

Tendencias en el Diseño de Antenas y Propagación para Sistemas UWB en Redes de Área Corporal

Rubén Gregorio García Serna, Concepción García Pardo, José María Molina García-Pardo
 Grupo Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo)
 Dpto. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)
 Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, Nº 1, 30202 Cartagena (Murcia)
 Teléfono: 968338872
 E-mail: rggs0@alu.upct.es

Resumen. En este trabajo se presenta un análisis del estado actual de las investigaciones sobre diseño de antenas y estudio de la propagación y modelado del canal radio en el ámbito de las redes de área corporal (BAN) que hacen uso de la tecnología Ultra-Wideband (UWB). Para ello, se ha realizado una labor de búsqueda y revisión de artículos publicados recientemente, a partir de los cuales se han evaluado tanto las tendencias en el diseño de antenas y estudio de la propagación, como la importancia que se le está dando a la utilización de la tecnología UWB en las investigaciones orientadas al desarrollo de aplicaciones para las BAN.

1. Introducción

El interés que han suscitado las redes de área corporal (Body Area Networks, BAN) en los últimos años se ha traducido en un aumento de la actividad investigadora y en el desarrollo de estándares como el recientemente finalizado IEEE 802.15.6. La aplicación de las BAN a campos como el entretenimiento, la defensa o la medicina ha ocasionado que se haya invertido un gran esfuerzo en realizar una caracterización desde el nivel físico, modelando la propagación de las señales en la proximidad del cuerpo humano, hasta el acceso al medio y la seguridad de los datos. En el ámbito de la medicina, las redes corporales ofrecen la posibilidad de monitorizar el estado de un paciente obteniendo datos de sensores ubicados en diferentes partes del cuerpo, tanto internas como externas. Utilizando diferentes sensores se pueden obtener medidas, entre otros, del electrocardiograma (ECG), el electroencefalograma (EEG) y el nivel de saturación de oxígeno en sangre de un paciente. Estos datos pueden ser recopilados y transmitidos de tal forma que puedan ser procesados permitiendo al personal médico obtener un diagnóstico en tiempo real, reduciendo los tiempos de respuesta y optimizando los recursos personales.

La comunicación entre sensores ubicados en el cuerpo humano se ve influenciada en gran medida por las características de éste. Al estar formado por distintos tejidos con diferentes constantes dieléctricas, grosores e impedancias características, el canal de comunicaciones, tanto intra corporal como superficial, es complejo de modelar. Además, debido a que el cuerpo humano es un elemento dinámico las características del canal varían en el tiempo. El diseño de sistemas de comunicaciones que funcionen de manera eficiente en este entorno requiere por un lado de diseños de antenas optimizados que

mantengan constantes las características de radiación en presencia del cuerpo, como de modelos de canal que describan matemáticamente la propagación de las señales.

En aplicaciones BAN donde aspectos como el nivel de exposición del cuerpo a campos electromagnéticos y vida útil de los sensores son elementos fundamentales a tener en cuenta en el diseño de los sistemas, las características que aporta la tecnología Ultra-Wideband (UWB) tales como bajo nivel de emisión (<41.3 dBm), hardware sencillo, bajo consumo (<100 uW), alta resolución temporal (\sim ps) y bajo nivel de interferencia con otros sistemas, la hacen una candidata ideal para su utilización en diferentes aplicaciones, entre las que destacan las orientadas a la medicina.

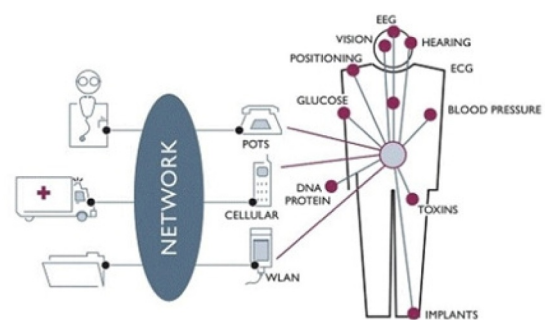


Fig. 1. Escenario de aplicación de las BAN en entornos médicos

En este artículo se presenta una revisión de la situación actual en la investigación sobre diseño de antenas y estudio de la propagación en las BAN basadas en UWB. El artículo está organizado de la siguiente forma: en las secciones II y III, se presenta una revisión de las tendencias actuales en diseño de antenas y estudio de la propagación y modelado del canal. En la sección IV se exponen las conclusiones.

2. Diseño de Antenas

La tendencia de los últimos años en el campo del diseño de antenas para entornos UWB-BAN ha estado marcada por el desarrollo de antenas de bajo perfil capaces de funcionar de manera óptima en la banda de 3.1-10.6 GHz en la proximidad del cuerpo humano, reduciendo el nivel de exposición a campos electromagnéticos de éste.

Algunos de los diseños propuestos consideran diferentes geometrías como antenas en forma de E, V, M y F. Uno de los diseños propuestos define una antena en M sobre microstrip capaz de trabajar en las bandas de 5.47-5.68 GHz y 6.15-6.23 GHz [1]. En comparación con otros diseños como en E y en V, el diseño en M permite reducir el tamaño del plano de masa y el grosor del sustrato, alcanzando una eficiencia entre un 32% y un 72% superior a la obtenida con diseños en E y en V, permitiendo además controlar el ancho de banda por medio de la morfología.

Otros diseños consideran modelos de monopolos planares destinados a ser empleados sobre el cuerpo humano. En uno de ellos, se presenta un monopolo de geometría curvilínea optimizada para ser utilizado sobre el cuerpo [2], modelado éste mediante tres capas dieléctricas (piel, tejido graso y músculo) cada una con diferentes grosores y características. En otro de los diseños, se considera un monopolo de forma esférica impresa sobre un sustrato FR4 en la banda de 3.1-10.6 GHz [3] para ser usado sobre la zona del pecho. A partir de la evaluación sobre un phantom, cuerpo humano y en simulaciones, se ha determinado que en este diseño, el valor para las pérdidas de retorno es inferior a -10 dB cuando la antena está en contacto directo sobre el cuerpo, pero es peor cuando se coloca sobre el phantom. Además, se han observado diferencias en los valores de ganancia de pico entre simulaciones y sobre cuerpo o phantom.

Un aspecto que consideran algunos diseños es la reducción de interferencias sobre otros sistemas de comunicaciones. En este sentido, uno de los diseños propuestos considera la utilización de antenas fractales en forma de árbol binario y en T [4] capaz de reducir el nivel de interferencia en las bandas de WiMAX (3.3-3.7 GHz) y de 802.11a (5.15-5.825 GHz).

Otra de las características que deben cumplir las antenas diseñadas para ser usadas en entornos BAN, es el bajo nivel de exposición a la radiación a la que someten el cuerpo humano. En este sentido, uno de los diseños propuestos presenta un diseño 3D de antena doblada de bajo perfil con alimentador de borde biselado para la banda de 3.1-12 GHz [5] y en otro, se presenta un diseño planar de antena en lazo para uso sobre el cuerpo [6] a una distancia de 16 mm.

3. Propagación y Modelado del Canal Radio

La definición de modelos que describan la propagación de señales en el cuerpo humano, tanto en el interior como en el exterior del mismo, ha ocupado desde hace algunos años un lugar central en el estudio y desarrollo de sistemas UWB para entornos BAN. Aunque los estudios actuales hacen uso de la base de investigación ya establecida en este campo, mucho es el trabajo que queda por hacer para describir aspectos particulares que se dan en las BAN.

Algunas de las investigaciones actuales se basan en campañas de medidas sobre sujetos de diferentes complejidades [7],[8] sobre los cuales se ubica en una posición fija una antena transmisora y la antena receptora se va colocando en diferentes partes del cuerpo. A partir de las medidas realizadas, se obtienen parámetros estadísticos que permiten tanto validar modelos standard de pérdidas de camino y de perfil de retardo (como los propuestos por en el IEEE 802.15.6), como desarrollar nuevos que permitan describir de manera más exacta peculiaridades no contempladas en los modelos anteriores. Las medidas se realizan tanto en el interior de cámaras anecoicas como en diferentes entornos indoor para poder estudiar el fenómeno de la propagación multicamino. Algunas de las investigaciones aplican los modelos obtenidos a la validación de sistemas como el Single-Carrier Ultra-Wideband (SC-UWB) con objeto de determinar la necesidad de usar receptores Rake, ecualización y codificación de canal para obtener un determinado nivel de tasa de error (BER) [7].

Un elemento importante a tener en cuenta a la hora de estudiar el canal de comunicaciones en BAN, son las simulaciones. Debido a la dificultad de realizar determinadas medidas, como en el interior del cuerpo humano, el desarrollo de modelos numéricos que permitan obtener resultados cercanos a la realidad con el mínimo número de parámetros es esencial. Los estudios sobre el efecto de la elección de parámetros tales como la forma, el tamaño y la complejidad de tejidos (número de tejidos y composición de los mismos) en el modelo de la propagación de señales sobre el cuerpo humano tomando como referencia enlaces entre distintos puntos [9], permiten realizar comparaciones entre las simulaciones de los modelos numéricos y las medidas reales.

Se han realizado investigaciones sobre la aplicación de los sistemas Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) a escenarios con múltiples antenas sobre el cuerpo (MS-MIMO) con el objetivo de minimizar la potencia transmitida y aumentar la vida útil de los sensores. En una de estas investigaciones [10], se presenta un modelo empírico espacio-temporal de la reflexión sobre el suelo para escenarios con una antena transmisora y un array de 2 receptoras para la banda de 3-7 GHz.

En un estudio sobre la caracterización en tiempo y frecuencia de la propagación sobre el cuerpo humano y alrededor del mismo [11], modelando éste como un cilindro elíptico, se determina que en la propagación alrededor del cuerpo la difracción es el mecanismo más significativo, y la distorsión de los pulsos y el efecto sobre la estima de la distancia dependen de la geometría de las partes del cuerpo consideradas. Además, en la propagación sobre el cuerpo aparece un acople entre la señal UWB y el cuerpo que puede ser un factor limitante en las comunicaciones.

Por último, investigaciones como las realizadas acerca del efecto que producen las antenas sobre la distorsión en la forma de los pulsos [12], posibilitan extender la fórmula de transmisión de Friss para incorporar dicha distorsión, permitiendo una caracterización más completa del enlace radio para UWB en entornos BAN.

4. Conclusiones

En este artículo se ha presentado una visión de la situación actual de la investigación sobre diseño de antenas y estudio de la propagación para UWB en el campo de las BAN. El diseño de antenas continúa siendo de gran interés debido al reto que supone la miniaturización de las mismas manteniendo sus características en presencia del cuerpo humano. Actualmente, los estudios sobre la propagación se centran más en aplicaciones particulares de las BAN, aprovechándose en gran parte de los desarrollos llevados a cabo en este campo en años anteriores.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) (TEC2010-20841-C04-03) y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

- [1] Karamchandani, S.H., Shubham, S., Mustafa, H.D., Merchant, S.N., Desai, U.B. (2011) Dual band M-shaped UWB patch antenna for Wireless Body Area Networks. 8th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS), 1-5.
- [2] Lizzi, L., Oliveri, G., Viani, F., Massa, A. (2011) Synthesis and analysis of a monopole radiator for UWB Body Area Networks. IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC), 78-81.
- [3] Tuovinen, T., Yazdandoost, K.Y., Iinatti, J. (2011) Monopole Ultra Wideband antenna for on-body communication in Wireless Body Area Network. Antennas and Propagation Conference (LAPC), Loughborough, 1-4.
- [4] AlSabbagh, Haider M., Mahmood, Farhad E., Edwards, R. M., Brister, J. A. (2012) A UWB fractal antenna for body area network applications. Antennas and Propagation Conference (LAPC), Loughborough, 1-4.
- [5] Cheng-Hung Kang, Sung-Jung Wu, Jenn-Hwan Tarn (2012) A Novel Folded UWB Antenna for Wireless Body Area Network. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 60, issue 2, part 2, 1139-1142.
- [6] Tuovinen, T., Yazdandoost, K.Y., Iinatti, J. (2012) Ultra Wideband loop antenna for on-body communication in Wireless Body Area Network. 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 1349-1352.
- [7] Xinlei Chen, Xiyu Lu, Depeng Ji, Li Su. Lieguang Zeng (2011) Channel Modeling of UWB-Based Wireless Body Area Networks. IEEE International Conference on Communications (ICC), 1-5.
- [8] Xiyu Lu, Xinlei Chen, Guang Sun, Depeng Jin, Ning Ge, Lieguang Zeng (2011) UWB-based Wireless Body Area Networks channel modeling and performance evaluation. 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 1929-1934.
- [9] Hooi Been Lim, Baumann, D., Er-Ping Li (2011) A Human Body Model for Efficient Numerical Characterization of UWB Signal Propagation in Wireless Body Area Networks. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 58, issue 3, part 1, 689-697.
- [10] van Roy, S., Oestges, C., Dricot, J.-M., Horlin, F., De Doncker, P. (2011) A tapped delay line model of ground reflection for UWB MS-MIMO body area networks. Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 3143-3147.
- [11] Joon-Yong Lee, ChangKyeong Kim, Dong-Woo Ha, Sangodoyin, S., Ruiqing Dong (2012) UWB propagation measurements in BAN scenarios. 8th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), 1-6.
- [12] Ruckveratham, B., Teawehim, S., Chiochan, P., Promwong, S. (2011) Evaluation of ultra wideband body area network. Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 311-315.