

# TÉCNICAS DE ARQ EN UN ESQUEMA DE ACCESO POR PAQUETES DS-CDMA

*Jordi Pérez Romero, Oriol Sallent Roig, Ramón Agustí Comes*

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Grupo de Comunicaciones Radio

Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

C/ Gran Capità, s/n. Campus Nord - Edificio D4 08034 Barcelona

Teléfono: 93 401 71 95 E-mail: [jordip@xaloc.upc.es](mailto:jordip@xaloc.upc.es)

Código de área temática: MS

## I- INTRODUCCIÓN

El fuerte crecimiento de los mercados de Internet y los WWW en los últimos años muestra el enorme potencial de los servicios basados en conmutación de paquetes. La técnica de acceso DS-CDMA se presenta como una solución interesante para la transmisión de paquetes vía radio, ya que aporta ventajas en términos de flexibilidad, robustez a interferencias y habilidad para integrar de manera natural fuentes de tráfico de naturaleza distinta (por ejemplo voz y datos) [1]. Adoptando DS-CDMA como estrategia de acceso quedarían por resolver los aspectos asimilables a la sub-capa DLC (Data Link Control) correspondiente al modelo OSI (Open System Interconnection), encargada de garantizar la fiabilidad de los paquetes transmitidos por el canal radio.

En este artículo se analizan mediante simulación las prestaciones de diversas técnicas ARQ (Automatic Repeat Request) dentro de un sistema de transmisión de paquetes vía radio con una técnica de acceso DS-CDMA. En particular se comparan las técnicas ARQ simple y ARQ híbrido de los tipos I y II.

## II- ESQUEMA DS-CDMA

El esquema de acceso múltiple DS-CDMA consiste en una técnica de espectro ensanchado donde se consigue la ortogonalidad entre las señales por medio de la asignación de secuencias código adecuadamente diseñadas a los diferentes usuarios, disponiendo cada uno de una secuencia distinta.

Si se asume un control de potencia ideal y se hace uso de la hipótesis gaussiana para el modelado de interferencias, prescindiéndose del ruido térmico, la probabilidad de error de bit en un sistema de estas características vendrá dada por

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{3G_p}{N-1}}\right) \quad (1)$$

siendo  $G_p$  la ganancia de procesado y  $N$  el número de usuarios que pretenden transmitir simultáneamente en un slot dado [2].

## III- TÉCNICAS ARQ

Se considera que los usuarios del sistema generan mensajes de longitud exponencial de media  $1/\mu$  con una cierta tasa de llegadas de Poisson de

media  $\lambda$ . Estos mensajes se trocean en paquetes más pequeños de longitud  $k$  bits a los que se añade una redundancia según un código  $C_o(n,k)$  con capacidad detectora de errores obteniéndose paquetes de  $n$  bits que se almacenan en un buffer a la espera de ser transmitidos haciendo uso de las siguientes técnicas:

**a) ARQ simple:** Si hay paquetes en el buffer se envían en el siguiente slot. En el caso de que se produzcan errores, se efectúa la retransmisión del paquete en el siguiente slot con probabilidad  $p_b$ .

**b) ARQ híbrido del tipo I:** Según este esquema, los  $n$  bits anteriores se codifican con un código  $C_1(2n,n)$  de tasa  $1/2$  capaz de corregir hasta  $t_1$  errores, de modo que se envían en cada slot  $2n$  bits, aumentándose al doble la velocidad de transmisión. Gracias a la técnica CDMA este aumento no supone incrementar el ancho de banda necesario; en contrapartida, la ganancia de procesado pasa a ser  $G_p/2$  siendo  $G_p$  la correspondiente al caso ARQ simple. En el caso de que no se puedan corregir los errores, se procede a la retransmisión en el siguiente slot con probabilidad  $p_b$ .

**c) ARQ híbrido del tipo II:** En primer lugar se transmite la palabra de  $n$  bits con una ganancia  $G_p$ . Si se detectan errores, el receptor conserva la palabra recibida y en el siguiente slot se envían de forma inmediata los  $n$  bits correspondientes a la redundancia de aplicar el código  $C_1(2n,n)$  sistemático e invertible, de modo que se dispondrá de una palabra de  $2n$  bits de la que se podrán corregir hasta  $t_1$  errores [3]. En el caso de que aún así no se pueda entregar el paquete correctamente se conservarán los últimos  $n$  bits recibidos y se procederá a la retransmisión alternativamente del paquete y de su redundancia en los siguientes slots con probabilidad  $p_b$ . Esta probabilidad no se aplica a la transmisión de la primera redundancia porque en general habrá grandes posibilidades de que tras ésta el paquete sea correctamente entregado, con lo que se estaría demorando innecesariamente esta entrega.

## IV- RESULTADOS OBTENIDOS

Se han realizado simulaciones de las tres técnicas anteriores considerando que los usuarios generan mensajes de  $1/\mu = 4000$  bits y que se trocean en paquetes de  $n=500$  bits que ya incluyen la redundancia según  $C_o$ . Se ha tomado un número de

usuarios igual a 100 y se ha ido variando la tasa  $\lambda$ . Se ha considerado un valor de  $p_b=0.1$ , en tanto en cuanto valores pequeños de esta probabilidad mejoran las prestaciones del sistema.

En referencia a los códigos, como  $C_0$  se usa un código (500,476) y como  $C_1$  un código BCH (1023,523) recortado a (1000,500) con distancia mínima 111 y que permite la corrección de hasta  $t_1=54$  errores.

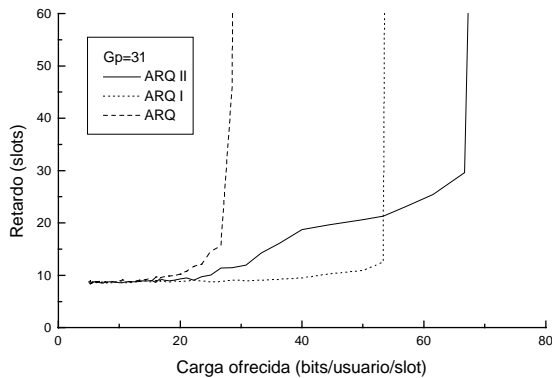


Fig. 1. Resultados para  $G_p=31$ .

En las figuras 1 y 2 se muestran los retardos obtenidos en función de la carga ofrecida al sistema por usuario para  $G_p=31$  y  $G_p=63$  respectivamente. Se pueden distinguir tres fases diferenciadas: en primer lugar, para cargas bajas los paquetes se transmiten libres de errores. Al aumentar la carga del sistema el nivel de interferencias empieza a generar algunos errores que originan retransmisiones en el esquema de ARQ simple, de manera que el retardo empieza a aumentar y, debido a la ausencia de capacidad correctora, el sistema finalmente se satura. A su vez, en el ARQ tipo II se requiere el envío de la redundancia, de modo que los paquetes se transmiten correctamente cada dos slots, aumentándose por lo tanto el retardo con respecto al caso ARQ tipo I, donde no son precisas las retransmisiones ya que se explota la capacidad correctora del código. Por último, para cargas más elevadas, en el caso ARQ tipo II pueden ocurrir dos fenómenos: bien que con la transmisión de la redundancia no haya suficiente para corregir todos los errores, lo que supone volver a retransmitir los paquetes con el consiguiente aumento del retardo llegándose finalmente a la saturación, o bien que aún pudiéndose entregar los paquetes correctamente la tasa de salida del sistema (1 paquete correcto cada 2 slots) no permita vaciar los buffers de forma suficientemente rápida conllevando un retardo excesivo. Esta última situación limitará el sistema cuando la ganancia de procesado sea lo suficientemente elevada como para que no se produzcan errores aún con tasas de llegada elevadas.

Por su parte, ARQ tipo I está únicamente limitado por el hecho de ser incapaz de corregir todos los errores que se producen, lo que ocurrirá para una tasa de llegada inferior al caso ARQ tipo II

al trabajar éste con el doble de ganancia de procesado. La diferencia radicará en que si esta ganancia es suficiente, cuando esta situación se produzca, el sistema ARQ tipo II estará fuertemente limitado por su más lenta tasa de salida, tal y como se observa en las figuras. Para una ganancia de 31 el ARQ tipo II permite una tasa de entrada bastante superior antes de saturarse que ARQ tipo I a costa de un retardo mayor, ya que la ganancia de 15 correspondiente a ARQ I no es suficientemente elevada, pero al considerar una ganancia de 63 la diferencia de carga máxima soportada por los dos sistemas es más pequeña, teniendo ARQ II una penalización por retardo mucho mayor.

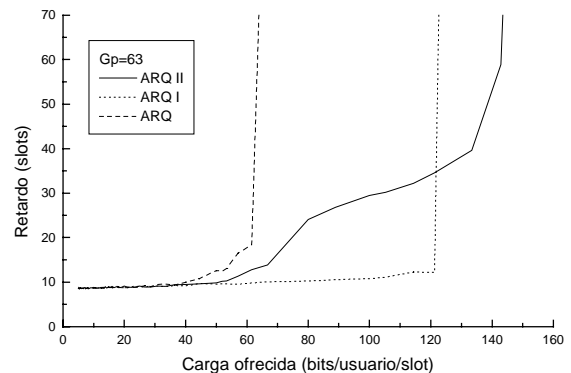


Fig. 2. Resultados para  $G_p=63$ .

## V- CONCLUSIONES

Los dos protocolos híbridos tipo I y II presentan mejores prestaciones en cuanto a retardo que el ARQ simple. Por otra parte, el protocolo ARQ tipo II presenta como principal ventaja sobre ARQ tipo I una mayor capacidad frente a cargas ofrecidas altas debido a que trabaja con el doble de ganancia de procesado, mejora que es más significativa cuanto menor es esta ganancia de procesado; en contrapartida, existe una fuerte penalización en términos de retardo de los mensajes ya que los paquetes se transmitirán correctamente a lo sumo cada dos slots, lo que origina que en general sea más deseable el uso de la técnica ARQ de tipo I.

## VI - REFERENCIAS

- [1] M.K. Simon, J.K. Omura, R.A. Scholtz, B.K. Levitt, "Spread Spectrum Communications", Computer Science Press, EEUU, 1985
- [2] M.B. Pursley, "Performance Evaluation for Phase-Coded Spread-Spectrum Multiple-Access Communication - Part I: System Analysis", IEEE Trans. Communic, vol. 25, n° 8, pp.795-799, Agosto 1977
- [3] Y.M. Wang, S. Lin, "A Modified Selective-Repeat Type-II Hybrid ARQ System and its Performance Analysis.", IEEE Trans. Communic. , vol. 31, n° 5, pp. 593-608, Mayo 1985.