

Asignación Eficiente de Recursos para los Servicios de Broadcast y Punto a Punto en el Protocolo ADHOC MAC

José Ramón Gállego, Ángela Hernández-Solana,
 María Canales, Antonio Valdovinos
 Departamento de Ingeniería Electrónica y
 Comunicaciones, Universidad de Zaragoza.
 María de Luna 1, 50018 Zaragoza
 E-mail: jrgalleg@unizar.es

Luca Campelli, Matteo Cesana, Antonio Capone,
 Flaminio Borgonovo
 Dipartimento di Elettronica e Informazione,
 Politecnico di Milano
 Piazza L. Da Vinci 32, 20133 Milán, Italia
 E-mail: campelli@elet.polimi.it

Abstract. *An effective Medium Access Control for communications in wireless Ad hoc networks should be able to support both broadcast and point-to-point communications paradigms. The ADHOC MAC protocol, recently proposed within the European Commission funded CarTALK2000 project, seems to match these requirements. As a matter of fact, it allows the exchange of connectivity information among wireless terminals which can be usefully exploited to devise both broadcast and point-to-point services. In this paper we evaluate through simulation the efficiency of the protocol in a mixed traffic scenario where broadcast and point-to-point communications coexist. An adaptive bandwidth allocation strategy is proposed to share the resources between both services in a dynamic situation. The capability of the protocol to establish parallel point-to-point data communications and the corresponding improvement in the point-to-point efficiency is also evaluated.*

1 Introducción

El medio de transmisión en entornos inalámbricos tiene que ser compartido por definición. Además, los recursos radio son a menudo limitados frente al número de usuarios que intentan acceder a los mismos, lo que hace que la capacidad de cualquier red inalámbrica esté altamente determinada por la capacidad de los mecanismos de control de acceso al medio para gestionar dicho proceso de acceso y conseguir un alto reuso de los recursos [1].

ADHOC MAC [2] es un protocolo de acceso al medio propuesto recientemente dentro del proyecto europeo CarTalk 2000 [3] para proporcionar conectividad en redes ad hoc inter-vehiculares [4]. ADHOC MAC funciona sobre una capa física sincrónica e implementa una técnica de acceso completamente distribuida capaz de establecer dinámicamente un canal de broadcast fiable (Basic broadcast Channel: BCH) para cada terminal activo. Cada BCH contiene información de señalización que proporciona una distribución de la información de conectividad de la red rápida y fiable a todos los terminales. Esta información proporciona una base sólida para la implementación de servicios de datos punto a punto, explotando las transmisiones paralelas, y facilita la gestión de distintos requerimientos de QoS para estos servicios mediante el uso de prioridades.

En [5] y [6] se han estudiado las prestaciones de los servicios de broadcast en ADHOC MAC en un escenario estático y con movilidad respectivamente. En este artículo, evaluamos mediante simulación la eficiencia del protocolo en un escenario de tráfico mixto donde coexisten las comunicaciones broadcast

y punto a punto. Se propone una estrategia adaptativa de asignación de ancho de banda para compartir los recursos entre ambos servicios en una situación dinámica. El objetivo de dicha propuesta es garantizar los requerimientos de acceso para el BCH maximizando la capacidad para comunicaciones de datos adicionales. También es evaluada la capacidad del protocolo para establecer comunicaciones punto a punto paralelas y la correspondiente mejora en la eficiencia que esto implica. El resto del artículo está organizado del modo siguiente: en la sección 2 describimos brevemente las bases del protocolo ADHOC MAC y las estrategias de asignación de ancho de banda propuestas para el servicio básico de broadcast y los servicios punto a punto. En la sección 3, tanto las estrategias de gestión de recursos como la eficiencia del servicio punto a punto son evaluadas mediante simulación. Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones principales.

2 El Protocolo ADHOC MAC

2.1 Modo de operación básico para BCH y comunicaciones punto a punto

ADHOC MAC está basado en una estructura de slots temporales, en la que los slots están agrupados en tramas virtuales de longitud N y que, en principio, no requiere alineación de trama. En el BCH, cada terminal envía en broadcast la información del estado del canal que él percibe. El BCH contiene un campo de control, Frame Information (FI), que es un vector de N elementos que especifica el estado de los N slots que preceden a la transmisión del BCH del terminal. El estado de los slots puede ser OCUPADO o LIBRE: es OCUPADO si se ha recibido

correctamente un paquete o ha sido el propio terminal el que lo ha transmitido. En el caso de que el slot esté marcado como OCUPADO, el FI también contiene la identidad del terminal transmisor.

Basándose en los FIs recibidos, cada terminal marca un slot, digamos el slot k , bien como RESERVADO, si el slot $k-N$ se encuentra OCUPADO en al menos uno de los FIs recibidos en los slots del $k-N$ al $k-1$ o bien como DISPONIBLE en caso contrario. Un slot DISPONIBLE puede emplearse para intentar nuevos accesos. Tras acceder en un slot DISPONIBLE, el terminal j reconocerá tras N slots (una trama) la transmisión como correcta si el slot es marcado como "OCUPADO por el terminal j " en todos los FIs recibidos o como incorrecta en el resto de casos. En la Fig. 1 se muestra un ejemplo de los FIs transmitidos por un grupo de terminales. Denominamos a la unión de los clusters a un salto (one-hop clusters: OH) que tienen un subconjunto común, como clusters a dos saltos (two-hop clusters: TH). Los terminales que pertenecen al mismo OH-cluster ven el mismo estado (DISPONIBLE o RESERVADO) para todos los slots; los terminales que pertenecen a distintos OH-clusters del mismo TH-cluster marcan como RESERVADO todos los slots usados en el TH-cluster mientras que terminales que pertenezcan a distintos OH-clusters normalmente ven un estado diferente. Como resultado de esto, los slots pueden reutilizarse en OH-clusters disjuntos, pero no en el mismo TH-cluster, y, por lo tanto, el problema del terminal oculto no puede producirse [4].

El BCH proporciona un canal broadcast a un salto fiable que puede ser usado tanto para señalización como para datos de usuario. A partir de esta base, pueden establecerse de una manera efectiva comunicaciones punto a punto entre los distintos terminales aprovechando la señalización distribuida que proporcionan los FIs. Con esta finalidad, cada entrada del FI incluye un flag de punto a punto (PointToPoint: PTP) que se emplea del siguiente modo:

- Un terminal pone el flag PTP de un slot dado en el FI si el paquete recibido en el slot es broadcast o el destino era el propio terminal.

De este modo, para establecer comunicaciones punto a punto pueden usarse todos los slots DISPONIBLES y también los slots RESERVADOS que cumplan lo siguiente:

- El flag PTP está a 0 en todos los FIs recibidos.
- El FI recibido del terminal destino marca el slot como LIBRE.

Estas condiciones permiten que las transmisiones punto a punto compartan el mismo slot cuando no hay colisión en los receptores.

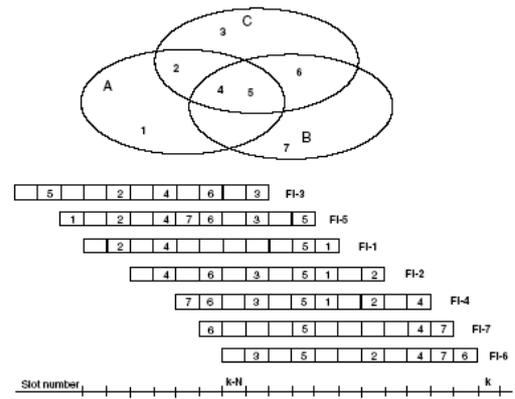


Figura 1: Ejemplo de los FI propagados por los terminales 1-7 en los cluster de un salto A, B y C representados por elipses.

Este hecho puede entenderse más claramente en los cuatro casos de la Fig. 2. Los casos a y b consideran dos terminales, 1 y 2, que pertenecen a distintos clusters no disjuntos. Asumiendo que el terminal 1 tiene ya activado un canal PTP con 3, el terminal 2 puede usar el mismo slot que el 1 aunque esté marcado como RESERVADO. De hecho, el único flag PTP activo es el transmitido por 3, y no recibido por 2 (cumpliendo la primera condición) y el FI generado por 4 marca el slot como LIBRE (cumpliendo la segunda condición). En el caso b, el FI generado por el terminal 3 y recibido por el 2 evita que el terminal 2 transmita (al no cumplirse la condición 1). En este caso, la transmisión paralela interferiría de hecho al terminal 3. En los casos c y d los dos terminales pertenecen al mismo cluster. En el caso d, el terminal 3 puede usar un slot reservado ya que se cumplen las dos condiciones (de hecho, es el caso del terminal expuesto) mientras que en el caso c no se cumple la segunda condición y habría colisión en el terminal 4. De todos modos, si se producen varios accesos simultáneos, puede seguir habiendo colisiones. Para saber si la transmisión ha sido correcta, el terminal transmisor comprueba que el slot esté marcado OCUPADO en el FI del terminal destino.

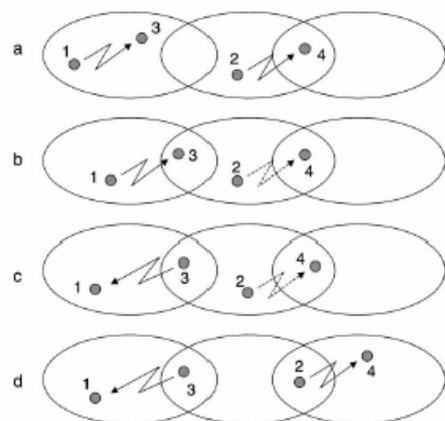


Figura 2: Ejemplo de transmisiones paralelas. Las transmisiones del terminal 1 se establecen primero. Las transmisiones permitidas para el terminal 2 se indican con línea continua.

2.2 Estrategias de asignación de ancho de banda

Una vez que un terminal ha adquirido un canal BCH, puede establecer canales de datos broadcast adicionales si el campo de datos del BCH no es suficiente. Del mismo modo, puede establecer canales PTP con sus distintos vecinos. En este artículo, sólo consideraremos comunicaciones extra PTP, así que de aquí en adelante, los canales adicionales son siempre referidos como PTP. Sin embargo, la estrategia propuesta puede ser generalizada, puesto que el dimensionado se realiza de acuerdo a las demandas de BCH.

En el modo de operación básico, cada slot de la trama puede usarse tanto para transmisiones PTP como BCH. Es esta situación, cuando crece el número de comunicaciones PTP, el número de slots DISPONIBLES para nuevos terminales que intenten acceder al sistema decrece, reduciendo el número de terminales que pueden acceder al sistema para un número dado de slots. Puesto que la adquisición de un canal básico de broadcast es obligatoria para acceder al sistema, un dimensionado apropiado de la red debe garantizar ciertos recursos para las transmisiones BCH. Como métrica para medir las prestaciones del BCH, consideramos la probabilidad de bloqueo. Un terminal se bloquea si no adquiere un canal BCH en un cierto número de tramas tras su aparición. Según esta situación, debe garantizarse un compromiso entre asegurar una probabilidad de bloqueo aceptable para los canales BCH mientras se proporciona el mayor throughput posible para las comunicaciones PTP. Para garantizar una probabilidad de bloqueo para nuevos terminales que acceden al sistema, proponemos una división de la trama en dos subtramas, donde las prestaciones del BCH no están limitadas por la cantidad de tráfico PTP en la red: una trama con N slots se divide en N_{BCH} y N_{PTP} slots para BCH y PTP respectivamente.

$$N = N_{BCH} + N_{PTP} \quad (1)$$

Para esta suposición, se requiere la sincronización temporal a nivel de trama y slot de cada terminal de la red, que puede obtenerse mediante GPS (Global Position System) u otras soluciones [7], [8]. Con esta subdivisión se consigue aumentar la probabilidad de acceder al sistema. Cuando un terminal intenta acceder al sistema, busca un slot DISPONIBLE. La existencia de un slot DISPONIBLE para un nuevo terminal sólo puede garantizarse estadísticamente: si los terminales vecinos tienen suficientes slots LIBRES, es probable que exista un slot común LIBRE para todos ellos. La subdivisión de la trama concentra los slots BCH LIBRES en la misma región haciendo más probable para un terminal nuevo encontrar un slot DISPONIBLE.

Si se emplea una subdivisión estática, N_{BCH} limita la densidad máxima de terminales que soporta el sistema. En el caso de que la densidad de terminales

en la red sea menor, se desperdician recursos puesto que podrían establecerse canales PTP en los slots BCH libres. Por otro lado, si la densidad de terminales crece por encima de lo esperado, terminales que son bloqueados podrían acceder al sistema usando slots de la subtrama de PTP. Para superar estas limitaciones, se ha propuesto y evaluado una estrategia que desplaza el límite entre los slots dedicados a cada tipo de tráfico dentro de la trama.

En primer lugar, se define un conjunto de W posibles valores para N_{BCH} $\{N_1 < N_2 < \dots < N_W\}$. El terminal i elige el valor $N_{BCH,i}$ dentro de este conjunto de acuerdo con la densidad de terminales ρ_i que observa. Hemos considerado dos posibilidades para medir esa densidad:

$$\rho_i = |NB_i| \quad (2)$$

donde NB_i es el conjunto de vecinos del terminal i , y su dimensión $|NB_i|$ es igual al número de canales BCH recibidos por este terminal.

$$\rho_i = \frac{1}{|NB_i| + 1} \left(\sum_{j \in NB_i} |NB_j| + |NB_i| \right) \quad (3)$$

La ecuación (3) representa el número medio de vecinos en las cercanías del terminal i . Este valor puede obtenerse mediante la información transmitida en el FI por cada vecino del terminal i y los propios vecinos observados por dicho terminal. Según esta densidad, cada terminal actualiza el valor de $N_{BCH,i}$ cada trama y lo incluye en el FI que transmite a todos sus vecinos.

$$N_{BCH,i} = \begin{cases} N_1 & \text{if } \rho_i < th_1 \\ N_2 & \text{if } th_1 \leq \rho_i < th_2 \\ \vdots & \\ N_{W-1} & \text{if } th_{W-2} \leq \rho_i < th_{W-1} \\ N_W & \text{if } \rho_i \geq th_{W-1} \end{cases} \quad (4)$$

donde th_j representa la densidad máxima de terminales tolerada para un número de slots N_j de la subtrama BCH.

Del mismo modo que el terminal i envía este valor, $N_{BCH,i}$ recibe los correspondientes N_{BCH} de todos sus vecinos. Puesto que debe garantizarse que no se establezcan canales PTP en ninguna de las subtramas BCH de los vecinos, el número de slots donde el terminal i puede establecer canales PTP como transmisor, viene dado por:

$$N_{PTP-TX,i} = N - \max_{j \in NB_i} (N_{BCH,j}) \quad (5)$$

mientras que la subtrama donde puede recibir canales PTP solo está limitada por su propio $N_{BCH,i}$

$$N_{PTP-RX,i} = N - N_{BCH,i} \quad (6)$$

La Fig. 3 muestra un ejemplo de cómo pueden establecerse transmisiones PTP según el algoritmo de gestión de recursos. En la situación de la figura, el terminal 2 no puede establecer un canal PTP como transmisor con el terminal 1 en esa posición, aunque el slot esté DISPONIBLE, porque dicho slot pertenece a la subtrama BCH del terminal 3. Sin embargo, el terminal 1 puede transmitir al terminal 2 en ese mismo slot, puesto que esta transmisión no afecta al terminal 3. Este slot pertenece al conjunto de $N_{PTP-RX,2}$, pero no al de $N_{PTP-TX,2}$.

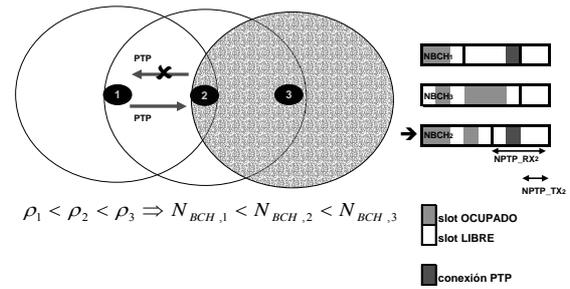


Figura 3: Ejemplo de cómo se pueden establecer transmisiones PTP según la división de la trama.

3 Evaluación de prestaciones

Se ha desarrollado un simulador que implementa todas las funcionalidades del protocolo de acceso al medio ADHOC MAC para evaluar las prestaciones de las estrategias de gestión de recursos y las prestaciones del servicio punto a punto sobre dicho protocolo. Puesto que el principal objetivo se centra en la evaluación de prestaciones, como primer nivel de análisis, se ha simplificado la capa física asumiendo que no hay desvanecimientos en el cálculo de la potencia recibida. La conectividad entre los terminales está determinada por la distancia entre los respectivos terminales. Como consecuencia, una transmisión, bien sea broadcast o punto a punto, sólo puede fallar por colisiones.

3.1 Evaluación de la asignación de ancho de banda

Las estrategias de asignación de recursos se han evaluado en una situación dinámica, donde los terminales se generan dentro de la red según un proceso de Poisson con tasa de llegada λ [nuevos terminales/s]. Cada terminal activo tiene un tiempo de vida exponencialmente distribuido con media $L = 500$ tramas, de modo que los parámetros λ y L definen el tráfico ofrecido por el servicio básico de broadcast. Los terminales se posicionan aleatoriamente en una región cuadrada de lado 1 Km. Bajo estas condiciones, las comunicaciones PTP se generan según un proceso de Poisson con intensidad X [conexiones PTP/s]. La fuente de cada conexión punto a punto es elegida aleatoriamente entre los usuarios con un BCH activo, mientras que el destino es elegido aleatoriamente entre los vecinos de la fuente. La duración de cada conexión punto a punto está exponencialmente distribuida con media D [tramas]. Los parámetros X y D definen el tráfico punto a punto ofrecido. Definimos un marco común para las simulaciones estableciendo la duración de la trama $F = 100$ ms, el número de slots en una trama $N = 30$, el radio de cobertura $R = 100$ m y la duración media de las conexiones punto a punto $D = 50$ tramas. La modificación de estos parámetros de simulación tiene influencia sobre los valores absolutos de los resultados, mientras que los resultados comparativos presentados siguen siendo válidos.

En el modo de operación básico de ADHOC MAC, cada slot puede asignarse tanto para BCH como para conexiones punto a punto. Para acceder al sistema, cada usuario debe adquirir un canal BCH. Una vez adquirido, pueden establecerse comunicaciones adicionales. El número de tramas durante las que un terminal intenta acceder a la red adquiriendo un BCH se ha fijado en 10. Si transcurridas esas 10 tramas el terminal no ha conseguido adquirir un canal BCH, se considera bloqueado y abandona el sistema. Bajo estas condiciones, la Fig. 4 muestra la probabilidad de bloqueo de acceso al sistema frente al tráfico BCH ofrecido (equivalente a la densidad de usuarios que intentan acceder al sistema), definido como la densidad de canales BCH por slot, variando la intensidad del tráfico punto a punto. La probabilidad de bloqueo aumenta al crecer el tráfico punto a punto, puesto que se reduce el número de slots disponibles para conseguir un BCH. La capacidad del sistema puede entenderse como una capacidad BCH, definida como la capacidad de aceptar nuevos usuarios en el sistema, y la capacidad PTP, como el ancho de banda adicional para conexiones de datos. Los resultados de la Fig. 4 y la Fig. 5 muestran que es necesaria una estrategia de gestión de recursos más eficiente para repartir ambas capacidades. La división estática de la trama entre N_{BCH} y N_{PTP} slots intenta garantizar al menos el acceso al sistema de nuevos terminales. La Fig. 5 muestra la probabilidad de bloqueo de acceso al sistema con esta división estática para varios valores de N_{BCH} (10, 15, 20, 25 y 30). Se ha representado frente al número medio de vecinos en la red, que está directamente relacionado con la intensidad del tráfico BCH ofrecido.

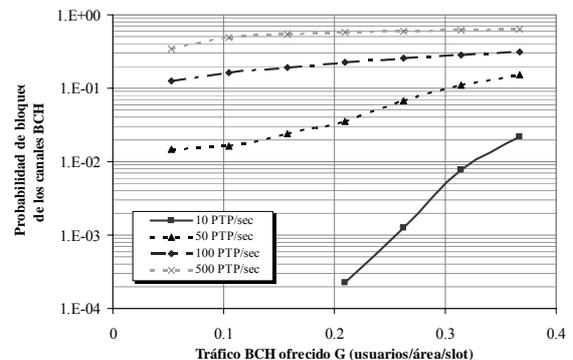


Figura 4: Probabilidad de bloqueo de acceso frente al tráfico BCH ofrecido cuando se varía la intensidad del tráfico PTP. Modo de operación básico.

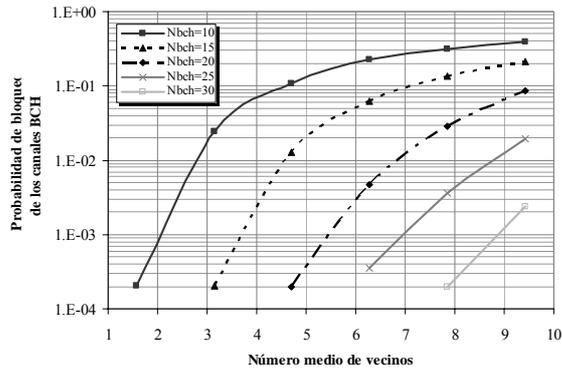


Figura 5: Probabilidad de bloqueo de acceso frente al número medio de vecinos con división estática de la trama.

Si se establece un determinado valor, por ejemplo un 1%, como un límite aceptable para la probabilidad de bloqueo, la Fig. 5 muestra que el N_{BCH} mínimo que garantiza este requerimiento cambia según el número de terminales en la red. Puesto que en una situación real esta densidad de usuarios en la red no va a ser conocida, el empleo de una subdivisión dinámica de la trama intenta optimizar el dimensionado de la red, realizándolo de manera local, según la densidad geográfica de terminales.

Los resultados de la Fig. 5 se han empleado como referencia para realizar el dimensionado estableciendo los valores th_j con $1 \leq j < W$ que determinan N_{BCH} . El conjunto de valores de N_{BCH} elegidos para esta subdivisión dinámica es $\{N_1=10, N_2=15, N_3=20, N_4=25, N_5=30\}$ y los valores elegidos para los umbrales th son $\{th_1=3, th_2=5, th_3=7, th_4=9\}$. Las decisiones se toman según (4). La Fig. 6 y la Fig. 7 muestran las prestaciones del algoritmo adaptativo. El uso del número medio de vecinos según (3) mejora claramente las prestaciones frente al uso del número propio según (2). Con el número medio, la probabilidad de bloqueo es menor y más estable para diferentes densidades de usuarios según la Fig. 6. Esto es confirmado en la Fig. 7, donde se observa que el número de slots asignado para BCH es mayor con (3). Además, el número de slots asignado para transmisiones PTP es también mayor, es decir, las diferencias entre N_{PTP-TX} y N_{PTP-RX} se reducen.

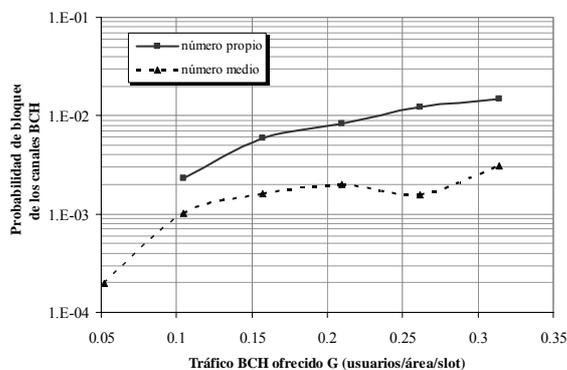


Figura 6: Probabilidad de bloqueo de acceso frente al número medio de vecinos con división dinámica de la trama usando el número propio y el número medio de vecinos.

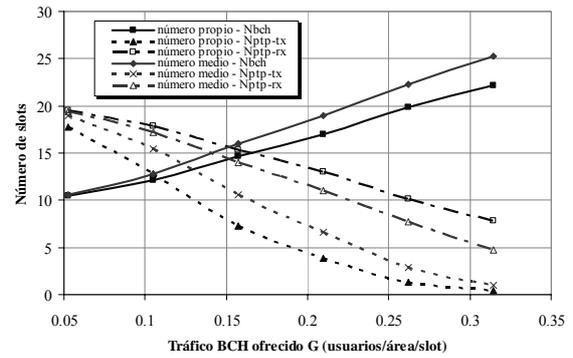


Figura 7: Número medio de slots asignados para BCH y PTP frente al número medio de vecinos con división dinámica de la trama usando el número propio y el número medio de vecinos.

El uso del número medio de vecinos permite a un terminal adaptar los límites de su trama a la variabilidad de la densidad de terminales en sus alrededores. Por ejemplo, la pérdida de un único vecino, que puede ser consecuencia de múltiples factores (movimiento, desvanecimientos, falta de batería, apagado temporal...) tiene un efecto menor sobre la densidad medida que si se emplea directamente el número propio de vecinos, consiguiendo que la subdivisión de la trama sea más estable.

Mediante la variación de los valores del conjunto de th , es posible ajustar el balance entre las comunicaciones BCH y PTP según los requerimientos de BCH. La Fig. 8 y la Fig. 9 muestran resultados similares para 3 conjuntos de umbrales diferentes $\{3, 5, 7, 9\}$, $\{3.5, 5.5, 7.5, 9.5\}$ y $\{4, 6, 8, 10\}$. Para garantizar una probabilidad de bloqueo de acceso sobre el 1%, el conjunto $\{4, 6, 8, 10\}$ puede ser suficiente, siendo la opción que proporciona un mayor ancho de banda para conexiones PTP.

3.2 Análisis de la eficiencia de las conexiones punto a punto

Una vez que se ha garantizado la probabilidad de bloqueo para nuevos accesos mediante la estrategia de asignación de recursos propuesta, la capacidad PTP restante debe ser gestionada de un modo eficiente. Como primer paso, se ha obtenido mediante simulación un valor máximo para esta capacidad. Estos resultados son válidos como la capacidad límite proporcionada por el protocolo, pero no podrán ser alcanzados en una situación dinámica, donde los requerimientos de BCH limitan la capacidad PTP real.

Para analizar la capacidad máxima del punto a punto sin interactuar con el tráfico BCH, la simulación se ha realizado considerando una situación broadcast estacionaria, donde todos los terminales tienen un BCH activo. Con este propósito, al comienzo de la simulación se genera un número de terminales que estará activo durante toda la simulación. Este número define el tráfico ofrecido del servicio básico de

broadcast. Tras la generación, cada terminal intenta adquirir un BCH, de modo que tras un tiempo transitorio, todos los terminales han adquirido su BCH y ya se dispone del escenario estacionario. Por otro lado, también se han realizado simulaciones en una situación dinámica. Para estas simulaciones, se ha considerado el algoritmo adaptativo con el conjunto de umbrales $\{4, 6, 8, 10\}$ y el número medio de vecinos, puesto que según la Fig. 8 y la Fig. 9 son los que proporcionan el mayor ancho de banda disponible para conexiones PTP garantizando un bloqueo aceptable para los nuevos accesos.

La Fig. 10 muestra, para ambos escenarios, el throughput máximo de las conexiones punto a punto, definido como la densidad máxima de transmisiones PTP correctas por slot, frente al tráfico broadcast ofrecido. En todos los casos, la cantidad de tráfico PTP ofrecido es suficiente para ocupar por completo los recursos disponibles. Se representan dos curvas para cada situación: la discontinua muestra las prestaciones de ADHOC MAC con el uso del flag PTP en los FIs, mientras que la continua se refiere al caso simplificado donde el flag PTP no se usa, es decir, sólo los slots DISPONIBLES se pueden emplear para accesos de tráfico punto a punto.

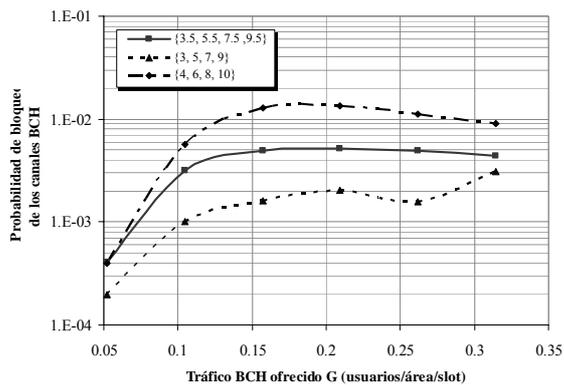


Figura 8: Probabilidad de bloqueo de acceso frente al número medio de vecinos con división dinámica de la trama (número medio de vecinos) para distintos umbrales.

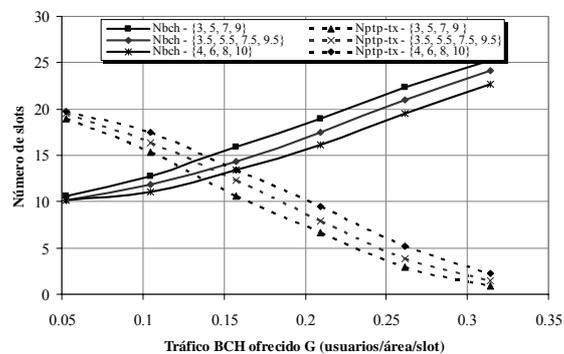


Figura 9: Número medio de slots asignados para BCH y PTP frente al número medio de vecinos con división dinámica de la trama (número medio de vecinos) para distintos umbrales.

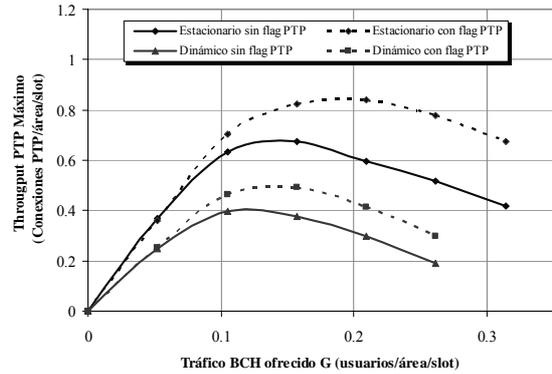


Figura 10: Throughput máximo para PTP frente al tráfico BCH ofrecido con y sin el flag PTP en los FIs. Tráfico BCH estático y dinámico.

ADHOC MAC proporciona un mayor reuso debido a las comunicaciones punto a punto paralelas en el mismo slot cuando se usa el flag PTP, puesto que éste soluciona el problema del terminal expuesto. A medida que aumenta el número de terminales (tráfico broadcast ofrecido) el uso del flag en el FI proporciona una creciente mejora respecto al caso en que no se usa. De hecho, un tráfico broadcast elevado implica una alta densidad de terminales y, en consecuencia, una alta probabilidad de situaciones de terminal expuesto. Además, en un escenario estacionario, el throughput máximo de punto a punto decrece si el tráfico ofrecido broadcast se incrementa por encima del valor 0.2 (terminales/área/slot), puesto que hay menos slots DISPONIBLES para punto a punto. Por debajo de ese valor, el throughput punto a punto crece con el tráfico BCH ofrecido, puesto que el número de conexiones punto a punto que pueden establecerse está limitado por el número de terminales dentro de la red. En una situación dinámica, puesto que hay slots que deben mantenerse LIBRES dentro de la subtrama BCH para garantizar el acceso de nuevos terminales, el throughput máximo que puede alcanzarse es menor que en un escenario estático sin división de trama, donde sólo los slots adquiridos para canales BCH no están DISPONIBLES para conexiones PTP.

4 Conclusiones

En este artículo, se han propuesto y evaluado mediante simulación estrategias de gestión de recursos para canales básicos de broadcast y conexiones de datos punto a punto en el protocolo ADHOC MAC. Ambos servicios pueden compartir de un modo eficiente los recursos totales mediante una subdivisión de la trama que permite realizar la gestión de manera independiente. Además, en una situación dinámica, la estrategia adaptativa propuesta, que realiza esta asignación según las densidades locales de terminales, proporciona un compromiso entre ambos servicios garantizando los requerimientos de acceso (probabilidad de bloqueo).

Respecto a las conexiones punto a punto, las prestaciones del protocolo son claramente mejoradas gracias al reuso de slots proporcionado por las transmisiones paralelas que pueden establecerse usando el flag PTP. A partir de estos resultados, en trabajos futuros se analizará la gestión de servicios punto a punto con distintos requerimientos de QoS.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología del Gobierno español y FEDER con el Proyecto TEC2004-04529/TCM

Referencias

- [1] T. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*, Prentice Hall, New Jersey (1996).
- [2] F. Borgonovo, A. Capone, M. Cesana, L. Fratta *ADHOC MAC: a new MAC Architecture for ad hoc Networks Providing Efficient and Reliable Point-to-Point and Broadcast Services*. *Wireless Networks (WINET)* Julio 2004, vol. 10, issue 4, pp. 359-366.
- [3] CarTALK2000 Home page: www.cartalk2000.net
- [4] M. Aoki, *Inter-vehicle communication: technical issues on vehicle control applications*. *IEEE Communication Magazine*. Octubre 1996, vol. 34, pp. 90-93.
- [5] F. Borgonovo, L. Campelli, M. Cesana, L. Coletti, *MAC for ad-hoc inter-vehicle network: service and performance*. *Proc. IEEE VTC fall 2003*, Orlando, USA. Vol. 5, pp. 2789-2793
- [6] F. Borgonovo, L. Campelli, M. Cesana, L. Fratta, *Impact of User Mobility on the Broadcast Service Efficiency in ADHOC MAC Protocol*. *Proc. IEEE VTC 2005 Spring*, Stockholm Sweden (2005).
- [7] A. Ebner, H. Rohling, R. Halfmann, M. Lott, *Synchronization in ad hoc networks based on UTRA-TDD*. *Proc. IEEE PIMRC 2002*, Lisboa, Portugal.
- [8] A. Ebner, H. Rohling, M. Lott, and R. Halfmann, *Decentralized slot synchronization in highly dynamic ad hoc networks*. *Proc. WPMC 2002*, Hawaii, USA.