

EFECTO DEL TAMAÑO DE LA VENTANA DE PROMEDIADO Y LA HISTERESIS VARIABLE EN ALGORITMOS DE HANDOVER HORIZONTAL EN REDES CONVERGENTES

Alfonso Fernández Durán¹, Mariano Molina García² y José I. Alonso²

¹Alcatel-Lucent, E-mail: alfonso.fernandezd@alcatel-lucent.es

²Dpto. Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid

E-mail: mmolina@gtic.ssr.upm.es, ignacio@gmr.ssr.upm.es

Abstract — En las redes convergentes inalámbricas, el traspaso horizontal entre distintos puntos de acceso de la red WLAN es una gran fuente de degradación de la calidad de la VoIP y otros servicios conversacionales en tiempo real. Esto es debido a que este tipo de redes no fueron concebidas originalmente para soportar este tipo de servicios, y los trasposos siguen un protocolo “cortar antes de realizar”, produciéndose interrupciones en la comunicación motivadas por el tiempo que necesitan los terminales en volver a asociarse a la red. En este artículo se estudia el efecto que tienen el tamaño de la ventana de promediado de la señal, la histéresis variable y el retardo del handover por parecido entre potencia de puntos de acceso de destino sobre el número de trasposos y las caídas de la potencia de señal por debajo del valor de sensibilidad del terminal, causantes principales de las interrupciones en la comunicación, y, con ello, de la degradación de la calidad de las comunicaciones.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, hay multitud de escenarios en los cuales se está considerando el uso de redes convergentes de voz sobre IP, con el fin de proporcionar a los usuarios movilidad de forma transparente y continuidad de los servicios de voz y de datos independientemente de si se encuentran bajo cobertura de la red celular o la red inalámbrica. Para conseguir esta convergencia se han concebido diversas iniciativas, entre las que destacan UMA (Unlicensed Mobile Access) [1] que se creó con el fin de proveer servicios de voz y datos GSM/GPRS a través de espectro radioeléctrico sin licencia y VCC (Voice Call Continuity) [2] que permite, en el ámbito de una red IMS (IP Multimedia Subsystem) la continuidad de llamadas de voz de forma transparente al usuario al pasar de una red celular GSM o UMTS a cualquier red de acceso con conectividad IP.

El éxito de estas iniciativas dependerá, entre otros factores, de la calidad de servicio que este tipo de redes sean capaces de suministrar. Estudios actuales [3][4] muestran como la presencia de trasposos verticales entre la red celular y la red inalámbrica y trasposos horizontales entre puntos de acceso de la red inalámbrica tendrán una fuerte influencia en la calidad de las comunicaciones de voz, debido a las discontinuidades que se producen en los flujos de datos. Especialmente negativo será el efecto de los trasposos horizontales, puesto que se basan en una aproximación que interrumpe la conexión con el punto de acceso origen previamente a establecer la conexión con el nuevo punto de acceso, lo que provoca que el tiempo de desconexión de la red debido a procesos de reasociación y reautenticación sea considerable, y se pueda producir una fuerte degradación de la calidad de voz. Por ello, minimizar el número de trasposos entre puntos de acceso de una red WLAN manteniendo a la vez el nivel de potencia de señal por encima de la sensibilidad del terminal tendrá una gran importancia. En este artículo se estudia el comportamiento de los principales algoritmos de handover horizontal, y se presenta la influencia sobre las interrupciones de las comunicaciones en una red WLAN de la ventana de promediado de la señal, la histéresis variable y el retardo del handover por parecido entre potencia de puntos de acceso de destino utilizados en algoritmos de handover horizontal.

II. ALGORITMOS DE HANDOVER HORIZONTAL

A continuación se describen los algoritmos de handover horizontal basados en medidas de potencia [5] más importantes, y el efecto de los desvanecimientos rápidos del canal sobre su comportamiento:

A. Algoritmo de mejor servidor

El algoritmo de mejor servidor consiste en la elección en cada momento del punto de acceso que presenta un mayor nivel de señal. Las características de este algoritmo motivan que, ante desvanecimientos, el número de handovers que se producirán entre puntos de acceso de una red WLAN en zonas donde sean similares los niveles medios de potencia recibidos de distintos puntos de acceso sea bastante elevado.

B. Algoritmo con histéresis fija

El algoritmo basado en histéresis fija limita el traspaso de la conexión de un punto de acceso a otro a aquellas situaciones en las que el punto de acceso al que está conectado el terminal WLAN en un determinado momento tenga un nivel de potencia inferior en un número fijo de dB al nivel de potencia de otro de los puntos de acceso de la red. Así, el número de handovers que se producirán en presencia de desvanecimientos en zonas donde los niveles medios de potencia de los puntos de acceso difieran en un número de dB similar a la histéresis será bastante elevado. La selección de valores mayores de histéresis disminuirá el número de handovers, pero a costa del aumento del número de outages o caídas de la potencia de señal por debajo del valor de sensibilidad del terminal

C. Algoritmo RSSHT

El algoritmo de handover horizontal RSSHT se basa en el establecimiento de un umbral de potencia y una histéresis, produciéndose el traspaso de conexión de un punto de acceso a otro si el terminal recibe un nivel de potencia del punto de acceso servidor inferior al umbral y además recibe un nivel de potencia de otro punto de acceso superior al nivel recibido del punto de acceso servidor en el valor definido por la histéresis. En presencia de desvanecimientos, y con un valor de potencia recibido del punto de acceso servidor inferior al umbral, el número de handovers que se producirán entre puntos de acceso en

zonas donde los niveles medios de potencia de los puntos de acceso difieran en un número de dB similar a la histéresis será bastante elevado. El número de handovers será menor cuanto mayor sea el umbral y menor sea el valor de histéresis, siendo el comportamiento del número de outages el contrario.

D. Algoritmo con histéresis variable

El algoritmo de histéresis variable utiliza un valor umbral fijo para modelar el valor de histéresis en función del valor de potencia recibido en el terminal móvil procedente del punto de acceso servidor. Así, para un valor de dicho umbral fijo, solo se iniciará un proceso de traspaso de la conexión si el valor recibido en el terminal móvil procedente de un punto de acceso es mayor que dos veces el valor de potencia recibido del punto de acceso servidor menos el umbral fijo. El número de handovers que se producirán entre puntos de acceso en zonas donde los niveles medios de potencia de los puntos de acceso difieran en un número de dB similar a la histéresis correspondiente al valor de potencia recibido del punto de acceso servidor puede ser bastante elevado en presencia de desvanecimientos rápidos. Este número de handovers será menor cuanto menor sea el umbral, mientras que el número de outages o situaciones de fuera de servicio por cobertura será menor a mayor umbral.

III. ALGORITMO BASADO EN PROMEDIADO DE SEÑAL E HISTERESIS VARIABLE

El uso en los algoritmos de handover horizontal de promediado de señal, histéresis variable y retardo del handover por parecido entre potencia de puntos de acceso de destino trata de minimizar los problemas derivados de la presencia de fuertes desvanecimientos rápidos en el canal móvil, disminuyendo el tiempo que el terminal móvil está desconectado de la red WLAN y potenciando la posibilidad de handover para situaciones de baja potencia recibida procedente del punto de acceso servidor mediante una histéresis variable. Para ello, la decisión de realizar un handover horizontal en una red WLAN formada por varios puntos de acceso se adopta siguiendo el proceso descrito en el diagrama adjunto:

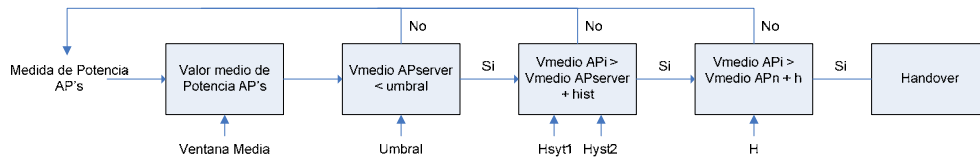


Fig. 1. Diagrama del proceso seguido por el algoritmo de promedio de señal para iniciar handover horizontal

El funcionamiento de estos algoritmos consiste en lo siguiente. En primer lugar, se promedian con una ventana de longitud “ventana media” los niveles de potencia recibidos en el terminal precedentes de cada punto de acceso, con lo que para un punto “k” el valor promedio de potencia de cada punto de acceso será:

$$RSS_{promedio_{APi}}[k] = \frac{1}{Vm} * \sum_{j=k-Vm+1}^{j=k} RSS_{APi}[j] \quad (1)$$

Si el punto de acceso al que está conectado el terminal tiene un valor promedio de señal inferior a un valor “umbral” fijado, se evalúa el valor promedio de potencia medido de cada uno de los puntos de acceso de la red, comprobando si este valor promedio en alguno de los casos supera en un valor “hyst” al valor promedio medido en el terminal para el punto de acceso servidor. Este valor “hyst” será dependiente del valor promedio en el punto de acceso servidor, y se calcula como:

$$hyst[k] = hyst_1 + ((hyst_2 - hyst_1) * \left(\frac{RSS_{promedio_{APserver}}[k] - umbral}{perdidaconex - umbral} \right)) \quad (2)$$

Si se da la condición anterior, el proceso continua comparando el nivel de potencia promedio de los puntos de acceso candidatos a convertirse en el nuevo punto de acceso servidor. Si todos los puntos de acceso candidatos difieren en un valor de potencia superior a “h”, fracción del valor “hyst”, y, por tanto, dependiente del valor de potencia promedio procedente del punto de acceso servidor, se inicia el proceso de handover.

IV. ESCENARIO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

El estudio del comportamiento de los diferentes algoritmos y del efecto de la variación de los distintos parámetros seleccionables del algoritmo promedio se realiza a partir de la simulación mediante software de una trayectoria en un escenario de referencia, presentado en la figura 2, y correspondiente a un entorno de oficina de 103x28 metros, cubierto con cuatro puntos de acceso cuya ubicación ha sido realizada maximizando criterios de cobertura y de capacidad de la red.

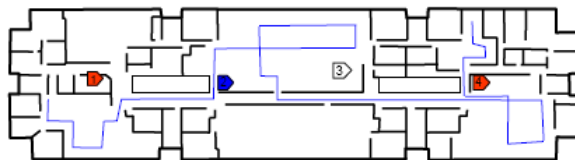


Fig. 2. Escenario de simulación y trayectoria recorrida por el terminal móvil

Así, el valor de la potencia recibida en cada punto del recorrido para cada uno de los puntos de acceso se puede caracterizar mediante la siguiente expresión:

$$P_{RX} (dBm) = P_{TX} (dBm) - L_{propag} (dB) - L_{paredes} (dB) + Desvanecimiento (dB) \quad (3)$$

Donde P_{TX} es la potencia transmitida por el punto de acceso, L_{propag} las pérdidas de propagación, $L_{paredes}$ la atenuación debida a las paredes y el desvanecimiento se modela como una distribución gaussiana de media 0 y desviación típica 9 dB. Para cada

uno de los estudios que se presentan a continuación se simularán cien realizaciones de la trayectoria descrita por el terminal móvil. Esta trayectoria cubre una distancia total de 205 metros y se reciben medidas de potencia de señal de cada uno de los puntos de acceso cada 0.5 metros, lo que correspondería a un transeúnte desplazándose a una velocidad de 5 Km/h recibiendo balizas de los 3 canales usados en los puntos de acceso cada 120 milisegundos.

A. Efecto de la ventana de media

Las figuras 3 y 4 muestran como afecta la selección del valor de la ventana de media al comportamiento del algoritmo. Así, el valor de ventana de media escogido tendrá una fuerte influencia en el tiempo de pérdida de conexión. Se deberá alcanzar una solución de compromiso entre un valor de ventana de media alto, que minimiza el efecto de los desvanecimientos y el número de handovers, y un valor de ventana de media bajo, que, al promediar menos la señal, reacciona antes a las variaciones rápidas de señal debidas a los desvanecimientos, aumentando así el número de handovers, pero minimizando el número de outages y aumentando el valor medio de señal.

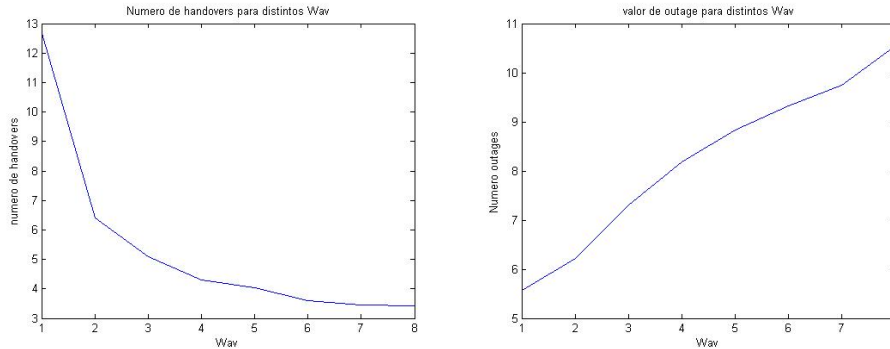


Fig. 3 y 4. Número de handovers y pérdidas de conexión para distintos valores de ventana de media

B. Efecto del valor umbral escogido

En las figuras 5 y 6 se puede observar como el umbral escogido para el algoritmo propuesto tendrá una gran influencia en el tiempo de pérdida de conexión. Mientras que un valor de umbral alto minimiza el número de outages y maximiza el valor medio de señal, un umbral bajo disminuye el número de handovers entre distintos puntos de acceso a costa de disminuir nivel medio de señal y aumentar los outages.

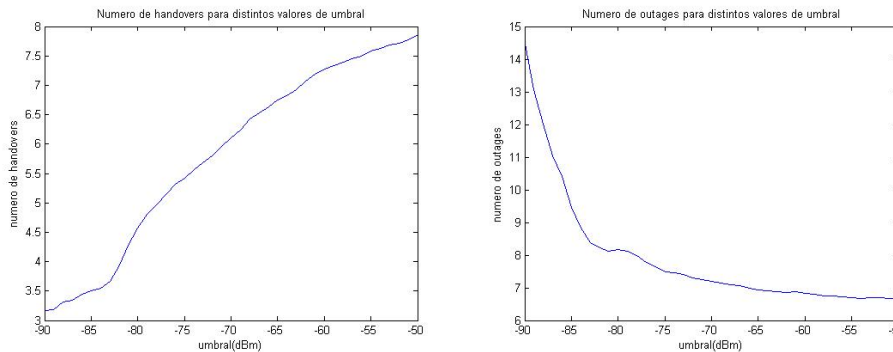


Fig. 5 y 6. Número de handovers y pérdidas de conexión para distintos valores de umbral

C. Efecto de los valores límites de la histéresis variable "hyst1" e "hyst2"

Los valores límites de histéresis "hyst1" e "hyst2" también afectan de manera importante al numero de handovers y de outages y, con ello, al tiempo de pérdida de conexión. En las figuras 7 y 8 se puede ver como, con valores mayores de "hyst1" e "hyst2" se minimiza el número de handovers, pero se provocan valores altos de outages. Por el contrario, cuando se disminuyen "hyst1" e "hyst2" se tiende a minimizar el número de outages y maximizar el valor medio de señal, a costa del aumento del número de handovers entre distintos puntos de acceso de la red WLAN.

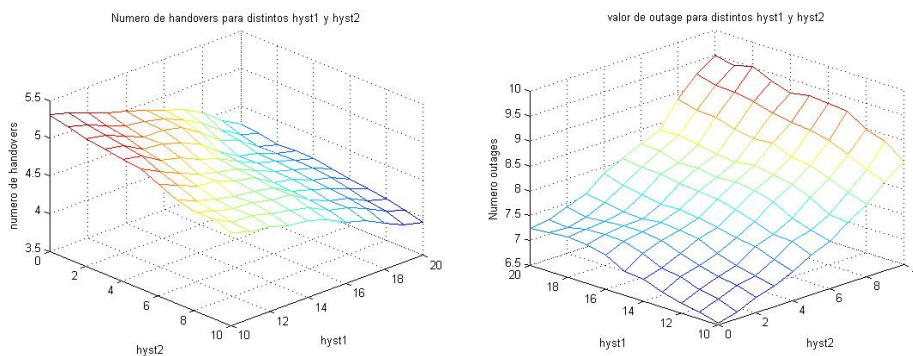


Fig. 7 y 8. Número de handovers y pérdidas de conexión para distintos valores límites de histéresis

D. Efecto de la histéresis entre los valores de potencia de puntos de acceso candidatos

Como se puede observar en las figuras 9 y 10, los valores de histéresis entre los valores de potencia de puntos de acceso candidatos escogidos afectarán también al número de handovers y de outages y, con ello, al tiempo de pérdida de conexión. Exigir un mayor parecido entre los niveles de potencia de dos puntos de acceso para abortar un handover aumentará el número de handovers, pero a su vez disminuirá el número de outages y mejorará el nivel medio de señal, ocurriendo lo contrario si se exige un menor parecido para abortar un handover.

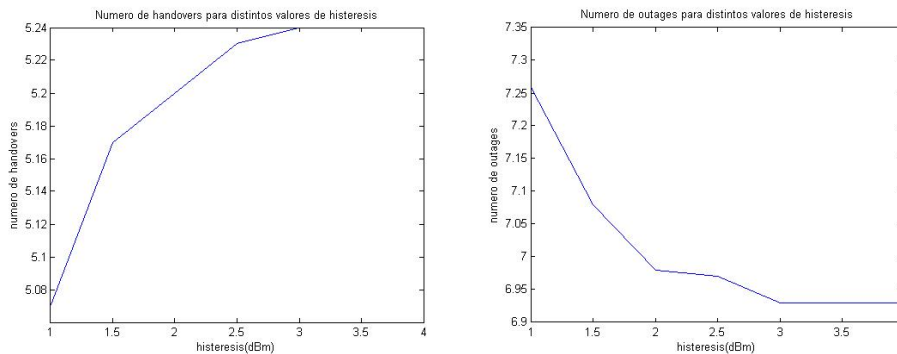


Fig. 9 y 10. Número de handovers y outages para distintos valores de histéresis entre los valores de potencia de AP's candidatos. Para finalizar, la tabla adjunta muestra una comparación del comportamiento, en ausencia y presencia de desvanecimientos rápidos y para sus parámetros de simulación óptimos, de los principales algoritmos de handover horizontal sin la utilización de promediado de la señal y del algoritmo cuyo diagrama de proceso se presentó en la figura 1, en términos de traspasos, caídas de la potencia de señal por debajo del valor de sensibilidad del terminal y nivel medio de señal.

| | Mejor Servidor | Hist. Fija | Hist. Variable | RSSHT | Promedio, Hist y Retardo |
|------------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------------------------|---|
| HO estimados con canal promediado | 11 | 7 | 3 | 5 | 3 |
| HO estimados con canal instantáneo | 95.21 | 9.63 | 7.96 | 7.20 | 4.24 |
| Outages estimados | 7.58 | 9.49 | 6.89 | 7.39 | 6.89 |
| Numero HO + Outages | 102.79 | 19.12 | 14.85 | 14.59 | 11.13 |
| Nivel medio (dBm) | -63.38 | -63.29 | -63.54 | -63.91 | -62.15 |
| Parámetros de simulación | - | Hyst=22.1 dB | St=-108dBm | Umbral = -85 dBm Hyst=17 dB | Umbral = -83 dBm Hyst1,Hyst2=20 dB,0 dB Vm=3, h = hyst./3 |

Tabla 1. Comparación de handovers, outages y nivel medio de señal para distintos algoritmos de handover horizontal

V. CONCLUSIONES

De los estudios y las simulaciones presentadas se puede extraer la sustancial mejora proporcionada por el uso de un algoritmo que utilice promediado de señal en presencia de desvanecimientos, y la gran importancia que la selección del tamaño de la ventana de promediado de la señal, de los valores límite de histéresis variable y del parecido entre potencia de puntos de acceso de destino para el retardo del handover tendrá sobre el número de traspasos y las caídas de la potencia de señal por debajo del valor de sensibilidad del terminal, causantes principales de las interrupciones en la comunicación, y, con ello, de la degradación de la calidad de voz.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la Cátedra C.O.I.T, y al Ministerio de Educación y Ciencia en el marco del proyecto TEC2005-07010-C02-01/TCM la financiación obtenida.

REFERENCIAS

- [1] FMCA, "Convergence Services over Wi-Fi GAN (UMA)", FMCA Product Requirement Definitions, Release 2.0, may 8, 2006.
- [2] 3GPP, "Voice Call Continuity between CS and IMS Study", Release 7, Technical Specification 23.806, December 2005.
- [3] I. Marsh and B. Gronvall, "Performance evaluation of voice handovers in real 802.11 networks", 2nd workshop on Wireless Network Measurements, WiNMee 2006, April 2006.
- [4] A. Fernandez, E. Carrera and J.I. Alonso, "Effects of Handover on Voice Quality in Wireless Convergent Networks", Proceedings of IEEE Radio and Wireless Symposium, IEEE RWS 2007, January 2007.
- [5] G. Pollini, "Trends in Handover Design", IEEE Communications Magazine, pp 82-90, March 1996.