentra organizada en comunidades y en ellas, encontramos que algunos son más populares que otros (centralidad), y por ende, son capaces de influir más en los demás. Esta característica puede ser tomada en cuenta para elegir (en los algoritmos de forwarding) a aquellos nodos con mayor centralidad a fin de enviar el mensaje a la comunidad. Las dos capas sociales superiores pueden cumplir dos fines complementarios: la capa de la red social electrónica permite a las OppNets pensar y diseñar protocolos, mientras que la capa de la red social virtual provee la base para brindar servicios basados en *opportunistic computing* (esto es el uso de técnicas de computación enfocadas en el aprovechamiento de los recursos disponibles en una red de este tipo [19]).

Tal como existen estudios sociológicos y psicológicos a la hora de analizar cómo se movilizan diferentes unidades de personas asociadas (grupos, equipos, organizaciones, etc.) y sus incentivos, también se pueden aplicar las conclusiones de estos estudios a la hora de “movilizar” y agrupar gente en las redes sociales virtuales. Así como en las relaciones sociales humanas existen lazos que existen por compartir rasgos similares entre los individuos, en las redes sociales virtuales también se encuentra que el aglutinante más generalizado se basa en la noción de similitud [12]. Por un lado, se puede hablar del grado de intimidad que se conforma en una estructura social, el cual por compartir rasgos comunes se pueden establecer entre los miembros de un grupo, pero según estudios dicha intimidad decrece a medida que el número de integrantes crece (R.A. Hill and R.I.M. Dunbar, 2003; D. Mok et al., 2007); por otro lado, se entiende que la calidad de las relaciones sociales que conforman al grupo se puede medir en términos de *altruismo* y *afinidad emocional*. Por ejemplo, compartir el “sentido del humor” favorece la unión de un grupo y establece la base para la cooperación, mientras que compartir “hobbies e intereses” estimula la cooperación utilitaria entre miembros. Otro factor que constituye la similitud, son las *creencias morales* de los miembros, las cuales, cuando son compartidas, pueden reflejar el grado de confianza y de reciprocidad entre los integrantes.

La similitud de los grupos es un útil concepto a la hora de predecir qué tipo de contactos serán más probables de alcanzar en una comunicación oportunista, y así decidir quién será el candidato más viable para actuar como próximo nodo.

Resumiendo la idea, se asume que la **cooperación** es un factor deseable para lograr esparcir exitosamente el mensaje a otros, y entenderla es vital para el diseño de los algoritmos necesarios. Diferentes enfoques se proponen para lograr una efectiva cooperación, algunas de las cuales se basan en la teoría de juegos, el altruismo y los incentivos económicos. Algunas experiencias muestran lo relevante que puede ser la estrategia seguida en una red social, tales como la incentivación (por ejemplo, con el fin de movilizar gente para alcanzar determinado objetivo) y esto puede ser especialmente aplicable a situaciones de Gestión de Desastres o rescates en zonas de emergencias [5].

## **2.4 Cuestiones y perspectivas que surgen del paradigma**

Por supuesto, las OppNets abren la puerta a la investigación en cuestiones de seguridad y confianza [6]: *¿cómo determinar si dos dispositivos se encuentran en la misma zona de conectividad, podrán intercambiar información y servicios de forma segura?* Para la literatura, la seguridad en este ámbito deberá ser descentralizada, y parte de esta idea puede ser adoptada por medio de la confianza o no confianza otorgada por las redes sociales; en esto también el paradigma hace foco: en que la red entre dispositivos (hardware) evoca a una red de personas y por eso, gran parte de los temas de investigación radican en evaluar el contexto social de los nodos para así armar estrategias que permitan llegar al destino deseado.

Otras cuestiones tienen que ver con cuál será la tecnología wireless que establezca el paradigma. En algunos trabajos, se asume indistintamente que con usar Bluetooth o WiFi se logrará establecer contacto oportunista, mientras que otros son más pesimistas a la hora de extender el paradigma con la tecnología wireless vigente, tomando en cuenta el alcance con otros dispositivos, la seguridad, y el elevado consumo de batería. Por eso, algunos autores piensan en WiFi Direct, por ejemplo, en lugar del tradicional IEEE 802.11, y otros apuntan a que la solución debe encontrarse sobre todo en un efectivo diseño de la arquitectura OppNets.

Relacionado con lo anterior, el tiempo de ejecución de este tipo de aplicaciones con los smartphones disponibles hoy en día depende estrictamente del tiempo de vida de las baterías de los dispositivos, dado que no sería descabellado asumir que, si no contamos con infraestructura de comunicación wireless, tal vez tampoco contemos con



infraestructura de alimentación eléctrica en la zona en la que las aplicaciones se estén ejecutando. El asunto aquí es que la tecnología en baterías no ha avanzado demasiado en contraste con el avance en la tecnología en computación y en telecomunicaciones. Por eso, la pregunta es: *¿permitirá la energía móvil (baterías) la dispersión y utilidad de las OppNets?* Dependiendo de la aplicación, esto puede ser más que un cuello de botella.

Como ya se ha mencionado, muchas aplicaciones podrían ser desarrolladas bajo estos paradigmas. Algunas pueden ser: comunicación vehicular [7] para proveer servicios de tráfico; aplicaciones en la salud, como seguimiento de pacientes con síntomas comunes; y gestión de crisis y desastres. A este respecto, diferentes autores coinciden en lo deseable que sería la aplicabilidad en estas situaciones de emergencia [1]. Por ejemplo, *Bruno et al.* remarcan que los sistemas de telecomunicaciones fallan fácilmente o colapsan en situaciones de seguridad nacional o por desastres naturales, y es por ello que bajo el concepto de OppNets desarrollan un modelo de redes auto-configurables que proporcionen servicios en estos casos. Bajo esta mirada, en situaciones de emergencia se podrían utilizar las partes sobrevivientes del sistema de telecomunicaciones junto a redes móviles vehiculares, para encontrar oportunidades de comunicación y así garantizar la provisión de servicios de información básicos [8]. Como las OppNets constituyen un área de investigación bastante reciente, el atractivo más sobresaliente en este asunto suele ser el del routing, ya que la forma de transmitir el mensaje sigue siendo el tema de fondo.

Por otro lado, otros trabajos de aplicación a zonas de desastres proponen una arquitectura más específica en la que la movilidad se inmersa en un marco que contiene cierta infraestructura [9]. Estos trabajos aportan como contribución algo que tal vez los seres humanos podemos descifrar de manera intuitiva: el detectar cuándo hablamos de una situación de emergencia y, en su defecto, conocer quién la declara. Teniendo esto presente, un organismo especializado debería declarar ese estado y compartirlo como servicio. De cualquier forma, teniendo presente las recientes y crecientes noticias de desastres naturales, la utilidad de aplicar el paradigma de redes ad hoc parece ser una gran oportunidad [10].



## Capítulo III: *OppNets en la realidad: arquitecturas y protocolos*

Por más atractivo que el paradigma ofrezca, de nada serviría si no se lo puede llevar a la práctica, ya que éste no ha nacido de cuestiones teóricas, sino de la coyuntura que, en el presente, la amplia dispersión de los dispositivos móviles le ha habilitado.

Se pueden mencionar varios proyectos que han trabajado en diferentes cuestiones relacionadas. Algunos han hecho foco en modelos de movilidad, otros en diseminación de datos, otros en reenvío de paquetes, etc. Uno de los más citados y más completos modelos llevados a la práctica es el constituido a través del proyecto Huggle (<http://www.huggleproject.org>) el cual presenta una arquitectura con su mismo nombre y con referencias de implementación en diferentes plataformas (Android, Windows, Windows Mobile, Linux y Mac OS). A juzgar por las citas, Huggle es el primer esfuerzo hacia una investigación completa que abarca todos los aspectos de una OppNet [23]. Su contribución clave, teniendo en cuenta el modelo “*store-carry-forward*”, ha sido el estudio, análisis, y modelado de patrones de contacto entre dispositivos. Así, estos estudios han lanzado mediciones para recolectar trazas de patrones de contacto humano que finalmente representen oportunidades de contactos entre dispositivos. Como resultado se establecen dos parámetros principales entre pares de contactos:

- *Duración de contacto*: es el tiempo en el que dos dispositivos permanecen acoplados entre sí en una comunicación.
- *Duración inter-contacto*: es el intervalo de tiempo que separa a dos contactos, desde el fin de contacto con uno, hasta el principio de contacto con un próximo [24].

El análisis de las distribuciones temporales de los parámetros mencionados muestra en general que, asumiendo una distribución de Pareto, la performance de los protocolos de enrutamiento simples (tales como *flooding* –inundación en inglés) es muy pobre. Lo que los hace pobres es que estos protocolos no utilizan inteligencia de contar con la información histórica de contactos previos, similitudes e identidades entre nodos o el contexto de los usuarios, y por ende, inundan de información en múltiples

direcciones lo que sólo incrementa la demora en alcanzar al destinatario del mensaje [23]. Éste análisis ha servido de prueba empírica para conducir a las investigaciones del proyecto en dirección a protocolos más efectivos, basándose en el comportamiento de los usuarios y las estructuras sociales humanas, dando lugar a interesantes conclusiones. Por ejemplo, existe consenso en que el agregado de los intervalos de inter-contacto sigue una distribución de ley de potencias multiplicado por una función exponencial, cuando anteriormente, se pensaba que cuanto más frecuentes los nodos se pusieran en contacto, mayores las oportunidades de intercambiar mensajes. Así, Huggle ha puesto su foco en el estudio de la movilidad humana y los patrones que de ella se infieren, para así construir un modelo que permita diseñar protocolos más efectivos; esta mirada está más orientada a la manera en que los humanos se comunican, y, por generalización, a la manera en que las diferentes comunidades se comunican, que a los aspectos tecnológicos de la comunicación.

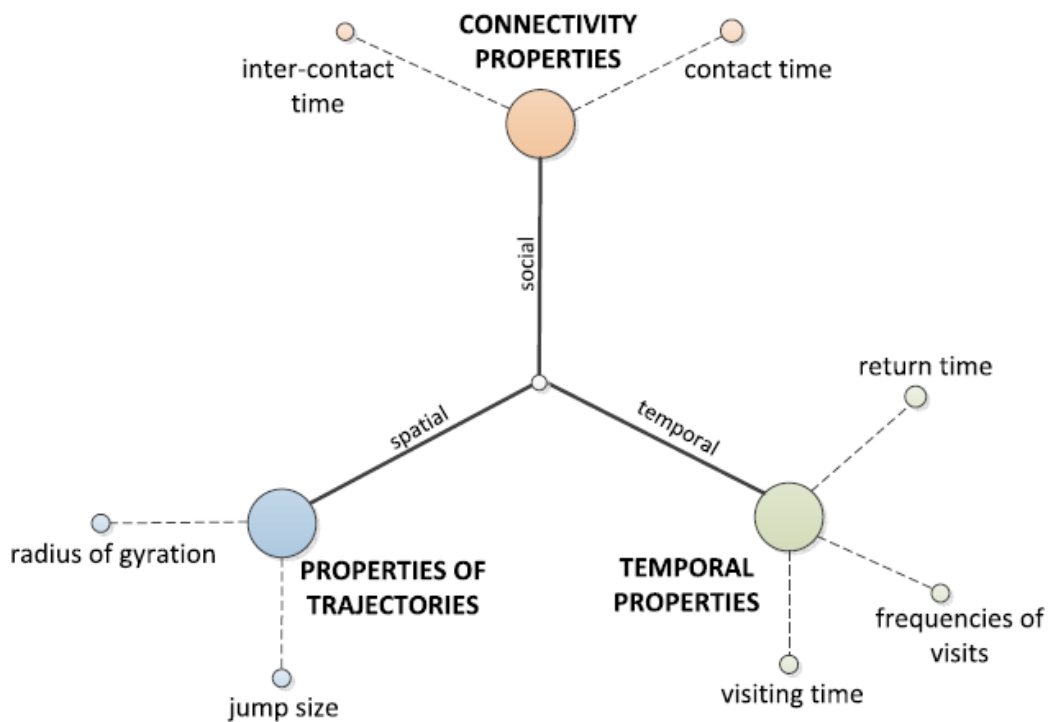
Se pueden mencionar dos categorías principales para este modelo de movilidad humana:

- Basados en las *relaciones sociales*: los movimientos del nodo se deciden en función de sus relaciones sociales y el grafo que de ellas se abstraiga.
- Basados en la *locación física*: los movimientos del nodo se deciden en función de los lugares que frecuenta el usuario.

Teniendo en cuenta lo anterior el proyecto Huggle incorpora en su framework al modelo **HCMM** (Home-cell Community-based Mobility Model), el cual incorpora los tres motores identificados para los desplazamientos humanos:

- i) Los movimientos de los usuarios están *condicionados por sus relaciones sociales* (ejemplo: se suele visitar el pub de preferencia en función de la preferencia compartida del grupo de amigos con quienes se reúne).
- ii) La tendencia de los usuarios es a *visitar unos pocos lugares*, donde asimismo suelen pasar la mayor parte del tiempo (ejemplo: el trabajo o la escuela).
- iii) En general, los usuarios se desplazan preferentemente en *distancias cortas* (ejemplo, de casa al trabajo y del trabajo al gimnasio), y de vez en cuando, se hace un “salto” en su desplazamiento hacia un lugar más distante (ejemplo, viaje por vacaciones).

Como se puede deducir, este modelo fusiona las dimensiones espacial, temporal y social para caracterizar que los nodos (usuarios) se desplazarán sólo a aquellos lugares físicos que posean un valor social para ellos, de modo tal que las locaciones son exactamente en donde más probablemente se reunirán físicamente esas personas dadas sus relaciones sociales. A través de las trazas que los estudios sobre movilidad humana han arrojado, estadísticamente se ha estructurado a las propiedades de la movilidad de la siguiente manera:



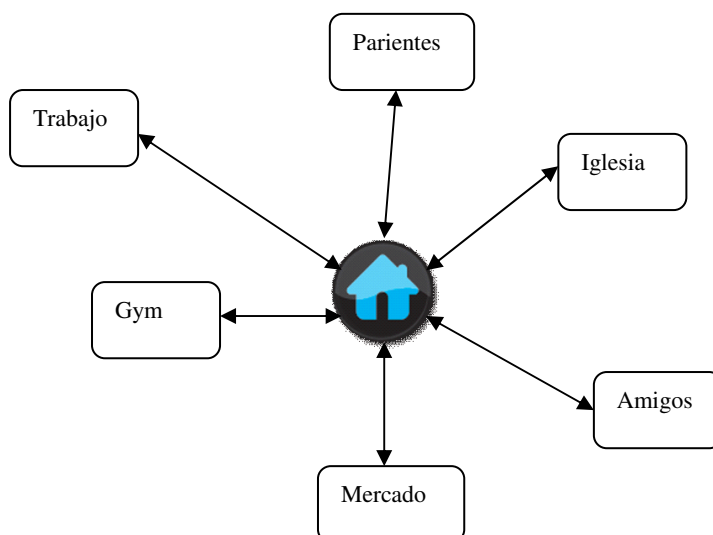
**Figura 6:** propiedades de la movilidad humana [25]

Acerca de la dimensión temporal, *Karamshuk et al.* [25] muestran que la tendencia de las personas a regresar a un lugar previamente visitado se corresponde con una frecuencia proporcional a un ranking de popularidad de ese lugar respecto de otros lugares. Además, estadísticamente se han extraído dos variables a ser consideradas: el *tiempo de retorno* a un mismo lugar (intervalo transcurrido hasta volver al mismo lugar) y el *tiempo de visita* (el intervalo transcurrido dentro de un mismo lugar).

En armonía con estas tres dimensiones, ¿cuál es el grado de predictibilidad que se puede obtener sobre los patrones de movimientos? Si bien la literatura

muestra que hay mucho por investigar en el área, partiendo de la base de estos tres gradientes se pueden alcanzar a algunas conclusiones. Por ejemplo, si se toma en cuenta el historial de los movimientos diarios de las personas, la predictibilidad potencial alcanza un 93% en una distribución de dimensión espacial y no varía a lo largo de la población, lo que significa que los usuarios que generalmente viajan largas distancias son tan predecibles como aquellos que se desplazan en una proximidad a su vecindario. Por otro lado, en términos de regularidad de la movilidad, una de las primeras asociaciones que viene a la mente la periodicidad medida en *tiempo*, es decir: diariamente, semanalmente, mensualmente. Así, el desplazamiento de casa al trabajo se produce diariamente más o menos a la misma hora (tal que en este patrón muchas veces nos cruzamos con las mismas personas), mientras que la visita a amigos saliendo de nuestro barrio o ciudad ocurre de vez en cuando en diferentes momentos de las semanas, y por otro lado, de manera aleatoria de vez en cuando se hace un viaje de mayor escala por placer que tal vez no se vuelvan a repetir. Entonces tenemos que para el primer ejemplo contamos con un patrón de movimiento temporal periódico, para el segundo con un patrón aperiódico, y para el último ejemplo con uno que es esporádico.

Para el caso de los patrones desde el punto de vista de la estructura de las trayectorias espaciales, si nos detenemos a examinar un individuo tomando sus trazas acumuladas para un año y haciendo foco en los movimientos a nivel ciudad del mismo y sólo considerando viajes a otras localidades cercanas, se puede predecir que para una persona en general sus movimientos tendrán una forma de estrella, teniendo su centralidad en su lugar de residencia.



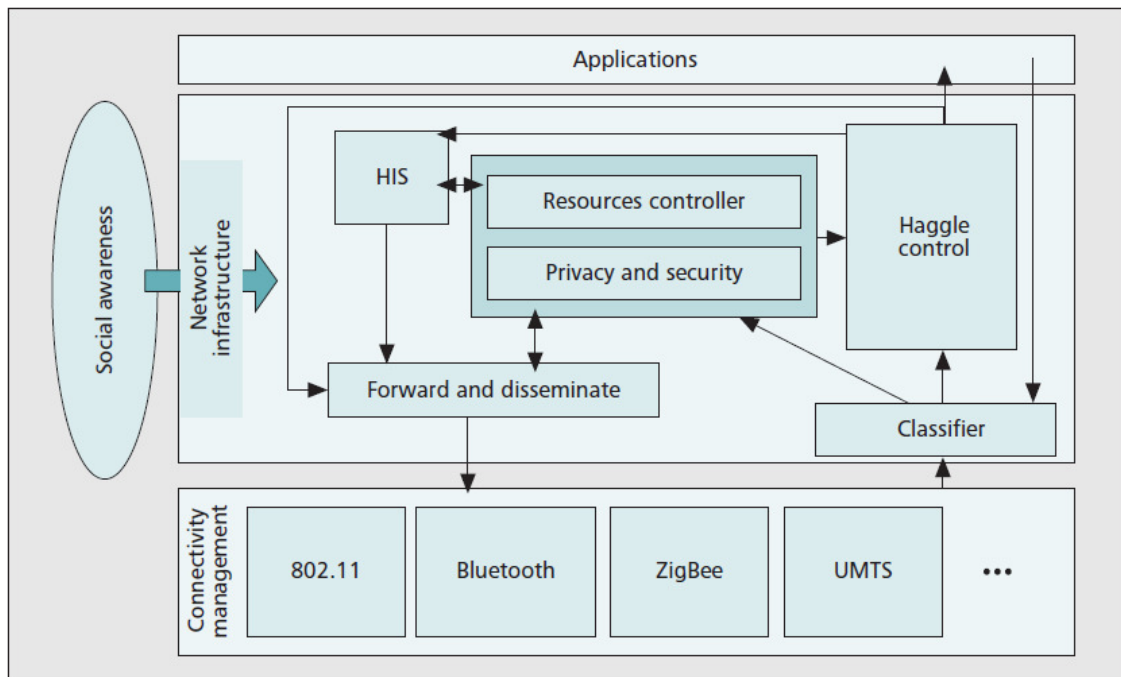
*Figura 7: patrón espacial.*

Otro aspecto a considerar es el social. Por ejemplo, gran parte de nuestro tiempo libre lo pasamos con amigos; esto, aporta un grado de predictibilidad aunque no necesariamente relacionado con un lugar específico, ya que nos podemos reunir con amigos en diferentes lugares, así que, para este caso, el motor es la necesidad de interactuar socialmente. De esta manera, conocer el entorno social permite predecir la ubicación. Se distinguen tres patrones sociales de movimientos: reuniones, en las que viajamos para reunirnos con contactos sociales; viajes en grupo, que son un tipo de movimiento organizado para un socialmente conectado por algún motivo (religioso por ejemplo); por último, el viaje de tipo individual.

Un aspecto más a tener en cuenta, es el de la *escala de la movilidad*, diferenciada en tres niveles: vista de edificio, vista de ciudad y vista global. El primero, claro está, se refiere a los movimientos mientras estamos dentro de un lugar, lo cual suele implicar espacios de tiempo reducidos (que para esta escala sería desde unas pocas horas hasta un día). El segundo nivel aplica a intervalos de tiempo más grandes ya que abarca también viajes a localidades aledañas y abarca una esfera social más amplia. Y a nivel global, nos referimos a intervalos de meses y años y abarca a toda la red de contactos sociales. Este aspecto de la escala puede ser visto como una capa diferente a la de las tres dimensiones antes mencionadas, desde el cual se puede hacer una mirada adicional a las fuerzas conductoras de la movilidad. Por ejemplo, si nos paramos desde la vista global, nuestros movimientos dependerán de factores tales como las barreras geográficas y políticas, los costos de viaje, etc. Una observación útil desde la economía tiene que ver con que la duración de una visita a un lugar suele ser directamente proporcional al costo pagado por realizarla, de modo tal que si deseamos viajar a un lugar distante, al haber pagado un costo elevado, queremos pasar unos cuantos días allí a fin de “amortizar” y justificar la inversión; seguramente no tendríamos la misma inquietud si el viaje fuera por trabajo. Por lo tanto, tomando en cuenta esta capa, se podría modelar la movilidad pensando en una estructura jerárquica en la que podríamos hacer zoom desde la mirada global, yendo a los niveles más específicos, como si de un mapa se tratara.

### 3.1 Haggie: una mirada a la arquitectura.

La arquitectura Haggie integra un framework de comunicación general con el protocolo de la red; el resultado es una aplicación de reenvío de mensajes que permite analizar el contexto en base a factores humanos y así determinar el envío. El esquema conceptual de la misma se entiende mejor al tener en cuenta la siguiente figura:



**Figura 8:** arquitectura Haggie [25]

La unidad HIS (Haggie Information Space) contiene, por un lado, la información del usuario que lleva el dispositivo, y por otro, recolecta información del contexto que será útil para el reenvío de los mensajes; sería como la memoria del Haggie.

El módulo de reenvío (*Forward and disseminate*) es el ámbito donde se toma la decisión de reenvío para cada ítem de datos, explorando las oportunidades de conectividad y utilizando además la información de contexto que de la información en sí misma se extrae y de la que provee el módulo HIS. Aquí es donde se produce la *exploración de la vecindad* utilizando las interfaces de conexión disponibles y, cuando se necesita, se contacta a los vecinos que mejor se candidatean como próximos saltos (*hops*).



El cerebro del nodo sería el módulo *Haggle control*, el cual decide qué información almacenar en el HIS y cuál no. No solo interactúa con este módulo, sino que con todos los demás de la arquitectura y decide también qué será reenviado. El clasificador, por otra parte, justamente clasifica la información proveniente de las diferentes conexiones y luego las distribuye para verificar seguridad y para las acciones de la unidad de control.

La arquitectura descrita permite instanciarla en cada nodo para implementar los protocolos que hacen posible la transmisión oportunista de los datos. Cada instancia maneja diferentes gestores para cada uno de los módulos, los cuales pueden implementar diferentes operaciones relacionadas a un determinado protocolo; estos gestores funcionan bajo el modelo basado en eventos, generando y suscribiéndose ellos mismos a aquellos eventos. La arquitectura gestiona estas suscripciones mediante una entidad central llamada *DataStore*, la cual se encarga de recolectar y disparar hacia los gestores que se encuentran suscriptos.

### **3.2 Haggle: una mirada a los protocolos.**

La arquitectura mencionada ha contribuido notablemente en esta materia, la de los protocolos. Esta contribución puede separarse en cuatro áreas: reenvío, diseminación de datos, seguridad y aplicaciones.

➤ *Algoritmos de reenvío (forwarding):*

Sin lugar a dudas éste es un tema clave en materia de investigación, dado que, a priori, no se conoce demasiado de la topología de red, y el desafío es lidiar con ello. Por eso que, en un ambiente socially-aware esto puede ser complementado con el contexto en el cual el usuario se comunica.

Basado en el contexto, *Conti et al.* [26] identifica tres clases principales de reenvío de datos:

- l) Context-oblivious: no explota la información contextual de los usuarios, sino que corresponden a las denominadas técnicas de flooding [27], en las cuales el nodo fuente envía el paquete de información a todos los contactos salientes. A pesar de su

simplicidad, presenta una potencial congestión de la red conformada, un costo considerable de energía y de memoria. Un ejemplo de estos protocolos es Epidemic [28].

- II) Partially context-aware: en esta clase de protocolos, se explota la información de contexto pero asumiendo un modelo específico para ese contexto. Si la suposición coincide con la del ambiente, entonces funciona muy bien, pero no es de fiar en caso de que esa suposición sea alterada. A éstos también se los conoce como *protocolos de reenvío basados en movilidad*. Un ejemplo de este tipo es *The Probabilistic Routing scheme - PRoPHET* (Lindgren et al., 2003) [29]. Éste, basándose en el historial de contactos del nodo, calcula la probabilidad en que un nodo puede entregar un mensaje a un destino particular (a este historial se le conoce con el nombre “History of past Encounters and Transitivity”). La probabilidad aumenta cuando el nodo frecuentemente conecta con el destino, y decrece para el caso contrario. Otros protocolos bajo esta clasificación son: *MV (Meeting and Visits)* y *MaxProp* (Burns et al., 2005; Burgess et al., 2006).

También se puede mencionar a *Bubble Rap* (Hui et al., 2008), protocolo el cual toma la información contextual de la comunidad social a la cual el nodo pertenece; cuando un nodo quiere enviar un mensaje a otro, se fija en la estructura social a la cual pertenece y busca en los nodos de esa comunidad. Si el nodo no es encontrado, entrega el mensaje a los nodos con mayor “sociabilidad”, que son aquellos que tienen mejor probabilidad de contactar con la comunidad del destinatario. *Bubble Rap* forma parte de ésta categoría de protocolos dado que asume que las relaciones entre los usuarios (nodos) siguen un modelo de estructura social precisa.

- III) Fully context-aware: aquí los protocolos aprenden de explotar el contexto que los rodea. Si bien tal vez no funcionen tan bien como lo hacen los protocolos anteriores (cuando la suposición coincide con el contexto), su concepción de aprendizaje les permite ser muy adaptables. Como exponentes de este tipo de protocolos se pueden mencionar: a) **HiBOp** [30] y b) **Propicman** [31]. Ambos infieren las

relaciones sociales entre nodos de manera dinámica a partir de cada uno de ellos.

Por ejemplo, en b) se almacena para cada nodo el perfil de usuario, y luego, se exploran los perfiles de los contactos oportunistas que se van alcanzando con el objetivo de determinar el envío de los mensajes. El objetivo es enviar el mensaje a los nodos cuyos perfiles explorados mejor coincidan con el perfil del nodo de destino. Por otra parte en a), se distinguen tres tipos de contexto los cuales son el contexto del nodo, el del vecindario y el histórico. Para determinar el próximo salto, HiBOP toma en cuenta la información de perfil del usuario (para buscar similitud) y además su información histórica. Esto permite que el mensaje no sólo sea enviado por el criterio de similitud, sino también hacia aquellos usuarios que con frecuencia se encuentran en contacto con los usuarios similares al destinatario. Gracias a esta característica, se infiere la estructura de las relaciones sociales entre usuarios y las comunidades a las que esos usuarios pertenecen y, entonces, se podría decir que aprende la estructura social que se produce por los hábitos del usuario [11].

Haggle se ha beneficiado de los *partially* y *fully context-aware* protocols para el reenvío de información oportunista:

- Explora la información de contexto para hacer más eficiente el reenvío: a mayor coincidencia entre el nodo y su destinatario mayor probabilidad de reenviar el mensaje a la comunidad del destinatario.
- Infiere un patrón de movilidad: la gente no se mueve aleatoriamente, sino que lo hace en una manera repetitiva y rutinaria a diferentes escalas de tiempo (días, semanas, meses); si un nodo visita varias veces un lugar, es muy probable que la vuelve a visitar en el futuro.

➤ *Diseminación de datos (Data Dissemination):*

La diseminación de datos es una extensión de lo visto arriba. Como se comentó anteriormente, una de las aplicaciones más interesantes es la de compartir contenido. Dado que en las redes oportunistas no se puede asumir la conectividad punto a punto entre dos nodos, los productores de contenido y sus consumidores

puede que no estén conectados al mismo tiempo, y, más aún, pueden ser desconocidos entre sí. Por eso, el reenvío y difusión de contenido a compartir debe llevarse a cabo a la vez, y entonces, cada pieza de contenido debe ser transmitido de manera oportunista de acuerdo a las reglas que definen la mejor probabilidad de llegar al destinatario. De acuerdo a esta mirada, Haggie ha implementado un framework basado en la utilidad llamado **ContentPlace**, cuyos supuestos son:

- I) En una OppNet, los usuarios pueden estar agrupados por el tipo de contenido en el que están interesados.
- II) Los movimientos de los usuarios están dirigidos por sus relaciones sociales; así un usuario se mueve a determinado lugar porque desea encontrarse con alguien con quien posee una relación social.

Justamente, ContentPlace asume que los usuarios se agrupan bajo comunidades sociales y que sus movimientos están fuertemente ligados a ellas por su pertenencia. De este modo, explora la información de las relaciones sociales entre los nodos para dirigir la información, tal que, presentará el contenido disponible si existen posibilidades de interés en el contenido hacia otros nodos a los cuales el nodo de contacto es próximo a encontrarse. Al encontrarse, los nodos comparten un vector con las piezas de contenido disponible localmente, y presenta un ordenamiento decreciente de estas piezas en una función de utilidad, lo cual permite mostrar la importancia de estos contenidos para los usuarios y las comunidades. Según [23], la definición de utilidad es clave en el framework y además toma en cuenta los niveles de cooperación de las distintas comunidades, distinguiendo entre comunidades cerradas de abiertas, y destacando el papel altruista que juegan los “visitantes” en las primeras para “depositar” contenido en comunidades como aquellas.

➤ *Seguridad:*

Teniendo en cuenta la naturaleza de estas redes, en las cuales no hay una entidad de contralor que verifique la integridad de la red y sus usuarios, es manifiesto que al moverse los nodos en ambientes abiertos, públicos y hasta adversos, los usuarios necesitan prevenirse de ataques y de mal usos en las OppNets. De hecho, es otro de los tópicos principales dado que se puede estar compartiendo información sensible del usuario.

Bajo el framework Huggle, la seguridad ha sido pensada un tanto diferente a los conceptos tradicionales de seguridad, en los cuales la confianza está otorgada a nivel de host. Aquí, en cambio, un nodo puede elegir rechazar contenido basándose en la confianza del contenido en sí mismo o del creador del contenido, en lugar de basarse en la confianza en el nodo desde el cual se recibe el contenido. Esto es así dado que en este tipo de redes distribuidas, en donde los nodos dependen de sí mutuamente para distribuir el contenido, no se puede dar el lujo de rechazar contenido por el hecho de que los nodos no sean conocidos y, por ende, confiables; *esto afectaría la concepción de red oportunista*. Teniendo esto presente, un nodo tampoco evitará enviar contenido a otro nodo que no conozca. Por otra parte, si no se desea que la información sea revelada por considerársela confidencial se reenviará la misma de manera encriptada. A este tipo de seguridad se la conoce con el nombre de Content-Centric Security.

Por otra parte, la privacidad puede ser aplicada desde el concepto de comunidad dado que los usuarios se mueven junto a sus amigos o dentro de un grupo social, y por ello se infieren relaciones de confianza implícitas entre los nodos; estas relaciones impulsan el estudio y diseño de la seguridad en OppNets. La gestión de claves constituye un bloque central en la seguridad para estas redes. En general, los usuarios de una OppNet pueden ser miembros de diferentes comunidades y, a su vez, una red oportunista física puede contener al mismo tiempo múltiples comunidades. Si existiera un gestor de claves basado en autoridad, la cual podría existir en forma distribuida y trabajar de manera offline, se podría utilizar un esquema simple de seguridad en el cual la información de contexto de un nodo sea expuesto sólo a los miembros de la comunidad a la que pertenece ese nodo. Cabe mencionar que el permitir a *usuarios desconocidos* de una *comunidad conocida* cierta información no se lo percibe como un ataque a la privacidad, tal como sucede en el ámbito de las redes sociales. Algunas soluciones propuestas para este tipo de gestor de claves es el Identity-Based Cryptography (IBC) la cual se la considera idónea para este tipo de ambientes desconectados por trabajar de manera asincrónica [32]; éste ha sido implementado en el marco del proyecto Huggle.

➤ *Aplicaciones:*

Por el lado de las aplicaciones, muchas pueden ser desarrolladas desde la mirada del paradigma: seguimiento de pacientes, redes sociales móviles, sensado

distribuido, crowdsourcing, y gestión de desastres. Dentro del proyecto Hagggle han sido desarrolladas algunas aplicaciones con el objetivo de medir la efectividad de las OppNets (ver entregable **D6.3** [33]). Algunos ejemplos son:

- **MobiClique**: es un software de redes sociales creado sobre el servicio de OppNets que provee la arquitectura Hagggle. Aquí los usuarios pueden gestionar su red social a través de su dispositivo móvil e intercambiar mensajes con amigos y comunidades que comparten intereses similares. Con respecto a las OppNets, MobiClique saca ventaja de los contactos oportunistas por medio de avisar acerca de la proximidad de contactos. También posee una característica de diseminación de datos, que reposa sobre un framework de intereses compartidos e incentivos para así transmitir los datos a través de los dispositivos móviles.
- **PhotoShare**: es una aplicación basada en Hagggle que permite compartir las fotografías tomadas por el dispositivo con otros usuarios a través una definición de intereses del usuario que comparte. Es un buen ejemplo de una aplicación de generación de contenido. Se encuentra disponible en el Play de descargas para Android, preparado para ser instalado en algunos dispositivos.

Con respecto a la gestión de desastres, se ha aplicado la arquitectura en [34] para un sistema de seguimiento de víctimas en áreas de emergencia denominado Electronic Triage Tag, el cual busca reunir información de las víctimas de la zona de desastre por medio de explorar los dispositivos de la zona a través del equipo médico de rescate.



## **Capítulo IV: *Una oportunidad a la Gestión de Desastres***

Es evidente, en base a lo desarrollado, que las OppNets dejan planteado el prólogo que sirve de cimiento para pensar en una internet diferente, en la que la mirada se asume descentralizada y distribuida entre los múltiples dispositivos, los cuales son capaces de proveer contenido, modelar información, reenviar datos a destinatarios finales como si fueran relays servers, entre otras capacidades. Se derivan, además, ideas sobre aplicaciones que encajan perfectamente con las definiciones del paradigma. Por ejemplo, lo que se asume como constante en las OppNets sería lo disruptivo en las comunicaciones end-to-end, propio de un escenario de crisis o emergencias debidas por ejemplo a desastres naturales: en estos casos, lo primero que dejamos de contar es con la infraestructura habitual (energía eléctrica, agua potable, comunicación, red de abastecimiento, entre otros).

La oportunidad de aportar herramientas tecnológicas para gestionar en escenarios de desastres naturales viene avalada por las observaciones. Según la agencia *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas*, “los terremotos causaron los peores desastres en la década pasada”. De hecho, mencionan las estadísticas que fueron los culpables de casi el sesenta por ciento de las víctimas mortales registradas en catástrofes naturales. Además, parece ser que los movimientos telúricos siguen representando una seria amenaza para la humanidad en vista de que 8 de las 10 ciudades más pobladas del planeta están situadas en fallas sísmicas. En los últimos diez años hubo 3.852 desastres que se cobraron más de setecientos ochenta mil vidas. Por dar un ejemplo reciente, durante el terremoto de magnitud 7 que asoló Haití en enero de 2010, murieron más de 300.000 personas y 1.300.000 quedaron sin techo en un instante. Aunque los efectos del sismo resultaron devastadores, no fue el único en el mundo, ya que entre abril de 2009 y abril de 2010 hubo al menos dieciocho grandes terremotos. Y estos datos sólo se refieren a un tipo de catástrofe natural y todavía se podrían dar muchos ejemplos de crisis provocadas por el hombre, tales como los atentados terroristas, guerras, derrumbes, etc.



Está claro que al hablarse de “desastres” se sobreentiende una situación o un evento anormal que causa una alteración permanente en el lugar en la que ocurre. Una definición sería:

*Es un evento natural o provocado por el hombre que causa intensos y negativos impactos en la gente, los bienes, servicios y/o el ambiente excediendo la capacidad de respuesta de la comunidad.*

En tanto que se considera “emergencia” a:

*Una situación real o inminente en la que la comunidad es capaz de responder a sus efectos.*

Las implicancias en la zona en la que ocurre un desastre suelen ser las siguientes:

- Daño de la infraestructura.
- Pérdida de las telecomunicaciones.
- Inundaciones.
- Interrupción del suministro eléctrico.
- Escases de agua potable.
- Interrupción de los estándares de vida.
- Daño en la agricultura.

En situaciones como éstas el valor máspreciado es la vida y se transforma en el centro de todos los esfuerzos. Dado que muchas vidas se ven afectadas, se considera crítico *actuar con rapidez y con buena organización*. De aquí que la **Gestión de Desastres** sea tan importante, dado que actuar impulsivamente puede ser contraproducente en estos casos, y del efectivo despliegue de los esfuerzos dependerá el rescate de las víctimas. Sin embargo, la improvisación es el común denominador en las primeras 48hs. y, basados en la poca información disponible, cada equipo toma sus propias decisiones con poca o ninguna coordinación con el resto de los equipos. Una vez acaecido el desastre se pueden distinguir dos grupos de personas que se convierten en los protagonistas de la escena: las *víctimas* y los *rescatistas*; ambos poseen en ese momento necesidades de información, ya sea la víctima para alertar su localización o los rescatistas para efectuar sus labores.

Para éste último grupo, en la experiencia se puede detectar que muchas veces la falta de coordinación se debe a la falta de información compartida que permitiría organizar y coordinar a los miembros del equipo entre sí y a los equipos con las tareas de otros equipos de rescate. En la gestión de desastres, se asume que el personal de rescate es de características interdisciplinarias, por la complejidad de la situación; así entonces, tal combinación de conocimientos y especialidades sería más eficiente si compartiera información. Si bien, por supuesto, cierta información es compartida, como ser por ejemplo los mapas de la zona afectada, en general es transmitida y compartida desde el punto de partida y, luego, en los puntos de reunión se produce nuevamente un intercambio de datos, pero no existe una fluctuación normal de los datos recolectados a lo largo de las labores rescatistas. Claro, esto se debe principalmente a las limitaciones que poseen los equipos de radio de tipo VHF, generándose entonces islas de conocimiento con poca trazabilidad entre los miembros del equipo. Entendiéndose la situación como un proceso, *las primeras 72hs* aproximadamente corresponden a la etapa denominada “**respuesta**” y es en ésta en la que se pone foco en las tareas de búsqueda y rescate de las víctimas (SAR por sus siglas en inglés). Transcurrido ese lapso, dado que las probabilidades de encontrar sobrevivientes es pequeña, se pone el esfuerzo en las tareas de “**recuperación**” de las áreas afectadas, dándole atención prioritaria a las personas heridas. Es por esto que las actividades SAR deben ser, no sólo rápidas, sino también efectivas; a éste respecto se cree que una mejor disponibilidad de la información contribuiría a la efectividad del proceso de rescate, y es allí donde las OppNets parecen ser oportunas.

En esto coinciden algunos autores, como por ejemplo *Santos et al.* [35] que proponen directamente sustituir las comunicaciones VHF por un esquema de OppNets. En el modelo que presentan se muestran las diferencias en términos de performance entre un protocolo de forwardo *epidémico* vs. *Spray and Wait*, dando resultados similares a los que se vieron anteriormente, en los que para el primero, los tiempos son más rápidos que para el segundo pero producirían sobrecarga de la red. Un aporte destacado de este trabajo es que, si viéramos a los distintos equipos SAR distribuidos en la zona como si fueran comunidades, utilizando una mula que recorriera el territorio afectado con un patrón de movimiento predefinido podría servir de nexo y de relay para retransmitir la información entre los distintos equipos.

*Bruno et al.* [36] también presentan un modelo en el que se proponen las OppNets para situaciones de emergencia en las que la infraestructura de telecomunicaciones es poca o nula. También comparan los protocolos de reenvío,

pero en su trabajo comparan el epidémico vs. HiBOP, llegando a la conclusión de que utilizando la información de contexto se puede obtener menos sobrecarga de la red con alto índice de entrega del mensaje al costo de una mayor demora en el envío. Finalmente, proponen tener en cuenta la situación para decidir qué método de reenvío será más adecuado bajo determinados parámetros, y para ello queda abierta la puerta a la investigación de la automatización de esta capacidad.

En [37] *Uddin et al.* presentan un modelo de movilidad simulado basado en DTNs, en el que, basándose en la documentación aportada por la *Federal Emergency Management Agency (FEMA)* se identifican agentes intervinientes en las tareas post desastre y en base a ellas, se modelan diferentes patrones de movilidad (rescatistas, vehículos de aprovisionamiento, patrullas policíacas, coches bomba, etc.). La importancia de este enfoque radica en esos patrones, dado que de otra forma no se podría garantizar resultado alguno en esparcir los mensajes en la red DTN.

Previamente, *Lilien et al.* [38] proponían desplegar una OppNet de manera incremental, en la cual a partir de un conjunto de pequeños nodos (llamados *seeds*) preguntan iterativamente a otros para que participen en la red y se transformen en Nodos de Ayuda. Al incluirse nuevos nodos, la OppNet crece y de esta forma aumenta también la posibilidad de que los mensajes se entreguen. En su trabajo, implementan un framework llamado Oppnet Virtual Machine (OVM) en Java/C++ con la idea de hacerlo interoperable entre diferentes dispositivos.

Por otra parte, desde el *punto de vista de la víctima*, la cual tal vez se encuentre atrapada entre escombros, o imposibilitada de comunicarse con sus parientes, sería deseable utilizar su dispositivo para comunicarse oportunistamente con los nodos que pasen o se encuentren en el perímetro lindante, utilizando mensajes de SOS y enviando además la información de su posición GPS para facilitar su ubicación. Y, si tuviere información adicional a través de sus sensores, aún mejor sería compartir todos esos datos, de manera tal que se auto-configure una red en base a perfiles de intereses y preferencias ad hoc que muestren información útil para todos los que se encuentren en el área. Así, entonces, se podría enviar información sobre la temperatura del lugar donde el usuario se encuentra, si dispone de agua disponible, si existe algún tipo de emanación peligrosa, y así por el estilo.

A continuación, se exponen dos trabajos en los que, por haberse intentado llevarse a la práctica una aplicación, merecen su mención:

#### 4.1 “Twitter in Disaster Mode” [13, 39]

En este trabajo, *Hoffman et al.* toman como motivación la problemática que presentan los desastres naturales, sobre todo por la creciente frecuencia con la que éstos fenómenos vienen ocurriendo, y la complejidad que presenta la organización y la comunicación en estos casos, y la ayuda que las “online social networks” han demostrado en tales fenómenos. Por ello, proponen utilizar una aplicación para Twitter incorporando un modo de comunicación oportunista en lo que ellos llaman “*disaster mode*”, el cual permitiría transmitir mensajes con los recursos disponibles asumiendo la falta de infraestructura en las comunicaciones, y así lograr la auto-organización de las personas comprometidas por la situación de desastre, sobre todo desde el punto de vista de la víctima.

Para lograrlo, incorporan esta capacidad en una plataforma llamada Twimight (desarrollada en Java y aplicada en smartphones con el sistema operativo Android), pensada para utilizar el potencial de Twitter, pero con el agregado de ser capaz de diseminar datos de la posición global e información de fuentes de agua potable. Se diferencia de otros trabajos (en los que se utilizan DTNs o la arquitectura Hagggle) por proponer un diseño de solución orientado a la aplicación, específica para estos escenarios, en la que se constituye una especie de Twitter de Emergencias. ¿Por qué Twitter? Los autores destacan tres puntos a favor:

- A diferencia de Facebook, por ejemplo, cualquiera puede leer los mensajes de twitter (tweets) a través de la función de búsqueda que la plataforma provee, o por medio de seguir un hashtag (que es una palabra precedida por un #). Así que la información es pública y abierta, y no hace falta ser “amigo” para acceder a ciertos mensajes. El uso de hashtags favorece la comunicación sobre un tópico de interés como sería en este caso una situación de desastre, aún por encima de los círculos de usuarios.
- La simplicidad de twitter expuesta en el uso de tweets en tan sólo 140 caracteres.
- El servicio es ampliamente conocido y utilizado.

El escenario para el cual se ha pensado Twimight es el que ocurre inmediatamente después del suceso, en el cual muchas personas aparecen como

víctimas fatales y muchas otras más quedan sin hogar y aisladas de sus seres queridos, habiendo algunos que se trasladan a otros lugares más seguros mientras que otros quedan atrapados en la situación. En cuanto a la tecnología, se asume que la infraestructura celular se encuentra caída y hasta los access point 802.11 también pueden estar fuera de línea, junto con la red de energía eléctrica, la cual se asume inaccesible en las primeras horas del episodio; si quedara alguna infraestructura en pie, muy probablemente se congestionaría. Las personas, estresadas por la situación, harían esfuerzos desesperados por contactar con sus familiares y amigos. Y por otra parte, las organizaciones de Emergencia se encontrarían organizando las tareas de primeros auxilios. Un sobreviviente, entonces, se encontrará posiblemente con su dispositivo móvil con algo de batería, sin cobertura celular y sin acceso, en tanto, sin acceso a las redes sociales. Pero con ese resto de energía todavía es capaz de contactarse con otros móviles a través de WiFi o Bluetooth en su vecindad, junto con su posicionamiento global a través del GPS. Así, el sobreviviente podrá activar el modo Desastre en su móvil para así utilizar una red oportunista con la que podrá enviar mensajes a sus parientes con su ubicación exacta tratando de saber algo de ellos, e intercambiarlos con los dispositivos que vaya encontrando. Si el tweet enviado es recibido por un nodo que tenía información de sus parientes, entonces obtendrá a cambio esa información. Se supone así que los servicios de redes sociales corren de una manera distribuida, en la que a medida que el sobreviviente se moviliza será capaz de actualizar con los servidores los mensajes que estuvo enviando en modo Desastre y también de recibir los mensajes de sus parientes. Además, al pasar por una unidad de emergencia, entonces podrá acceder a la conexión satelital y allí actualizar también esos mensajes. En tanto también, otra información importante permitirá realizar una red autogestionada, al compartir eventualmente información sobre lugares donde acceder a alimento, agua potable, centros de primeros auxilios, zonas vedadas, etc.

La aplicación Twimight requiere que cada dispositivo posea instalada la aplicación y que, además, en caso de desastre, el usuario seleccione el modo oportunista de comunicarse. La forma de reenvío de información que utiliza es la "Epidémica", ya que supone que el costo de caer en una sobrecarga de la red sería bajo, teniendo en cuenta la característica intrínseca de los tweets de un máximo de 140 caracteres. Bajo el modo oportunista, la aplicación guarda los tweets en una tabla aparte para luego ser enviados servidores de Twitter en cualquier momento que la conectividad sea detectada. Respecto de la interfaz de comunicación utilizada, fue elegida Bluetooth en lugar de WiFi porque ofrece una mejor relación costo-beneficio,

teniendo en cuenta como costo el consumo de batería. Cuando dos nodos se encuentran lo suficientemente cerca, se compartirán los tweets del modo desastre mediante un protocolo de comunicación que se divide en dos fases:

- *Hello*: cuando se conecta, se trata de detectar qué tweets están faltando; para ello este paquete envía la fecha y hora de los tweets más recientes (timestamp) del otro punto, así descarta enviar algo que ya había sido recibido.
- *Data*: es la fase de intercambio de mensajes propiamente dicha.

Algo que los autores incorporan en su diseño es la expansibilidad mediante plugins, pensado particularmente para acoplar sensores que la plataforma Android hacen extensibles. Así, por ejemplo, se puede tomar los datos del acelerómetro para inferir el estado de la víctima, en cuanto a si se mueve o no, si corre o camina, etc. Lo mismo se plantea en el uso del micrófono, tomando muestras a intervalos regulares para inferir situaciones en base a lo oído (sirenas, conversaciones, silencios), aunado a la posición GPS del usuario.

La función de Twitter de los hashtags, que permite a los usuarios seguir un tópico de interés, trabaja por supuesto gracias a la búsqueda de coincidencias que hacen los servidores entre los tweets y los hashtags. En un modo oportunista, esa función se debería ejecutar, primero, en cada dispositivo y, luego, de manera distribuida entre los dispositivos que conformen la OppNet. La limitante que aparece es el poco tiempo de intercambio que se dispone cuando dos nodos se conectan, siendo para el caso de una comunicación Bluetooth de unos pocos segundos cuando dos personas caminan cerca entre sí. Así, la cantidad de tweets a ser intercambiados debería ser acotada. Una forma de resolver esto es a través de intercambiar, en primer lugar, los intereses en forma de hashtags y, luego, establecer un ranking conformando una suerte de mapa o grafo de intereses, y así comunicar de manera automática los tweets que coincidan con el ordenamiento resultante del ranqueo.

En cuanto a la seguridad, en el modo normal de operación Twitter posee servidores que se ocupan de la autenticación de los usuarios. En este sentido, Twimight trata de emular la seguridad de Twitter, utilizando una arquitectura híbrida basada en una infraestructura centralizada, utilizando entonces certificados, claves, etc. Para lograrlo, los autores introducen el Twimight Disaster Server (TDS), el cual se ocupa de generar una clave pública para a) verificar la autenticidad de los tweets

provenientes del modo “desastre” y b) para mantener la confidencialidad de los mensajes directos utilizando una encriptación para ese modo de operación. El servidor identifica el cliente por su Twitter user ID el cual es enviado por un método HTTP POST y envía también el request\_token que se obtiene del proceso de autorización OAuth; este token es almacenado en el TDS durante el tiempo que dure la validez de la autenticación sin necesidad de consultar la API de Twitter cada vez.

Una vez en modo desastre, la aplicación escanea nuevos contactos para intercambiar nuevos tweets, los cuales incluyen el mensaje más la metadata (fecha de creación y tweet ID). Antes de ser transmitidos y luego de ser recibidos, los contactos realizan las siguientes verificaciones sobre los tweets:

- i) Que la creación del tweet se encuentre en el pasado.
- ii) La validez del certificado es verificada con el certificado raíz embebido en Twimight.
- iii) El certificado es verificado contra la lista de revocación junto con la fecha de expiración.
- iv) La firma del tweet.

Si algunas de las verificaciones falla, entonces se descarta el tweet, mientras que aquellos que sean válidos serán incorporados en el buffer DisasterTable, ordenados por fecha y hora de creación.

#### ***4.2 “Using hagggle to create an electronic triage tag” [34]***

El sistema de etiquetado “triage tag” es un método de clasificación de pacientes en estado crítico utilizado, sobre todo, para organizar y priorizar el trabajo de los médicos, por el cual se identifican con cuatro colores el grado de urgencia que padece una víctima. Así, la clasificación se divide, según el protocolo START, en:

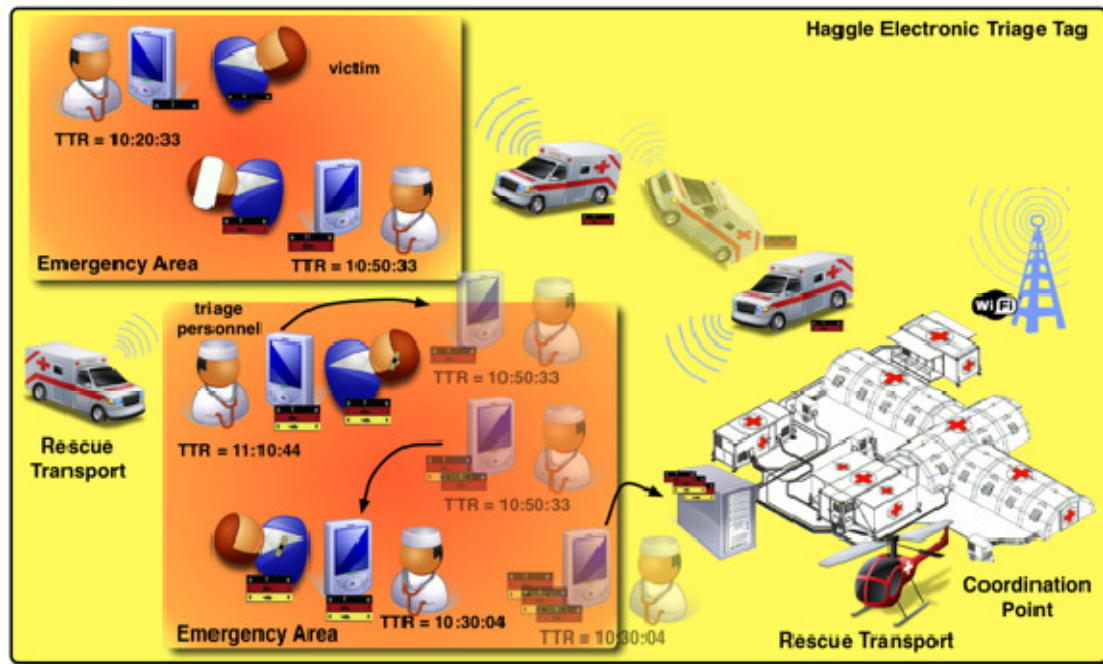
- **Negro:** víctimas fatales o en tan mal estado de salud que el equipo médico no podrá hacer nada por salvarlas.
- **Rojo:** son las víctimas que necesitan atención inmediata.

- **Amarillo:** en este caso las víctimas necesitan atención médica pero pueden esperar un lapso de tiempo.
- **Verde:** son las víctimas que padecen heridas menores y por tanto necesitan ayuda sin urgencia.

Cuando una situación de desastre acontece, el personal médico que arribe primero debe realizar un reconocimiento del área estableciendo grados de heridas en las víctimas, formando así grupos ordenados por la urgencia de cada uno de ellos. Luego, al arribar más personal de rescate, se aborda el trabajo en función de esta clasificación. Claro está, como toda labor organizada, requiere de un buen sistema de comunicación que permita el trabajo sincronizado entre los rescatistas; pero dada la condición de desastre, esto será una carencia. Por eso, desde este punto de vista, las OppNets parecen ser una buena forma de lograr este trabajo de manera eficiente, de manera tal que los rescatistas puedan trabajar en el campo informando sobre los estados de las víctimas al Punto de Coordinación, y redirigiendo el esfuerzo del resto del personal involucrado. En este trabajo el punto de vista abordado es el del rescatista y su organización, más que el de la víctima en sí, y se desarrolla en base a la arquitectura Hagggle, utilizada en este caso como middleware.

Los autores establecen un protocolo de reenvío llamado TTR (Time To Return), entendido como el tiempo máximo de retorno al Punto de Coordinación, que se le asigna a un agente de rescate. Este tiempo, se implementa, sobre todo, por cuestiones de seguridad aplicables a situaciones como éstas. De esta manera, utilizan éste protocolo de reenvío en lugar de los que nativamente utiliza Hagggle, apuntando directamente a la modelización de un escenario de desastre, y enviando la información a modo de dataobjects, que en este caso contendrán la información del triage.





*Figura 9: escenario para la aplicación Huggle-ETT [34]*

Como se ilustra en la figura 9, el proceso de triage se conforma de lo siguiente: el personal médico, equipado con un dispositivo de mano que posee la aplicación Huggle-ETT corriendo, se dispone a recorrer la zona afectada partiendo del Punto de Coordinación. La aplicación propone un wizard en el que, siguiendo el protocolo START, se le va preguntando al usuario datos que buscan determinar el estado de la víctima; finalmente el usuario puede definir directamente el estado del triage. Una vez determinado, se imprime una etiqueta con el color correspondiente a la víctima, y en el caso del trabajo mencionado, se incorpora un RFID para identificar unívocamente a la víctima con su estado. Luego, el dispositivo crea un Triage DataObject, el cual contiene la información con el grado de heridas de la persona, así como su posición GPS, creado por la API de Huggle. El destinatario del Triage DataObject es el Punto de Coordinación, lugar donde se lleva la lista de prioridades en materia de atención médica para zona afectada, de modo tal que se disponga del personal médico para enviarlo a aquellos que presenten el peor cuadro (etiqueta roja).

La combinación de Huggle con el protocolo TTR permite que, el primero, esté atento a descubrir nodos vecinos, y el segundo, a comparar cuál de ellos posee el TTR más bajo. Así, el Triage DataObject será enviado al que presente el menor valor, que es el que mayor probabilidad tiene de retransmitir esa información al Punto de Coordinación. Con relación al gestor del TTR, lo primero que hace es establecer en la plataforma su valor y luego envía un mensaje con ese valor, desde la aplicación hacia

el Hagggle con la intención de inicializar ese valor. Una vez configurado ese valor, cuando dos nodos se contactan intercambian dicho valor y, al compararlo, si el del otro nodo es menor, entonces envía el Triage DataObject. El TTR de todos los nodos encontrados será almacenado, junto con el identificador Hagggle de cada nodo, lo cual permitirá un rápido reconocimiento en caso de futuros contactos.

La implementación de la aplicación ha sido realizada por los autores en C++ utilizando la librería libhagggle y ha sido probado en Mac OS X y Windows.



## Capítulo V: *Conclusiones*

Como se ha desarrollado, las redes ad hoc parecen introducirse para repensar la manera en la que entendemos la noción de conectividad, la cual se asume constante para un sinnúmero de aplicaciones que hoy utilizamos sin cuestionarnos la imperiosa necesidad de contar con un esquema orientado a servicios web, pero que se encuentra fuertemente centralizado. Las OppNets en particular, parecen beneficiarse de la fusión de la tecnología wireless junto con la inteligencia colectiva que aportan las redes sociales virtuales, hoy tan en boga y al alcance de cualquiera que pueda tener alcance a internet. También hemos diferenciado los conceptos relacionados a este tipo de red, entendiendo que, si bien parecidos, no siempre hablamos de lo mismo cuando mencionamos MANETs, DTNs y OppNets. Más bien éste último concepto se presenta como un paradigma de comunicación que se fundamenta en la cantidad de dispositivos móviles distribuidos a través del mundo junto a la capacidad del ser humano, como ser social que es, de reunirse y auto organizarse en diferentes situaciones.

También hemos visto cómo el aspecto humano se hace preponderante cuando tomamos en cuenta el valor que tiene la movilidad para los análisis de patrones de movimientos que se hacen desde el enfoque del paradigma, los cuales determinan, en muchos casos, el éxito de los protocolos esgrimidos por diferentes investigadores para éste área de investigación; aquí, como reconocen los autores, todavía queda mucho por investigar.

Todo lo demostrado parece dejar una muy buena base teórica para la aplicación a diferentes escenarios en los que las OppNets pueden ser útiles, pero también vemos que hay pocas aplicaciones con reconocida efectividad en esta modalidad de comunicaciones. Por empezar, desde los dispositivos que hoy dispone el mercado, existen diferentes opiniones sobre el uso de WiFi vs. Bluetooth como interfaz de comunicación con el exterior; algunos se inclinan por el primero, otros eligen el segundo y otros más proponen el uso de ambos dependiendo de la situación. Las limitantes más mencionadas son:

- La vida útil de la batería.
- El alcance de la conectividad.
- La seguridad.

Mientras éstas sean las limitantes el mayor esfuerzo de la investigación estará puesto en el desarrollo de protocolos eficientes de reenvío de información. En esta materia resaltan los temas más comunes que se desarrollan en la bibliografía citada.

Todavía no queda claro si los dispositivos móviles que hoy existen podrán dar soporte a la idea tan prometedora de las OppNets. Resulta raro, por ejemplo, que dentro de la plataforma Android existan restricciones para conectarse a redes Ad Hoc (véase <http://code.google.com/p/android/issues/detail?id=82>). Este asunto es tratado en [40] donde los autores exponen el siguiente círculo vicioso para las OppNets:

*“As long as opp-apps are not popular, smartphone manufactures will no implement the APIs required to setup WiFi Ad-Hoc connections. But as long as opp-app developers do not have APIs to exploit the advantages of opportunistic networks, how can they create popular opp-apps”*

Así, ellos proponen una alternativa de comunicación oportunista, la cual llaman WIFI-Opp, y que se basa en la capacidad de tethering o WiFi AP (que consiste en utilizar el Smartphone como un Access Point). Al momento de este trabajo no se han encontrado aplicaciones basadas en esta idea. Por otro lado, la característica de WiFi Direct que se está incorporando en algunos smartphones (como en el Samsung Galaxy SIII por ejemplo) no pareciera ser de utilidad para el paradigma por su necesidad de pairing a la hora de conectarse con otro dispositivo.

Así entonces, pareciera ser que, pese a la gran dispersión de dispositivos wireless en el mercado, todavía falta algo para que la comunicación oportunista sea una posibilidad al alcance de todos. Más bien, hay una fuerte dependencia de contar con una aplicación especialmente diseñada para tal fin y que, además, otros la tengan instalada también. Es evidente, por tanto, que encontramos en este punto un tema de investigación.

Hemos visto un buen número de ideas que emergen del paradigma, las cuales lo hacen interesante a la hora de pensar en aplicaciones reales. Hasta ahora, la arquitectura Hagggle parece ser el fundamento inicial para el desarrollo de cualquiera de ellas, por su grado de madurez, las citas bibliográficas que hacen referencia a ella y por su concepción multiplataforma (disponible para Android, Windows –previa compilación con Visual Studio 2008- y OS X).

En este trabajo, nos hemos concentrado en un escenario en particular: el de la gestión de desastres. Es evidente que el paradigma encaja a la perfección con la situación descrita, y de hecho, varios autores han estado trabajando en ello. Al respecto, la aplicación Twimight se propone desde la óptica de la víctima del desastre, y se supone sería muy útil de encontrarse uno en esta situación. Sin embargo, como los autores mismos explican, la víctima de un desastre deberá cumplir con tres requisitos a fin de utilizarla:

- I) Batería disponible.
- II) Otros contactos alrededor que tengan la misma aplicación instalada.
- III) Ser capaz de poner su Twimight en modo “desastre”.

El primero, es común a la mayoría de las aplicaciones; el segundo, implica tener de antemano la aplicación instalada, caso contrario la posibilidad de transmitir mensajes oportunistas se verá afectada. Y, el último, excluye a todas las víctimas que hayan quedado inmobilizados y/o atrapados (una situación bastante común en casos de terremotos).

Esto hace pensar en la necesidad de diseñar un modo autoconfigurable de “desastre”, el cual el dispositivo sea capaz de intuirlo y así comportarse de modo oportunista. Claro que esto plantea preguntas y problemas, de las cuales la primera es: cómo se daría cuenta un dispositivo de que existe una situación de desastre. La falta de conectividad tal vez no sea suficiente, ya que muchas veces nos encontramos en zonas donde no se dispone de cobertura de telefonía celular. Tampoco el tiempo de desconexión parece ser indicativo, ya que, además de lo anterior, ese tiempo tiene a su vez la limitante del tiempo de batería que le juega en contra. También se podría pensar en utilizar sensores, como el acelerómetro por ejemplo, del cual tal vez se pueda inferir, a partir de patrones de movimiento, si corresponde con una situación anómala. Por otra parte, si bien sería útil disponer de la información centralizada de una organización dedicada a tal fin, que “dicte” el estado de emergencia, para las suposiciones de este escenario no habría forma (al menos en el corto plazo) de que el dispositivo se entere de tal dictamen.

De los dos trabajos presentados, el segundo tal vez parezca más efectivo, ya que al plantearse desde el punto de vista del rescatista las posibilidades de contactarse son más elevadas ya que forman parte de un esquema previamente

organizado (rescatistas, Punto de Coordinación, etc.), e indirectamente aparece la función de “la mula”, que llevaría el mensaje al destinatario; ésta es la concepción más aplicable a la noción de Gestión de Desastres. En cualquier caso, lo ideal sería contar con una aplicación que contemple soluciones para ambos puntos de vista: el de la víctima y el de las organizaciones rescatistas (médicos, bomberos, policía, agencias gubernamentales).

El entero paradigma parece ser prometedor como sustento a una necesidad: la de comunicarse cuando no hay infraestructura funcionando. Mientras las noticias de catástrofes nos sigan sacudiendo, la aplicación de las OppNets a la Gestión de Desastres queda expuesta como una muy buena oportunidad... De nosotros dependerá sacarle provecho.





## Capítulo VI: *Bibliografía relacionada*

- [1] Stuedi, Patrick (2008). *From Theory to Practice: Fundamental Properties and Services of Mobile Ad Hoc Networks The Architecture of Cognition*. SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
- [2] Delmastro, F.; Conti, M.; Passarella, A. (2010). *Social-aware content sharing in opportunistic networks*. PerAda Magazine.
- [3] Heath, Robert W. *Multi-Hop Networking*.  
<http://users.ece.utexas.edu/~rheath/research/multihop/>
- [4] L. Pelusi, A. Passarella, and M. Conti (2006). *Opportunistic Networking: Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad hoc Networks*. IEEE Communications Magazine 44(11).
- [5] Tang, J.; Cebrian, M.; Giacobe, N.; Kim, Hyun-Woo (2011). *Reflecting on the DARPA Red Balloon Challenge*. Communications of the ACM.
- [6] L. Lilien, Z.H. Kamal, V. Bhuse, and A. Gupta, "Opportunistic Networks: The Concept and Research Challenges in Privacy and Security," in: "Mobile and Wireless Network Security and Privacy," ed. by K. Makki et al., Springer Science+Business Media, 2007.
- [7] LeBrun, J.; Chuah, C.; Ghosal, D.; Zhang, M. (2005). *Knowledge-Based Opportunistic Forwarding in Vehicular Wireless Ad Hoc Networks*. IEEE Xplore.
- [8] Bruno, R; Conti, M.; Passarella, A. (2008). *Opportunistic networking overlays for ICT services in crisis management*. Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference.
- [9] Mahapatra, R.P.; Abbasi, T.; Abbasi, M. (2010). *A Propose Architecture of MANET for Disaster Area Architecture*. International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 2, No. 1.-
- [10] Panchard, Jacques; Hubaux, Jean-Pierre (2003). *Mobile Communications for Emergencies and Disaster Recovery in Developing Countries*, EPFL Technical Report, Lausanne, Switzerland, <http://icawww.epfl.ch/panchard/Files/Docs/Article.pdf>
- [11] Eleonora Borgia, Marco Conti, and Andrea Passarella. *Autonomic detection of dynamic social communities in opportunistic networks*. In *MedHocNet 2011 (submitted)*, 2011.
- [12] E. Jaho, M. Karaliopoulos, and I. Stavrakakis (2010). *Social similarity as a driver for selfish, cooperative and altruistic behavior*. In 4th IEEE WoWMoM Workshop on Autonomic and Opportunistic Communications (AOC'10), Montreal, Canada.
- [13] Hossmann, T.; Carta, P.; Schatzmann, D. (2011). *Twitter in disaster mode: security architecture*. Proceedings of the Special Workshop on Internet and Disasters.
- [14] [http://www.cs.jhu.edu/~cs647/intro\\_adhoc.pdf](http://www.cs.jhu.edu/~cs647/intro_adhoc.pdf)
- [15] <http://tools.ietf.org/html/rfc4838#page-4>
- [16] S. Iyer, "http://www.cse.iitb.ac.in/~sri/talks/manet.pdf"
- [17] Chlamtac, A.; Conti, M.; Liu, J (2003). *Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges*. [www.elsevier.com/locate/adhoc](http://www.elsevier.com/locate/adhoc)
- [18] James A. Freebersyser, Barry Leiner, A DoD perspective on mobile ad hoc networks, in: Charles E. Perkins (Ed.), *Ad Hoc Networking*, Addison Wesley, Reading, MA, 2001, pp. 29–51.

- [19] Conti, M.; Kumar, M. (2010). *Opportunities in Opportunistic Computing*. IEEE Computer, vol. 43, no. 1, Jan 2010, pp. 42-50
- [20] Fortier, A., Cañibano, N., Grigera, J., Rossi, G., & Gordillo, S (2006). *An Object-Oriented Approach for Context-Aware Applications*. In Proceedings of the 2006 Smalltalk research conference, Also Springer Verlag, 2006, LNCS.
- [21] C. Boldrini, M.Conti, F.Delmastro, and A.Passarella, *Context- and social-aware middleware for opportunistic networks*, Journal of Network and Computer Applications, 2010.
- [22] D. Vilone, A. Guazzini, *Social Aggregation as a Cooperative Game*, Physica A, 390, 2716 (2011)
- [23] Conti, M., Giordano, S., May, M. and Passarella, A. *From opportunistic networks to opportunistic computing*, IEEE Communications Magazine , Vol. 48, 2010, pp. 126-139.
- [24] A. Chaintreau, P. Hui, J. Crowcroft, C. Diot, R. Gass, and J. Scott, *Impact of human mobility on the design of opportunistic forwarding algorithms*, in Proc. INFOCOM, April 2006
- [25] D. Karamshuk, C. Boldrini, M. Conti, A. Passarella, *Human mobility models for opportunistic networks*, IEEE Commun. Mag. (2011)
- [26] M. Conti et al., *Routing Issues in Opportunistic Networks*, in Middleware for Network Eccentric and Mobile Applications, B. Grabinato, H. Miranda, and L. Rodrigues, Eds., Springer, 2009, pp. 121–47.
- [27] H.A. Nguyen, S. Giordano, *Routing in opportunistic networks*. Intl.Journal of Ambient Computing and Intelligence (IJACI), 1, 2009.
- [28] A. Vahdat and D. Becker, *Epidemic Routing for Partially Connected Ad Hoc Networks*, tech. rep. CS-2000-06, Duke Univ., Comp. Sci. Dept., 2000.
- [29] A. Lindgren, A. Doria, and O. Schelen, *Probabilistic Routing in Intermittently Connected Networks*, ACM Mobile Comp. Commun. Rev., vol. 7, no. 3, 2003, pp. 19–20.
- [30] C. Boldrini, M. Conti, and A. Passarella, *Exploiting Users' Social Relations to forward Data in Opportunistic Networks: The HiBOp Solution*, Pervasive Mobile Comp., vol. 4, no. 5, Oct. 2008, pp. 633–657.
- [31] H. A. Nguyen, S. Giordano, and A. Puiatti, *Probabilistic Routing Protocol for Intermittently Connected Mobile Ad Hoc Networks (PROPICMAN)*, Proc. IEEE WoWMoM/AOC, June 2007.
- [32] A. Shikfa et al., *Privacy and confidentiality in context-based and epidemic forwarding*, Comput. Commun. (2010), doi:10.1016/j.comcom.2010.04.035
- [33] <http://www.haggleproject.org/deliverables>
- [34] A. Martín-Campillo, J. Crowcroft, E. Yoneki, R. Martí, and C. Martínez. *Using haggle to create an electronic triage tag*. In The Second International Workshop on Mobile Opportunistic Networking - ACM/SIGMOBILE MobiOpp 2010. ACM Press, February 2010.
- [35] Santos, R., Ochoa, S.F. *Disseminating Shared Information in Disaster Relief Efforts: A Communication Computable Model*. Accepted in the 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2011).
- [36] Bruno, R., Conti, M., Passarella, A.: *Opportunistic networking overlays for ICT services in crisis management*. In: Proc. 5th International ISCRAM Conference. ISCRAM (2008).

[37] Md Yusuf S. Uddin and David M. Nicol, *A Post-Disaster Mobility Model for Delay Tolerant Networking*, in Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference.

[38] Lilien, L., Gupta, A., and Yang, Z. 2007. *Standard implementation framework for opportunistic networks in emergency preparedness and response applications*. In Proceedings of the International Workshop on Research Challenges in Next Generation Networks for First Responders and Critical Infrastructures (NetCri07).

[39] T. Hossmann, F. Legendre, P. Carta, P. Gunningberg, and C. Rohner, *Twitter in disaster mode: Opportunistic communication and distribution of sensor data in emergencies*, in ExtremeCom, 2011.

[40] ] S. Trifunovic, B. Distl, D. Schatzmann, and F. Legendre. *WiFi-opp: ad-hoc-less opportunistic networking*. In Proceedings of the 6th ACM workshop on Challenged networks, CHANTS '11, 2011.