

# Propuesta en MAC de Redes de Area Personal (WPAN) para Optimizar el Tiempo de Respuesta

Guillermo Reggiani, Omar Alimenti, Guillermo Friedrich

Dpto Electrónica – Universidad Tecnológica Nacional – FRBB  
11 de Abril 461 – Bahía Blanca – Argentina  
ghreggiani@frbb.utn.edu.ar, icalimen@uns.edu.ar, gfried@frbb.utn.edu.ar

**Resumen.** En redes inalámbricas de área personal (WPAN) como la 802.15.3, el tiempo de uso del canal es asignado por el controlador de la red (PNC) en base a las solicitudes de los dispositivos. En sistemas de tiempo real (STR), la asignación de pedidos por CAP (Contention Access Period) genera una indeterminación en el uso del canal. En cambio el mecanismo por MCTAs (Management Channel Time Allocation) es más apropiado para STR, ya que brinda una ranura de tiempo por cada dispositivo para que éste realice los pedidos. En este trabajo se presenta un algoritmo de asignación de pedidos por MCTA manejado en forma dinámica que sumado a un mecanismo de generación de supertramas de duración variable, permite optimizar el tiempo de respuesta de los dispositivos asociados a la red. Por medio de simulaciones se compararon tráficos para sistemas saturados y no saturados sobre dos esquemas de disciplinas de prioridades dinámicas: SRPT (“Short Remaining Processing Time”) y EDF (“Earliest Deadline First”).

**Palabras Claves:** Supertrama, WPAN, Redes Inalámbricas, Diagramación, Rendimiento, Prioridades, Tiempo de Respuesta.

**Abstract.** In WPAN networks as the 802.15.3, the channel time is assigned for the controller of the network (PNC) in base to the requests of the devices. In real time systems (STR), the assignment of requests by CAP (Contention Access Period) generates a non determinist effect of the use of the channel. On the other hand the mechanism by MCTAs (Management Channel Time Allocation) more is appropriated for STR, since offers a groove of time by each device so that this carry out the orders. In this paper an allocation algorithm by MCTA handled in dynamic form is presented that added to a mechanism of superframes generation of variable duration, it allows to optimize the response time of the associated devices to the network. Through simulations, saturated and non saturated systems were compared over two dynamics priorities disciplines: SRPT ("Shorts Remaining Processing Swindle") and EDF ("Earliest Deadline First").

**Keywords:** Superframe, Wpan, Wireless Networks, Scheduling, Performance, Priorities, Response Time.

## 1 Introducción

Las redes de datos inalámbricas (‘wireless’) hoy en día ocupan un lugar preponderante en el mundo en que vivimos. Este tipo de redes se aplican en diversos campos como control y monitoreo industrial, seguridad pública, medición en automóviles, tarjetas o placas inteligentes, agricultura de precisión entre otros. Las redes inalámbricas de área personal (WPANs) son adecuadas para el uso en dispositivos móviles pequeños, como sensores, teléfonos celulares, PDAs, etc. El estándar 802.15.3 [4] especifica los requerimientos de la capa física (PHY) y el control de acceso a medio (MAC) en redes WPAN, que fueran capaces de transmitir datos a alta tasa de transferencia, de manera eficiente, con baja complejidad, bajo costo y mínimo consumo.

El estándar define ‘piconet’ a un sistema inalámbrico de datos compuesto por un número independientes de dispositivos (denominados DEVs) en el cual uno de ellos toma el rol de coordinador, denominándolo Coordinador de la Piconet (PNC).

Entre las tareas del coordinador esta el temporizado de red y la administración de los requerimientos de calidad de servicio (QoS).

El estándar realiza el temporizado a través de una estructura de supertrama como se muestra en la Fig. 1:

Beacon	CAP	‘Período de asignación de canal de tiempo’ (CTAP)							
		MCTA <sub>1</sub>	MCTA <sub>2</sub>	****	MCTA <sub>n</sub>	CTA 1	CTA 2	***	CTA n

**Fig. 1.** Estructura de supertrama

La supertrama está compuesta por tres partes: trama de señalización (‘Beacon’), período de contención de acceso (CAP) y período de asignación de tiempo de canal (CTAP).

En el espacio de tiempo ‘Beacon’ se envía la trama denominada Beacon en la cual se informa a todos los DEVs las asignaciones de tiempo y toda información de administración dentro de la Piconet.

El espacio de tiempo CAP (opcional) es utilizado por los dispositivos para informar los requerimientos de uso del canal. El acceso al medio durante el CAP se realiza a través del mecanismo CSMA/CA (Acceso Múltiple por Sensado de Portadora y Anulación de Colisiones), el cual no garantiza que las solicitudes sean tomadas con éxito en el instante de tiempo esperado.

El CTAP está compuesto por asignaciones de tiempo de uso del canal (CTAs) y administradores de CTAs (MCTAs). Los CTAs se emplean para enviar comandos, cadenas isocrónicas y conexiones de datos asincrónicas. Los MCTAs se utilizan para que los DEVs envíen los pedidos de uso del canal al PNC. Los MCTA son asignados por el PNC y utilizan un mecanismo de acceso al medio denominado ‘Aloha Ranurado’, el cual asegura un esquema de solicitudes en forma determinística.

El objetivo del presente trabajo es la optimización del tiempo de respuesta en el estándar 802.15.3 basado en el aprovechamiento del ancho de banda disponible, para dispositivos con generación sincrónica de pedidos. Esto se logra trabajando sobre la

duración de la supertrama (SF) y en la asignación del tiempo de canal [6], [7], [8]. Aquí se propone un método de asignación dinámica de MCTA, dependiendo de las instanciaciones de los pedidos y de la duración de supertrama variable según las condiciones al momento en el que el PNC realiza el cálculo. Se analiza este método para tráfico saturado y no saturado bajo el esquema de disciplinas de prioridades dinámicas: SRPT (“Short Remaining Processing Time”) y EDF (“Earliest Deadline First”).

El trabajo se organiza como sigue: sección 2 provee una descripción de trabajos relacionados. En la sección 3 se realiza el análisis y el cálculo de la duración de las supertramas. En la sección 4 se muestran los resultados obtenidos de las evaluaciones efectuadas. En la sección 5 aparecen las conclusiones y en la última sección, las referencias

## 2 Trabajos Relacionados

Esta sección describe algunos trabajos relacionados con el tema propuesto.

En [6] se presenta un algoritmo dinámico de asignación de tiempo de canal que provee garantías en el retardo de tráfico multimedial como cadenas MPEG sobre redes IEEE 802.15.3 WPANs. Este algoritmo permite que los DEVs envíen al PNC, los requerimientos de tiempo de uso del canal al final de la supertrama, usando la estructura de mini-paquetes.

En [7] se mejora el algoritmo de diagramación con señalización de estado de flujo y decisión de bloque elegible. La señalización de estado de flujo se realiza usando paquetes de control (CTRL). Estos son enviados por los nodos al PNC solamente cuando es necesario actualizar la información interna de estado de flujo.

En [2] se propone un método de diagramación llamado Tráfico Máximo (MT). El algoritmo MT garantiza que el total de datos transmitidos es máximo en cualquier punto del tiempo y las ranuras de tiempo necesarias para la transmisión son mínimas.

En [3] se analiza un nuevo algoritmo de formación de supertramas que provee ahorro de energía, tratamiento apropiado de tráfico CBR, gran utilización del canal, mejor tolerancia a errores y estabilidad. Se diseña un algoritmo de formación gradual de supertramas.

En [9] se analiza la asignación de tiempo de canal bajo distintos esquemas de prioridades en tiempo real, EDF y SRTP. Se trabaja sin modificaciones de la estructura de supertrama y la recolección de datos se realiza a través de los MCTAs. Los resultados muestran que tamaño de supertrama es más conveniente para mejorar el tiempo de respuesta y la cantidad de tareas vencidas.

En [4] se muestra un algoritmo de formación de supertramas jerárquico, similar al propuesto en [3]. En éste se combinan las ventajas de los algoritmos de formación de supertramas estáticos y dinámicos.

En [10] se muestra que un generador de supertramas sobre esquemas de prioridades dinámicas, que maneje la duración de la misma en forma dinámica, logra un rendimiento óptimo del sistema para entornos saturados y no saturados, ya que evita la generación de supertramas ociosas o subocupadas, obteniendo la mejor performance promedio para ambientes saturados.

En [5] se propone la comunicación entre dispositivos ad-hoc sin la intervención de cualquier entidad central y, al mismo tiempo, asegurar los límites de retardo para tráfico isocrónico.

En [11] se intenta demostrar que un generador de supertramas sobre esquemas EDF y SRPT, cuyas duraciones no sean fijas, sino que se adecue a las necesidades de los próximos dispositivos a utilizar el medio, logra el mejor rendimiento del sistema. Este esquema evita la generación de supertramas sub-ocupadas.

En [8] se propone un simple y eficiente esquema de asignación de tiempo de canal llamado MES-ESRPT (MCTA al final de la supertrama- tiempo de procesamiento remanente más corto mejorado) para tráfico VBR con retardo sensitivo. En este algoritmo el PNC, asigna un MCTA para cada cadena de datos en el cual los procesos de la comunicación se encuentran al final de la supertrama.

[12] es una propuesta de trabajo (WIP) donde se plantea un generador de supertrama variable con análisis de asignación de MCTAs en forma dinámica.

### 3 Análisis y Cálculo del Tamaño de Supertrama

Como fue mencionado anteriormente la optimización del ancho de banda se basa en una asignación “calculada” del tiempo para los dispositivos que lo soliciten y en el control de la duración de la supertrama. Los trabajos [10] y [11] demuestran que utilizando supertramas de duración variable, en lugar de fijas, se mejora en forma notable los tiempos de respuesta y se disminuye la cantidad de paquetes perdidos. En [12] se presentó un WIP (Work in Progress) donde se propuso evaluar la asignación dinámica de los MCTAs y el cálculo de la duración de la supertrama según las condiciones al momento de realizarlo.

Este trabajo propone un esquema de asignación dinámica de los MCTAs, (en cada supertrama se asignarán únicamente los MCTAs correspondientes a los pedidos que se generen) y de generación de supertrama de duración variable, donde el PNC determinará su valor teniendo en cuenta el Beacon, los MCTAs, los CTAs y el cómputo de un tiempo extra (denominado *extensión*) con el fin de mejorar el tiempo de respuesta.

#### 3.1 Modelización del Sistema

El modelo de sistema para el análisis de esta red denomina *tarea* al flujo de datos a ser transmitido. La tarea de cada DEV tiene una generación sincrónica y estará parametrizada por tres valores: duración de la tarea (C), período de la tarea (T) y vencimiento de la tarea (D). C es el tiempo de utilización del canal que requiere un DEV para enviar sus datos por la red, T es el período mínimo de generación de datos en el DEV y D es el plazo máximo de tiempo en el cual se debe transmitir los datos del DEV para cumplir con las condiciones de calidad del sistema.

En este trabajo se evalúa el tiempo de respuesta bajo las disciplinas de prioridades dinámicas EDF “menor tiempo al vencimiento” y SRTP “tiempo de proceso remanente más corto”, en entornos saturados y no saturados. EDF ejecuta primero aquella tarea que tenga menor tiempo al vencimiento, es decir menor D y SRTP

ejecuta primero aquella tarea que tenga menor tiempo de proceso, es decir menor  $C$ . Un entorno es no saturado cuando el factor de utilización es menor a la unidad y es saturado cuando es igual o mayor a la unidad.

### 3.2 Análisis y Cálculo de la Duración de la Supertrama

La duración de la supertrama y la asignación de las ranuras de tiempo están a cargo del coordinador de la red, el PNC. Éste calcula la duración de la SF en base al tiempo de ejecución de las tareas ( $C$ ) que tiene en cola y al tiempo de vencimiento de las mismas ( $D$ ). Al comienzo, el PNC genera una supertrama compuesta por la trama Beacon más los MCTAs, uno por cada DEV que realiza una solicitud. Los DEVs solicitantes envían sus requerimientos en el MCTA correspondiente. El PNC reconoce los requerimientos y arma al final de cada SF la siguiente, esto es la duración y los espacios de tiempos asignados a los DEVs que lo requirieron, ya sea para ejecutar una tarea (CTA) o para realizar una solicitud (MCTA).

Si no tiene pedidos en espera para ser atendidos enviará supertramas que contendrán el Beacon hasta que aparezcan nuevas solicitudes. El tamaño de SF no podrá ser menor a 1mseg por especificación del estándar.

El cálculo del tamaño de la SF se realiza de la siguiente manera:

$$SF = B + \sum_{i=1}^j MCTA_i + \sum_{k=1}^l C_k \quad (1)$$

Como se indica en (1) la duración de la supertrama es la suma del Beacon ( $B$ ), de los  $MCTA_i$  correspondientes a las generaciones de las tareas ( $j$ ) y de los tiempos de ejecución ( $C_k$ ) de las tareas pendientes ( $l$ ).

Si,

$$SF > 1mseg$$

se calcula,

$$t_{final} = t_{factual} + SF \quad (2)$$

donde  $t_{factual}$  es el tiempo final de la supertrama actual y  $t_{final}$  es el tiempo de finalización de la siguiente supertrama.

Ahora comparamos si

$$t_{final} > t_{pmin} \quad \text{y} \quad t_{pmin} > t_{factual} + 1mseg$$

donde  $t_{pmin}$  es el tiempo de generación más próximo del grupo de tareas, ahora se vuelve a calcular el tamaño de la SF como sigue:

$$SF = t_{pmin} - t_{factual} \quad (3)$$

Para el caso en que SF es menor a 1 mseg, SF se fija en un mseg y para el caso en  $t_{final} < t_{Pmin}$ , SF queda como se calculó en (1).

Para computar el tiempo extra (extensión) a la supertrama, se evaluará si existen generaciones pendientes ( $Tp$ ) y tareas pendientes de ejecución ( $C$ ).

Si no existen tareas pendientes ( $Tp = 0$ ), calculamos la duración de la siguiente SF y el tiempo de finalización aplicando (1) y (2) respectivamente.

Si  $t_{final} < t_{Pmin}$  buscamos dentro del próximo mseg posterior a  $t_{final}$  si existen generaciones de tareas. Si se hallan solicitudes, extendemos la duración de la SF al tiempo de generación encontrado, quedando:

$$SF_{ext} = SF + (t_{extf} - t_{final}) \quad (4)$$

siendo  $SF_{ext}$ , la duración de la supertrama extendida y  $t_{extf}$  es el tiempo de generación más cercano al límite de  $t_{final} + 1$  mseg.

*Ejemplo:* supongamos que finalizó una supertrama en  $t_{factual} = 8$  mseg, que hay un  $C = 3,9$  mseg pendiente de ejecución y que  $Tp = 0$ . Siendo la duración del Beacon = 0,1 mseg y aplicando 1 y 2:

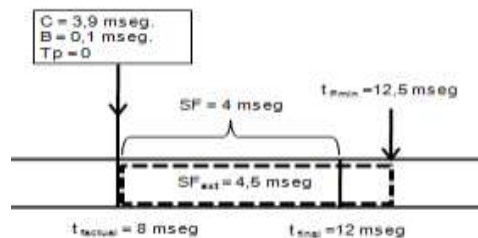
$$SF = 0,1 \text{ mseg.} + 3,9 \text{ mseg.} = 4 \text{ mseg.}$$

$$t_{final} = 8 \text{ mseg.} + 4 \text{ mseg.} = 12 \text{ mseg}$$

Si  $t_{Pmin} = 12,5$  mseg, entonces  $t_{final} < t_{Pmin}$ , aplicamos la ventana de 1 mseg y la ecuación 4 obtenemos:

$$SF_{ext} = 4 \text{ mseg} + (12,5 \text{ mseg.} - 12 \text{ mseg.}) = 4,5 \text{ mseg.}$$

El nuevo  $t_{final} = 12,5$  mseg, y en ese instante se inicia la próxima supertrama con el MCTA para la tarea solicitante. Si no se hubiese aplicado la extensión, el tiempo de finalización de la siguiente SF sería  $t_{final} = 12$  mseg. Esto ocasiona que el pedido de la tarea solicitante en  $t = 12,5$  mseg. se realizará a partir de  $t = 13$  mseg. dado que la SF mínima no puede ser menor al mseg. (ver Fig. 3). Este ejemplo muestra la ventaja de la extensión de la supertrama cuando no hay tareas pendientes en el instante del cálculo de la siguiente supertrama.



**Fig. 2.** Ejemplo de extensión de la supertrama

Si existen generaciones pendientes ( $Tp \neq 0$ ) no se procede a aplicar la extensión de la supertrama, dado que no asegura una ganancia en el tiempo de respuesta ni en los paquetes perdidos.

En la próxima sección se evaluará, mediante simulaciones, el rendimiento de las modificaciones propuestas para diferentes tráficos donde analizaremos los mismos bajo los esquemas de prioridades EDF y SRTP comparando con y sin extensión de supertrama.

#### 4 Evaluación de Rendimiento

El análisis del comportamiento de las propuestas del presente trabajo se realizó bajo las disciplinas de prioridades EDF y SRTP mediante simulaciones de distintos escenarios. En cada una de las disciplina se compara entre supertramas sin y con extensión. En las simulaciones se consideran tres tipos de tráficos con generación sincrónica (C, T y D), para entornos no saturados y saturados. Las simulaciones se ejecutan a una tasa de transferencia de 55 Mbps con un tiempo de simulación de 100 seg.

El principal parámetro a evaluar es el tiempo de respuesta, el cual se tomó como el promedio de los tiempos de respuestas de los DEVs dentro de los 100 seg de tiempo de simulación. El otro parámetro que tendremos en cuenta, sobre todo en entornos saturados, son la cantidad de tareas vencidas.

Los parámetros del sistema (C, T y D) de la primer simulación se muestran en la tabla 1, para una “Piconet” fija compuesta por 5 nodos, con un factor de utilización de 0,79. La Fig. 3 muestra el tiempo de respuesta comparativo para simulaciones con extensión y sin extensión de SF y para las disciplinas EDF y SRTP.

Tabla 1. Escenario N° 1

Nodos	C [μseg]	T [μseg]	D [μseg]
1	2000	12000	12000
2	2000	15000	15000
3	3000	15000	15000
4	2500	20000	20000
5	4000	24000	24000

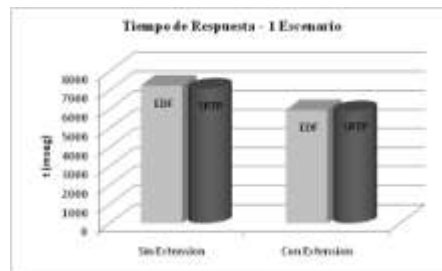


Fig. 3. Tiempo de respuesta de 1 Escenario

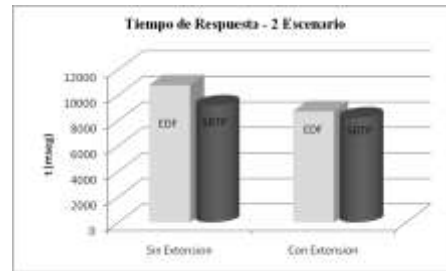
Se puede observar que con la propuesta de extender la duración de la SF y la asignación de los MCTAs por demanda, se mejora el tiempo de respuesta en un factor de 0,18, esto se debe a que se aprovecha mejor el uso del canal. Además SRTP mejora el tiempo de respuesta con respecto a EDF debido a que en SRTP se ejecuta primero aquella tarea que tenga menor C.

Los parámetros del segundo escenario se muestran en la tabla 2 con un factor de utilización de 0,94. El tiempo de respuesta se observa en la Fig. 4, siendo las condiciones de la simulación las mismas que las del escenario anterior, obteniendo un

factor de mejora de hasta 0.19 en ambas disciplinas. Al igual que en el caso anterior SRTP tiene un mejor tiempo de respuesta que EDF.

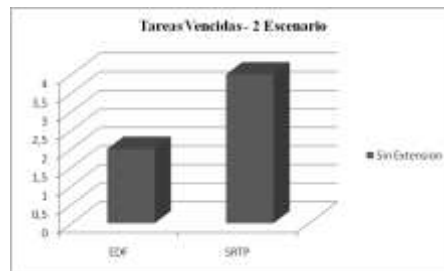
**Tabla 2.** Escenario N° 2

Nodos	C [μseg]	T [μseg]	D [μseg]
1	3000	11000	11000
2	2000	14000	14000
3	3000	14000	14000
4	3000	20000	20000
5	4000	24000	24000



**Fig. 4.** Tiempo de respuesta

En este escenario, sin extensión de supertrama, tenemos tareas que pierden el vencimiento. En EDF se obtiene un mejor rendimiento, como se muestra en la Fig. 5, con respecto a este parámetro, dado que este ejecuta primero la tarea de menor tiempo al vencimiento.



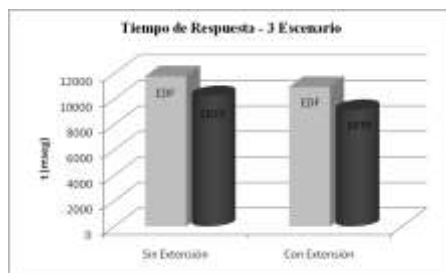
**Fig. 5.** Tareas Vencidas

Los parámetros del último escenario se muestran en la tabla 3 con un factor de utilización 1,03. En este caso el entorno es saturado y los parámetros tiempo de respuesta y tareas vencidas se muestran en las Figuras 6 y 7.

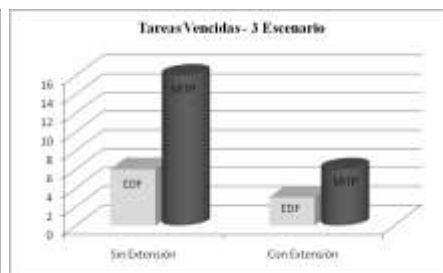
**Tabla 3.** Escenario N° 3

Nodos	C [μseg]	T [μseg]	D [μseg]
1	3500	11000	11000
2	2000	14500	14500
3	3200	14000	14000
4	3600	22000	22000
5	4500	24000	24000





**Fig. 6.** Tiempo de respuesta



**Fig.7.** Tareas Vencidas

En este último escenario con entorno saturado, vemos que la propuesta de este trabajo, supertrama con extensión, también mejora tanto en tiempo de respuesta como en tareas vencidas.

## 5 Conclusiones

El presente trabajo muestra las mejoras obtenidas en el tiempo de respuesta de los DEVs asociados a una red bajo el estándar 802.15.3 cuando se aplica el algoritmo de asignación de pedidos por MCTA manejado en forma dinámica y con una generación de supertrama variable.

Las simulaciones fueron realizadas bajo disciplinas dinámicas de tiempo real, EDF y SRTP, para entornos no saturados y saturados.

También disminuyó el número de tareas que pierden su vencimiento, esto se hace más notorio cuando estamos cercano al entorno saturado.

Es de hacer notar que aplicando SRTP como disciplina, el tiempo de respuesta es mejor que en EDF y el número de tareas vencidas es menor con EDF que con SRTP. Esto se debe a que SRTP ordena la ejecución por tiempo de proceso remanente más corto y EDF por menor tiempo al vencimiento.

Se simularon tres escenarios, el primero con un factor de utilización de 0,79 (no saturado) donde las mejoras en el tiempo de respuesta van de un 16 % a un 18 %. En este caso no hay tareas vencidas. En el segundo escenario con un factor de utilización cercano a la unidad las mejoras llegan a un 19%. Acá aparecen tareas vencidas solo en el caso donde no se aplica la extensión de supertrama. En el último escenario el factor de utilización supera la unidad, donde el tiempo de respuesta es mejorado hasta en un 10% y la cantidad de tareas vencidas disminuye desde un 50 % a un 150%. La extensión de la supertrama permite disminuir la cantidad de tramas Beacon, generando supertramas de mayor longitud y a su vez logra que las solicitudes de las tareas se adquieran en el instante de su generación.

Futuros trabajos analizaran la aplicación de estos algoritmos a distintos estándares para redes inalámbricas.

## Referencias

1. IEEE, Part 15.3 (2003) “Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)”, IEEE std 802.15.3 – 2003, Sept. 2003.
2. Yi-Hsien Tseng, Eric Hsiao-kuang Wu, Gen-Huey Chen (2003) “Maximun Traffic Scheduling and Capacity Analysis for IEEE 802.15.3 High Data Rate Mac Protocol”, In: IEEE VTC 2003-Fall, vol. 3, pp. 1678-1682, Oct. 2003.
3. Török A., Vajda L., Kyu-Jung Y., Sun-Do J.(2004) “Superframe formation algorithms in 802.15.3 networks”, In: Proc., IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Atlanta, Georgia, USA, 2004.
4. Vajda L., Török A., Kyu-Jung Y., Sun-Do J.(2004), “Hierarchical superframe formation in 802.15.3 networks”, In: Proc., IEEE International Conference on Communications (ICC), Paris, France, 2004.
5. Datta S., Seskar L., Dermirhan M., Mau S-C and Raychaudhuri D.(2005) “Ad-hoc Extensions to the 802.15.3 MAC Protocol”, In: Proceedings of the Sixth IEEE International Symposium WoWMoM’05.
6. Sun-Myeng Kim and Young-Jong Cho (2005) “Scheduling Scheme for providing QoS to Real-Time Multimedia Traffics in High-Rate Wireless PANs”, In: IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 1160. 4, NOVEMBER 2005.
7. Torok A., Vajda L., Vidacs A., Vida R.(2005) “Techniques to improve Scheduling Performance in IEEE 802.15.3 based ad hoc networks”, In: IEEE GLOBECOM 2005 proceedings.
8. Liu Xin, Dai Qiong-hai, Wu Qiu-feng (2006) “Time allocation scheme in IEEE 802.15.3 TDMA mechanism”, In: Journal of Zhejiang University SCIENCE A ISSN 1009-3095 (Print), ISSN 1862-1775 (Online).
9. Reggiani G., Alimenti O., Cayssials C. y Ferro E.(2007) “Análisis del Protocolo MAC de 802.15.3 bajo Esquemas de Prioridades en Tiempo Real”, In: XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computacion - CACIC 2007, Octubre 2007, Corrientes y Resistencia, Argentina.
10. Reggiani G., Alimenti O., Cayssials C. y Ferro E. (2008) “Mejora del Rendimiento para Mac 802.15.3 en Entornos Saturados y no Saturados”, In: XXXIV Conferencia Latinoamericana en Informática – CLEI 2008, Setiembre 2008, Santa Fe, Argentina.
11. Reggiani G., Alimenti O., Cayssials C. y Ferro E.(2008) “Optimización del tamaño de Supertrama en forma dinámica bajo MAC 802.15.3”, In: XV Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Sistemas – INTERCON 2008 , Agosto 2008, Trujillo, Perú.
12. Reggiani G., Alimenti O., Cayssials C. y Ferro E.(2009) “Improvements in the Superframes Generations in MAC 802.15.3 Using dynamic MCTA ”, In: WIP 27<sup>th</sup> Edition The Brazilian Symposium on Computer Networks and Distributed Systems (SBRC) – 2009 , Mayo 2009, Recife, Brasil.