

Estimación del Efecto del Traspaso Horizontal en la Calidad de Voz sobre IP en Redes WLAN

Mariano Molina-García¹, Alfonso Fernandez Duran², Raquel Perez Leal¹, and José I. Alonso¹

¹Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.

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

²Alcatel-Lucent, Madrid, Spain, alfonso.fernandez_duran@alcatel-lucent.es

Abstract — Los escenarios de despliegue de servicios conversacionales en tiempo real son especialmente sensibles en lo que a requisitos de calidad de las comunicaciones se refiere, siendo necesario el uso de técnicas de traspaso adecuadas para mantener esta calidad. Puesto que los terminales de usuario inalámbricos habitualmente implementan el traspaso a través de un mecanismo mediante el cual se corta la comunicación con un punto de acceso previamente a la conexión con el nuevo punto de acceso, se hace necesario el uso de técnicas para reducir la cantidad total y la duración de traspasos manteniendo el nivel de señal por encima del umbral de sensibilidad del sistema. En este documento se presenta un método para determinar el efecto del traspaso horizontal en la calidad conversacional de la voz, que será utilizado para estimar a través de simulaciones de un entorno real el efecto de la cantidad y la duración de los traspasos en la calidad de voz y el comportamiento de distintas técnicas de traspaso.

I. INTRODUCCIÓN

AUNQUE el estándar IEEE802.11 fue concebido originalmente para transportar tráfico de datos de tipo “best-effort”, la aparición de actualizaciones del estándar, como la IEEE802.11e han traído consigo la posibilidad de soportar servicios sensibles al retardo y al ancho de banda disponible, como pueden ser los servicios conversacionales y de video en tiempo real. Bajo esta nueva perspectiva, las redes inalámbricas de área local combinadas con el uso del protocolo IP están comenzando a ser utilizadas para suministrar servicios nómadas y de limitada movilidad, siendo por ello importante el estudio del efecto que, sobre la calidad de los servicios suministrados, tienen los eventos de traspaso.

Dentro de una red WLAN, el traspaso o handover se define como el proceso que se lleva a cabo cuando un terminal móvil pasa de la zona de cobertura de un punto de acceso origen a la zona de cobertura de un punto de acceso destino. Inicialmente, las WLAN no estaban diseñadas para soportar traspasos entre puntos de acceso, dado que su uso principal era el de suministrar servicios no de tiempo real a un perfil de usuario al que se suponía una movilidad muy limitada. Esta concepción de los traspasos entre diferentes puntos de acceso de la red WLAN o traspasos horizontales, junto al hecho de que los terminales móviles habitualmente incorporan un único transceptor WLAN, hacen que el mecanismo seguido en estos procesos sea de tipo “break before make”, lo que implica una ruptura de la conexión con el punto de acceso origen y una posterior asociación a un nuevo punto de acceso, o, lo que es lo mismo, una pérdida de conexión durante un tiempo relevante en términos de calidad de servicios conversacionales y de video. En el caso de terminales con varios transceptores WLAN, [1] describe técnicas y mecanismos para una mejor gestión de los traspasos horizontales, basado en reintentos de transmisión de paquetes de voz sobre IP. El proceso de traspaso horizontal en redes WLAN puede dividirse en dos fases. La primera fase consiste en la toma de decisión sobre si un traspaso es necesario y la selección posterior del punto de acceso que se tomará como destino, y la segunda fase comprende todos los procesos de capa 2 y capa 3 que se producen asociados a un evento de traspaso. La primera fase puede tener lugar en paralelo con la comunicación si afectarla, mientras que los procesos de capa 2 y 3 implican una pérdida temporal de conexión y transmisión de paquetes de datos. Una descripción de los mensajes intercambiados en esta segunda fase y los tiempos asociados se presenta en [2]. Estos tiempos oscilan entre los 50ms y los 400ms para los procesos de capa 2, mientras que los procesos de capa 3 podrían llevar consigo desconexiones de 300 ms o más, según las características y condiciones de la red.

Varios estudios han analizado el proceso de decisión de traspaso en redes celulares. En [3] se pueden encontrar estudios sobre parámetros de propagación y criterios seguidos en decisiones de traspaso en estas redes. Otros estudios el comportamiento de los traspasos en WLAN, como [4], que caracteriza la temporización y la transferencia de datos entre elementos de la red y [5], que mide los efectos de los traspasos en las comunicaciones de voz... Por otro lado, el impacto genérico de traspasos horizontales y verticales en comunicaciones de voz se estudia en [6] usando para ello el modelo E de la ITU G.107, sin considerar el efecto de la técnica de decisión de traspaso utilizada. En un escenario típico de interiores, la red consta de múltiples celdas, con lo que un Terminal móvil podría contar con cobertura de varios puntos de acceso en un determinado punto de su trayectoria. Es crítico decidir si un traspaso es necesario, y, en caso de que lo sea, que punto de acceso es el mejor para mantener la calidad de la comunicación. En este artículo se presenta una revisión de las técnicas de decisión de traspaso más comunes, una comparación entre ellas en términos de probabilidad de traspaso y un método para estimar el impacto de la decisión de traspaso horizontal en la calidad de voz, y, de este modo, tener en cuenta ellas consecuencias de los procesos de traspaso en la planificación y el dimensionamiento de redes inalámbricas.

II. TÉCNICAS DE DECISIÓN DE TRASPASO

Como alternativa al análisis realizado para comunicaciones celulares, el actual estudio propone un análisis simple de la probabilidad de traspaso basada en la métrica usada para tomar la decisión de traspaso, a condición de que el escenario se haya planificado correctamente para proporcionar la suficiente cobertura. La estrategia que proporciona una probabilidad más baja de handover presentará un funcionamiento mejor desde el punto de vista de la calidad de la comunicación.

Para analizar el proceso de traspaso en una red WLAN, es necesario evaluar el comportamiento del nivel de señal en ella. En escenarios complejos como los de interiores, pequeños desplazamientos del terminal móvil (inferiores a 10 longitudes de onda) pueden tener un gran impacto en la amplitud y la fase de la señal. En los típicos sistemas de comunicaciones celulares en exteriores, el análisis del nivel de señal refleja la presencia de desvanecimientos de tipo Rice y tipo Rayleigh. Estudios sobre la evaluación de los trasposos asumen que estos desvanecimientos pueden promediarse, siguiendo la variable aleatoria resultante una distribución de tipo lognormal, como se describe en [3], [7] and [8], de la forma:

$$f(s_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * \sigma} * e^{-\frac{(s_i - \mu_i)^2}{2 * \sigma^2}} \quad (1)$$

donde s_i (dB) es el nivel de señal recibido del AP, μ (dB) es la media del nivel de señal recibido del AP y σ (dB) la desviación típica que caracteriza el desvanecimiento, que como se ha señalado podría ser promediado para caracterizar variaciones lentas de la señal. En escenarios complejos de interiores, en los que muchos obstáculos producen pérdidas, el nivel de señal podría expresarse como se describe en [9]:

$$\mu_i = P_{tx} - \left(k_1 + k_2 \log(d_i) + \sum_w \lambda_w + \sum_f \lambda_f \right) \quad (2)$$

donde P_{tx} (dB) es la potencia transmitida por el AP, λ_w (dB) es la atenuación debida a las w paredes atravesadas, λ_f es la atenuación debida a los f suelos atravesados, las constantes k_1 and k_2 representan un factor dependientes de la frecuencia y atenuación fija y la constante de propagación respectivamente, y d_i la distancia entre el punto de observación y el punto de acceso i . Asumiendo esta variación de tipo lognormal en el nivel de señal, varias técnicas pueden ser utilizadas para implementar el proceso de decisión de traspaso.

a) Técnica Mejor Servidor

Si un terminal móvil recibe un nivel de señal s_i de cada punto de acceso AP_i dentro del area de cobertura, este se asociará con el AP del que reciba mayor potencia media. Usando la técnica Best Server, si el terminal está asociado con AP_0 con nivel de señal s_0 , este iniciará un evento de traspaso si recibe señal de otro AP_i tal que $s_i > s_0$. La probabilidad de que ocurra un evento de traspaso será:

$$P_{HO} = \left[1 - \prod_{i=1}^n P(s_i < s_0) \right] = \left[1 - \prod_{i=1}^n F_{s_i}(s_0) \right] \quad (3)$$

Siendo F la función de distribución acumulativa:

$$F_{s_i}(s_0) = \frac{1}{2} * \left[1 + \operatorname{erf}_{s_i} \left(\frac{s_0 - \mu_i}{\sigma} \right) \right] \quad (4)$$

Combinando (3) y (4), la probabilidad de traspaso será:

$$P_{HO} = \left[1 - \prod_{i=1}^n \frac{1}{2} * \left[1 + \operatorname{erf}_{s_i} \left(\frac{s_0 - \mu_i}{\sigma} \right) \right] \right] \quad (5)$$

La principal ventaja de este método es que siempre mantiene asociado el terminal con el punto de acceso que provee de mejor nivel de señal. De igual modo, el número de trasposos producidos puede ser muy elevado y, con ello, podría degradarse la calidad de las comunicaciones, especialmente en servicios conversacionales de tiempo real.

b) Técnica de Histeresis Fija

Para reducir el número de trasposos, una técnica usada habitualmente es usar una histeresis fija. El mecanismo consiste en realizar un traspaso a un nuevo AP si este mejora el nivel de señal actual en un valor h . Así, si el punto de acceso actual presenta un nivel de señal s_0 , el traspaso a otro AP_i ocurrirá si $s_i > s_0 + h$. Esta técnica evita trasposos innecesarios originados por pequeñas mejoras del nivel de señal, siendo la probabilidad de iniciar un evento de traspaso:

$$P_{HO} = \left[1 - \prod_{i=1}^n P(s_i \leq s_0 + h) \right] = \left[1 - \prod_{i=1}^n \frac{1}{2} * \left[1 + \operatorname{erf}_{s_i} \left(\frac{s_0 + h - \mu_i}{\sigma} \right) \right] \right] \quad (6)$$

Esta técnica de histeresis fija tiene la desventaja de permitir aún ciertos traspasos innecesarios, cuando el nivel de señal actual es lo suficientemente bueno pero se cumple que en otro punto de acceso en mayor en un valor h .

c) Técnica de nivel de señal relativa con histeresis y umbral (RSSHT)

Esta técnica de nivel de señal relativa con histeresis y umbral mejora la de histeresis plana, impidiendo los traspasos cuando el nivel de señal recibido es suficientemente alto. Se describe en [4], y básicamente solo permite el traspaso si $s_i > s_0 + h$ y $s_0 < T_{CS}$. Así, la probabilidad de traspaso será:

$$P_{HO} = \begin{cases} \left[1 - \prod_{i=1}^n \text{erf}_{s_i} \left(\frac{s_0 + h - \mu_i}{\sigma} \right) \right] & \forall s_0 \leq T_{CS} \\ 0 & \forall s_0 > T_{CS} \end{cases} \quad (7)$$

La probabilidad de iniciar un evento de traspaso dependerá de los valores h y T_{CS} elegidos. Para seleccionar estos valores, deberá estimarse la probabilidad, para un punto de acceso, de que el nivel de señal recibido fluctúe en torno al valor T_{CS} .

III. ESTIMACIÓN DE CALIDAD DE VOZ Y RESULTADOS

Para ilustrar los principios comentados en anteriores secciones, se presenta un ejemplo basado en un despliegue realizado en el escenario de la Figura 1. Este escenario corresponde a un edificio de oficinas de 52x36 metros cubierto por cuatro puntos de acceso representados por formas numeradas en la figura de distintos colores, asociados estos a las frecuencias de trabajo.

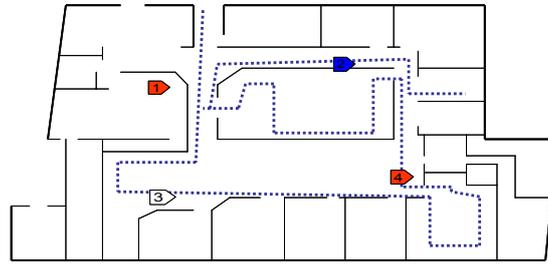


FIG. 1 ESCENARIO DE SIMULACIÓN

La línea de puntos representa la trayectoria seguida en el escenario, cubriendo un total de 170 metros. Las simulaciones consistirán en el uso de diferentes técnicas de decisión de traspaso en la trayectoria y la comparación de los resultados. Asumiendo una Buena planificación radio, la relación señal a ruido en los diferentes modos de operación y las colisiones producen una tasa de paquetes perdidos relativamente baja. En estas condiciones, el impacto de la pérdida de paquetes debida a los eventos de traspaso domina sobre la congestión de tráfico o la degradación de la calidad de señal causada por los efectos debidos a la propagación y la cobertura. La calidad de voz puede estimarse usando el procedimiento propuesto en ITU-T G.107 [10], calculando el factor R como una suma de cinco factores, donde R_0 es la SNR, I_s es el factor de degradación simultánea función de las degradaciones de la SNR asociadas a los caminos de la red de conmutación de circuitos, I_d es el factor de degradación de retardo que incluye todos los efectos de eco y de retardo, I_e es el factor de degradación del equipo que modela degradaciones causadas por los codecs de baja velocidad y A es el factor de ventaja. Las contribuciones más importantes son las asociadas al retardo y a la pérdida de paquetes. Por ello, los parámetros más importantes serán I_d e I_e , mientras que el resto pueden considerarse constantes. Tomando los valores por defecto presentados en [11] el factor de determinación de la transmisión se calculará como:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A = 93.35 - I_d - I_e \quad (8)$$

ITU-T G.114 [11] asegura que, si los retardos se mantienen por debajo de 150 ms, la mayoría de las aplicaciones podrán ser percibidas como transparentes para el usuario en términos de interactividad. Así, si el retardo de transmisión está en este rango de valores, el factor R y, por tanto, la calidad de voz percibida, podrá determinarse a partir de la tasa de pérdidas de paquetes P_{pl} , que se relaciona con el factor I_e y con el codec de VoIP utilizado a partir de unas tablas de valores suministradas en la ITU-T G.113 [12]. Los codecs caracterizados en ésta serán el G.711 (con y sin "Packet Loss Concealment"), G723.1 y G.729, y los polinomios de tercer orden que aproximan con un factor de correlación mejor que 0.99 los valores tabulados suministrados en [12] se presentan en las expresiones (9) a (12).

$$I_e^{G711} = 0.6289P_{pl}^3 - 6.8396P_{pl}^2 + 29.418P_{pl} + 0.3774, P_{pl} < 5\% \quad (9)$$

$$I_e^{G711-PLC} = 0.0037P_{pl}^3 - 0.1376P_{pl}^2 + 3.4978P_{pl} + 0.6663, P_{pl} < 20\% \quad (10)$$

$$I_e^{G723.1} = 0.0087P_{pl}^3 - 0.3094P_{pl}^2 + 5.2348P_{pl} + 14.598, P_{pl} < 20\% \quad (11)$$

$$I_e^{G729} = 0.0051P_{pl}^3 - 0.2197P_{pl}^2 + 4.5869P_{pl} + 10.788, P_{pl} < 20\% \quad (12)$$

De las expresiones anteriores, se puede obtener el factor de determinación de la transmisión R , y, con ello, la calidad percibida por el usuario a través del MOS (Mean Opinion Score), estimador que gradúa la calidad percibida por el usuario de 1 a 5 o de mala calidad a calidad excelente. Los valores de calidad obtenidos podrán ser utilizados para caracterizar el

comportamiento del sistema en diferentes condiciones y tomar con ellos decisiones de diseño y despliegue.

$$MOS = \begin{cases} 0 & R < 0 \\ 1 + 0.035 * R + R * (R - 60) * (100 - R) * 7 * 10^{-6} & 0 \leq R < 100 \\ 4.5 & R > 100 \end{cases} \quad (13)$$

Siguiendo el proceso descrito, se ha estimado la calidad de voz en la trayectoria simulada en el escenario presentado en la Figura 1, para diferentes técnicas de decisión de traspaso, diferentes duraciones de traspaso y distintos codecs. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

| HO(t): 50ms | G711 | G711-PLC | G723.1 | G729 |
|-----------------------|------|----------|--------|------|
| Mejor Servidor | 4.1 | 4.4 | 3.9 | 4.1 |
| Histeresis | 4.3 | 4.4 | 3.9 | 4.1 |
| RSSHT | 4.4 | 4.4 | 3.9 | 4.1 |
| HO(t): 300ms | G711 | G711-PLC | G723.1 | G729 |
| Mejor Servidor | 2.8 | 4.2 | 3.5 | 3.7 |
| Histeresis | 3.4 | 4.3 | 3.7 | 3.9 |
| RSSHT | 3.9 | 4.3 | 3.8 | 4.0 |
| HO(t): 1.2 s | G711 | G711-PLC | G723.1 | G729 |
| Mejor Servidor | 1.0 | 3.3 | 2.4 | 2.6 |
| Histeresis | 2.0 | 3.8 | 3.0 | 3.2 |
| RSSHT | 2.7 | 4.1 | 3.4 | 3.6 |

TABLA 1. RESULTADOS DE ESTIMACIÓN DE CALIDAD DE VOZ

Como se puede observar, la calidad de voz sufre grandes degradaciones con el aumento del tiempo invertido en el proceso de traspaso, dándose el mejor comportamiento en términos de calidad de voz para el codec G.711 con PLC junto con la técnica de decisión RSSHT.

IV. CONCLUSIONES

Las diferentes técnicas de decisión de inicio de un evento de traspaso han sido comparadas desde un punto de vista analítico y a través de simulaciones realizadas sobre un escenario real, con distintos codecs y distintos tiempos invertidos en el proceso de traspaso. De los resultados obtenidos puede extraerse la gran importancia que tendrá la elección del codec y del método de decisión de traspaso utilizado en la calidad de voz, sufriendo ésta calidad importantes degradaciones tanto con el aumento del número como con el aumento del tiempo de traspaso. Por ello, será imprescindible tener en cuenta en la planificación y dimensionamiento de redes WLAN orientadas a gestionar tráfico de VoIP la conveniencia de minimizar tanto el número de traspasos como el tiempo asociado a estos para conseguir mantener la calidad de voz en niveles aceptables.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Cátedra C.O.I.T, al Proyecto CELTIC “Easy Wireless 2” y al Ministerio de Educación y Ciencia en el marco del proyecto TEC2005-07010-C02-01/TCM la financiación obtenida.

REFERENCIAS

- [1] S. Kashihara, Y. Oie, “Handover management based on the number of retries for VoIP on WLANs”, IEEE 61st Vehicular Technology Conference, 2005. VTC 2005-Spring. 2005, pp. 2201- 2206 Vol. 4.
- [2] A. Mishra, et al., "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol.33, Issue 2, April 2003.
- [3] M. Zonoozi, P.Dassanayake, “Handover delay and hysteresis margin in microcells and macrocells”, The 8th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 1997. PIMRC '97., 1-4 Sep 1997, pp: 396-400 vol.2.
- [4] F. Gonzalez, J. Perez, V. Zarate “HAMS: Layer 2 Handoff Accurate Measurement Strategy in WLANs 802.11”, 1st workshop on Wireless Network Measurements, WiNMee 2005, April 2005.
- [5] 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.
- [6] A. Fernandez-Durán, E.Carrera, M.Molina y J. I. Alonso, “Efectos del traspaso sobre la calidad subjetiva de voz en redes inalámbricas convergentes”, XXII Simpósium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio URSI 2007
- [7] P. Dassanayake, “Dynamic adjustment of propagation dependant parameters in handover algorithms,” 44th. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC'94), Stockholm, pp. 101-105, Jun. 1994.
- [8] N. Zhang and J. M. Holtzman, “Analysis of handoff algorithms using both absolute and relative measurements,” 44th. IEEE Vehicular Technology Conference, Stockholm, pp. 82-86, Jun. 1994.
- [9] T. Sarkar, Z. Ji, K. Kim, A. Medouri, M. Salazar-Palma, “A syrvey of Various propagation Models for Mobile Communications”, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 45, No. 3, June 2003. pp 51-82.
- [10] ITU, “The E-Model, a computational model for use in transmission planning,” ITU-T Rec. G.107, 2003.
- [11] ITU, “One Way Transmission Time,” ITU-T Rec. G.114, 2003.
- [12] ITU, “Transmission impairments due to speech processing,” ITU-T Rec. G.113, 2001.