

Método para generar recomendaciones personalizadas para integrar grupos de aprendizaje ubicuo y colaborativo

Margarita Alvarez¹, Silvina Únzaga¹, Elena Durán¹

¹ Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información,
Facultad de Ciencias Exáctas y Tecnologías,
Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina
{alvarez, sunzaga, eduran}@unse.edu.ar

Resumen. La formación de grupos de aprendizaje eficaces representa uno de los principales factores de éxito en el Aprendizaje Colaborativo. Sin embargo, las características distintivas de los alumnos hacen que la operación de formar grupos de aprendizaje adecuados sea una tarea difícil. El advenimiento del m-learning y la evolución de las comunicaciones inalámbricas, ha llevado a buscar soluciones que, además, contemplen la movilidad para el agrupamiento de los estudiantes. Con el surgimiento del aprendizaje ubicuo, se suma la necesidad de considerar las condiciones contextuales que pueden influir en el éxito de un aprendizaje colaborativo y situado. En este trabajo proponemos un método para generar recomendaciones de compañeros con los que un estudiante puede conformar un grupo de trabajo para desarrollar una tarea colaborativamente en un ambiente de aprendizaje ubicuo. El método considera condiciones temporales, académicas, disponibilidad horaria, y cercanía física. Se presenta, además, un ejemplo demostrativo de la aplicación del método.

Palabras Clave: Aprendizaje colaborativo, Aprendizaje Ubicuo, Personalización, Integración de grupos.

1 Introducción

El Aprendizaje Colaborativo (AC) representa un enfoque educativo que Dillenbourg [1] define como “una situación, en la cual dos o más personas aprenden o buscan aprender algo juntas”. Con el surgimiento del e-learning, se ha comenzado a buscar cómo mejorar las pedagogías del AC. Como resultado, desde fines de los noventa, se ha creado una nueva rama del AC llamada Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC). Además, el rápido desarrollo de la comunicación inalámbrica y las tecnologías móviles contribuyó con la aparición de una nueva forma de aprendizaje denominada aprendizaje móvil (m-learning). Este permite a los estudiantes a través del uso de dispositivos móviles aprender en cualquier momento y en cualquier lugar, de manera formal o informal. Como resultado, AC se ha hecho posible en situaciones móviles y entornos del mundo real, dando lugar al Aprendizaje Colaborativo Soportado por Dispositivos Móviles (M-ACSC) [2].

El surgimiento de la computación ubicua y su influencia en el aprendizaje ha permitido un cambio desde el m-learning (basado en la comunicación por redes inalámbricas con dispositivos móviles) al u-learning (basado en la comunicación por redes inalámbricas con dispositivos móviles y tecnología de sensores) [3].

Por otro lado, la formación de grupos de aprendizaje eficaces representa uno de los factores importantes que determinan la eficiencia del AC [4]. De acuerdo con [5], los estudios demuestran que se requieren tres condiciones clave para cualquier AC exitoso: las características de la tarea, los medios de comunicación y la composición del grupo. Sin embargo, las diversidades sociales, culturales, psicológicas y cognitivas de los alumnos hacen que la operación de formar grupos de aprendizaje adecuados sea una tarea difícil y que consume mucho tiempo.

Durante este siglo XXI, coincidiendo con el advenimiento del aprendizaje a distancia, muchos investigadores están intentando ofrecer soluciones (modelos matemáticos, algoritmos de agrupamiento de los estudiantes, sistemas inteligentes, etc.), para el M-ACSC. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones no contemplan la movilidad de los estudiantes. Sólo algunos trabajos [6, 7, 8] se centran en grupos dinámicos en función de la posición del alumno.

En el caso del aprendizaje ubicuo, a todo esto, se suma la necesidad de considerar las condiciones contextuales que pueden influir en el éxito de un aprendizaje colaborativo y situado. Por ejemplo, condiciones ambientales, horarios, objetos de interés del contexto, lugar del aprendizaje, etc. En consecuencia, en este trabajo proponemos un método para generar recomendaciones personalizadas a un estudiante, sobre compañeros con los que puede desarrollar una tarea colaborativamente en un ambiente de aprendizaje ubicuo.

Este artículo se organiza en cinco partes. Primero se define y caracteriza el aprendizaje ubicuo. En la segunda se muestran antecedentes de trabajos que combinan el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje ubicuo. En la tercera parte se describe el método de formación de grupos propuesto. En la cuarta parte se describe un ejemplo de aplicación del método a un caso concreto; y, por último, se presentan conclusiones y trabajos futuros.

2 Aprendizaje Ubicuo

Desde principios de los años 2000, las nuevas tecnologías móviles introdujeron dispositivos con sensores adicionales que proporcionan nuevas direcciones para el aprendizaje asistido por tecnología. Esto ha llevado a una conciencia omnipresente del contexto [9], que permite a los usuarios interactuar y aprender con sensores e identificadores de radiofrecuencia embebidos en los objetos de su entorno. Esta tecnología de computación ubicua ha comenzado a influir en el aprendizaje en diversos campos y disciplinas. Surge así el aprendizaje ubicuo como un paradigma emergente en el campo del aprendizaje soportado por computadora [10], que significa un cambio desde el e-learning convencional (basado tecnológicamente en las redes de computadoras) al m-learning (basado en la comunicación por redes inalámbricas con dispositivos móviles); y otro desde el m-learning al u-learning (basado en la comunicación por redes inalámbricas con dispositivos móviles con tecnología de

sensores) [3]. Burbules [11] destaca que el aprendizaje ubicuo crea un recurso para apoyar el aprendizaje situado y remarca que la colaboración es una ventaja para este tipo de aprendizaje y, de hecho, para muchos propósitos, es indispensable. La potencialidad de un recurso ubicuo a menudo reside en las contribuciones que hacen varias personas.

En [12] identifican cinco características principales del u-learning, a saber: permanencia, accesibilidad, inmediatez, interactividad y conciencia del contexto. Dey y Abowd [13] definen la conciencia del contexto como "la capacidad de un programa o dispositivo para detectar diversos estados de su entorno o de sí mismo". Según ellos, ubicación, identidad, tiempo y ambiente son los principales tipos de contexto para caracterizar la situación de una entidad en particular.

En [3] se definen parámetros de situación que se deben considerar para un aprendizaje ubicuo. Estos son: situación personal detectada por el sistema; situación ambiental detectada por el sistema; feedback del sensor del dispositivo móvil; datos personales recuperados de las bases de datos; y datos ambientales recuperados de las bases de datos. A partir de estos parámetros situacionales, se proponen doce modelos, que pueden usarse para orientar actividades de aprendizaje ubicuo. En este trabajo se han considerado los modelos 11 y 12. *Modelo 11*: Recolección cooperativa de datos y *Modelo 12*: Resolución cooperativa de problemas.

3 Antecedentes

En esta sección se presentan algunos trabajos que combinan el aprendizaje colaborativo con el aprendizaje ubicuo.

En [14] se ofrece un conjunto de servicios basados en agentes, que permiten la construcción de grupos de colaboración mediante la captura de datos, como el gesto de un alumno y la voz, para ser usados en el proceso de razonamiento del agente. Además, se brinda al estudiante conciencia de aquellos miembros con los cuales congenia, según el perfil del alumno, sus intereses e información histórica. En base a esta información contextual, se construyen dinámicamente varios grupos.

En [9] se propone un entorno de aprendizaje omnipresente y contextual que consta de tres sistemas: el sistema de acceso y adaptación de contenido peer-to-peer, el sistema de gestión de anotaciones personalizado y el sistema de discusión en grupo en tiempo real multimedia. Para este último, se ha diseñado un servicio de mensajes, que permite la discusión; mensajería instantánea; el intercambio, filtrado, extracción y la sincronización de mensajes dentro de un grupo. En el diseño de grupo colaborativo que se propone, cada par es libre de iniciar un grupo de interés especial (SIG) y libre de unirse a cualquier SIG iniciado por otros pares en la red peer-to-peer.

Arroyo y otros [15] presentan un sistema personalizable para desarrollar un juego colaborativo de resolución de problemas multiusuario. Aborda la creciente demanda de apelar experiencias de aprendizaje informal en lugares parecidos a museos. El sistema facilita la colaboración remota al permitir que los grupos de estudiantes se comuniquen a través de un sistema de videoconferencia e interactúen simultáneamente a través de una superficie interactiva multitáctil compartida.

Bravo-Torres y otros [16] presentan la plataforma OPPIA (OPPortunistic Intelligent Ambient learning"), un entorno de aprendizaje omnipresente e inteligente,

que despliega redes de aprendizaje esporádicas (SLNs) entre personas (estudiantes, profesores y expertos) que se encuentran en un lugar común o en un lugar remoto pero conectadas a la plataforma a través de Internet. La idea es establecer redes de aprendizaje dinámicas que animen a sus miembros a trabajar colaborativamente y crear un ambiente de aprendizaje con recursos y actividades adecuadas para satisfacer sus necesidades de aprendizaje. Sin embargo, en el artículo no se describe cómo se construyen o establecen tales redes de aprendizaje.

Por último, en [17] se presenta un modelo de enseñanza-aprendizaje colaborativo y ubicuo, que permite no sólo aprender sino adquirir habilidades comunicativas, de cooperación y trabajo grupal. Además, se presenta el diseño de una plataforma que soporta el modelo y facilita a los docentes la creación de cursos de forma colaborativa y ubicua, y a los estudiantes les permite participar en actividades colaborativas. El modelo propuesto no contempla la conformación de los grupos colaborativos.

4 Descripción del Método

Para el diseño del método que permite generar recomendaciones de pares para realizar una actividad colaborativa y ubicua se ha tomado como referencia la estrategia de personalización para aplicaciones de aprendizaje ubicuo presentada en [18]. En la misma se consideran los siguientes tipos de adaptaciones: *Didáctica*, *de Interfaz* y *Colaborativa*. Esta última consiste en adaptar las recomendaciones para las actividades colaborativas del estudiante acorde a las características personales y contextuales propias de los mismos y de sus posibles colaboradores (*pares* o *expertos*). La estrategia propone un enfoque de personalización híbrido que combina la *personalización basada en perfiles de usuario* con la *personalización sensible al contexto*. Mediante la personalización basada en perfiles de usuario se ofrece el material educativo de acuerdo con el estilo de aprendizaje y considerando los conocimientos previos del estudiante. Empleando una personalización sensible al contexto se muestra el material educativo de acuerdo con las características del dispositivo que usa el estudiante en el momento del aprendizaje, de la red de comunicación empleada, su ubicación con respecto al punto de interés (PI), su ubicación con respecto a los expertos o compañeros con los que trabaja, su tiempo disponible y el de sus compañeros. Se utiliza además un enfoque semántico mediante el uso de ontologías para el modelado tanto de los datos del perfil de usuario como del contexto. En [19] se presentó el diseño de las ontologías. A continuación, se describen únicamente las que son necesarias para recomendar grupos de estudiantes para realizar actividades ubicuas y colaborativas:

- *Ontología del Modelo del Estudiante*: describe los datos personales, conocimientos previos, estilo de aprendizaje y nivel de interactividad. Este último dato es fundamental para conformar los grupos colaborativos. Para determinar el nivel de interactividad se consideró el trabajo de Hsieh et. al [8] donde se propone analizar los datos de las intervenciones de los estudiantes y se clasifica a cada alumno con nivel “Alto”: son aquellos estudiantes que trabajan fácilmente en equipo y nivel “Bajo”: son los estudiantes que están aislados y no les gusta construir conexión con otros.

- *Ontología del Modelo del Dominio*: representa los temas, tareas y las clases que permiten la organización y representación de los OA sobre temas del dominio de la aplicación.
- *Ontología de PI*: describe los objetos o lugares sobre los cuales el estudiante puede realizar un aprendizaje.

El método que aquí se presenta para generar recomendaciones de pares que puedan realizar una actividad colaborativa y ubicua, ha sido diseñado en base a la estrategia de personalización descripta y a los parámetros situacionales definidos en [3] y presentados en la sección 2. Los mismos se particularizan para este método de la siguiente manera: a) *Situación personal detectada por el sistema*: ubicación del estudiante, b) *Situación ambiental detectada por el sistema*: ubicación de los compañeros, c) *Feedback del sensor del dispositivo móvil*: Código QR del PI sensado. d) *Datos personales recuperados de las Ontologías*: Nivel de conocimiento de los estudiantes, OA de cada PI, datos del curso, metadatos de los OA (pre-requisitos, tiempo mínimo y máximo para realizar la actividad), e) *Datos ambientales recuperados de las Ontologías*: restricciones horarias de los PI. A estos parámetros situacionales se agregan los *Datos ingresados por el estudiante* a través de su dispositivo móvil, tales como: su identificación, curso y actividad seleccionada, y su tiempo disponible para realizar la tarea.

Asumiendo que el estudiante ha seleccionado una actividad colaborativa para realizar en un determinado entorno, el método personalizado para la recomendación de grupo de estudiantes comprende las siguientes etapas (figura 1):

- Verificación de condiciones temporales*: a partir de la actividad seleccionada, se filtran los PI involucrados en la tarea. Por cada PI se debe verificar si el horario actual se encuentra en el rango de las restricciones horarias del PI. Esta información se infiere de las ontologías del Modelo de Dominio y de PI.
- Selección de pares basada en el perfil de estudiante*: se obtiene una lista de compañeros de grupo candidatos que deben cumplir con las condiciones: tienen que realizar la misma actividad y deben haber concluido con los temas y/o actividades anteriores que son pre-requisitos para realizar la actividad ubicua y colaborativa actual. Para realizar esta etapa, se requiere determinar el tema de la actividad y los pre-requisitos necesarios para realizarla, infiriendo este conocimiento de la ontología del Modelo de Dominio. Luego se infiere desde la ontología del Modelo del Estudiante, aquellos alumnos que cumplen con las condiciones académicas descriptas.
- Selección de pares basada en tiempo disponible*: a partir de la lista obtenida anteriormente, se infieren los compañeros cuyos tiempos disponibles (dato ingresado por los estudiantes a través de sus dispositivos móviles) sea mayor o igual a lo consignado como tiempo necesario para realizar la actividad (obtenido de la Ontología del Modelo de Dominio).
- Selección de pares basada en el perfil de interacción de los estudiantes*: En este método se propone que a partir de la lista de compañeros candidatos anterior se infiera a los estudiantes que tiene un alto nivel de interactividad y a los que poseen un bajo nivel de interactividad de manera tal de obtener grupos heterogéneos. Los datos del nivel de interactividad se obtienen de la Ontología del Modelo del Estudiante. Como salida de esta etapa se obtienen dos listas de estudiantes, una con los de alto nivel de interactividad y la otra con los de bajo nivel.

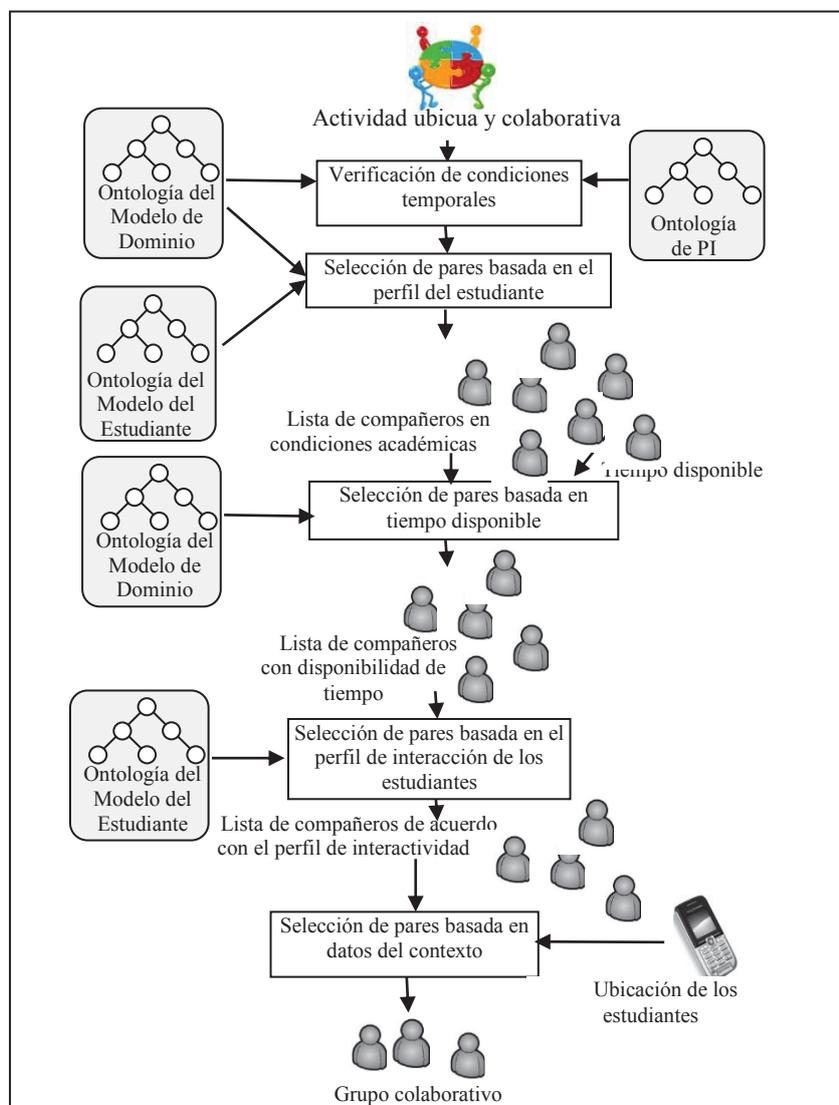


Figura 1: Método de Personalización para aplicaciones de aprendizaje ubicuo y colaborativo

- e) *Selección de pares basada en datos del contexto:* a partir de las listas generadas en la etapa anterior, se infieren aquellos compañeros que se encuentren físicamente en una ubicación cercana. En este caso para la formación del grupo se considera la propuesta de [7] que utiliza el algoritmo de Dijkstra. El mismo calcula el camino más corto desde un nodo origen hacia los demás nodos del grafo. En este método, el nodo origen es la ubicación geográfica del alumno que requiere realizar la actividad ubicua y colaborativa y los restantes nodos del grafo son la posición (latitud y longitud) de los otros estudiantes que integran las listas obtenidas en el

paso anterior. La información de las coordenadas geográficas de los estudiantes se obtiene del GPS de sus dispositivos. El grafo tendrá dos tipos de nodos que diferencian a los estudiantes con alto y bajo nivel de interactividad. Previo a la aplicación del algoritmo se calculan las distancias entre los nodos, valor que se asigna a las aristas del grafo. Bajo la premisa de conformar grupos pequeños (4 integrantes) y heterogéneos (con al menos uno de cada nivel de interactividad) fue necesario modificar el algoritmo de Dijkstra. El algoritmo deberá encontrar el camino más corto desde el nodo origen hasta completar un recorrido de 4 nodos con estudiantes heterogéneos. Ya que el algoritmo presenta un orden de complejidad de $O(|V|^2)$, sin utilizar cola de prioridad, con $|V|$ = cantidad de vértices, se considera adecuado realizar los filtrados presentados en los ítems para reducir los posibles candidatos, y por lo tanto disminuir la cantidad de vértices.

En resumen, los criterios utilizados en el método se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios de agrupamiento empleados en el método

CRITERIOS DE AGRUPAMIENTO	OBJETIVO	DATOS NECESARIOS	FUENTE
Condiciones temporales	Verificar si la actividad se puede realizar en ese momento, acurdo a la disponibilidad de los PI	Hora actual	Reloj
		Restricción horaria de PI	Ontología de PI.
Condiciones académicas	Lograr homogeneidad en los conocimientos de los integrantes del grupo, reuniendo los que deban realizar la misma actividad y tengan los conocimientos previos.	Conocimiento previo del estudiante.	Ontología del Modelo del Estudiante.
		Tema de la actividad Pre-requisitos	Ontología del Modelo de Dominio
Tiempo disponible	Lograr que los estudiantes que integren el grupo tengan tiempo disponible (en ese momento) para realizar la actividad.	Tiempo disponible de los estudiantes.	Ingresado por los estudiantes.
		Tiempo necesario para realizar la actividad.	Ontología del Modelo de Dominio.
Interacción	Formar grupos de estudiantes heterogéneos que mejoren la interacción real (con alto y bajo nivel de interactividad).	Nivel de interactividad.	Ontología del Modelo del Estudiante.
Ubicación	Lograr grupos de aprendizaje con estudiantes que se encuentran cerca.	Ubicación de cada estudiante.	GPS de los dispositivos.

5 Ejemplo de aplicación del método

Teniendo en cuenta el método descrito se propone su aplicación para recomendar a los estudiantes del curso de ingreso a la universidad, integrantes de grupos con quienes realizar una actividad colaborativa y ubicua. Esta actividad permitirá aprender sobre los aspectos académicos y administrativos de la vida universitaria: inscripciones, becas, horarios de clases, etc. Para el diseño de la actividad se tienen en cuenta uno de los modelos de aprendizaje ubicuo propuestos por [3] y presentados en la sección 2: *Modelo 11: Recolección cooperativa de datos*. Se le pide a un grupo de estudiantes recolectar colectivamente los datos del mundo real y discutir sus hallazgos con otros a través de dispositivos móviles. Para la actividad propuesta se considera además un aprendizaje colaborativo (construcción conjunta). En este marco, se

plantea la siguiente actividad identificada como ACT23, que tiene como pre-requisitos el haber completado las actividades ACT10 y ACT8 y requiere 2 hs para su desarrollo.

Objetivo de la actividad: construir colaborativamente un mapa o esquema ilustrado que identificar y visualizar los lugares de la universidad o PI a los que debe dirigirse un estudiante para realizar diferentes trámites académicos y administrativos.

Descripción de la actividad: Dado los siguientes trámites: inscripción por materias correspondientes al primer año, gestionar becas de estudio y solicitar un libro en la biblioteca. Se pide: 1) Identificar los PI que se encuentren involucradas en los mismos. 2) Obtener imágenes e información de cada PI. 3) Realizar el mapa incluyendo las imágenes y los instructivos de cada trámite.

Situación: El estudiante A1 quiere hacer la tarea descripta, se asume que son las 11 hs y se encuentra en la Universidad. En la tabla 2 se muestran los datos de los otros estudiantes.

Tabla 2: Datos de los alumnos

Alumnos	Actividad Realizada	Tiempo Disponible	Nivel de Interactividad
A1	ACT10, ACT8	2 hora	Alto
A2	ACT8, ACT10	1 hora	Bajo
A3	ACT8, ACT10	3 horas	Alto
A4	ACT2, ACT10, ACT8	2 horas	Bajo
A5	ACT6, ACT23	3 horas	Bajo
A6	ACT23, ACT18	1 hora	Alto
A7	ACT8, ACT7, ACT10	2 horas	Alto
A8	ACT3, ACT9	3 horas	Bajo
A9	ACT8, ACT10	3 horas	Bajo
A10	ACT23	2 horas	Bajo
A11	ACT2, ACT8, ACT10	2 horas	Bajo
A12	ACT8, ACT23	4 horas	Bajo
A13	ACT3, ACT8, ACT10	2 horas	Alto

Aplicación del método: de la aplicación del paso a) *Verificación de condiciones temporales* surge que los PI involucrados en esta actividad son: PI1 Dpto. Alumnos, PI2 Dpto. Becas y PI3 Biblioteca. El horario en que se encuentran disponibles es de 8 a 20 hs. Como son las 11 hs, es posible acceder a los tres PI. Aplicando el paso b) se descarta a A5, A6, A10 y A12 porque ya han realizado la ACT23, y a A8 porque aún no ha realizado los requisitos previos ACT8 y ACT10. Aplicando el paso c) se descarta a A2 porque su tiempo disponible es inferior a las 2 hs necesarias para hacer la tarea. Aplicando el paso d) se obtienen dos listas de alumnos: lista 1 con nivel de interactividad alta formada por A1, A3, A7, A13 y la lista 2 con nivel de interactividad baja formada por A4, A9, A11. A partir de estas lista se aplica el paso e) y se construye el grafo, donde los vértices identifican a los alumnos, los que están sombreados son alumnos con nivel de interactividad "Alto" y los sin sombreados "Bajo" y en las aristas se informan las distancias entre ellos. Se aplica el algoritmo de Dijkstra y se obtiene el grupo final de estudiantes más cercanos a recomendar para realiza la tarea colaborativa y ubicada (figura 2), cumpliendo con las restricciones de armar un grupo pequeño y con al menos un integrante con nivel de interactividad distinto al del nodo origen. En consecuencia la lista a recomendar es: A1, A4, A11, A13.

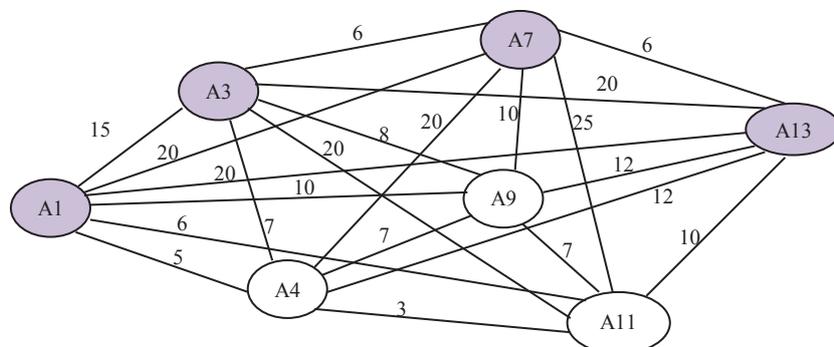


Figura 2: Grafo con los alumnos candidatos a formar el grupo colaborativo

6 Conclusiones y Trabajos Futuros

El objetivo de este trabajo fue proponer una solución al agrupamiento de estudiantes cuando tienen que realizar un aprendizaje situado y colaborativo apoyado por tecnología de computación ubicua. El método propuesto tiene como fortaleza que contempla en el agrupamiento los parámetros situacionales que son relevantes en un aprendizaje ubicuo: la ubicación del estudiante y de sus compañeros, nivel de conocimiento de los estudiantes, tiempo disponible para realizar la tarea y nivel de interactividad de cada estudiante. Esto permite obtener grupos homogéneos en cuanto al nivel de conocimiento de sus integrantes y heterogéneos en cuanto al nivel de interactividad. Otra fortaleza del método es considerar la cercanía de los integrantes para el agrupamiento. Esto se logra aplicando el Algoritmo de Dijkstra. Pero como este algoritmo presenta un orden de complejidad creciente según el número de vértices del grafo, se consideró adecuado realizar filtrados de candidatos por otros criterios para reducir la cantidad de vértices. Además, se impone la restricción de recomendar un grupo que cumpla con la condición de ser pequeño (no más de cuatro integrantes) para eficientizar la tarea, y heterogéneo en cuanto al nivel de interactividad. Para ello, se propuso la modificación del Algoritmo de Dijkstra, considerando en el grafo dos tipos de nodos y armando el camino de manera de lograr como objetivo el camino más corto constituido por 4 nodos, donde al menos uno debe ser de un tipo diferente al nodo origen. Como trabajo futuro planeamos implementar el método y evaluar su impacto en aplicaciones de u-learning concretas.

Referencias

1. Dillenbourg, P.: What do you mean by collaborative learning? In: P. Dillenbourg (Ed.), Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches, 1-19. NY:Elsevier (1999)
2. Zurita, G. and Nussbaum M.: Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computer & Education*. 42(3), 289-314 (2004)

3. Hwang, G. J., Tsai, C. C. and Yang, S. J. H.: Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. *Educational Technology & Society*, 11, 2, 81–91 (2008)
4. Amara S., Macedo J., Bendella F. and Santos A.: Group Formation in Mobile Computer Supported Collaborative Learning Contexts: A systematic literature review, *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 19, pp. 258-273 (2016)
5. Dillenbourg, P.: Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design. In P. A. Kirschner (Ed.), *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL?* (pp. 61–91). Heerlen: Open Universiteit Nederland (2002)
6. Wassa Mballo M. H.: *Forming groups of mobile learners that promote collaborative learning supported by mobile devices*. Springer (2017)
7. Messeguer, R., Medina, E., Royo, D., Navarro, L., and Juárez, J. P.: Group prediction in collaborative learning. In Callaghan, V., & Kameas, A. (Eds.), *The 6th IEEE International Conference on Intelligent Environments* (pp.350-355). IEEE Computer Society (2010)
8. Hsieh, J. C., Chen, C. M. and Lin, H. F.: Social interaction mining based on wireless sensor networks for promoting cooperative learning performance in classroom learningenvironment. In: U. Hoppe et al. (Eds.), *The 6th IEEE international conference on wireless, mobile, and ubiquitous technologies in education* (pp.219-221). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society (2010)
9. Yang, S. J. H.: Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-to-Peer Collaborative Learning. *Educational Technology & Society*, 9 (1), 188-201 (2006)
10. Okamoto, T. and Tseng, S. S.: Context-aware and ubiquitous learning (Guest editorial). *Educational Technology & Society*, 11, 2, 1–2 (2008)
11. Burbules N.: L'apprentissage omniprésent et l'avenir de l'enseignement. *Rencontres on Education*, Vol. 13, 3 – 14 (2012)
12. Yahya S., Ahmad E. A. and Jalil K. A.: The definition and characteristics of ubiquitous learning: A discussion. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*. Vol. 6, Issue 1, pp. 117-127 (2010)
13. Dey, A.K. and Abowd, G.D.: *Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness*. CHI 2000 Workshop on the What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness (2000)
14. Zhang, G., Jin, Q., and Lin, M: A Framework of Social Interaction Support for Ubiquitous Learning. Paper presented at the 19th International Conference of Advanced Information Networking and Applications, March 28-30, 2005, Tamkang University, Taiwan (2005).
15. Arroyo E., Righil V., Tarrago R., Santos P., Hernandez-Leo D. and Blat J.: Remote Collaborative Multi-User Informal Learning Experiences: Design and Evaluation. *Towards Ubiquitous Learning*, 43-56 (2011).
16. Bravo Torres, J. F., Ordoñez Morales, E. F., López Nores, M. and Blanco Fernández, Y.: OPPIA: A context-aware ubiquitous learning platform to exploit short-lived student networks for collaborative learning. In 8th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU). Rome, Italy: INSTICC. (2016)
17. Coto M., Collazos C.A. and Rivera S. M.: Collaborative and Ubiquitous Model to Support Teaching and Learning Processes in Iberoamerica. *Revista de Educación a Distancia*. Núm. 48. Art. 10 (2016)
18. Alvarez M. M.; Duran E. B. y Unzaga, S. I.: *Recomendaciones Personalizadas para Aplicaciones de Soporte al Aprendizaje Ubicuo*. XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2015), Buenos Aires. Argentina. (2015).
19. Durán E. B., Álvarez, M. M. and Unzaga S. I: "Ontological model for the personalization of u-learning applications". EATIS 2016. Cartagena de Indias. Colombia. Publicado en IEEE Xplore. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7520154/>. (2016)