

Comparación de los protocolos MACAW y T_Lohi para redes subacuáticas

Erik Ortiz Guerra

Correo electrónico:erik@uclv.edu.cu

Vitalio Alfonso Reguera

Correo electrónico:vitalio@uclv.edu.cu

Universidad Central Martha Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba

Resumen

El desarrollo de las redes subacuáticas presenta grandes desafíos, la mayoría de los cuales están relacionados con las complejidades del canal de comunicación. El limitado ancho de banda y la baja velocidad de propagación son las principales dificultades a vencer en las redes subacuáticas. Debido a estas complejidades es necesario el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación capaces de obtener un alto desempeño minimizando el consumo de energía. En este trabajo se presenta un estudio comparativo entre dos protocolos de acceso al medio: MACAW (*Múltiple Access with Collision Avoidance for Wireless*) y T_Lohi, ambos constituyen mecanismos de acceso aleatorio, el primero emplea mensajes RTS (*request to send*), CTS (*clear to send*) y ACK (*acknowledgement*) para regular las transmisiones mientras que el segundo utiliza tonos de corta duración que pueden ser detectados simultáneamente. Este estudio se centra en la evaluación del desempeño, las colisiones y la eficiencia para reservar el canal de comunicación de estos protocolos, con el objetivo de poner al descubierto sus ventajas y deficiencias para la comunicación subacuática.

Palabras clave: comunicaciones acústicas, desempeño, MACAW, mecanismos de acceso al medio, redes subacuáticas, T_Lohi

Recibido: agosto del 2010

Aprobado: diciembre del 2010

INTRODUCCIÓN

Las potencialidades de las redes de sensores ha despertado el interés de investigadores en los últimos años debido a la gran cantidad de aplicaciones que pueden ser desarrolladas y a la favorable relación costo-beneficio que presentan.

Particularmente la redes de sensores subacuáticas pueden ser empleadas en la prevención de desastres, exploraciones subacuáticas, monitoreo ambiental, vigilancia y recolección de información de entornos sumergidos.

Las comunicaciones bajo el agua difieren considerablemente de las terrestres; la demora de propagación, la atenuación, el consumo de energía, así como el limitado ancho de banda constituyen algunos de los principales retos de las mismas.

El empleo de un canal compartido unido a las características mencionadas, hacen que el uso de mecanismos de control de acceso al medio (MAC) adecuados constituyan una de las áreas de atención más importantes en estas redes.

Los principales requisitos que deben cumplir los protocolos MAC en estas redes se resumen en lograr el máximo número de transmisiones minimizando el consumo de energía, garantizar el reparto "justo" del ancho de banda disponible entre todos los componentes de la red y evitar en la mayor medida posible las colisiones entre las transmisiones de los nodos que conforman la red. [1]

Este trabajo centra su atención en el estudio y comparación de dos protocolos MAC y su desempeño en redes de sensores subacuáticas, mediante los cuales los

nodos de la red utilizan diferentes mecanismos para reservar el canal y transmitir sus datos.

En las secciones siguientes se describen las características de propagación en entornos subacuáticos que hacen que las ondas acústicas sean predominantemente usadas en las comunicaciones subacuáticas. Son comparadas las redes terrestres y las subacuáticas, se presenta una descripción del protocolo MACAW y el T_Lohi, este último con sus tres variantes (sincrónico, asincrónico conservador y asincrónico agresivo) y finalmente se establece una comparación a partir de los resultados obtenidos mediante simulación para ambos protocolos.

PROPAGACIÓN EN ENTORNOS SUBACUÁTICOS

En entornos subacuáticos las ondas de radio son fuertemente atenuadas lo cual hace que estas solo puedan ser empleadas en cortas distancias (aproximadamente 6-10 m); las señales de luz son fácilmente absorbidas por el agua pero en determinadas condiciones del agua se pueden lograr, empleando longitudes de onda entre el azul y el verde, conexiones de gran ancho de banda pero a muy cortas distancias. Estas limitaciones hacen que las señales acústicas sean el método más apropiado para la comunicación en estos entornos, logrando grandes distancias con un límite de 40 km · Kbps para el producto rango de comunicación-razón de transmisión. [2, 3]

Comparadas con las señales de radio, las ondas acústicas se propagan a una velocidad mucho menor (aproximadamente 1500 m/s) [2] y se encuentran determinadas por la profundidad, la temperatura y la salinidad del agua. [4] Las comunicaciones acústicas en estos entornos también poseen una alta probabilidad de error de bit debido a las fluctuaciones en la amplitud y la fase de la señal por lo que se requiere el empleo de códigos correctores de errores. Además, debido a la atenuación que sufren las señales con el incremento de la frecuencia el ancho de banda es limitado. [2, 3]

COMPARACIÓN CON LAS REDES TERRESTRES

Las características de propagación explicadas en la sección anterior hacen que las redes de sensores subacuáticas difieran de las redes terrestres en cuanto al tipo de señales empleadas para la comunicación y la velocidad de propagación, pero además de estos, existen otros factores como costo, despliegue, energía y memoria que hacen a las redes subacuáticas diferentes de las terrestres.

Comparados con los sensores terrestres, los sensores subacuáticos son costosos debido fundamentalmente a la complejidad del transmisor y receptor y a la protección del hardware necesarios para desempeñarse en las condiciones hostiles del medio en que trabajan.

Los sensores bajo el agua deben estar anclados al fondo para evitar desplazamientos lo cual hace que su despliegue sea complejo y costoso, y por tanto, estas redes son menos densas que las terrestres, logrando con la menor cantidad de sensores posibles el objetivo que se desea, esto hace que las distancias de comunicación sean mayores por lo que se requiere mayor potencia para la transmisión.

El canal subacuático es afectado de manera significativa por ruido, interferencia intersímbolo, variaciones en la demora de propagación [2, 3] con lo cual el canal puede tornarse intermitente y por tanto es necesario que los sensores posean memoria suficiente para almacenar el conjunto de datos durante el tiempo necesario antes de ser transmitidos.

PROTOCOLOS DE ACCESO AL MEDIO. TRABAJOS RECIENTES

Las redes de sensores subacuáticas utilizan la propagación de señales acústicas a través de un canal compartido para la comunicación, esto hace que, de la misma manera que en las redes terrestres, sean necesarios mecanismos de control de acceso al medio (MAC) que garanticen el empleo del canal de manera ordenada y eficiente, garantizando un reparto justo del ancho de banda disponible.

En las redes de sensores subacuáticas el consumo de potencia posee vital importancia debido a que las baterías de los sensores no pueden ser cambiadas con frecuencia y no se pueden emplear fuentes alternativas de energía como la solar, esto implica que los mecanismos empleados para el control de la comunicación deben garantizar además, un empleo eficiente de la energía disponible y este constituye el principal reto para el diseño de protocolos MAC en redes de sensores subacuáticas.

El mecanismo de control de acceso al medio más apropiado para redes de sensores subacuáticas es un problema aún sin resolver, en los últimos años han sido desarrollados diferentes protocolos MAC con el objetivo de lograr un alto desempeño en la comunicación empleando la menor cantidad de energía.

Muchos de los protocolos MAC desarrollados están inspirados o presentan similitudes con protocolos empleados en redes de sensores terrestres, los más referenciados son: ALOHA, MACA y MACAW; muchos autores han propuesto variantes para obtener con ellos un ahorro considerable de energía a partir de evitar colisiones en las transmisiones.

En [5] se propone un MAC para aplicaciones tolerantes a demoras que prioriza la minimización del consumo de energía con el cual se logra que solo el 3 % de la energía empleada en las transmisiones se pierda a consecuencia de las colisiones.

Chirdchoo *et al* [6] presentan dos mejoras al protocolo ALOHA original: ALOHA-CA (collision avoidance) y ALOHA-AN (advance notification). El primero es más simple y escalable, no necesita grandes capacidades de memoria y no emplea mensajes de control; el segundo propone un refinamiento que necesita mayor procesamiento de información y requiere el empleo de mensajes adicionales

con el objetivo de evitar las colisiones, estas complejidades hacen que el ALOHA-AN logre un mejor desempeño y menores colisiones que el ALOHA-CA.

El PCAP (propagation collision avoidance protocol) [7] toma en cuenta la demora de propagación y logra un mayor desempeño que los protocolos tradicionales. Una solución similar es propuesta en [8] con el nombre DACAP (distance aware collision avoidance protocol) y emplea diferentes tamaños de mensajes de control con el objetivo de minimizar la duración promedio de estos.

Pompili *et al* [9] sugieren el empleo de técnicas basadas en CDMA para lograr tres objetivos fundamentales: alto desempeño, rápido acceso al canal y bajo consumo de energía, una propuesta similar, también basada en CDMA es planteada en [10].

En [11] se propone un MAC basado en MACA que forma series de paquetes designados a múltiples destinos durante la fase reservación con lo cual se logra reducir grandemente el tiempo empleado en la transmisión de mensajes de control.

En otros trabajos [12-14] se plantea como solución al problema de las colisiones, que el canal se divida en: canal de control empleado para la reservación y canal de transmisión utilizado para el intercambio de datos, con esta propuesta se logran disminuir considerablemente las colisiones pero se añaden nuevos retos al diseño de los sensores ya que los mismos deben ser capaces de procesar y transmitir información en canales diferentes.

MACAW Y T_LOHI

Por su importancia, en esta sección son descritos los protocolos empleados en este estudio el MACAW y el T_Lohi y sus variantes.

MACAW

El protocolo MACAW (por sus siglas en inglés Múltiple Access with Collision Avoidance for Wireless) fue propuesto en [15] y constituye una variación del MACA presentado por Karn [16]. La figura 1 muestra el principio básico de funcionamiento de este protocolo [17].

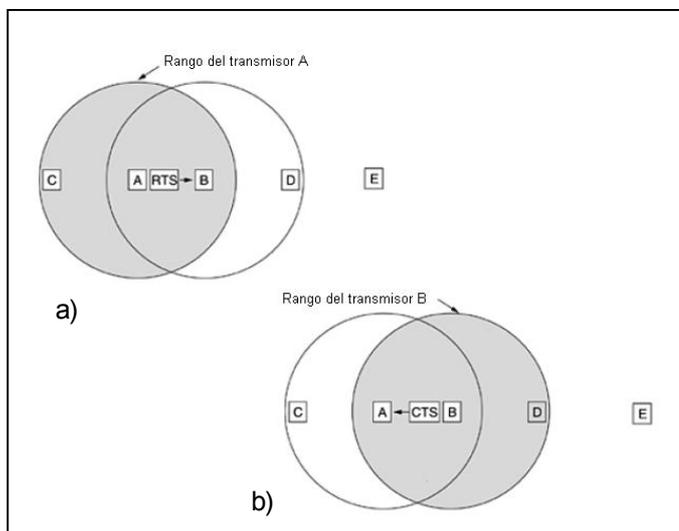


Fig. 1. Intercambio de mensajes RTS y CTS en MACAW.

Cuando el nodo A debe enviar datos al B, comienza transmitiendo un mensaje de corta duración RTS (request to send) al recibir el mismo el nodo B responde con un CTS (clear to send) y al recibir esta respuesta el nodo A comienza la transmisión de los datos, una vez terminada la transmisión el nodo A espera un mensaje de confirmación indicando si el paquete se ha recibido correctamente (ACK).

Cualquier nodo de la red que escuche el RTS enviado por A debe permanecer en silencio el tiempo suficiente para garantizar que la respuesta (CTS) llegue correctamente y cualquier nodo que escuche el CTS enviado por B debe permanecer en silencio el tiempo necesario para evitar colisiones con los paquetes de datos. El empleo de estos mensajes para reservar el canal contribuyen a evitar los problemas del nodo oculto y el nodo expuesto [17].

T_Lohi

El protocolo T_Lohi presentado por Heidemann *et al* [18, 19] constituye un mecanismo de acceso al medio que emplea tonos de corta duración para reservar el canal con el principal objetivo de lograr su utilización eficiente, un desempeño estable y un bajo consumo de energía.

En este protocolo el tiempo es dividido en tramas que están compuestas por un período de reserva y un período de intercambio de datos, como se muestra en la figura 2, cada trama termina cuando alguno de los nodos de la red consigue el acceso al canal y transmite sus datos.

En el período de reserva se garantiza que solo un nodo de la red obtenga el acceso al canal, esto se logra subdividiendo este período en *slots* de competencia donde cada uno de los nodos de la red puede competir por el acceso al canal.

Si un nodo tiene datos por enviar, envía un tono de corta duración y se mantiene escuchando el canal durante un tiempo CR denominado período de competencia (*contention round*), si durante este tiempo el canal permanece en silencio el nodo ha ganado y transmite sus datos.

Cuando múltiples nodos compiten por el acceso al canal cada uno de ellos emite un tono de corta duración que es detectado por el resto de los nodos de la red y a partir de conocer la cantidad de competidores estima aleatoriamente la cantidad de *slot* que debe esperar antes de competir nuevamente, el número de *slot* que debe esperar está distribuido uniformemente entre 0 y la cantidad de competidores.

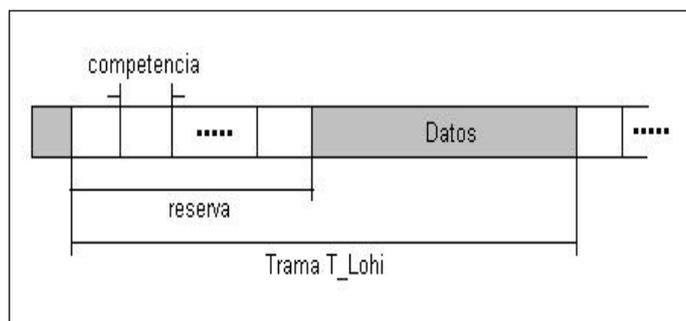


Fig. 2. Estructura de trama T_Lohi.

Durante el período de espera los nodos son considerados competidores y si durante este tiempo se detecta algún otro competidor el nodo pierde la competición y debe esperar a la próxima trama para volver a competir; la figura 3 muestra el diagrama de transiciones del T_Lohi.

La efectividad de este algoritmo radica en la posibilidad de que cada nodo pueda conocer la cantidad de competidores aún cuando varios tonos sean recibidos simultáneamente y para ello Jack *et al* [20] proponen el diseño de un modem que permite además de detectar, contar la cantidad de tonos aún cuando estos se solapen en el tiempo.

Existen tres variantes del T_Lohi, cada una de ellas con requerimientos de implementación y resultados diferentes.

La primera, parte de la sincronización en el tiempo de todos los nodos, con lo cual todos comienzan a competir en el mismo instante de tiempo y por tanto el tiempo del período de competencia debe ser:

$$CRST = t_{m\acute{a}x} + T_{tone} \quad (1)$$

Siendo $t_{m\acute{a}x}$ el tiempo máximo que demora el tono en llegar al destino más lejano y T_{tone} el tiempo de detección de un tono.

En estas condiciones se garantiza que los nodos involucrados en la competencia detecten todos sus rivales y por tanto se logra las comunicaciones libres de colisiones, la sincronización de los nodos también permite el empleo de refinamientos en los mecanismos de espera; en este estudio fue empleado el descrito en [19, 20] que utiliza la cantidad de competidores y la distancia a cada uno de ellos para determinar el tiempo de espera óptimo.

Mantener sincronizados todos los nodos de la red no es simple y añade complejidades adicionales a las planteadas en las secciones anteriores por lo que resulta poco práctica la implementación de esta variante.

En el T_Lohi asincrónico los nodos pueden comenzar a competir en cualquier instante de tiempo y para lograr que todos puedan detectar los competidores es necesario duplicar la duración del período de competencia, siendo esta la principal característica del T_Lohi asincrónico conservador (cUT_Lohi). El aumento de la duración del período de competencia implica que el tiempo necesario para enviar un paquete de datos aumenta y por tanto el desempeño del protocolo se afecta considerablemente; la tercera variante, el T_Lohi asincrónico agresivo (aUT_Lohi) propone mantener la duración del período de competencia invariante con respecto al caso sincrónico, lo cual implica que puedan ocurrir colisiones entre paquetes de datos y entre tonos y paquetes de datos.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Con el objetivo de comparar el funcionamiento de los protocolos estudiados fueron desarrollados, con la ayuda de MatLab 7.0, dos simuladores de eventos discretos y en cada uno de ellos se empleó la estrategia para el manejo del tiempo descrita en [21, 22] mediante la cual la variable de tiempo del sistema es ubicada en los instantes de tiempo donde cambiará el estado de los nodos de la red.

En el escenario de simulación se dispusieron de manera aleatoria 5 nodos con un rango de cobertura de 2 km en un área de 4 km², de manera tal, que todos los nodos de la red se puedan comunicar entre sí, el tiempo de simulación fue de 100 s para cada uno de los protocolos y la velocidad de propagación de 1500 m/s.

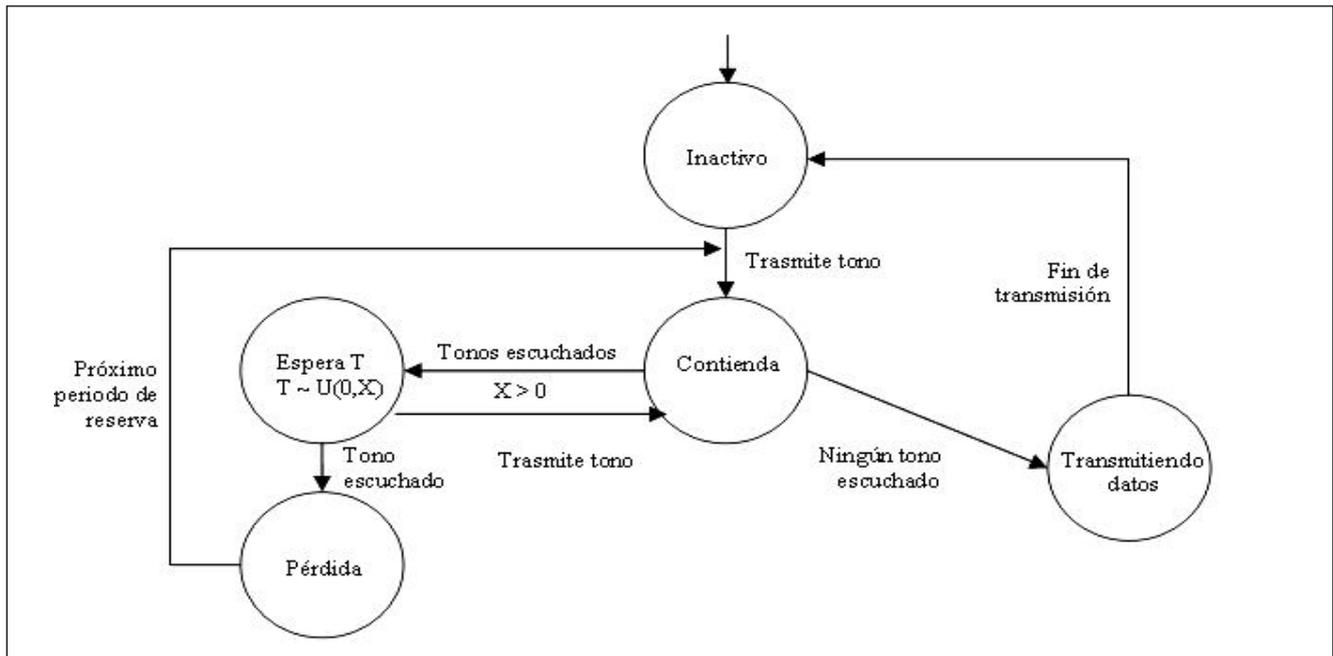


Fig. 3. Algoritmo T_Lohi.

Parámetros medidos

El estudio comparativo se centró en evaluar cada uno de los protocolos y sus variantes a partir de tres parámetros: el desempeño (*throughput*), el número de colisiones y la eficiencia para reservar el canal.

En este trabajo el desempeño se define como el número de paquetes de datos enviados por unidad de tiempo, este parámetro incluye los paquetes que fueron enviados pero que no llegaron a su destino satisfactoriamente debido a que este estudio se enfoca en la influencia que tienen los mecanismos de reservación de cada protocolo sobre la transmisión de paquetes de datos, los cuales constituyen la información realmente útil para la red; una visión diferente puede ser consultada en [23].

El número de colisiones es una muestra de la cantidad de transmisiones que son desaprovechadas en la red y este constituye uno de los factores más importantes que se deben minimizar para lograr disminuir el consumo de energía.

En el caso del MACAW estas colisiones incluyen: colisiones entre paquetes RTS debido al problema del nodo oculto, mientras que en el caso de las variantes de T_Lohi estas se pueden producir por superposición de tonos y paquetes de datos o entre dos o más paquetes de datos. [18]

El tercero de los parámetros medidos refleja la cantidad de bits de reservación enviados (RTS, CTS y ACK o *tone*) por cada bit de datos transmitido y para el caso del T_lohi y sus variantes se asumió que la duración de cada tono es el equivalente al tiempo de 5 bit.

Discusión de los resultados

La figura 4 muestra el desempeño (*throughput*) en función del tráfico generado por nodo para los protocolos estudiados siendo el MACAW el de peores resultados.

En cada uno de los protocolos MAC estudiados, el desempeño se afecta notablemente debido al intercambio de mensajes para reservar el canal y en el caso del MACAW esta afectación es más notoria que en las variantes de T_Lohi debido a que emplea tres mensajes diferentes para garantizar la comunicación mientras que en T_Lohi solo son empleados tonos que se repiten cada cierto tiempo para lograr reservar el canal.

El cUT_Lohi tiene los resultados más discretos entre las variantes de T_Lohi y con solo reducir a la mitad el tiempo de competencia para formar el aUT_Lohi se logra un resultado similar al ST_Lohi que constituye sin lugar a dudas la variante de mejor comportamiento, debido a la sincronización de los nodos.

Una diferencia significativa lo constituye el tráfico generado por nodo para la cual se obtiene un óptimo desempeño, para el caso del MACAW este valor es de aproximadamente 10 Kbps, como se muestra en la figura 5, disminuyendo considerablemente el desempeño cuando se aleja de estos valores.

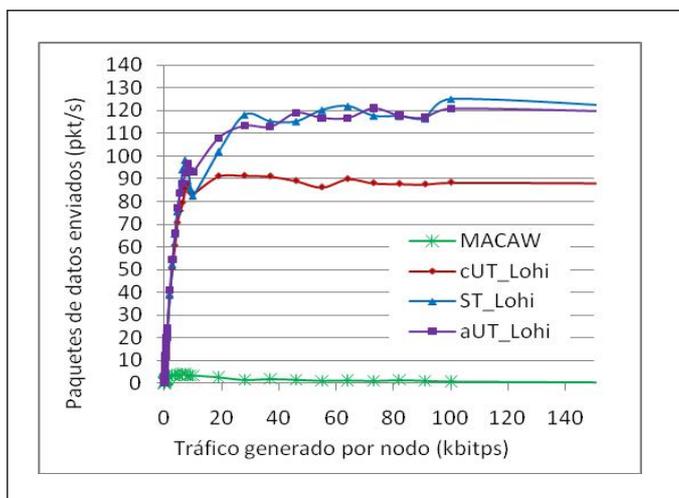


Fig. 4. Desempeño de la red.

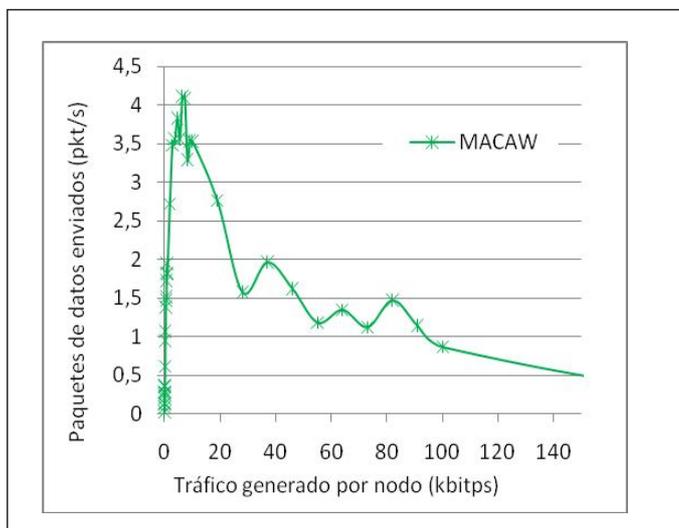


Fig. 5. Desempeño MACAW.

Para el caso de las variantes de T_Lohi se logra estabilizar el desempeño independientemente del tráfico generado mientras que para MACAW se deteriora progresivamente.

La diferencia entre el tiempo de competencia del cUT_Lohi y el aUT_Lohi provoca una mejora significativa en el desempeño pero produce un aumento considerable en el número de colisiones (figura 6).

En este aspecto los de mejores resultados son: el ST_Lohi, como era de esperarse, y el MACAW, lográndose para todos los protocolos MAC comparados estabilidad al aumentar el tráfico generado por nodo; esto se debe; en el caso del MACAW a la combinación de mensajes de petición de envío (RTS) y listo para recibir (CTS), mientras que para las variantes de T_Lohi la posibilidad de establecer el tiempo de espera para repetir la transmisión en función del número de competidores constituye una fortaleza innegable.

La sincronización de los nodos en el ST_Lohi provoca que se alcancen los mejores resultados en cuanto a la eficiencia en la reservación del canal (figura 7), pero debido a la necesidad de que la red sea lo más simple posible no resulta práctica su implementación; el MACAW logra resultados por encima de las otras variantes de T_Lohi lo cual demuestra, la efectividad de su mecanismo de reservación del canal.

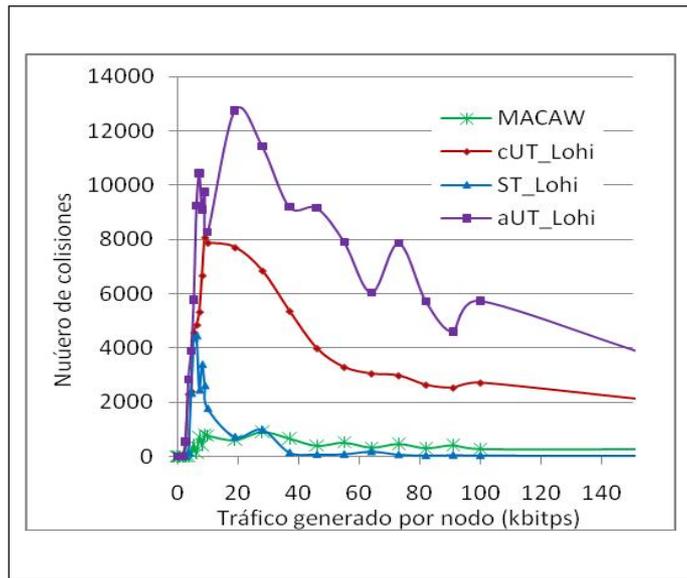


Fig. 6. Número de colisiones en la red.

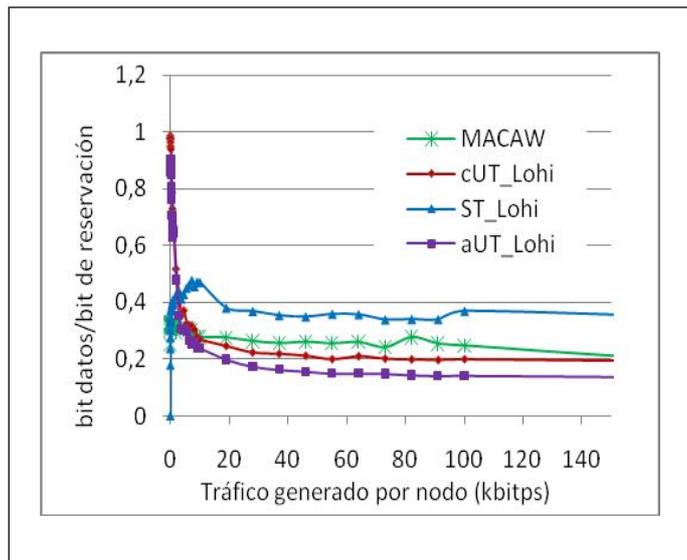


Fig. 7. Eficiencia en la reservación del canal.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó la evaluación y comparación del comportamiento de dos protocolos MAC: el MACAW y el T_Lohi en redes de sensores subacuáticas teniendo en cuenta el desempeño, el número de colisiones y la eficiencia en la reservación del canal de comunicación.

Los resultados demuestran la validez del mecanismo de reservación empleado por MACAW, siendo esto una de las

fortalezas más significativas de este MAC, sin embargo, el empleo de mensajes RTS, CTS y ACK minimiza el desempeño del mismo que se ve ampliamente superado por T_Lohi.

La posibilidad de detectar y contar la cantidad de competidores aún cuando los tonos se reciban de manera simultánea constituye una importante ventaja para el T_Lohi, lo cual se ve reflejado en la estabilidad del desempeño en la medida que aumenta el tráfico generado por nodo y la disminución del número de colisiones, lo cual demuestra la rápida convergencia del período de competencia.

No obstante las ventajas de las variantes del T_Lohi, el hecho de detectar y contar tonos simultáneos añade complejidad adicional con respecto al MACAW, haciéndolo más costoso y limitando las posibilidades de su empleo, ya que necesita un hardware específico para su correcto funcionamiento.

RERERECNIAS

1. **JIANG, Z.** "Underwater acoustic networks - issues and solutions". *International Journal of Intelligent Control and Systems*, 2008. no.3. p. 10.
2. **PARTAN, J.; KUROSE, J. and LEVINE, B.N.** "A survey of practical issues in underwater networks", in *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Underwater Networks*. 2006, ACM: Los Angeles, CA, USA.
3. **ZHANG, Y. et al.** *Medium access control layer for underwater sensor networks*, Department of Computer Science. 2006, University of Alabama.
4. **CASARI, P.; TOMASI, B. and ZORZI, M.** "A Comparison Between the Tone-Lohi and Slotted FAMA MAC Protocols for Underwater Networks". En *Oceans 2008. IEEE*. 2008.
5. **PARK, M. K. and RODOPLU, V.** "UWAN-MAC: An Energy-Efficient MAC Protocol for Underwater Acoustic Wireless Sensor Networks". *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 2007. 32(3): p. 710-720.
6. **CHIRDCHOO, N.; SOH, W.-S. and CHUA, K.C.** "Aloha-based MAC Protocols with Collision Avoidance for Underwater Acoustic Networks", in *IEEE INFOCOM Minisymposium*. 2007: Anchorage, Alaska, USA. p. 2271-2275.
7. **YONGXIN, Z.; JIANGUO, H. and JING, H.** "A delay-tolerant MAC protocol with collision avoidance for underwater acoustic networks", in *Proceedings of the 5th International Conference on Wireless communications, networking and mobile computing*. 2009, IEEE Press: Beijing, China.
8. **PELEATO, B. and STOJANOVIC, M.** "Distance Aware Collision Avoidance Protocol for Ad-Hoc Underwater Acoustic Sensor Networks", *IEEE Communications letters*. 2007.
9. **POMPILI, D.; MELODIA, T. and AKYILDIZ, I.F.** "A Distributed CDMA Medium Access Control for Underwater Acoustic Sensor Networks", *IEEE Transactions on Wireless Communications*. 2009. p. 1899-1909.

10. **HWEE-XIAN, T. and WINSTON, K.G.S.** "Distributed CDMA-based MAC Protocol for Underwater Sensor Networks", in *Proceedings of the 32nd IEEE Conference on Local Computer Networks*. 2007, IEEE Computer Society.
11. **CHIRDCHOO, N.; SOH, W.-S. and CHUA, K.C.** MACA-MN: A MACA-based MAC Protocol for Underwater Acoustic Networks with Packet Train for Multiple Neighbors. *Department of Electrical & Computer Engineering*. 2008, National University of Singapore,.
12. **ZHOU, Z.; PENG, Z. and CUI, J.-H.** "Multi-channel MAC Protocols for Underwater Acoustic Sensor Networks". *Computer Science & Engineering*. 2008, University of Connecticut.
13. **LEONARD, T.T. and SUMIT, R.** "A reservation mac protocol for ad-hoc underwater acoustic sensor networks", in *Proceedings of the third ACM international workshop on Underwater Networks*. 2008, ACM: San Francisco, California, USA.
14. **SHAHABUDEEN, S.; CHITRE, M. and MOTANI, M.** "A multi-channel MAC protocol for AUV networks", in *Oceans 2007- Europe*. 2007, IEEE.
15. **BHARGHAVAN, V. et al.** "MACAW: a media access protocol for wireless LAN's", in *Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications*. 1994, ACM: London, United Kingdom.
16. **KARN, M.** MACA - a new channel access method for packet radio, in *ARRL/CRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conference*. 1990. p. 134-140.
17. **TANENBAUM, A. (ed).** *Computer Networks*. 4ta ed. 2003, Prentice Hall, p. 671.
18. **SYED, A. A.; YE, W. and HEIDEMANN, J.** "T-Lohi: A New Class of MAC Protocols for Underwater Acoustic Sensor Networks". In *Infocom 2008*. 2008.
19. **SYED, A. A.; YE, W. and HEIDEMANN, J.** *Comparison and Evaluation of the T-Lohi MAC for Underwater Acoustic Sensor Networks*. 2008.
20. **JACK, W.; WEI, Y. and JOHN, H.** "Low-power acoustic modem for dense underwater sensor networks", En *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Underwater networks*. 2006, ACM: Los Angeles, CA, USA.
21. **CORREA, E. and RIVAS, S.** "Estrategias del manejo del tiempo en simulación dinámica", in *Escuela de computación 2010*, Universidad Central de Venezuela: Caracas.
22. **WAINER, G.A.** *Modeling and Simulation: A practitioner's approach*, C. Press, Editor. 2009.
23. **PENG, S.** *MAC Protocol Implementation on Atmel AVR for Underwater Communication 2008*.

AUTORES

ERIK ORTIZ GUERRA

Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Instructor, Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (UCLV), Villa Clara, Cuba

VITALIO ALFONSO REGUERA

Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, UCLV, Villa Clara, Cuba

Comparison Between MACAW and T_Lohi Protocols for Underwater Networks

Abstract

The development of underwater networks presents great challenges, most of which are related to the complexity of the communication channel. The main difficulties to face in the underwater channel are the restricted bandwidth and the low propagation speed. Due to these difficulties, it is necessary the development of new and more competent communication protocols in order to obtain higher performance and minimize the energy consumption. Therefore, this paper presents a comparative evaluation between two medium access controls (MAC): MACAW and T_Lohi. Both protocols are based on random access mechanism, the first uses request to send (RTS); clear to send (CTS) and acknowledgement (ACK) messages to regulate transmissions while the second uses short duration tones which can be detected instantaneously. Thus, this study focuses on the performance, collisions and efficiency of these protocols in order to reserve the communication channel, whereby it highlights the advantages and deficiencies of each protocol in the underwater communication networks.

Key words: acoustic communication, performance, MACAW, medium access control, underwater networks, T_Lohi