Evaluación a través de mini-artículos a nivel de máster en ingeniería: más allá de lo puramente técnico

Antoni Morell y José L. Vicario

Departamento de Telecomunicación e Ingeniería de Sistemas (TES). Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). E-mails: antoni.morell@uab.es, jose.vicario@uab.es.

Resumen: En etapas formativas previas al doctorado (máster), la importancia de las competencias relacionadas con la adquisición de conocimientos decrece y adquieren mayor importancia otras competencias como la capacidad de ser crítico con el trabajo propio (auto-evaluación) y el de los demás, la capacidad de comunicación oral o bien la capacidad de argumentación técnica. En este artículo se describe y analiza una experiencia de evaluación que se basa en la redacción de un mini-artículo de investigación a partir de un artículo dado y la posterior revisión por parte de todo el grupo (alumnos y profesorado). Esta última parte cuenta con una revisión formal y por escrito por parte de los alumnos (revisión entre pares) y una discusión técnica una vez se ha expuesto el trabajo al grupo a través de una presentación oral.

Palabras clave: evaluación horizontal, exposición oral, auto-evaluación, evaluación por pares.

Title: Evaluation using mini-articles in engineering: beyond the technical aspect

Abstact: In the pre-doctoral stage, the strictly technical skills of the students become less important in comparison to other competences such as the capacity of being critical with the own work and the work of the others, the ability in oral presentations or the capacity to discuss technically. This article describes and analyses an evaluation experience that is based on writing a mini-paper (given a research article) and peer-reviewing it. To do so, the students write a formal review of each mini-paper before the work is exposed through an oral presentation. Afterwards, there is a technical discussion where all the students and professors are involved in.

Keywords: horizontal evaluation, oral presentation, self-assessment, peer-review.

Introducción

El alumno español ha sido sometido durante muchos años y a todos los niveles a una evaluación vertical en la que es imprescindible la figura del evaluador, de rango académico superior al del alumno evaluado y cuya objetividad en el proceso de evaluación es raramente cuestionada. Esta situación parece adecuada en niveles formativos bajos ya que la diferencia de altura académica entre profesor y alumno es aún grande. No obstante, a medida que el alumno va

avanzando en sus estudios, esta diferencia se reduce y con ella, también la necesidad de establecer una evaluación rígida, muy guiada y unipersonal.

En el ámbito de las ingenierías, la evaluación vertical tiende a implementarse de una forma donde se suele dar mucha importancia a los conocimientos que el alumno ha adquirido, pero se deja de lado otras aptitudes o habilidades que le serán necesarias también en su carrera profesional. Una prueba de ello se encuentra en (Gracia, 2011), donde se evidencian las dificultades que tienen los alumnos en el ámbito de la exposición oral.

Este artículo se centra en alumnos cuyo nivel formativo es elevado (alumnos de máster) y en particular se trabaja con estudios de máster que están orientados como vía de entrada al mundo de la investigación a través del doctorado. En dicho entorno, la evaluación por pares aparece a menudo, por ejemplo cuando se somete una ponencia a un determinado congreso, un artículo de investigación a cierta revista especializada o bien cuando se pide un proyecto competitivo de investigación. La razón de este proceder es totalmente lógica puesto que ya no existe un "ente superior" capaz de discernir entre lo que está bien y lo que está mal de forma absoluta. Se recurre entonces a varios expertos sobre la temática en cuestión y se hace una valoración global con los distintos juicios emitidos, puesto que pueden y suelen existir matices en las distintas opiniones. Llegados a este punto, es inevitable hacer la siguiente reflexión: Si es así como los estudiantes van a ser evaluados en su trabajo de investigación, ¿por qué no incluir este tipo de evaluación ya en la etapa formativa (máster de investigación)?

Este paradigma de evaluación alternativa en el que se da mucha importancia tanto a la evaluación por pares (Topping, 1998) como a la auto-evaluación, se enmarca dentro del concepto de evaluación participativa y ha sido estudiado por varios autores (Alkin, 2004; Burke, 1998; Cousins, 2005; Fitzpatrick, Sanders y Worthen, 2004; Jackson y Kasam, 1998; Whitmore, 1998). Incluso existen proyectos como (PEER, 2010) dedicados a estas temáticas, demostrando el creciente interés en este tipo de evaluación. Finalmente, en (Thiele, Devaux, Velasco y Horton, 2007) se muestra otra experiencia exitosa en cuanto a evaluación participativa se refiere. En este caso se va un poco más allá extendiendo las ideas de la evaluación participativa a redes sociales que incluyen tanto personas como organizaciones, dando lugar a lo que los autores definen como evaluación horizontal. Esta denominación encaja con la de (Cousins y Whitmore, 1998) en la que se describe la evaluación horizontal como un tipo de evaluación participativa en la que profesores (profesionales cualificados en sentido amplio) y alumnos (o aprendices) colaboran tanto en el desarrollo de cierto proyecto como en su evaluación.

Bajo esta perspectiva, el presente artículo propone y analiza una actividad de evaluación horizontal realizada con estudiantes de máster de ingeniería. A continuación se hace una breve descripción de la actividad propuesta. En primer lugar, un grupo reducido de alumnos debe realizar un mini-artículo sobre un determinado tema (relacionado con la asignatura impartida). Luego el artículo es revisado y evaluado por los compañeros, lo que debe haberse realizado previamente a la exposición oral del trabajo. Finalmente, dicha exposición deriva en una discusión técnica entre los alumnos y el profesorado de la asignatura.

El resto del presente artículo se compone de las siguientes secciones. En primer lugar, se describe la asignatura en la que se ha realizado la experiencia.

Acto seguido se describe detalladamente la actividad propuesta para luego discutir sobre las habilidades o competencias que se pretenden trabajar o desarrollar en el alumno. Sigue una presentación del material entregado a los alumnos para luego dar paso a los criterios de evaluación utilizados. Finalmente, el artículo se cierra con la discusión de los resultados obtenidos y las conclusiones.

Descripción de la asignatura

La asignatura en la que se ha llevado a cabo la actividad recibe el nombre de "Large Scale Networks: Bio-Inspired and Distributed Techniques" y se imparte en el segundo y último curso del máster de investigación en Diseño de Sistemas de Telecomunicación de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), el cual abre las puertas al doctorado.

Se trata de una asignatura semestral que se imparte en la primera mitad del curso y cuyo temario se divide en tres grandes bloques. En primer lugar, los alumnos aprenden los conceptos fundamentales y a su vez clásicos sobre optimización de grandes redes. Son contenidos importantes para un ingeniero de telecomunicación que actualmente no se ven reflejados en los actuales planes de estudio de la ingeniería técnica y superior. La segunda parte de la asignatura está dedicada a técnicas distribuidas y en particular se habla de codificación de fuente distribuida, posicionamiento distribuido y detección distribuida. Por último, el tercer bloque de la asignatura se centra en aplicaciones de procesado de señal y de optimización de redes basadas en modelos biológicos.

El grupo de alumnos con que cuenta la asignatura es reducido (en torno a los 10 estudiantes), hecho que facilita el realizar actividades (y en particular actividades de evaluación) que van más allá del examen individual. En este caso el método de enseñanza-aprendizaje ha sido una mezcla entre las clases magistrales de teoría y el aprendizaje basado en la realización de proyectos de investigación/exploración. Así pues, la asignatura se divide cronológicamente en cuatro etapas de duraciones semejantes. Las primeras tres etapas se dedican a clases magistrales (una etapa por cada parte de la asignatura) y la última etapa se dedica a la realización del mini-artículo con revisión entre pares que detallamos en la siguiente sección. Esta actividad es la que se usa principalmente para evaluar a los alumnos además de la entrega de pequeños ejercicios de cada una de las partes en las que se divide el curso.

Actividad realizada: el mini-artículo con revisión entre pares

Para realizar la actividad, es necesario dividir al alumnado en grupos de 2-3 personas. Una vez establecidos los grupos, la actividad propuesta consta de las siguientes fases:

1) El profesorado escoge un artículo de investigación relacionado con cada una de las partes de la asignatura. Dicho artículo debe ser representativo de alguna de las partes y debe dar suficiente juego para que los estudiantes trabajen sobre él. Se procura siempre seleccionar al menos un artículo de cada una de las partes y una vez hecha la selección, se asigna un artículo a cada grupo aleatoriamente.

2) Los alumnos reciben el artículo y se ponen a trabajar en él durante un tiempo aproximado de un mes. Se les pide que lo lean detalladamente, hagan

una implementación software de las técnicas propuestas y desarrollen posibles mejoras. Alternativamente y en función de la complejidad del artículo, se les puede pedir simplemente una valoración técnica de lo que han implementado. Durante este tiempo, los alumnos pueden hacer tutorías con el profesorado, a voluntad de estos últimos y a modo de recibir orientación. Una vez realizado el trabajo, cada grupo debe escribir los resultados obtenidos en el formato típico de los artículos de investigación con una extensión de entre dos y tres páginas.

3) Cada grupo distribuye su mini-artículo con el resto de alumnos en la fecha indicada. A partir de ese momento y con un tiempo aproximado de una semana, todos los alumnos deben leer los artículos realizados y generar un informe siguiendo una plantilla de evaluación que se les proporciona (un informe por alumno). Todos los informes deben ser entregados al profesorado.

4) La actividad concluye con la exposición oral. En uno o varios días a final de curso, cada grupo debe presentar su trabajo al resto de alumnos. Las exposiciones se limitan a 10-15 minutos y acto seguido se establece un periodo de 15-20 minutos en el que el resto de alumnos (habiendo revisado el trabajo) expone sus dudas y críticas. Con esto se inicia un proceso de discusión con el grupo que ha realizado el trabajo y en el que el profesorado interviene a voluntad. La participación de los alumnos en esta última fase de la actividad se tendrá también en cuenta en su evaluación.

Una vez finalizada la actividad, el profesorado evalúa al alumno teniendo en cuenta su aportación técnica, su capacidad de exposición de contenidos y su capacidad de argumentar y defender las decisiones tomadas, tanto en su propio trabajo como en el trabajo de revisión que ha realizado. No obstante, antes de hablar sobre el método de evaluación, se exponen en la siguiente sección los motivos que han llevado a realizar esta actividad y en particular, las habilidades/competencias que se pretenden desarrollar en el alumno.

Motivación pedagógica en la actividad propuesta

Teniendo en cuenta que los alumnos a los que va dirigida esta actividad se encuentran en el final de su etapa formativa (en sentido estricto ya que la siguiente etapa es el doctorado), se ha planteado la actividad con la intención de trabajar algunas habilidades no habituales en los alumnos que les podrán ser útiles en un futuro próximo. Es decir, se pretende conseguir algo más que la simple adquisición de conocimientos técnicos. Además, alcanzado su nivel formativo, cabe suponer que los alumnos han demostrado ya su validez en este aspecto más técnico, por lo que incidir en otros puntos sin dejar de lado la parte ingenieril está plenamente justificado. No obstante, la parte técnica también se trabaja, y además intensamente, aunque de forma focalizada ya que cada grupo centra su trabajo en una de las partes de la asignatura siguiendo la filosofía del aprendizaje basado en problemas (Bruner, 1973; Jones, Rasmussen y Moffitt, 1997; Knoll, 1997; Moursund, 1999; Thomas, Mergendoller, y Michaelson, 1999), el cual se ha mostrado a lo largo de los últimos años como un método válido y eficiente (Thomas, 2000). Nótese que, para este caso en particular, el hecho de simular una o varias técnicas, analizarlas y proponer mejoras requiere, imprescindiblemente, entender bien la parte teórica.

Los otros aspectos que se pretenden trabajar con esta actividad, más allá de la adquisición de conocimientos técnicos, son:

- Capacidad de comunicar un trabajo técnico a través de la presentación oral.
- Capacidad de hacer una revisión crítica del propio trabajo y del trabajo de los demás.
- Capacidad de defender y argumentar el trabajo realizado.
- Toma de conciencia de lo que supone un proceso de revisión entre pares, tanto desde el punto de vista del evaluador como del evaluado.

La capacidad de comunicar eficazmente el trabajo realizado es realmente necesaria en el investigador y a menudo no se le otorga el nivel de importancia debido. De hecho, se ha observado que es una capacidad poco desarrollada en estudiantes de ingeniería (Gracia, 2011). Por un lado, hay que tener en cuenta que los conceptos a transmitir podrán ser más o menos complejos y por ello es imprescindible que sean expuestos de forma gráfica, clara y ordenada. De no ser así, la audiencia perderá ya desde un primer momento el interés por la exposición. Aparte, es importante que el alumno vaya trabajando a través de la práctica las habilidades comunicativas y procure abandonar los discursos monótonos y aburridos, apoyándose adecuadamente en los medios gráficos de que dispone (Blaschke y Palao, 2003; Carnegie, 1992; Hindle, 1998). Por otro lado, es importante también que se concentre en estructurar su presentación de forma que el nivel de complejidad sea creciente, ya que de esta forma conseguirá llegar a mayor parte de la audiencia. Hay que tener en cuenta que, dado el nivel de especificidad en el que va a trabajar en su etapa de investigador, es altamente probable que no toda su audiencia tenga el mismo nivel de conocimiento del tema tratado. Por ello, es importante saber iniciar el discurso a alto nivel y siendo lo más intuitivo posible para conseguir llegar también a esta parte del público. Luego, a medida que avanza en su exposición, es el momento de afrontar los detalles que serán de interés para el público más especializado.

En cuanto a la capacidad de hacer una revisión crítica tanto del propio trabajo como del trabajo de los demás el objetivo de la actividad propuesta es poner al alumno ante una realidad que tiene cierto grado de parecido con situaciones que encontrará en su etapa de investigador, como por ejemplo la publicación de artículos de investigación. Así pues, el alumno deberá tomar conciencia de la necesidad de ser riguroso y honesto tanto con su propio trabajo como con el de los demás. Téngase en cuenta que se le pone bajo el punto de mira del profesorado y de sus compañeros durante la fase de preguntas después de la exposición oral. Por lo tanto, será importante realizar un trabajo consistente que suscite el menor número de críticas negativas posible. A su vez, el resto de alumnos deberá ser crítico en su función evaluadora, ya que de su participación depende también la nota que éstos van a obtener, la cual se mide en términos de la calidad técnica y originalidad en las aportaciones.

Ahora bien, el hecho de plantear una presentación oral con turno de preguntas y posterior discusión técnica permite ir aún un paso más allá si cabe. No sólo es importante llevar a cabo un trabajo lo más sólido posible sino que también hay que ser consciente de cuáles son los puntos fuertes y débiles de éste. Discernir los puntos fuertes nos servirá para transmitir a la audiencia una idea clara de cuál es nuestra contribución mientras que tener claros los puntos débiles nos permitirá analizarlos con detenimiento, ver si quitan la validez del trabajo desde

un punto de vista objetivo, mejorarlo si es posible y, en caso contrario, ser capaces de argumentar por qué motivo/os esto no es así.

Por último, el estudiante toma consciencia sobre qué es y qué implica un proceso de revisión entre pares a través de su propia experiencia. Debe ser capaz de valorar el esfuerzo realizado por la/s persona/as que presenta/an el trabajo y tomarse el proceso de revisión con seriedad, asegurándose de fundamentar bien sus críticas e intentar que sean constructivas. También, como autor del trabajo, debe ser consciente del hecho que un buen trabajo técnico no garantiza el éxito por sí solo ya que éste únicamente se consigue cuando además se es capaz de transmitir bien las ideas. Esto implica exponer el trabajo de forma clara y breve, mostrar su razón de ser y compararlo con otras soluciones existentes. El turno de preguntas y la posterior discusión técnica debe dar esa retroalimentación al estudiante para que vea si realmente ha sido capaz de transmitir el mensaje y si la evaluación implícita que recibe coincide o no con la auto-evaluación que haya podido hacer.

Material entregado a los alumnos

El material que se entrega a los alumnos es: i) artículo de investigación en el que deben basar su trabajo y ii) plantilla de revisión que usan para valorar el resto de trabajos. Dicha plantilla es muy parecida a las que se entregan a los revisores anónimos de las revistas técnicas especializadas. En el Anexo I se puede ver un posible ejemplo (en inglés, ya que es la lengua vehicular de la asignatura donde se ha hecho la actividad aquí descrita).

Criterios de evaluación

La evaluación de la actividad debe tener en cuenta las cuatro partes que la componen, es decir:

- El propio trabajo (aportación técnica).
- La revisión de otros trabajos (capacidad de evaluación crítica).
- La exposición oral (capacidad de comunicación).
- La discusión técnica posterior a la exposición (capacidad de argumentar técnicamente).

A continuación se muestra en la tabla 1 la plantilla de evaluación que se ha usado para calificar la actividad a través de una serie de indicadores. Cada indicador recibe una valoración que va de 0 a 10 puntos, siendo 10 puntos la máxima puntuación. La tabla incluye también el peso que se da a cada una de las partes así como a cada uno de los indicadores dentro de cada una de éstas. Nótese que se ha procurado hacer una lista de indicadores suficientemente representativa pero conteniendo su tamaño para facilitar la tarea del evaluador. Téngase en cuenta también que cada una de las calificaciones debe ser consensuada entre los profesores de la asignatura con el objetivo de conseguir el mayor nivel de objetividad posible, imprescindible en toda actividad de evaluación.

Trabajo realizado (35%)			
Indicador	**Peso**	**Nota**	**Comentarios adicionales**
Comprensión del artículo asignado	25%		
Rigurosidad en la implementación	20%		
Originalidad en las mejoras propuestas (trabajo de innovación) / capacidad de análisis y síntesis (trabajo de exploración)	30%		
Nivel de profundidad y coherencia lógica en el trabajo desarrollado	25%		
Revisión de otros trabajos (20%)			
Indicador	**Peso**	**Nota**	**Comentarios adicionales**
Comprensión del trabajo	30%		
Detección de puntos fuertes y débiles	35%		
Propuesta de mejoras	35%		
Exposición oral (25%)			
Indicador	**Peso**	**Nota**	**Comentarios adicionales**
Organización de contenidos, nivel creciente de complejidad	35%		
Selección y transmisión clara de las ideas clave	25%		
Capacidad de atraer el interés de la audiencia	20%		
Limitación al tiempo establecido	10%		
Uso adecuado de los recursos de apoyo	10%		
Discusión técnica (20%)			
Indicador	**Peso**	**Nota**	**Comentarios adicionales**
Participación	40%		
Calidad técnica y originalidad en las aportaciones	30%		
Capacidad de reacción y argumentación	30%		

Tabla 1. Plantilla de evaluación de la actividad.

Resultados obtenidos

Después de haber realizado la actividad durante dos cursos académicos con un total de diez alumnos, podemos afirmar que los resultados han sido positivos en su globalidad. En la tabla 2 se indica el grado medio de cumplimento de cada uno de los indicadores usados en la evaluación, siendo 0 el grado menor y 10 el grado mayor.

Trabajo realizado	
Indicador	**Grado de cumplimiento**
Comprensión del artículo asignado	9
Rigurosidad en la implementación	8
Originalidad en las mejoras propuestas (trabajo de innovación) / capacidad de análisis y síntesis (trabajo de exploración)	6
Nivel de profundidad y coherencia lógica en el trabajo desarrollado	7
Revisión de otros trabajos	
Indicador	**Grado de cumplimiento**
Comprensión del trabajo	9
Detección de puntos fuertes y débiles	7
Propuesta de mejoras	5
Exposición oral	
Indicador	**Grado de cumplimiento**
Organización de contenidos, nivel creciente de complejidad	7
Selección y transmisión clara de las ideas clave	7
Capacidad de atraer el interés de la audiencia	6
Limitación al tiempo establecido	9
Uso adecuado de los recursos de apoyo	9
Discusión técnica	
Indicador	**Grado de cumplimiento**
Participación	9
Calidad técnica y originalidad en las aportaciones	6
Capacidad de reacción y argumentación	7

Tabla 2. Resultados medios de la evaluación.

A nivel técnico, el hecho de forzar a los estudiantes a ir un paso más allá con el material que se les proporciona, les ha obligado a alcanzar una buena comprensión de los conceptos tratados en el artículo de partida. Luego, en cuanto a contribución nueva y original se refiere, ha habido más disparidad. Mientras que algunos alumnos consiguen llegar a resultados interesantes, otros se limitan a desarrollos más evidentes. No obstante, teniendo en cuenta que la investigación siempre tiene esta componente de incertidumbre en cuanto hasta dónde es posible llegar, el simple hecho de contribuir ya se puede considerar como algo positivo.

En la parte de revisión de otros trabajos es donde peores resultados se han obtenido, ya que las revisiones han sido en general bastante superficiales y poco críticas. En parte, esto se debe a que lo que el alumno considera realmente importante es su propio trabajo. No obstante, ya que la revisión entre pares es una parte importante de la actividad desde un punto de vista formativo (véase la sección sobre motivación pedagógica), de cara a cursos siguientes será necesario

destacar la importancia de hacer una revisión crítica y constructiva, dedicándole todo el tiempo necesario.

En cuanto a la exposición oral, los resultados han sido satisfactorios, aunque en muchos casos mejorables, lo cual era esperable en alumnos de último curso de máster ya que la mayoría de ellos se han enfrentado, durante su carrera académica, a la defensa de al menos un proyecto final de carrera (realizándose dos en el caso de los estudiantes de la UAB correspondientes a la ingeniería técnica y superior). Cabe destacar que todos los alumnos se apoyan bien en los actuales medios multimedia y que en términos generales son capaces de hacer una exposición coherente y bien estructurada del trabajo realizado. Ahora bien, pese a la buena estructuración de contenidos, aún falta insistir en la idea de transmitir un mensaje lo más claro posible para todos los públicos a través de un discurso creciente en complejidad técnica, lo cual es debido, en parte, a que los alumnos se basan en un trabajo de investigación ya consolidado y la mayoría de veces caen en el error de suponer que dicho trabajo es conocido también para el resto de alumnos, lo cual no es cierto. Por lo tanto, en cursos venideros se insistirá en esta cuestión. Más difícil de trabajar es la capacidad de atraer al público a través de un discurso dinámico y vibrante, lo cual depende fuertemente del carácter de la persona y de la experiencia que tenga en este tipo de actividades. No obstante, es algo que se pondrá de evidencia en próximos cursos para que el alumno tome conciencia de ello.

Los resultados obtenidos en la parte de discusión técnica se consideran también satisfactorios. En general, los alumnos son capaces de defender su trabajo y establecer una discusión ordenada y coherente, aunque no acostumbran a ponerse en situaciones comprometidas los unos a los otros. Esto se debe, en gran parte, a la superficialidad de las revisiones hechas previamente y por eso es algo en lo que hay que poner especial énfasis de cara al futuro. Se espera que entonces mejore también el nivel de originalidad en las intervenciones, el cual ha sido medio-bajo en general. No obstante, a diferencia de otros mecanismos más clásicos de evaluación basados en presentaciones de trabajos, se ha observado un nivel de participación alto de todos los estudiantes. Esto es en parte debido a que se trata de una tarea bajo evaluación pero también viene favorecido por el trabajo previo de revisión.

Al finalizar el curso, los alumnos realizan una pequeña encuesta que el profesorado utiliza para: i) saber cómo ven los alumnos este tipo de actividad e ii) identificar mejoras de cara a los siguientes cursos. Todos los alumnos han cumplimentado la encuesta en cada curso, con lo que se cuenta con un total de diez hasta la fecha. En el Anexo II se pueden ver como ejemplo las respuestas de dos alumnos distintos, las cuales se consideran representativas de los resultados obtenidos. También, a modo de ejemplo, el Anexo III muestra uno de los mini-artículos realizados. En cuanto a la valoración de las respuestas de los alumnos, éstas vienen a confirmar lo que se ha discutido y que resumimos a continuación. En la parte técnica, se obliga al alumno a entender bien el tema tratado aunque falta insistir en cuestión de originalidad. En la parte de exposición, se ve claramente la necesidad de insistir con la práctica y de indicar algunas pautas básicas que ayuden al alumno a mejorar. En lo que se refiere a revisión y discusión técnica, los alumnos consideran que su trabajo es bastante aceptable. No obstante, ya se ha dicho que es algo en lo que se pretende insistir en el futuro dada su importancia. Por último, pero no por ello menos importante, se observa que la actividad tiene buena acogida entre el alumnado, lo cual

justifica su continuación. Muchas de las sugerencias recibidas hablan de los artículos de partida seleccionados. Se reclama que den el mayor juego posible para continuar el trabajo expuesto y, aunque no siempre resulta fácil conseguir "buenos artículos" ya que es una valoración más o menos subjetiva, sí que se considerará interesante proporcionar más de un artículo a los alumnos para que puedan escoger, lo que puede paliar esta visión negativa del alumno.

Conclusiones

Una vez realizada la actividad del mini-artículo con revisión entre pares y recogidas las opiniones de los alumnos y del profesorado, la principal conclusión que se puede extraer es que la actividad cumple con los objetivos pedagógicos y formativos que la motivaron. Además, se trata de una actividad de amplio espectro, pues trabaja varias habilidades o competencias en el alumno más allá de las estrictamente relacionadas con las cuestiones técnicas que, obviamente, deben tener también su relevancia tratándose de un máster en ingeniería. Así pues, aparte de forzar a los alumnos a trabajar una temática en profundidad debido a que tienen que ir un paso más allá respecto al artículo de investigación que se les propone, desarrollan también habilidades como la capacidad de comunicación oral, la capacidad de valoración crítica del trabajo propio y ajeno, la capacidad de discusión y argumentación técnica o bien la toma de conciencia de lo que un proceso de revisión entre pares implica. Estas competencias deberán ser ampliamente desarrolladas durante la etapa doctoral y dado que no acostumbran a ser muy trabajadas en los actuales estudios de ingeniería (puede que esta situación cambie con la entrada de los nuevos grados), es importante aprovechar las asignaturas de máster con este fin, más cuando la formación técnica de base se supone ya consolidada.

En cuanto a la parte más práctica de la actividad propuesta se refiere y siendo conscientes de que siempre existe margen para la mejora, es destacable la buena acogida que ha tenido la actividad entre los alumnos, en gran medida debido a que se trata de algo nuevo y original, distinto a lo que se han encontrado durante su vida académica. Por ejemplo, el hecho de coger el rol no sólo de evaluados sino también de evaluadores es un elemento motivador. Por ello y también por los buenos resultados obtenidos hasta la fecha, se considera una actividad válida para cursos previos al doctorado. Finalmente, de cara a próximas ediciones se considerará la posibilidad de incluir más de un artículo de partida para que los alumnos tengan cierto margen de elección y se insistirá tanto en la necesidad de una evaluación crítica, constructiva y original como en la necesidad de realizar presentaciones enfocadas a un público lo más genérico posible. Con el fin de intentar mejorar ambas situaciones, se invitará a un profesor ajeno a la asignatura a asistir a las presentaciones realizadas por los alumnos.

Referencias bibliográficas

Alkin, M. (2004). *Evaluation roots: Tracing theorists' views and influences.* Thousand Oaks, CA: Sage.

Blaschke, J. y Palao, P. (2003). *El arte de hablar en público*. Barcelona: Ediciones Robinbook.

Bruner, J. (1973). *Going beyond the information given*. New York: Norton.

Burke, B. (1998). Evaluating for a change: Reflections on participatory methodology. *New Directions for Evaluation*, 80, 43-56.

Carnegie, D. (1992). *Cómo hablar bien en público e influir en los hombres de negocios*. Barcelona: Ediciones Edhasa.

Cousins, J. B. (2005). Will the real empowerment evaluation please stand up? A critical friend perspective. En D. Fetterman y A. Wandersman (eds.), *Empowerment evaluation principles in practice* (pp. 183-208). New York: Guilford.

Cousins, J. B. y Whitmore, E. (1998). Framing participatory evaluation. *New Directions for Evaluation*, 80, 5-24.

Fitzpatrick, J., Sanders, J. y Worthen, B. (2004). *Program evaluation: Alternative approaches and practical guide-lines.* Boston: Pearson Education.

Gracia, J. (2011). Descripción de una experiencia para el desarrollo de las exposiciones orales en Informática. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 2, 115-125. En http://webs.uvigo.es/refiedu/

Hindle, T. (1998). *La presentación convincente*. Barcelona: Grijalbo.

Jackson, E., y Kassam, Y. (1998). *Knowledge shared: Participatory evaluation in development cooperation.* West Hartford, CT: Kumarian.

Jones, B. F., Rasmussen, C. M. y Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. Washington, DC: American Psychological Association.

Knoll, M. (1997). The project method: its origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education*, 3, 59-80.

Moursund, D. (1999). *Project-based learning using information technology*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education.

Thiele, T., Devaux, A., Velasco, C. y Horton, D. (2007). Horizontal evaluation - Fostering knowledge sharing and program improvement within a network. *American Journal of Evaluation*, 28, 493-508.

Thomas, J. W., Mergendoller, J. R. y Michaelson, A. (1999). *Project-based learning: A handbook for middle and high school teachers*. Novato, CA: The Buck Institute for Education.

Thomas, J.W. (2000). *A review of research on project-based learning*. En http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf

Topping, K. (1998). Peer assessment between students in colleges and universities. *Review of Educational Research*, 3, 249-276.

PEER (2010). *Peer Evaluation in Education Review*. Página web del proyecto: http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/elearning/ltig/peer.aspx.

Whitmore, E. (1998). Understanding and practicing participatory evaluation. *New Directions for Evaluation*, 80, 1-104.

Anexo I

LARGE-SCALE NETWORKS: REVIEW TEMPLATE

Paper title:
Authors:

1. **Clarity of presentation**

2. **Quality of technical content**

3. **Interest to the readers (check one)**
   a. **of great interest to most readers**
   b. **of great interest to a few readers**
   c. **of interest to most readers**
   d. **of little interest to any reader**

4. **What are the strong aspects of the paper?**

5. **What are the weak aspects of the paper?**

6. **How do you rate the improvement with respect to the original manuscript from 0 to 10, 10 being the best?**

7. **How do you rate this paper on a scale from 0 to 10, 10 being the best?**

8. **Recommendations (check one)**
   a. **the paper should be accepted unconditionally as it is**
   b. **the paper should be published after the minor revisions indicated**
   c. **the paper requires major revisions before publication**
   d. **the paper should not be published**

Anexo II

Alumno 1

Valoración de la actividad técnica (redacción del mini-artículo)

a) ¿Crees que el hecho de elaborar un trabajo propio a partir de un artículo existente te ha forzado a tener una buena comprensión de éste?

Sí, la necesidad de modificar un trabajo ya existente a partir de un artículo te obliga a intentar comprender el artículo a un nivel más profundo siendo necesario consultar los artículos referenciados para comprender el contexto en el cual trabaja el autor.

b) Valora tu aportación técnica en términos de originalidad y/o utilidad práctica.

La contribución realizada no fue muy original ya que se basó en la inclusión de unos pesos en el algoritmo para mejorar las prestaciones. Su utilidad práctica quedo demostrada por las simulaciones teóricas realizadas.

Valoración de la actividad de revisión entre pares

a) Valora el grado de comprensión de los trabajos realizados en una escala de 0 a 10, donde 0 es muy superficial y 10 es un conocimiento profundo.

8

b) ¿Consideras que has dedicado el tiempo necesario a identificar los puntos fuertes y los puntos débiles en los mini-artículos?

Sí

c) ¿Consideras que has aportado alguna idea original respecto al trabajo existente? Valora tu nivel de originalidad en una escala de 0 (nada original) a 10 (muy original).

6

Valoración de la actividad de exposición oral

a) ¿Consideras que has estructurado bien los contenidos de tu presentación?

Sí

b) ¿Cambiarías la forma de exponer tu trabajo si alguno de tus compañeros o profesores no hubiera leído tu trabajo?

No

c) Valora tu capacidad como orador en una escala de 0 (muy mala) a 10 (muy buena). ¿Cómo crees que se puede mejorar?

5. Se puede mejorar a partir de la experiencia y la dedicación de más tiempo en la preparación de las presentaciones.

Valoración de la actividad de discusión técnica

a) Como autor, ¿consideras que has sido capaz de argumentar bien los pros y los contras de tu trabajo en la fase discusión técnica?

Sí

b) Valora de 0 (muy fáciles) a 10 (muy difíciles) las preguntas que te han hecho tus compañeros.

6

c) Como público, valora la originalidad y calidad técnica de tus aportaciones de 0 (muy malas) a 10 (muy buenas).

6

d) ¿Cómo ha influido en ello el proceso de revisión previo? De volver a hacer la revisión, ¿qué cambiarías?

Dedicaría más tiempo al estudio del estado del arte de la materia en cuestión para tener una comprensión mayor del artículo.

Valoración de la actividad en su globalidad

a) Valora la utilidad de esta actividad como instrumento de evaluación.

La experiencia ha sido buena y obliga al alumno a realizar un esfuerzo extra para a partir de las bases de la materia estudiada comprender un artículo donde se presentan novedades.

b) Teniendo en cuenta la carga de trabajo adicional en comparación con otros métodos de evaluación clásicos, ¿repetirías la experiencia? Justifica tu respuesta.

Sí, ya que la novedad del sistema de evaluación y la posibilidad de evaluar a los compañeros implica al alumno en el trabajo sin ser considerado una tarea pesada.

c) Sugerencia para la mejora de la actividad.

El alumno debería poder elegir el artículo entre una lista previamente seleccionada por los profesores.

Alumno 2

Valoración de la actividad técnica (redacción del mini-artículo)

a) ¿Crees que el hecho de elaborar un trabajo propio a partir de un artículo existente te ha forzado a tener una buena comprensión de éste?

Sí, ha hecho necesario una comprensión profunda del artículo para poder trabajar a partir de los resultados obtenidos por este.

b) Valora tu aportación técnica en términos de originalidad y/o utilidad práctica.

Se ha propuesto un cambio en la fiabilidad de las medidas de los nodos que permite considerar las medidas hechas por nodos más fiables de mayor manera que los demás nodos. Esto permite aumentar la flexibilidad del sistema propuesto por los autores del paper original.

Valoración de la actividad de revisión entre pares

a) Valora el grado de comprensión de los trabajos realizados en una escala de 0 a 10, donde 0 es muy superficial y 10 es un conocimiento profundo.

5

b) ¿Consideras que has dedicado el tiempo necesario a identificar los puntos fuertes y los puntos débiles en los mini-artículos?

Sí

c) ¿Consideras que has aportado alguna idea original respecto al trabajo existente? Valora tu nivel de originalidad en una escala de 0 (nada original) a 10 (muy original).

7

Valoración de la actividad de exposición oral

a) ¿Consideras que has estructurado bien los contenidos de tu presentación?

Sí

b) ¿Cambiarías la forma de exponer tu trabajo si alguno de tus compañeros o profesores no hubiera leído tu trabajo?

No

c) Valora tu capacidad como orador en una escala de 0 (muy mala) a 10 (muy buena). ¿Cómo crees que se puede mejorar?

6. Exponiendo de manera más clara y concisa los puntos importantes.

Valoración de la actividad de discusión técnica

a) Como autor, ¿consideras que has sido capaz de argumentar bien los pros y los contras de tu trabajo en la fase discusión técnica?

Sí

b) Valora de 0 (muy fáciles) a 10 (muy difíciles) las preguntas que te han hecho tus compañeros.

5

c) Como público, valora la originalidad y calidad técnica de tus aportaciones de 0 (muy malas) a 10 (muy buenas).

6

d) ¿Cómo ha influido en ello el proceso de revisión previo? De volver a hacer la revisión, ¿qué cambiarías?

Para entender mejor el artículo es necesario dedicar tiempo a conocer los demás algoritmos relacionados con el propuesto por los compañeros.

Valoración de la actividad en su globalidad

a) Valora la utilidad de esta actividad como instrumento de evaluación.

9

b) Teniendo en cuenta la carga de trabajo adicional en comparación con otros métodos de evaluación clásicos, ¿repetirías la experiencia? Justifica tu respuesta.

Sí, es una manera muy útil de enfrentarse al proceso de redacción y revisión de un artículo.

c) Sugerencias para la mejora de la actividad.

El artículo estudiado por parte de los compañeros daba poco juego a la hora de poder obtener resultados y mejoras. Parece ser que únicamente permitía explicar los algoritmos propuestos por el artículo original. Quizá debería mejorarse el proceso de selección de los artículos, escogiendo únicamente aquellos que permitan obtener resultados claros y fácilmente comparables con los métodos propuestos por los alumnos.

Anexo III

Censored and Weighted Cooperative Positioning for Dense Wireless Networks

Marc Barcelo
Group of Signal Processing for
Communications and Navigations (SPCOMNAV)
Universitat Autonoma de Barcelona,
Cerdanyola del Valles, Barcelona (Spain)
Email: Marc.Barcelo@uab.cat

Alejandro Correa
Group of Signal Processing for
Communications and Navigations (SPCOMNAV)
Universitat Autonoma de Barcelona,
Cerdanyola del Valles, Barcelona (Spain)
Email: Alejandro.Correa@uab.cat

***Abstract*—Cooperative positioning can improve the positioning accuracy of wireless networks. It is based on the positional information interchange between agents. Its main problem is that it is necessary to transmit a large amount of information. This is completely undesirable in energy constrained scenarios such as wireless sensor networks. In this paper, the authors propose a mechanism that avoids unreliable transmissions of information. Furthermore, a strategy to improve the convergence of the process is proposed based on the Weighted Least Squares (WLS) approach.**

I. Introduction

In many applications, the positional information of a wireless network nodes is unknown. It is the case of scenarios where the nodes cannot be deployed manually one-by-one (e.g. fire forest control). In some of this scenarios an approximated position of the nodes is known and it can be enough. In other cases, the position can be totally unknown (e.g. dynamic scenarios) or it is necessary to know the position with smaller errors. In these situations, the position of the nodes need to be estimated. To obtain this positional information some reference nodes (called anchors) are used. They are nodes with a well-known position. Using triangulation methods the nodes that do not know their position (called agents) can calculate it using the relative distances from other nodes. In non-cooperative scenarios, agents only use information transmitted by anchors. On the other hand, in cooperative scenarios both anchors and agents are used. The positioning accuracy obtained using cooperative methods is much higher than if non-cooperative methods are used [1].

The main problem of cooperative methods is that they increase the amount of transmitted information through the network. Then, the computational complexity is increased and the battery life of each node is decreased. In scenarios where the battery replacement is difficult or impossible, it means that the lifetime of the network can be drastically reduced. The authors propose a mechanism, referred as Transmit Censoring, to reduce this increment of complexity based on the Cramer-Rao Bound (CRB) iteratively using a Least Squares (LS) approach.

II. System Model

In this paper agents update their own (unknown) positions using range measurements through a LS cooperative strategy [3], so agent-agent and agent-anchor links are used.

The distance between node i and j is estimated as $\hat{d}_{i,j} = ||x_i - x_j|| + n_{i,j}$, where x_i is the position of node i, and $n_{i,j}$ is the measurement noise, which can be considered Gaussian with zero mean and variance $\sigma^2_{i,j}$ [3].

III. Transmit Censored Cooperative Positioning

A. Tx-Censoring

This method avoids the transmission of unreliable information, reducing the number of transmissions and the computational requirements. It is because fewer links are considered in the positioning process. It uses a Cramer-Rao Bound based criterion. More specifically, only the nodes with a CRB lower than a certain threshold (γ) transmit its position.

B. Cramer-Rao Bound

The CRB of wireless sensor networks can be calculated as

$$\mathrm{CRB}(\tilde{x}_i) = \mathrm{trace}\left(\left[\tilde{F}(\tilde{x}_i)\right]\right), \quad (1)$$

where $\tilde{x}_i$ is the estimated position of node i and $\tilde{F}(\tilde{x}_i)$ is the estimated Fisher Information Matrix [2], which can be calculated as

$$\tilde{F}(\tilde{x}_i) = \sum_{j=1}^{N} \frac{1}{\sigma^2_{i,j}} \tilde{q}_{i,j} \tilde{q}^T_{i,j}, \quad (2)$$

where $\tilde{q}_{i,j}$ is

$$\tilde{q}_{i,j} = \frac{(\hat{x}_i - \hat{x}_j)}{||\hat{x}_i - \hat{x}_j||}. \quad (3)$$

C. Cooperative LS algorithm

The cooperative version of the LS algorithm can be summarized as follows,

$$\hat{x}_i^{(l)} = \hat{x}_i^{(l-1)} + \delta_i^{(l)} \sum_{j=1}^{N} \left(\hat{d}_{j,i} - \tilde{d}_{j,i}^{(l-1)}\right) \tilde{q}_{i,j}^{(l-1)}, \quad (4)$$

where l is the iteration index. δ is the step size corresponding to the node i, and $\tilde{d}_{j,i}^{(l-1)}$ is the estimated distance using the information obtained in iteration $l-1$ and is calculated as

$$\tilde{d}_{j,i}^{(l-1)} = ||\hat{x}_i^{(l-1)} - \hat{x}_j^{(l-1)}||, \quad (5)$$

and

$$\tilde{q}_{i,j}^{(l-1)} = \frac{(\hat{x}_i^{(l-1)} - \hat{x}_j^{(l-1)})}{||\hat{x}_i^{(l-1)} - \hat{x}_j^{(l-1)}||}. \quad (6)$$

Note that $\hat{d}_{j,i}$ and $\tilde{d}_{j,i}$ refer to the estimated distance using range measurements, and using current estimated positional informations respectively.

Tx-Censoring Algorithm (at an arbitrary iteration)

set $CRB(\hat{x}_i) = 0$ for anchors
parallel $i = 1$ to N
  calculate $CRB(\hat{x}_i)$
  if $CRB(\hat{x}_i) < \gamma$ **then**
    broadcast current positional information
  end if
  receive positional information from other nodes
  update positional information using LS
end parallel

IV. Weighted Cooperative Positioning

Using Transmit Censoring all nodes are treated as equal in the positioning process. However, it is well known that anchors and agents do not provide positioning information with the same degree of reliability. Therefore, we propose to consider this in the positioning algorithm. This differentiation can be considered inside the LS algorithm. We propose to use two different weights, one for the anchors and another one for the agents. Note that it can be seen as a simplified version of the Weighted Least Squares approach where weights are defined a priori. It can be formulated as follows

$$\hat{x}_i^{(l)} = \hat{x}_i^{(l-1)} + \delta_i^{(l)} \sum_{j=1}^{N} w_i \left(\hat{d}_{j,i} - \tilde{d}_{j,i}^{(l-1)}\right) \tilde{q}_{i,j}^{(l-1)}, \quad (7)$$

where w_i is the weight assigned to each node. The summation is referred as the correction factor. In this paper, it has been considered a binary combination (i.e. all anchors have the same weight and them same for agents). This avoids the calculation of weights.

V. Numerical Results

In this section, the results obtained using the different cooperative approaches are presented. In the simulations, 113 nodes distributed over a 100 m x 100 m plane are considered. There are 100 agents randomly distributed and 13 anchors with fixed and well-known positions. The step value of the LS algorithm has been fixed to 0.075, and the convergence of each node is considered when the correction factor is less than 0.015 m, the same as it has been considered in [2].

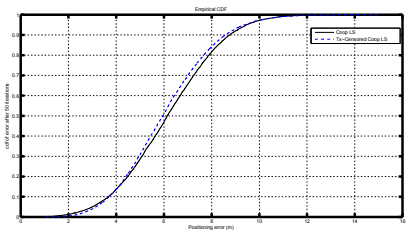


Fig. 1. Positioning error comparison between Cooperative-LS and Tx-Censored Cooperative-LS

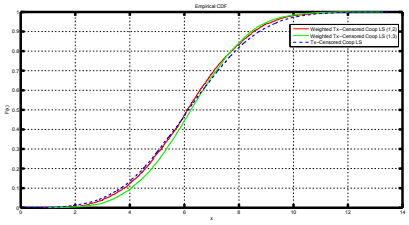


Fig. 2. Positioning error comparison between the weighted and the non-weighted Tx-Censored Cooperative-LS approaches

To present the positioning error, the cumulative distribution function (cdf) is used. The threshold of the transmit censoring approach in this simulations has been set to 0.004 (referred as aggressive approach in [2]). In Fig. 1, the obtained cdf curves after 50 iterations are presented. It can be observed that the Tx-Censored approach can reduce the positioning error for errors greater than 4 m.

To observe the improvements in terms of complexity, the averaged percentage of links considered by the Tx-Censoring cooperative scheme have been calculated. The conservative and aggressive approaches are presented ($\gamma = 0.007$ and $\gamma = 0.004$ respectively). The results show that the conservative approach reduces the considered links in a percentage near to 90% and the aggressive approach reduce it in a percentage near to the 60%.

It is possible to reduce even more the complexity using the weighted cooperative strategy presented in Section IV. In our simulations, we consider the weighting combinations (1,2) and (1,3), where the first term is the agents weight and the second is the anchors weight. In Fig. 2, the positioning error obtained using the weighted version of Tx-Censoring is compared against the non weighted version. It is shown that the higher the weights of anchors, the better the performance for the high error regime, but the worst for the low region regime.

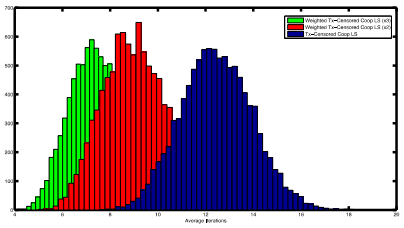


Fig. 3. Histogram of the number of iterations needed to converge

To observe the reduction in terms of complexity, the histograms of the averaged number of iterations per node are shown in Fig. 3 for the weighted and the non-weighted schemes.

The comparison shows that iterations follow a Gaussian distribution. For the non weighted case it is centred around 12 iterations, for the (1,2) weighted case it performs around 9 iterations and for the (1,3) weighted case it uses around 7 iterations in average. Considering that 50 information transmissions are done, up to 150 and 250 iterations respectively can be avoided, in each node, using these weighting combinations. It means that if 100 agents need to estimate their own position a reduction of 15000 and 25000 iterations can be obtained without a very significant change in terms of performance.

Using weights in the cooperative positioning process, the convergence time of the whole network can be reduced, as the nodes send their new position as soon as their own convergence is achieved. Furthermore, less energy is used because of the computational complexity reduction and because nodes need to spend less time in listening mode. This reduction can be very significant in energy constrained scenarios, where the energy consumption has to be maintained at a minimum level.

VI. Conclusions and Future Works

In this paper a method to effectively reduce the complexity of the cooperative positioning process is presented (Tx-Censoring). It is done by comparing the CRB of each node to a threshold. The results show that the complexity is reduced while performance is slightly improved. Furthermore, a method to optimize the convergence of the process has been presented too (Weighting strategy). It is based on the use of different weights for agents and anchors. The results show that many iterations can be reduced in total. This allows to reduce the energy consumption of the network, specially in dense wireless networks.

In our simulations the combinations of weights tested have been (1,2) and (1,3). The results should be extended to other binary and non binary weighting combinations. Another future improvement, could consider the number of anchor nodes that an agent has available to configure its weighting value. It is expected to improve the accuracy and reduce the computational requirements.

References

[1] N. Patwari, J. Ash, S. Kyperountas, I. Hero, A.O., R. Moses, and N. Correal, "Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks," *Signal Processing Magazine, IEEE*, vol. 22, no. 4, pp. 54 – 69, 2005.

[2] K. Das and H. Wymeersch, "Censored cooperative positioning for dense wireless networks," in *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Workshops (PIMRC Workshops), 2010 IEEE 21st International Symposium on*, 2010, pp. 262 –266.

[3] H. Wymeersch, J. Lien, and M. Win, "Cooperative localization in wireless networks," *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, no. 2, pp. 427 –450, 2009.

[4] N. Patwari, I. Hero, A.O., M. Perkins, N. Correal, and R. O'Dea, "Relative location estimation in wireless sensor networks," *Signal Processing, IEEE Transactions on*, vol. 51, no. 8, pp. 2137 – 2148, 2003.