

# ESQUEMAS DE CALIDAD DE SERVICIO (QoS) PARA REDES DE COMUNICACIONES MÓVILES CELULARES

Aldo Méndez<sup>1</sup>, Marco Panduro<sup>1</sup>, Gerardo Romero<sup>1</sup>, René Domínguez<sup>1</sup>, David Covarrubias<sup>2</sup>

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se propone un nuevo esquema de asignación de recursos basado en el esquema RQMA-CDMA (Acceso Múltiple por Encolamiento Remoto-Acceso Múltiple por División de Código) en sistemas móviles celulares 3G. Así mismo, este esquema es usado para soportar demandas de calidad de servicio (QoS) correspondientes a diferentes clases de tráfico. A través de simulación se determina el desempeño del esquema propuesto. Los resultados de simulación muestran que el esquema de asignación de recursos hace un uso eficiente de los recursos de la red garantizando la QoS.

## I. INTRODUCCIÓN

La tendencia de los esquemas de acceso múltiple para sistemas móviles celulares de tercera generación (3G), es proveer servicios multimedia (video, voz y datos) y que sea adaptable a las condiciones del tráfico en el canal radio. Además, se requiere que estos esquemas cumplan con la calidad de servicio (QoS) que los usuarios demandan, medida en términos de paquetes descartados, tasa de error, retardo del paquete, ancho de banda, y relación señal a ruido, entre otros. Por otra parte, ante la entrada de los sistemas móviles de tercera generación, el control de acceso al medio así como la asignación de recursos con garantías de calidad de servicio (QoS) son dos aspectos importantes en el diseño de estos sistemas. Por lo cual, es necesario proponer estrategias para obtener:

- manejo de tráfico multimedia (voz, datos y video),
- flexibilidad en el ancho de banda,
- mayor capacidad en función del número de usuarios,
- uso eficiente del espectro de frecuencia,
- velocidades de transmisión variable,
- tasas de error aceptable,
- control de admisión,
- asignación equitativa de recursos, y
- Calidad de Servicio (QoS).

Un gran número de esquemas de asignación de recursos han sido propuestos para redes alámbricas [Zhan, 1995]. Sin embargo, estos esquemas no pueden ser aplicados directamente a redes inalámbricas debido a las restricciones técnicas del interfaz aire. Por otra parte, los esquemas actuales que poseen una adaptabilidad a las condiciones del tráfico como los propuestos en [Kim D. et al., 2001], [Vannithamby, 2000], [Park, 2000], [Cao, 1998] solo manejan tráfico de datos, no garantizan calidad de servicio, no aplican algún control de admisión y tampoco hacen asignación de recursos. En el caso de [Sallent, 2000], [Sandouk et al., 2000], [Naraghi-Pour, 2000] manejan solamente tráfico integrado de voz y datos, en cambio [Sandouk et al., 1999] y [Jeon et al., 1998] garantizan calidad de servicio. Otros trabajos de investigación que manejan tráfico integrado de voz/datos y además llevan a cabo una asignación de recursos son propuestos en [Kim J. et al., 2001] y [Kang et al., 2000].

Por lo anterior, es necesario el estudio de nuevas propuestas de sistemas adaptativos capaces de ajustar los parámetros de

transmisión a las necesidades concretas de la información a transmitir. Además deben llevar a cabo una asignación equitativa de recursos, siempre con el objetivo de maximizar la eficiencia en el uso del canal y garantizando la calidad de servicio en un tráfico multimedia, ya que esto es de gran importancia por su aplicabilidad inmediata en el diseño de nuevos sistemas de comunicaciones móviles.

El panorama descrito a lo largo de esta sección nos indica que el problema a resolver lo podemos visualizar en tres etapas (Figura 1): control de acceso al medio (MAC), asignación equitativa de recursos y garantía de calidad de servicio en sistemas 3G para tráfico multimedia.

Por lo tanto, este trabajo de investigación tiene como objetivo el desarrollo de un nuevo esquema de asignación equitativa de recursos para sistemas adaptativos de tercera generación, orientados a una técnica de control de acceso al medio (MAC) con el objeto de maximizar la eficiencia en el uso del canal y con capacidad de manejar tráfico multimedia, garantizando la calidad de servicio.



Fig. 1. Planteamiento del problema del trabajo de investigación.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe, Carr. Reynosa-San Fernando S/N, Reynosa-Tamaulipas, 88779 México, Tel. 889.921.3300, Fax: 899.921.3301, e-mail (almendez, mamendoza, rfdominguez, gromero)@uat.edu.mx  
<sup>2</sup> CICESE, Grupo de Comunicaciones Inalámbricas, km 107 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada-Baja California, 22860 México, Tel.: 646.175.0500, e-mail: dacoro@cicese.mx

## II. MODELO DEL SISTEMA

En esta sección se presenta el modelo del sistema propuesto para ubicar los problemas a resolver, la interrelación entre ellos y los elementos involucrados en el modelado, simulación y evaluación del sistema.

El modelo del sistema desarrollado en este trabajo de investigación se ilustra en la Figura 2. A continuación se hace una descripción de cada una de las etapas del modelo del sistema.

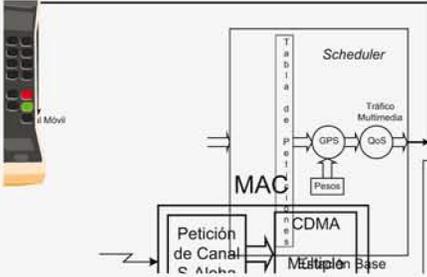


Fig. 2. Modelo del sistema.

a) En comunicaciones móviles celulares el protocolo MAC, empleado para la comunicación entre el Terminal Móvil (TM) y la Estación Base (EB), inicia con una primera fase llamada canal de petición o canal RACH (Canal de Acceso Aleatorio), mediante la cual el TM notifica a la EB sus requerimientos de comunicación; es decir, el tipo de servicio y el número de paquetes por transmitir. Con esta información la estación base planifica la asignación de recursos del sistema a las diferentes peticiones. Para la petición de canal es usado el protocolo S-ALOHA (ALOHA ranurado) [Rom, 1990] y las limitaciones que presenta en eficiencia (inestabilidad, baja eficiencia y alto retardo) pueden ser mejoradas de acuerdo a [Méndez, 2001], [Méndez et al., 2002], [Méndez, et al., 2004], [Covarrubias et al., 2005].

b) A la respuesta del sistema en la fase de petición de canal, ahora hay que referir esta fase a un entorno de múltiples usuarios simultáneos y múltiples servicios. Por lo cual ahora a S-Aloha (petición de canal o canal RACH) se le agrega el entorno DS-CDMA (secuencia directa-acceso múltiple por división de códigos) en su fase de transmisión. Lo anterior permite considerar un sistema de comunicaciones móviles de tercera generación del tipo ALOHA-CDMA. Con el sistema

S-Aloha/DS-CDMA se toman las ventajas que tiene cada sistema y obtener uno que sea adaptable a las condiciones del tráfico en el canal (Figura 3). En el sistema S-ALOHA/DS-CDMA cuando hay un tráfico bajo la eficiencia es baja, no porque existan demasiados interferentes y produzcan errores en la transmisión de los paquetes, sino porque no hay más información que cursar. En este caso, el rendimiento del sistema está limitado por la técnica de acceso y no por el grado de interferencia en el sistema. Para aumentar la eficiencia del sistema en la región de bajo tráfico se aumenta la velocidad de transmisión y esto se lleva a cabo disminuyendo la ganancia de procesamiento. Éste es un parámetro de diseño y nos indica que si se tiene un valor alto hay mayor protección ante interferente y conforme se va disminuyendo la ganancia de procesamiento también disminuye su protección ante interferentes, por lo cual la ganancia de procesamiento se varía dinámicamente. Con esto se obtiene un sistema adaptable a las condiciones del tráfico.

c) Una vez resueltos los problemas relacionados con la fase de petición, ahora la problemática se centró en la fase de transmisión; es decir,

- Cómo asignar los recursos del sistema.
- Cómo garantizar la calidad de servicio demandada.
- Cómo asegurar que los recursos del sistema en ningún caso se vean desbordados.

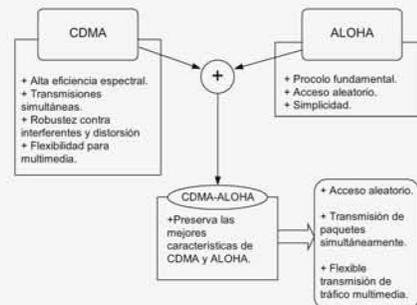


Fig. 3. Características del sistema ALOHA-CDMA.

Para poder asignar los recursos de manera equitativa y con garantías de QoS, ahora se agrega el esquema RQMA (Acceso Múltiple por Encolamiento Remoto) [Figueira, 1999], para así tener un nuevo esquema RQMA-

CDMA. En este nuevo esquema los terminales móviles hacen la petición a la estación base para establecer una sesión, ya sea en tiempo real (video o voz) o no real (datos). Para esto, las peticiones son enviadas por medio de ranuras de petición, usando el protocolo de acceso aleatorio S-ALOHA, donde un terminal móvil escoge un código pseudoaleatorio para espectro ensanchado. Cuando la estación base recibe con éxito una petición, ésta envía un reconocimiento en el subcampo de reconocimiento del campo de petición. Así mismo, la estación base obtiene la información del terminal móvil en los campos de bloqueo y petición, el cual incluye el tipo de servicio, la cantidad de información generada, tiempo de generación, la ranura de tiempo donde fue generada la información, tiempo de vida del paquete, la velocidad y el estado del buffer. Con esta información la estación base actualiza su tabla de petición y asigna los recursos iniciando con la asignación de los códigos a los terminales móviles. La estación base asigna los códigos basados en la prioridad del servicio, donde video del tipo VBR (velocidad variable) tiene la más alta prioridad, seguido por video tipo CBR (velocidad constante), voz y datos (tipo WWW), respectivamente. Con este procedimiento, el orden de la transmisión es establecida dependiendo el tiempo de vida del paquete y el estado del buffer. Con este mecanismo, el protocolo es capaz de asegurar las restricciones del retardo en aplicaciones de tiempo en tiempo real.

Si queremos que se garantice la QoS en una red, es necesario un control de admisión de llamada, que asegure que no serán aceptadas más llamadas si la QoS de los terminales móviles activos está comprometida. Este control de admisión está en función de la relación señal a interferente de cada servicio, de acuerdo al estándar UMTS (Sistema Universal de Comunicaciones Móviles) [ETSI, 1997].

Posteriormente para la asignación de mínimo de ancho de banda para cada terminal móvil se añade un controlador centralizado (GPS-Generalized Processor Sharing) [Parekh, 1993] que a través de pesos fijos, tal como se menciona en el esquema CDMA-GPS [Xu et al., 2002], hace esta asignación del mínimo ancho de banda. Pero en este nuevo esquema se hace un manejo dinámico de pesos que está en función de la ganancia de procesamiento.

### III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El proceso de simulación para evaluar el desempeño de nuevo esquema RQMA-CDMA se implementó mediante un programa en Lenguaje C. Específicamente, evaluamos el desempeño del sistema en un ambiente de una sola celda, considerando solamente el enlace ascendente (Terminal Móvil (TM)–Estación Base (EB)) y libre de errores. Además, los parámetros de simulación corresponden al estándar UMTS [ETSI, 1997] y se considera un tráfico multimedia compuesto de tráfico de voz, datos del tipo WWW, video de velocidad variable (VBR-video) y video de velocidad constante (CBR-video).

La primera simulación estudia el porcentaje de paquetes descartados (VBR-video, CBR-video y voz), tomando en cuenta que debe cumplir con la QoS para voz y video, con un máximo del 1% de paquetes descartados. El resultado de esta simulación es mostrado en la Figura 4. El resultado de esta simulación muestra que si fijamos el nivel de paquetes descartados a 1% entonces nuestro esquema propuesto puede manejar hasta 33 TMs para VBR-video, 30 TMs para CBR-video y 18 TMs para voz y comparado con el esquema propuesto en [Xu et al., 2002], conocido como CDMA-GPS, éste puede solamente manejar 23 TMs, 17 TMs y 14 TMs, respectivamente. Esta mejora es debida a que con nuestro esquema propuesto se asignan equitativamente los códigos y no solamente toma en cuenta el tipo de servicio, sino que también toma en cuenta el ancho de banda requerido, el estado de la memoria temporal y el tiempo de vida que le queda al mensaje en cada MT. Además, lleva a cabo una asignación dinámica del ancho de banda para cada TM.

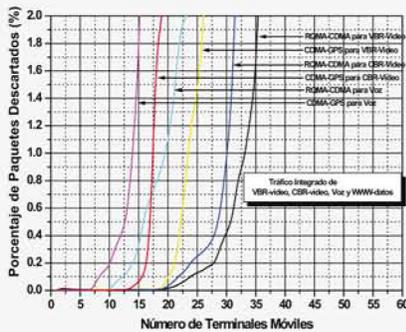


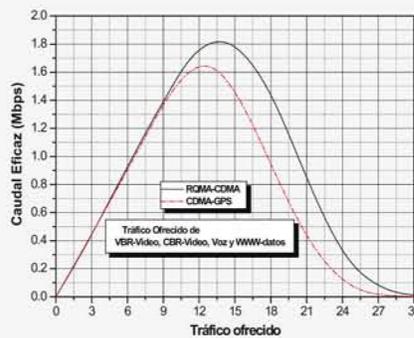
Fig. 4. Porcentaje de paquetes descartados para los esquemas RQMA-CDMA y CDMA-GPS.

Ahora veremos cómo el caudal eficaz del sistema varía cuando va aumentando la carga del canal (ver Figura 5). El caudal eficaz es el número promedio de paquetes que se transmite con éxito en una unidad de tiempo.

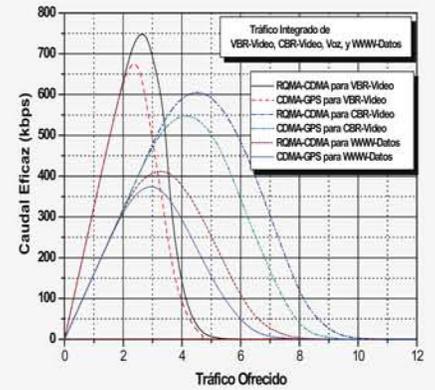
La Figura 5a muestra que con nuestro esquema propuesto se tiene un aumento del 10% en el manejo de la capacidad del canal con respecto a CDMA-GPS, debido a que se aplicó una asignación óptima de los recursos. La Figura 5b presenta el caudal eficaz para diferentes tipos de servicio cuando es incrementado simultáneamente la carga de todos los tipos de tráfico. Para un tráfico bajo, el comportamiento del caudal eficaz es aproximadamente lineal con respecto al tráfico ofrecido hasta que alcanza el caudal eficaz su máximo valor. Cuando el tráfico incrementa causa un decremento en el caudal eficaz, éste es un resultado del incremento de colisiones el cual está directamente proporcional al número de TMs para un número fijo de códigos, y no está relacionado al método usado para asignar los recursos.

Ahora vamos a analizar el comportamiento de otro parámetro importante, el cual es el retardo. Éste es distinto para cada tipo servicio de acuerdo al estándar UMTS. En dicho estándar el retardo para video debe ser menor de 150 mseg (tanto para VBR y CBR), para voz menor de 20 mseg y para datos de tipo WWW menor de 1 seg [ETSI, 1997].

La Figura 6 ilustra que nuestro esquema propuesto cumple con los requerimientos de UMTS. En el máximo caudal eficaz, el esquema propuesto opera con un máximo de 90 ms considerando un tráfico integrado de VBR-video, CBR-video, WWW-datos y voz. Este resultado no viola la QoS requerida.



a)



b)

Figura 5. Comportamiento del caudal eficaz para el esquema RQMA-CDMA: a) Comparación de los esquema RQMA-CDMA y CDMA-GPS, b) Caudal eficaz para diferentes servicios.

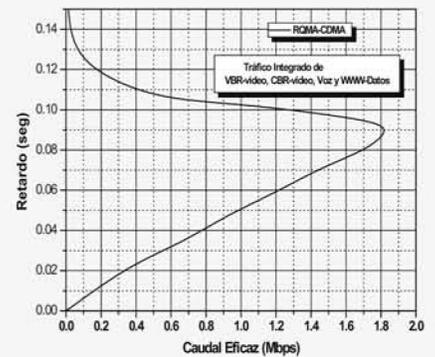


Figura 6. Comportamiento del retardo para el esquema RQMA-CDMA.

### IV. CONCLUSIONES

Podemos concluir que se ha propuesto un nuevo esquema de asignación de recursos con garantías de QoS basado en RQMA-CDMA para sistemas móviles 3G. Este esquema propuesto asigna equitativamente los recursos, maneja dinámicamente el ancho de banda, es adaptable al tráfico multimedia del canal. Así mismo, se propuso un control para administrar las peticiones de los TMs, basado en la relación señal a interferencia requerida para garantizar QoS. Nuestro esquema propuesto, RQMA-CDMA, ha sido comparado con CDMA-GPS, debido a que está basado también en múltiples velocidades y son aplicados a redes CDMA de banda ancha (WCDMA).

## Aldo Luis Méndez Pérez

Premio Universitario 2006. Investigación de Excelencia "Gral. y Lic. Bernardo López García" en el Área de Ciencias de la Ingeniería.

Aldo Luis Méndez Pérez nació en Tlapacoyan, Veracruz, el 25 de noviembre de 1971. Se graduó como Licenciado en Instrumentación Electrónica en la Universidad Veracruzana de Xalapa en 1995. Realizó sus estudios de Maestría en Ingeniería Electrónica, graduándose en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico -CENIDET de Cuernavaca, Morelos, con la Tesis: "Equipo de Monitoreo y Diagnóstico para Redes de Área local."

Su constante superación académica le permitió cursar estudios de Doctorado en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada-CICESE, en Baja California, México."Contribuciones a las técnicas de acceso al medio en sistemas de comunicación móviles de tercera generación en un entorno DS-CDMA" es el título de la tesis presentada con la cual obtuvo el grado de Doctor.

Fue profesor Titular 'A' del Instituto Tecnológico de Zacatepec de 1997 a 1999. De Noviembre de 2003 a Abril 2004 fue Profesor Titular 'C' en el Instituto Tecnológico de Querétaro.

El Dr. Méndez Pérez es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y maestro con perfil PROMEP desde el año 2005. Ha publicado artículos de trascendencia internacional y ha sido revisor de artículos de revistas de la IEEE. A partir de Mayo de 2004 es Profesor de Carrera Titular "D" en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación y Miembro Asociado de la IEEE

Aldo Luis Méndez Pérez  
Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe  
Carretera Reynosa-San Fernando cruce con Canal Rodhe  
s/n  
Col. Arcoiris  
CP 88779  
Reynosa, Tamaulipas  
Tel.: 899.921.3300 ext. 8319  
Fax.: 899.921.3301

e-mail: almendez@uat.edu.mx

## REFERENCIAS

- [1] Cao, Q. 1998. "Medium Access Control (MAC) for Wide-Band CDMA Systems with Optimal Throughput". Proc. 48th IEEE VTC'98. 988-992 pp.
- [2] Covarrubias, D., Mendez, A., y Vargas, C. "Performance Analysis of S-Aloha as a Random Access Channel on Mobile Communications". Journal of Applied Research and Technology. 3(1): 3-12 pp.
- [3] ETSI, 1997. "UMTS Selection Procedure for the Choice of Radio Transmission Technologies of the UMTS (UMTS 30.03 version 3.1.0)", Reporte Técnico ETSI TR 101, European Telecommunications Standard Institute.
- [4] Figueira N., y Pasquale, J. 1999. "Providing Quality of Service for Wireless Links: Wireless/Wired Networks". IEEE Personal Communications. 6(5): 42-51 pp.
- [5] Jeon, H. G., Kwon, S. y Kang C. 1998. "Reverse Link Capacity Analysis of a DS-CDMA Cellular System with Mixed Rate Traffic". IEICE Transactions on Communications. 81(6): 1280-1282 pp.
- [6] Kang, H., Kim, D., Lee, C. y Kim, K. 2000. "A Throughput-Efficient Code Assignment Scheme for an Integrated Voice/Data Multi-Code CDMA System". Proc. 51st IEEE VTC'00. 1494-1497 pp.
- [7] Kim, D. I., Hossain, E. y Bhargava, V. K. 2001. "Integrated Error Control in Variable Spreading Gain WCDMA Systems" Proc. IEEE ICC'2001. 1362-1366 pp.
- [8] Kim, J. B., Honig, M. L. y Jordan, S. 2001. "Dynamic Resource Allocation for Integrated Voice and Data Traffic in DS-CDMA". Proc. 54th IEEE VTC'01. 42-46 pp.
- [9] Mendez, A. y Covarrubias, D. 2001. "Stability and Optimal Retransmission Control of S-Aloha as a RACH Channel on Wireless Networks". Proc. 54th IEEE VTC'01. 1368-1372 pp.
- [10] Mendez, A., Covarrubias, D. y Vargas, C. 2002. "Modelling of the RACH Channel in a Real Environment for a High Efficiency and Stability on Wireless Communications". Proc. 13th IEEE PIMRC'02. 1171-1175 pp.
- [11] Mendez, A., Trejo, E., Covarrubias, D., Vargas, C., y Lemus, A. 2004. "Evaluation of Highly Sensitive Parameters that Influence Service Access and Performance of Wireless Mobile Communications", WSEAS Transactions on Computers. 3(3): 831-838 pp.
- [12] Naragahi-Pour, M. y Liu, H. 2000. "Integrated Voice-Data Transmission in CDMA Packet PCN's". Proc. IEEE ICC'00. 1085-1089 pp.
- [13] Parekh, A. K. y Gallager, R. G. 1993. "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: the Single-Node Case". IEEE/ACM Transaction on Networking. 1(3): 344-357 pp.
- [14] Park, J.-Y., Kim, D.-K. y Sung, D.-K. 2000. "An Enhanced DQRUMA/MC-CDMA Protocol for Wireless Packet Networks". IEICE Transactions on Communications. 83(7): 1567-1571 pp.
- [15] Rom, R. y Sodi, M. 1990. "Multiple Access Protocol: Performance and Analysis". Springer-Verlag, Primera Edición. New York. 177 pp.
- [16] Sallent, O. y Agustí, R. 2000. "Adaptive S-ALOHA CDMA as an Alternative Way of Integrating Services in Mobile Environments". IEEE Transactions on Vehicular Technology. 49(3): 936-947 pp.
- [17] Sandouk, A., Yamazato, T., Katayama, M. y Ogawa, A. 1999. "An Integrated Voice/Data CDMA Packet Communications with Multi-Code CDMA Scheme". IEICE Transactions on Fundamentals. 82(10): 2105-2113 pp.
- [18] Sandouk, A., Yamazato, T., Katayama, M. y Ogawa, A. 2000. "An Access Control Protocol for a Heterogeneous Traffic with a Multi-Code CDMA Scheme". IEICE Transactions on Fundamentals. 83(11): 2085-2092 pp.
- [19] Vannithamby, R. y Sousa, E. S. 2000. "Performance of Multi-Rate Data Traffic Using Variable Spreading Gain in the Reverse Link Under Wideband CDMA". Proc. 51st IEEE VTC'00. 1155-1159 pp.
- [20] Xu, L., Shen, X. y Mark, J. W. 2002. "Dynamic Bandwidth Allocation with Fair Scheduling for WCDMA Systems". IEEE Wireless Communications. 9(2): 26-32 pp.
- [21] Zhan, H. 1995. "Service Disciplines for Guaranteed Performance Service in Packet-switching Networks". Proceedings of the IEEE. 85(10): 1374-1396.