

# Aplicaciones y servicios basados en localización

**Elenis Gorrita Michel**

Correo electrónico: elenis@trdcaribe.co.cu  
División Centro TRD Caribe, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

**Artículo de Reflexión**

**Rónier Sierra Dávila**

Empresa Eléctrica, La Habana, Cuba

**Samuel Montejo Sánchez**

Correo electrónico: montejo@uclv.edu.cu  
Universidad Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba

## Resumen

Los servicios basados en localización (LBS) continúan creciendo en popularidad, efectividad y fiabilidad; en la medida en que las aplicaciones son diseñadas e implementadas con las facilidades de la información de localización del usuario. En este trabajo, son abordadas algunas de las principales aplicaciones, con el fin de dar a conocer la importancia que tienen en la actualidad los LBS, como una rama tecnológica en pleno desarrollo. Son estudiadas además las principales técnicas de estimación de la localización, información imprescindible para los LBS. Debido a la vigencia del tema son discutidos además trabajos e investigaciones en curso.

Palabras clave: estimación de la localización, servicios basados en la localización, técnicas de posicionamiento

Recibido: 25 de noviembre del 2011

Aprobado: 19 de diciembre del 2011

## INTRODUCCIÓN

Los servicios basados en localización (LBS, del inglés Location Based Services) son aplicaciones apoyadas en esquemas móviles cliente-servidor y servicios fundamentados en la localización de usuarios móviles. [1] Los mismos involucran la habilidad de estimar la localización geográfica de un dispositivo móvil y proveer servicios basados en esta información. Para su operación, utilizan los sistemas de información geográfica (GIS, del inglés Geographic Information System), tecnologías de posicionamiento tales como GPS u otros servicios de localización y redes de comunicación para transmitir la información hacia la aplicación LBS encargada de procesar y responder la solicitud.

La utilización de los LBS presenta aplicaciones de gran relevancia social. Una de las más básicas, es la de agilizar el proceso de socorro a personas en casos de emergencias, cuando el conocimiento de su localización es de vital importancia. También, es posible reducir las fallas en las llamadas si se conoce la información de la localización de un usuario, la cual puede ser usada para optimizar la comunicación inalámbrica en función del entorno. [2]

En general, los LBS no solo estimulan las oportunidades comerciales de la localización, donde muchas compañías de tecnología relacionada con LBS se desarrollan, tales como: SignalSoft, Webraska, TruePosition, Cellpoint; también han cautivado el interés de la academia, dada la importancia de la aplicabilidad de la información de localización en relevantes y novedosos servicios de alto impacto, que pueden ser desarrollados cuando se combina el conocimiento de la localización con tecnologías tradicionales o tecnologías emergentes como la radiocognitiva.

## APLICACIONES DE LOS SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN

Múltiples y variadas son las aplicaciones y los servicios basados en localización, que buscan proveer servicios geográficos en tiempo real. A continuación serán enunciados algunos de los más relevantes.

### Rescate y salvamento

Dada la importancia de la detección rápida y robusta de la posición de las víctimas en casos de emergencias, los LBS

son parte fundamental de esquemas de comunicación para la seguridad pública. El mejoramiento de los servicios de llamadas de emergencia es una de las aplicaciones más importantes de los LBS. En EE.UU. el servicio *Enhanced 911* está diseñado para asistir a las víctimas en situaciones de emergencia y agilizar la entrega instantánea de la información de localización de la víctima, al punto de respuesta de seguridad pública (PSAP, del inglés Public Safety Answering Point) entidad a la cual el usuario está conectado. [3] Este servicio, así como el *Enhanced 112*, de Europa, posibilita la localización, con un error acotado entre 50 y 100 m, [4] de cualquier teléfono celular que llame al número de emergencia en cuestión. El objetivo es encontrar al usuario que estableció la llamada de emergencia aún cuando el mismo no conozca su ubicación o no pueda hablar adecuadamente. [5]

OTHMAN [1] ha propuesto nuevos modelos para la detección de la posición de las estaciones móviles dentro de una red celular. Mientras que GORCIN [3] ha abordado cómo localizar a los usuarios incluso cuando la red primaria no está operando, lo cual tiene gran importancia debido a la alta probabilidad de fallas de la red basada en infraestructura en situaciones de emergencias, tales como desastres naturales.

### Rastreo y navegación

De la combinación de los LBS con el campo de la telemática, nuevas facilidades pueden ser implementadas. Aplicaciones típicas de los LBS son los servicios de mapas y páginas amarillas geográficas electrónicas, incluso es posible ofrecer una navegación avanzada en los terminales de usuario en la que se incluyan actualizaciones del estado del clima y congestión o accidentes de tráfico. También se puede implementar una aplicación de búsqueda social de personas, en la que, el usuario, desde su móvil, pueda solicitar la ubicación de cualquier persona perteneciente a su lista de contactos. [6]

La localización de usuarios que se mueven en medios de transporte en una red de carreteras también es posible empleando LBS, para lo cual se propone un método de representación que integra la información relacionada con el transporte con un mapa de carreteras. [7] Se ofrece además la búsqueda de rutas y de vecinos cercanos (otros usuarios en movimiento) basada en las redes de transporte con o sin la cooperación de otros dispositivos ajenos a dichas redes. Los primeros pasos en este sentido se han dado ya en Asia, donde se ofrecen servicios de localización y actualización de tráfico, reportes del clima y asistencia de navegación a nivel de calles. [5]

### Hogar

Las potencialidades de los LBS son muy variadas y su alcance incluye el entorno doméstico, con aplicaciones y ambientes que emplean el conocimiento de la localización para proveer información preventiva sobre los lugares peligrosos en el contexto de los niños. [8] Estos LBS pueden

prevenir, alertar y evitar accidentes, dependientes del entorno; cuando los niños se encuentran cerca de los lugares propensos a accidentes.

### Privacidad

Dada la importancia que reviste para los clientes la privacidad asociada a la información de localización, algunas investigaciones proponen una nueva estructura entre dispositivos móviles (clientes) y servidores de LBS basada en el protocolo de certificación anónima directa (DAA, del inglés Direct Anonymous Attestation). Este protocolo es propuesto para la verificación anónima de la autoridad de los usuarios y preservar la privacidad de la información de localización de usuario, constituyendo así una infraestructura más confiable en el ambiente de los LBS [1, 9].

### Mensajería

Con el advenimiento de la infraestructura de comunicación futura, donde sería posible proporcionar servicios convergentes como mensajería, presencia y control de la llamada, los LBS no solo requieren productos escalables sino también una avanzada plataforma de servicio convergente que soporte las aplicaciones. Los servicios convergentes con conocimiento de localización constituyen una nueva experiencia y proveen renovadas oportunidades a sus usuarios. Un sistema de mensajería con conocimiento de localización es una de las aplicaciones posibles cuando se combinan los LBS y la plataforma de servicio convergente. [10] Entonces un sistema de mensajería puede entregar la información personalizada a los usuarios móviles con la asistencia del protocolo de iniciación de sesión (SIP, del inglés Session Initiation Protocol).

### Sector comercial

En el sector comercial está siendo probada la tecnología de identificación por radiofrecuencias (RFID, del inglés Radio Frequency Identification), en la que las etiquetas adjuntas a determinados productos, se comunican con dispositivos lectores a cortas distancias. Cada etiqueta contiene una antena y un circuito integrado simple que le permite enviar información de identificación como respuesta a una solicitud del dispositivo lector. Las etiquetas de tipo pasivas pueden utilizar la energía del lector para enviar su respuesta, mientras que las activas tienen baterías que les permiten transmitir sus propias señales. Originalmente estas etiquetas fueron diseñadas para transmitir a frecuencias cercanas a 134 kHz, aunque actualmente su rango de frecuencia y su alcance han sido extendidos y abarataados sus precios; lo cual ha permitido incrementar su aplicación. [5]

Varias investigaciones se han enfocado en desarrollar arquitectura de servicios para aplicaciones basadas en localización. En [11] se propone y desarrolla una arquitectura para servicios distribuidos de localización, basados en la tecnología de localización de identificación activa. En [12] se presenta un servicio de localización general global para soportar el conocimiento de la localización en sistemas distribuidos abiertos, lo que enfatiza la importancia de integrar

varias técnicas de localización y usar un control de acceso para proteger la privacidad de la información de localización. Asimismo, en [13] se aborda un servicio de conocimiento de la localización y una plataforma de aplicación, que provee acceso modular y unificado a varios servicios, que pueden ser comúnmente usados por múltiples aplicaciones. Un sistema de conocimiento de la localización escalable se presenta en [14], capaz de entregar información de usuario basada en su localización. En [15] se describe la arquitectura de un sistema suscriptor para la gestión de localización.

## TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE LA POSICIÓN

Estimar y reconocer la localización de los usuarios resulta la premisa básica e indispensable de los servicios antes abordados. Sin embargo, las difundidas técnicas de posicionamiento global no garantizan la exactitud y precisión requerida en todos los entornos. Existe una gran variedad de formas en que la posición puede ser estimada a partir de las mediciones de diferentes parámetros de una señal. Las técnicas más trascendentes son las basadas en: la potencia de la señal recibida (RSS, del inglés Received Signal Strength), el tiempo de arribo (TOA del inglés Time of Arrival), diferencia del tiempo de arribo (TDOA, del inglés Time Difference of Arrival) y el ángulo de arribo (AOA, del inglés Angle of Arrival). [16] Las mismas pueden ser aplicadas a cualquier tipo de red conformada por dispositivos móviles, como una red celular, alcanzando así al sistema global para comunicaciones móviles (GSM, del inglés Global System for Mobile Communications).

### Potencia de la señal recibida

La RSS es la potencia recibida de una señal que viaja entre dos nodos (estaciones móviles o estaciones base) y constituye un parámetro con información relativa a la distancia entre esos nodos, aplicable en señales de tipo radioeléctrico o acústico. Teniendo en cuenta que los nodos se comunican entre sí a través de señales radioeléctricas, usualmente las mediciones se realizan a estas durante el intercambio normal de datos y de esta forma se evitan requerimientos adicionales de energía o de ancho de banda. [17]

En el caso ideal, un estimado RSS en un nodo determina la posición de otro nodo en un círculo a su alrededor como se muestra en la figura 1, si se trata de posicionamiento en dos dimensiones. [18]

### Principales fuentes de error: Efecto de sombra

Aunque son relativamente poco costosas y simples de implementar en cuanto a hardware, las mediciones de tipo RSS son también notablemente afectadas por los efectos de sombra y multitrayecto, añadiéndoles una alta componente aleatoria.

Debido al multitrayecto, múltiples señales con diferentes amplitudes y fases arriban al receptor, y se añaden de forma constructiva o destructiva en función de la frecuencia, causando desvanecimiento selectivo en frecuencia. El efecto de este tipo de desvanecimiento puede ser disminuido usando un método de ensanchamiento del espectro, que

promedia la potencia recibida sobre un amplio rango de frecuencias. El uso de este método es una aceptable solución ya que también reduce la interferencia en las bandas sin licencia en las cuales los dispositivos inalámbricos operan típicamente. La potencia recibida medida usando un método de banda ancha es equivalente a medir la suma de las potencias de cada señal multitrayecto. [17]

Asumiendo que los efectos selectivos en frecuencia son reducidos, los errores en las mediciones de tipo RSS son causados en su mayoría por el ensombrecimiento, con la atenuación de la señal debido a obstrucciones, producidas por estructuras u obstáculos naturales, en el trayecto entre el transmisor y el receptor. Estos efectos de sombra son modelados típicamente como aleatorios, utilizando para ello una distribución log-normal. [17]

### Calibración y sincronización

Además de las pérdidas por trayectoria, la RSS son medidas es función de la calibración del transmisor y del receptor. Dependiendo de la calidad de los equipos, los circuitos de medición de RSS y de transmisión variarán de un dispositivo a otro. También la potencia transmitida puede variar a medida que las baterías se agotan. Es por esto que los sensores podrían designarse para medir y reportar sus propios datos de calibración a sus vecinos.

Alternativamente, cada potencia de transmisión podría ser considerada como un parámetro desconocido a estimar, o de forma análoga al método TDOA, se podría considerar solamente las diferencias entre mediciones RSS en un par de receptores. Esta diferencia de RSS entre dos sensores provee información acerca de sus distancias relativas del transmisor y elimina la dependencia de la potencia real.

### Tiempo de arribo

Es el tiempo que demora una señal en viajar de un nodo a otro y provee información relativa a la distancia entre esos nodos. En ausencia de errores, al igual que las mediciones de tipo RSS, el TOA estimado provee una región de incertidumbre en forma de círculo alrededor del nodo que realiza la estimación, como se muestra en la figura 1.

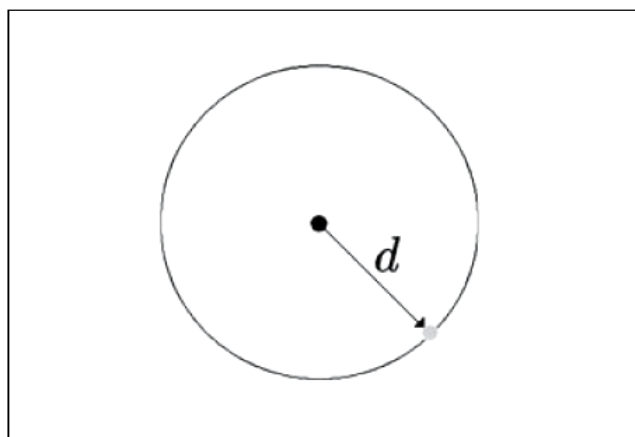


Fig. 1. Círculo de incertidumbre de radio  $d$  definido por las mediciones RSS y TOA.

El TOA medido es el tiempo de transmisión sumado a la demora de tiempo de propagación. Esta demora de tiempo que transcurre desde la transmisión de la señal desde un nodo hasta su recepción en otro, es equivalente a la distancia entre ambos sensores dividida por la velocidad de propagación. Esta velocidad de propagación en RF es mucho mayor que la velocidad del sonido; como regla general, para propagación acústica, en 1ms la señal viaja 0,3 m, mientras que para RF, viaja la misma distancia en 1ns. [17] Esta estimación se ve afectada por ruido aditivo y señales multitrayecto.

La piedra angular de las técnicas basadas en tiempo es la habilidad de los receptores para estimar con precisión el tiempo de arribo de la señal, para lo cual los relojes de los nodos transmisores y receptores deben estar rigurosamente sincronizados entre sí.

Para TOA en redes de sensores asincrónicas, una práctica común es usar mediciones TOA de ida y retorno. En este método, un sensor transmite una señal a un segundo sensor, que inmediatamente responde con su propia señal. En el primer sensor, el retraso medido entre su transmisión y la recepción de la respuesta es dos veces la demora de la propagación más el retraso interno en la respuesta del segundo sensor. Este retraso interno es conocido o medido, y enviado al primer sensor para ser sustraído. Esta técnica no requiere tanta sincronización como el modo unidireccional.

Si solo dos sensores realizan mediciones, existirán dos puntos definidos por las intersecciones, por lo que, para evitar ambigüedades a la hora de determinar la posición, este método requiere mediciones de al menos tres sensores para la localización en dos dimensiones, coincidiendo así las tres circunferencias en un solo punto, teóricamente pues en la práctica se producen inexactitudes que deben ser resueltas con técnicas más inteligentes.

### Principales fuentes de error: Ruido aditivo

Incluso en la ausencia de señales multitrayecto, la exactitud del tiempo de arribo está limitada por el ruido aditivo. Típicamente, el TOA estimado es el tiempo que maximiza la cros-correlación entre las señales recibidas y la señal transmitida conocida. Este estimador es conocido como el cros-correlador simple (SCC). El cros-correlador generalizado (GCC) que es el estimador de máxima verosimilitud (MLE, del inglés maximum likelihood estimator) para el TOA, extiende el SCC aplicando filtros para amplificar las componentes espectrales de la señal que tienen poco ruido y atenúa las componentes con mucho ruido. El GCC requiere conocimiento de la señal y del espectro de potencia de ruido.

La exactitud lograda por este método depende del ancho de banda disponible y la relación señal a ruido del canal de comunicación. La cota de Cramér-Rao (CCR), provee un límite inferior en la varianza del TOA estimado en un canal libre de multitrayecto. Para una señal con ancho de banda mucho

menor que la frecuencia central, las potencias de señal y de ruido constantes en todas las componentes del ancho de banda de la señal y designando el sistema para lograr una relación señal a ruido (SNR, del inglés Signal to Noise Rate) suficientemente alta, el límite inferior en la varianza del TOA puede ser evaluado en canales libres de multitrayecto con empleo de la siguiente ecuación:

$$\text{var}(TOA) \geq \frac{1}{8\pi^2 W T_s^2 F_c^2 SNR} \quad (1)$$

donde:

$T_s$  : Duración de la señal en segundos (s).

$\text{Var}(TOA)$  : Límite inferior en la varianza del tiempo del tiempo de arribo.

$W$  : Ancho de banda (Hz).

$F_c$  : Frecuencia central (Hz).

SNR : Relación señal-ruido.

### Principales fuentes de error: Multitrayecto

Los errores en los estimados basados en TOA en canales con multitrayecto pueden ser muchas veces mayores que aquellos causados por ruido aditivo solamente. Esencialmente, todas las componentes multitrayecto de arribo retardado constituyen una autointerferencia y disminuyen la SNR de la señal de línea de visión directa (LOS, del inglés Line of Sight). En lugar de hallar el pico mayor de la cros-correlación en el canal multitrayecto, el receptor debe encontrar el pico que llega primero porque no hay garantía de que la señal LOS será la más fuerte, entre las señales que arriban. Esto puede hacerse midiendo el menor tiempo en que la cros-correlación supera un umbral preestablecido.

Generalmente, los errores en la estimación del TOA son causados por los siguientes dos problemas:

**Multitrayecto de arribo prematuro:** Muchas señales multitrayecto llegan demasiado rápido después de la señal LOS, y su contribución a la cros-correlación entorpece la detección del pico de la señal LOS.

**Señal LOS atenuada:** la señal LOS puede ser severamente atenuada comparada con las componentes multitrayecto de arribo tardío, causando que se pierda en el ruido y desaparezca completamente. Esto provoca errores de gran magnitud en el estimado del TOA.

En redes densamente pobladas, en las que cualquier par de nodos puede realizar mediciones, existe la ventaja de hacer mediciones entre vecinos cercanos. Con el decremento de la longitud de la trayectoria, la potencia de la señal LOS (relativa a las potencias en las componentes multitrayecto) generalmente se incrementa. Así, el problema de la LOS severamente atenuada es riguroso solo en redes con grandes distancias internodos. [17]

Aunque las componentes multitrayecto de arribo prematuro causan errores más pequeños, son muy difíciles de combatir. Generalmente, se requieren anchos de banda más grandes para obtener mayor resolución temporal, ya que el ancho

del pico de la autocorrelación es inversamente proporcional al ancho de banda de señal.

Un pico de autocorrelación estrecho mejora la habilidad de identificar el tiempo de arribo de una señal y ayuda a separar la contribución de la señal LOS a la cros-correlación de las contribuciones de las señales multitrayecto de arribo prematuro. Espectro extendido de secuencia directa (DS-SS, del inglés Direct Sequence Spread-Spectrum) de banda ancha o señales de banda ultraancha (UWB, del inglés Ultra-Wideband) son populares técnicas para mediciones TOA de gran ancho de banda. Sin embargo, anchos de banda más grandes requieren mayor velocidad de procesamiento de señal, altos costos de tecnología y también de la energía empleada en la transmisión. Sin embargo, la mejora en la detección puede resultar en reducir el consumo de potencia promedio en el tiempo. Transferir gran número de paquetes de datos en menos tiempo significa pasar más tiempo en modo *stand by*.

Puede notarse finalmente que los retardos en el hardware transmisor y receptor se añaden al TOA medido. Aunque estos son normalmente conocidos, la varianza en las especificaciones de las componentes y los tiempos de respuesta pueden ser una fuente adicional de varianza del TOA.

### Diferencia de tiempo de arribo

La TDOA es la diferencia entre los tiempos de arribo de la misma señal a dos nodos diferentes. En ausencia de sincronización entre el nodo objetivo y los nodos de referencia, la estimación TDOA puede realizarse si hay sincronización entre los nodos de referencia, y determina la posición del nodo objetivo en una hipérbola, con el foco en los dos nodos de referencia, como se muestra en la figura 2. [18] Una medición TDOA no depende del sesgo del reloj del sensor que transmite.

Un modo de obtener la TDOA es estimar en un primer paso el TOA para la señal que viaja entre el nodo objetivo y los nodos de referencia, y entonces obtener la diferencia entre estos estimados.

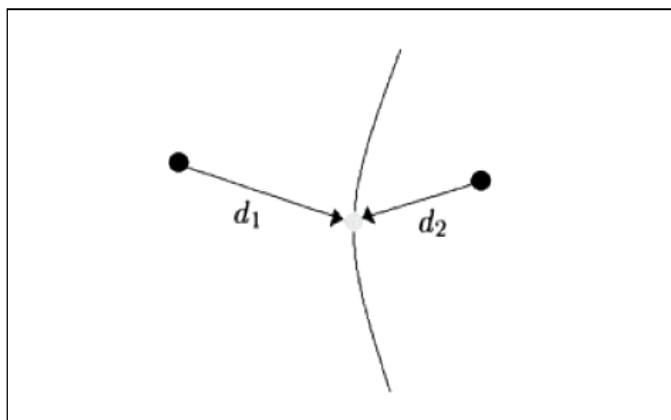


Fig. 2. Una medición TDOA define una hipérbola que pasa a través del nodo objetivo con focos en los nodos de referencia.

Como el nodo objetivo y los nodos que reciben la señal no están sincronizados, los estimados TOA incluyen una compensación de tiempo que es la misma en todas las estimaciones al estar los nodos de referencia sincronizados entre sí, en adición al tiempo de vuelo. Por consiguiente, los estimados TDOA pueden obtenerse como:

$$\tau_{TDOA} = \hat{\tau}_1 - \hat{\tau}_2 \quad (2)$$

donde:

$\hat{\tau}_1$  y  $\hat{\tau}_2$  : Estimados TOA de la señal que viaja entre el nodo objetivo y nodos de referencia 1 y 2.

En determinadas circunstancias, es posible que las dos hipérbolas se crucen en dos lugares, dando lugar a una ambigüedad. De forma similar a la descrita para la ambigüedad derivada de mediciones de tiempo de propagación, esta puede ser resuelta por una tercera medida TDOA (estimación en dos dimensiones). [16]

Una cuestión importante a tener en consideración con el método TDOA es la necesidad de establecer el sincronismo entre las estaciones base, que las mismas sean transmisoras o receptoras, para evitar errores en las hipérbolas resultantes.

Un modo de obtener la TDOA es estimar en un primer paso el TOA para la señal que viaja entre el nodo objetivo y los nodos de referencia, y entonces obtener la diferencia entre estos estimados. Como la estación móvil y las estaciones base que reciben la señal no están sincronizadas, los estimados TOA incluyen una compensación de tiempo que es la misma en todas las estimaciones al estar las segundas sincronizadas entre sí, en adición al tiempo de vuelo.

### Ángulo de arribo

El parámetro AOA de una señal proporciona información acerca de la dirección en la que se encuentran los nodos vecinos en lugar de la distancia a la que están los mismos, por lo cual constituye un complemento de las mediciones de tipo RSS y TOA. Para calcular la posición utilizando esta técnica, se requiere como mínimo que dos nodos realicen mediciones, de esta forma ambas rectas (entre el nodo cuya posición se quiere estimar y los dos nodos de referencia) se cortarán en un punto y no existirá ambigüedad en la ubicación, como se muestra en la figura 3.

Existen dos formas principales en que los nodos pueden medir el parámetro AOA. La más común es utilizando un arreglo de sensores en el nodo de referencia y empleando técnicas de procesamiento de señal para estos arreglos. En este caso, cada nodo es equipado con dos o más sensores individuales (micrófonos para señales acústicas o antenas

para señales de RF) cuyas localizaciones con respecto al nodo central son conocidas. El ángulo de arribo es estimado de las diferencias en los tiempos de arribo para una señal transmitida en cada uno de los elementos del arreglo de sensores si la geometría de este arreglo es conocida, como se muestra en la figura 4a) para un arreglo de cuatro elementos en forma de Y. Un segundo modo de estimación del AOA emplea la razón entre los parámetros RSS1 / RSS2 de dos o más antenas direccionales colocadas en el nodo sensor, como se muestra en la figura 4b). [17] Ambas formas de estimar el AOA requieren múltiples elementos de antenas, lo que aumenta el costo y el tamaño del dispositivo sensor.

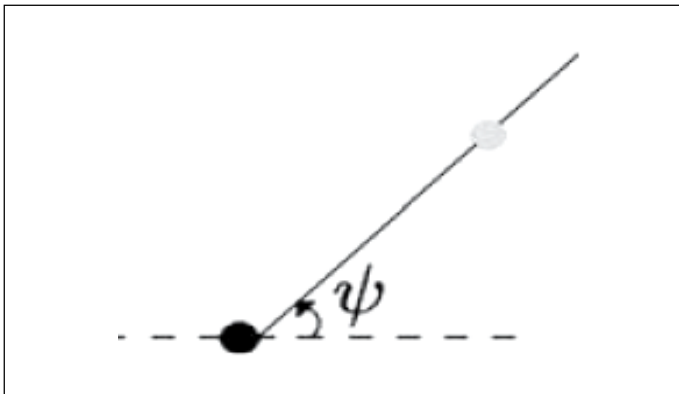


Fig. 3. Mediciones AOA entre dos nodos.

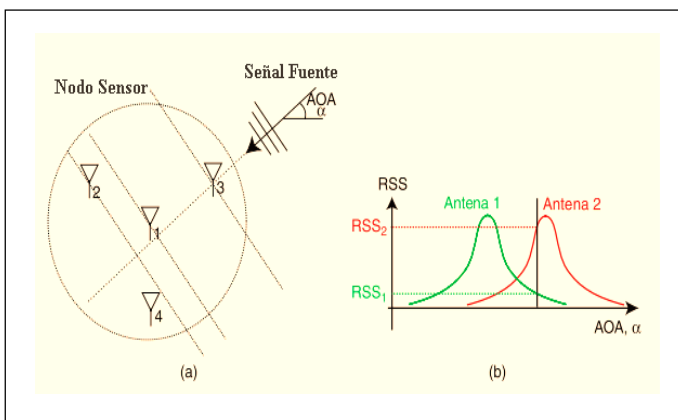


Fig. 4. Métodos de estimación AOA.

Aunque las técnicas AOA tienen la ventaja de requerir solo dos estaciones base para determinar la posición de un nodo, un pequeño error en la estimación del AOA dará como resultado un gran error de estimación de la posición si el nodo y las estaciones base se encuentran a gran distancia.

Generalmente, los esquemas basados en tiempo (TOA y TDOA) se comportan mejor en cuanto a exactitud que los basados en AOA. [19]

Las mediciones AOA son afectadas por las mismas fuentes de error que las de tipo TOA: Ruido aditivo y multirayecto. Las mediciones AOA resultantes son modeladas típicamente como gaussianas, con valor esperado igual al ángulo real hacia la fuente y desviación estándar  $\sigma_A$ . Resultados teóricos para mediciones AOA de tipo acústicas muestran valores típicos del orden de  $\sigma_A = 2^\circ$  a  $\sigma_A = 6^\circ$ , dependiendo del

rango. Errores de estimación AOA de tipo RF del orden de  $\sigma_A = 3^\circ$  han sido reportados usando el método de la razón RSS. [17]

### Técnicas híbridas

En algunos sistemas de posicionamiento, dos o más parámetros relativos a la posición, como los estudiados, pueden emplearse para obtener más información sobre la posición de las estaciones móviles. Ejemplo de ello es el sistema propuesto en [19] basado en la combinación de las técnicas TDOA y AOA, para lograr mayor precisión en la localización y disminuir los costos de los receptores móviles. El esquema propuesto tiene los méritos de ambos métodos, TDOA y AOA. Con la información de AOA, el esquema propuesto requiere solo dos estaciones base para una estimación de la posición. Por otro lado, cuando hay más de dos estaciones base logrará la mayor exactitud en la TDOA. Con este esquema se evitan las desventajas de la localización basada solamente en AOA. Además, las mediciones están basadas en las señales piloto que existen actualmente en los sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA, del inglés Code-Division Multiple-Access) de banda ancha existentes, no se requiere señalización extra. Por último, con el empleo de TDOA no se requiere que la estación móvil esté sincronizada con las estaciones base, resultando en un receptor móvil más simple que el utilizado cuando se usa el TOA.

Otro ejemplo de esquema híbrido es el propuesto en [20], en el que se utilizan mediciones de tipo TDOA y RSS en redes celulares a bajo costo. Las diferentes fuentes de error de cada técnica hacen que cada una contenga información independiente sobre la localización del terminal móvil, con lo cual se logra un estimado de localización superior. Se muestra la robustez de esta fusión, la calidad superior en cuanto a tasa de errores que los esquemas basados en técnicas individuales y el bajo costo de su implementación.

### INVESTIGACIONES EN CURSO

El campo de las aplicaciones y los servicios basados en localización es joven aún y para implementar múltiples aplicaciones aún es necesario el desarrollo de otras áreas de investigación complementarias. Por ejemplo, para hacer realidad el sistema de localización de peligro para el cuidado y la seguridad de niños, [8] se requiere un diseño elaborado del modelo del sistema y de las funciones principales del mismo, además del desarrollo de un sistema prototipo completo que permita descubrir más problemas prácticos, todo lo cual se encuentra aún en una fase temprana de investigación.

Por otra parte, los LBS requieren información sobre la localización del usuario para proveer los servicios necesarios. Para proteger la privacidad de esta información se ha propuesto un límite consistente en una serie de procesos que manipulan dicha información y la preservan de ser

accedida por un observador en la red. [21] Trabajos futuros incluirán la implementación de este sistema sobre los diversos dispositivos inalámbricos bajo la norma 802.11.

A pesar de los avances tecnológicos, sigue siendo la exactitud alcanzada en la localización uno de los principales retos para estos servicios. [22] Varios trabajos hoy en día centran sus esfuerzos en el desarrollo de algoritmos más precisos y robustos. [23-24]

## CONCLUSIONES

El conocimiento de la localización en cualquier esfera ha sido siempre una necesidad. Desde el punto de vista comercial, este conocimiento se vuelve sumamente atractivo como valor agregado a los productos que existen hoy en día, más relevante resulta, su implementación en extremo beneficiosa para la sociedad, dado a su innegable aplicabilidad en comunicaciones para seguridad pública. En este trabajo se ha hecho referencia a la importancia del desarrollo de este tema, destacando los principales cauces de investigación, así como a los métodos de localización más utilizados por los sistemas que implementan estos servicios.

## REFERENCIAS

1. **OTHMAN, H.; HASHIM, H. and AB MANAN, J.** "A Conceptual Framework Providing Direct Anonymous Attestation (DAA) Protocol in Trusted Location-Based Services (LBS)", *International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, Dec., 2010.
2. **LIN, Q.; MEINA S.; SHAN, X. and HAIYOU, J.** "A Novel Location Detection Service Model in Cellular Networks". *IEEE 2nd Symposium on Web Society (SWS)*, Aug., 2010.
3. **GORCIN, A.** "RSS-Based Location Awareness for Public Safety Cognitive Radio", *Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronics Systems Technology*, Jul., 2009.
4. **TREVISAN, L.** "Um Algoritmo de Localização de nós em Redes Sem-Fio Usando Nível de Potência do Sina", Curitiba, PR, Brasil, Feb., 2009.
5. **WARRIOR, J.; MCHENRY, E. and MCGEE, K.** "They Know Where You Are [location detection]", *IEEE Spectrum*, Jul., 2003.
6. **LIU, F. and YANG, Z.** "Study on Applications of LBS Based on Electronic Compass". *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2009. WiCom'09. 5th International Conference on*, Sep., 2009.
7. **FENG, J.; ZHU, Y.; MUKA, I N. and WATANABE, T.** "Search on Transportation Network for Location-Based Service". Springer Berlin / Heidelberg, Nov., 2006.
8. **TAKATA, K.; JIANHUA, M. and APDUHAN, B.O.** "A Dangerous Location Aware System for Assisting Kids Safety Care", *20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Apr., 2006.
9. **OTHMAN, H.; HASHIM, H.; YUSLAN RAZMI, M.A. and AB MANAN, J.** "Forming Virtualized Secure Framework for Location Based Services (LBS) using Direct Anonymous Attestation (DAA) protocol", *EE 6th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, Nov., 2010.
10. **CHEN, Y. et al.** "Location Aware Messaging - Integrating LBS Middleware and Converged Services", *e-Business Engineering*, Dec., 2005.
11. **HARTER, A. and HOPPER, A.** "A Distributed Location System for the Active Office". *IEEE Network*, Feb., 1994.
12. **LEONHARDT, U.** "Supporting Location-Awareness in Open Distributed Systems". PhD thesis, Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, 1998.
13. **PFEIFER, T. and POPESCU-ZELETIN, R.** "A Modular Location-Aware Service and Application Platform". *Proceedings. IEEE International Symposium on Computers and Communications*, 1999.
14. **BANERJEE, S. et al.** "Rover: Scalable Location-Aware". Computing, *IEEE Computer Society*, Oct., 2002.
15. **PODNAR, I.; HAUSWIRTH, M. and JAZAYERI, M.** "Mobile Push: Delivering Content to Mobile Users". *Distributed Computing Systems Workshops*, 2002.
16. **DRANE, C.; MACNAUGHTAN, M. and SCOTT, C.** "Positioning GSM Telephones". *IEEE Communications Magazine*, Apr., 1998.
17. **PATWARI, N. et al.** "Locating the Nodes: Cooperative Localization in Wireless Sensor Networks". *IEEE Signal Processing Magazine. IEEE*, Jul., 2005.
18. **GEZICI, S.** "A Survey on Wireless Position Estimation". *Wireless Personal Communications*, Springer Netherlands, 2008.
19. **CONG, L. and ZHUANG, W.** "Hybrid TDOA/AOA Mobile User Location for Wideband CDMA Cellular Systems". *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Jul., 2002.
20. **McGUIRE, M.; PLATANIOTIS, K. N. and VENETSANOPOULOS, A. N.** "Data Fusion of Power and Time Measurements for Mobile Terminal Location". *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2005.
21. **BOWEN C. III. and MARTIN T.** "A Survey of Location Privacy and an Approach for Solitary Users". *40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Jan., 2007.
22. **CHEUNG, K.W.; MA, W. and SO, H.** "Accurate Approximation Algorithm for TOA-Based Maximum Likelihood Mobile Location Using Semidefinite Programming".

*IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2004.

23. **ZHAO, S.H. and CHAN, S.C.** "A Novel Algorithm for Mobile Station Location Estimation with None Line of Sight Error Using Robust Least M-Estimation". *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 2008.
24. **XU, B.; CHEN, J. and ZHONG, X.** "A Mobile Telephone Locating Method with Erroneous Observer Positions Based on TDOA". *9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments*, 2009.

**Rónier Sierra Dávila**

Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Departamento de Telecomunicaciones, Empresa Eléctrica, La Habana, Cuba

**Samuel Montejo Sánchez**

Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Máster en Telemática, Asistente, Departamento de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba

**AUTORES**

**Elenis Gorrita Michel**

Ingeniera Informática, División Centro TRD Caribe, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

## Location Based Services and Applications

**Abstract**

Location Based Services (LBS) continue to grow in popularity, effectiveness and reliability, to the extent that applications are designed and implemented taking into account the facilities of the user location information. In this work, some of the main applications are addressed, in order to make an assessment of the current importance of the LBS, as a branch of technology in full swing. In addition, the main techniques for location estimation are studied, essential information to the LBS. Because of this it is a highly topical issue, the ongoing works and researches are also discussed

Key words: location based services, location estimation, positioning techniques