

無線ボディアエリアネットワークにおける超広帯域無線システムの利用

○滝沢 賢一、石上 忍*、北市 健吾*、浜口 清、河野 隆二

独立行政法人情報通信研究機構 医療支援 ICT グループ

*独立行政法人情報通信研究機構 EMC グループ

1. はじめに

無線ボディアエリアネットワークは、人体内・人体外（体表及び人体近傍）に配置された無線端末によって形成される無線ネットワークである。その応用としては、携帯端末とヘッドセット間での無線音楽データ伝送から、生体情報計測センサ端末（パルスオキシメータ等）と携帯電話端末間での無線生体情報伝送など、エンタテインメント分野からヘルスケア分野までの多岐に渡る[1]。国際標準規格としては、IEEE802.15.6 標準化委員会が2008年1月より、2010年上期における公式標準化に向けた規格化を行っている[2]。

無線ボディアエリアネットワークにおける物理層への要求としては、多岐に渡る応用をカバーするため、特に伝送速度における高い柔軟性が求められている[3]。また、人体周囲における電波利用システムであることから、20mW以下の低送信電力による無線伝送が期待されている。以上の要求を受けて、無線ボディアエリアネットワークにおける物理層規格「超広帯域無線システム（Ultra wideband: UWB）」に対する注目が高まっている[4]。超広帯域無線システムは、3GHzから10GHzの周波数帯において、-41.3dBm/MHz以下の低送信電力密度で500MHz以上の信号帯域幅を利用することで、無線データ伝送等を実現する。

本稿では、超広帯域無線システムに関連する法制化動向を述べた後、該当する周波数帯の人体周囲での電波伝搬特性について測定結果を示し、人体・医療機器・無線システム等との電磁共存性についても触れる。

2. 超広帯域無線システムに関する法制化動向

超広帯域無線システムは占有帯域幅が

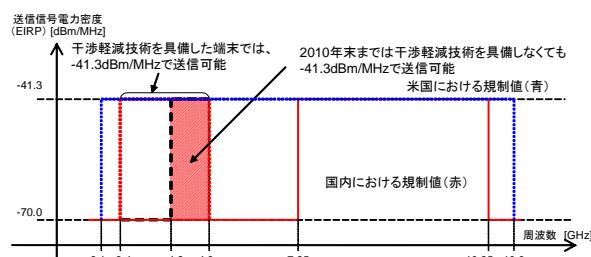


図1. 米国および国内における超広帯域無線システムの規制値

従来のマイクロ波帯無線システムと比較すると極めて広いことから（無線LANの帯域幅は20MHzに対して、超広帯域無線システムは500MHz以上）、各国において割り当て周波数帯およびその規制内容が異なっている。

最も早く超広帯域無線システムの利用が開放されたのは米国である。2002年2月、3.1GHzから10.6GHzの周波数帯について、EIRP（等価等方輻射電力）で-41.3dBm/MHz以下の送信電力密度として、500MHz以上もしくは20%以上の比帯域幅（ピークより-10dBにおける占有帯域幅/中心周波数）を有する信号による無線通信を「超広帯域無線システム」として定義し、その利用が開放された[5]。なお、-41.3dBm/MHzという電力密度の値は、FCC 47CFR Part15に定められているパーソナルコンピュータ等から放射される雑音の許容値に準じた値である。

一方、日本国内においては、2006年8月、超広帯域無線システムの利用が認められたが、図1に示すように、利用可能な周波数帯は米国とは異なり（3.4-4.8GHzおよび7.25-10.25GHz）、また、その利用は屋内に限定されているほか、3.4-4.8GHzの利用に際しては他の無線システムへの干渉を回避するための技術を具備することが必須となっている（ただし、4.2-4.8GHzについては、2010年

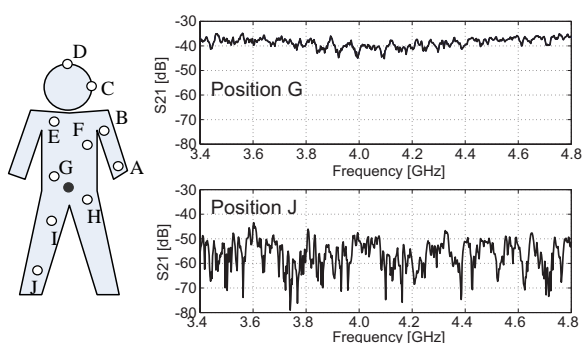


図 2. 超広帯域無線システム周波数帯における電波伝搬特性の測定 (左: 測定位置、右: 測定結果例)

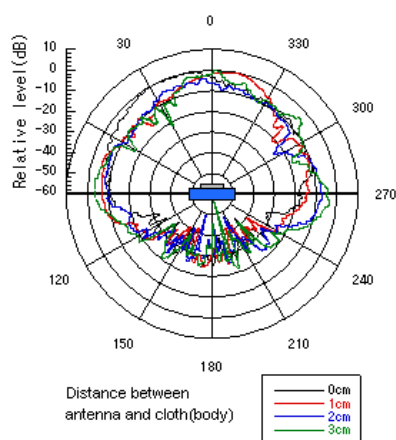


図 3. 超広帯域無線システム用アンテナの指向性 (装着される人体は下側に位置、周波数: 6.85GHz、アンテナ・体表間の距離を 0 から 3cm まで変化)

末までは干渉回避技術の具備が免除されている)。また、伝送速度は 50Mbps 以上であること、各無線ネットワークの端末のうち少なくとも 1 台が商用電源に接続されることが必要とされている。超広帯域無線システムへ開放された周波数のうち 3.4GHz-3.6GHz 帯については、将来の携帯電話への割り当て周波数帯としているために[6]、システム間の相互干渉回避の観点から、将来的にはこの周波数帯以外の利用が中心になると思われる。

欧州においては、3.1GHz-4.8GHz および 6.0GHz-8.25GHz の利用が開放されており、このうち、3.1GHz-4.8GHz については日本と同様に干渉回避技術の具備が要求されている (ただし、4.2-4.8GHz については、2010 年末までは干渉回避技術の具備が免除)。欧州では日本とは異なり、伝送速度に関する制約はなく、数 kbps

程度の低速無線伝送から数 100Mbps の高速無線伝送に至るまで、超広帯域無線システムの利用が可能である。

3. 超広帯域無線システムにおける電波伝搬特性

超広帯域無線システムが利用する周波数帯 (3GHz-10GHz) において、体表面に固定した 2 アンテナ間での電波伝搬特性を測定した。測定はベクトルネットワークアナライザ (Agilent E8363B) によって行い、体表面に装着するアンテナには SkyCross 社製の SMT-3T010-A を用いた。図 2 に示すように、臍の位置のアンテナは固定として、各部位に装着したアンテナ間で S パラメータを測定した [7]。図 3 に測定で用いたアンテナの人体装着時の指向性を参考資料として示す (装着部位は臍の位置)。伝搬損失の測定結果として、足首 (J) および頭部 (C,D) において、55dB 程度の損失が生じることがわかった。超広帯域無線システムを利用する IEEE802.15.4a[8]規格では、許容伝搬損失は 850kbps 伝送時で 85dB 程度であることから [9]、50dB 程度の損失であれば通信は可能であると考えられる。

この測定では体幹前面でのアンテナ間での伝搬損失を測定したが、装着するアンテナの体幹面が異なる場合には 100dB 近い損失が生じることが報告されている [10]。このような場合には、マルチホップ通信など端末間の接続を確保できる技術の導入が必要になる。

4. 人体・医療機器および無線システム等との電磁共存性について

無線ボディアエリアネットワークをヘルスケア分野で利活用する場合、人体・医療機器ならびに無線システムとの電磁共存性を考慮する必要がある。人体との電磁共存性については、放射される平均電力が 20mW を超える携帯電話等の無線端末について、頭側部近傍での無線利用に関して比吸収率 (SAR) の数値が電波防護指針として定められている [11]。しかしながら、超広帯域無線システムから放射

される平均電力は国内で利用可能な全周波数帯を利用した場合でも 1mW 以下であるため、一般環境における局所 SAR 基準値を満たしていると判断される[12]。

次に医療機器との共存性について考察する。IEC60601-1-2 において、RF イミュニティが定められているが（試験方法は IEC6100-4-3 に準拠）、上限の周波数が 2.5GHz と定められており、超広帯域無線システムが利用する周波数である 3GHz には対応しない。そこで、超広帯域無線システム信号を利用した RF イミュニティ試験を典型的な EUT に対して実施した[13]。EUT としては人工呼吸器、輸液ポンプ、シリンジポンプならびに医療用テレメータを用いた。結果、超広帯域無線システム信号をプリアンプによって 46.5dBm（現行法制度では-10.0dBm 程度の送信電力）まで増幅した際に、医療用テレメータのベッドサイドモニタ波形でノイズ混入が確認されたほかは、機器への影響は確認されなかった。

最後に無線システム間の電磁共存性について述べる。同一無線システムによる異なるボディエリアネットワーク間での干渉については、たとえば IEEE802.15.6 では同時に 10 ネットワークの運用が可能であることが要求されており[3]、周波数チャネルによる分割、または時間軸における拡散技術の採用によって、複数ネットワークの同時運用が実現される。しかしながら、他の超広帯域無線システムならびに周波数を同一とする非超広帯域無線システムについては、何らかの干渉回避技術を具備することが必要であり、たとえば無線 LAN 等と同様に周波数チャネルの雑音レベル観測結果にもとづく適応的なチャネル選択などが必要になると考えられる。

5. まとめ

本稿では、無線ボディエリアネットワークにおける超広帯域無線システムの利用について、超広帯域無線システムに関する法制化動向、該当する周波数帯の

人体周辺での電波伝搬特性、ならびに人体・医療機器・無線システムとの電磁共存性について述べた。IEEE802.15.6 では無線ボディエリアネットワーク規格における物理層方式の議論が 2009 年 3 月より開始されることから、超広帯域無線システムの利用について注目が高まるものと思われる。

参考文献

- [1] TG6 Applications Summary, IEEE802.15-08-0407-05-0006, available at <https://mentor.ieee.org/802.15/documents/>
- [2] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
- [3] TG6 Technical Requirements Document, IEEE802.15-08-0644-09-0006, available at <https://mentor.ieee.org/802.15/documents/>
- [4] C-K, Ho, et al., "Low data rate ultra wideband ECG monitoring system," Proc. of IEEE EMBC 08, pp. 3413-3416, Aug. 2008.
- [5] Federal Communications Commissions, "Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems, first report and order (ET Docket 98-153)," Adopted Feb. 14, 2002, Released Apr. 22, 2002.
- [6] http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/071116_11.html
- [7] K. Takizawa, T. Aoyagi, J. Takada, N. Katayama, K. Y. Yazdandoost, T. Kobayashi, and R. Kohno, "Channel models for wireless body area networks," Proc. of IEEE EMBC 08, pp. 1549-1552, Aug. 2008.
- [8] IEEE802.15.4a (Part 15.4 Amendment 1: Add Alternate PHYs), Aug. 2007.
- [9] 滝沢, 石上, 河野, "UWB を用いた医療無線システム設計," EMC, no.247, pp.52-74, 2008 年 11 月.
- [10] IEEE802.15.4a channel model final report, IEEE802.15-04-0662-01-004a, available at <https://mentor.ieee.org/802.15/documents/>
- [11] 無線設備規則第十四条の二
- [12] 電気通信技術審議会答申, "電波利用における人体防護の在り方," Apr.24, 1997.
- [13] 北市, 石上, 滝沢, 松本, 河野, 徳田, "広帯域電磁波源による医療電子機器の EMC 問題に関する検討," 電子情報通信学会医療情報通信技術研究会, 2009 年 1 月.