

IEEE802.15.6 BAN 実現のための技術の確立に関する提案

大河内芳樹<sup>†1</sup> 山下昭裕<sup>†2</sup> 伊藤信行<sup>†2</sup>  
 小林幸彦<sup>†2</sup> 中條直也<sup>†3</sup> 水野忠則<sup>†3</sup>

<sup>†1</sup> 愛知工業大学大学院 経営情報科学研究科 <sup>†2</sup> 三菱電機エンジニアリング (株)  
<sup>†3</sup> 愛知工業大学 情報科学部

1. はじめに

近年、情報通信ネットワークを利用した近未来医療として、いつでもどこでも生体情報を収集・転送し診断・治療まで行ってくれるユビキタス医療が期待されている。

しかし、ユビキタス医療の実現には、医療現場でも適用可能な無線通信が必要である。その医療現場で求められる無線通信の要件としては、高い信頼性、人体に対する安全性、低消費電力性が挙げられる[1]。

現在、医療機器や健康機器との通信には Bluetooth や Bluetooth Low Energy(以下 BLE)などの無線通信が利用されている。しかし、これらの無線通信の多くは、医療現場での求められる要件を満たしてはいない。

一方、2012年に医療に最適化された無線通信として、IEEE802.15.6 Body Area Network[2](以下 BAN)が策定された。現在、BAN を使った機器やシステムなどの製品は存在せず、実験段階である。今後、医療認証の認可により、日本での普及が期待される。

しかし、実際に BAN 搭載機器が規格に準じて通信が行われていることや、機器仕様など定められていない範囲でも医療現場で問題なく利用可能であることを外部から調査及び評価することはできていない。

そのため本研究では BAN 搭載機器を利用し、通信ログ情報を基にデータの到達に関して評価を行い、医療現場での利用に関する問題を抽出する。

2. 医療向け無線通信

現在、医療現場を想定している省電力の無線通信として、IEEE802.15.6 BAN が期待されている。

IEEE802.15.6 では、400、800、900Mhz の医療用周波数から 2.4Ghz 帯まで利用できるように設計されている。また、TDMA 方式と CSMA/CA のハイブリッド型であり、一定間隔で確実に通信のタイミングが確保されるように設計されている。

本研究では、信頼性がより求められる医療機器との無線通信に、狭帯域 (2.4GHz) での利用を想定している。

しかし、BAN の規格範囲は物理層と MAC 層の一部であり、多くの未検証の要素が存在する。そのため、本研究では BAN の通信の状態をロギングし、その情報を基に未検証の要素が医療現場の要件を満たしているかを評価するシステムを利用し、データ到達の評価を行う。

Implementation of Body Area Network  
 Yoshiki Ohkouchi<sup>†1</sup>, Akihiro Yamashita<sup>†2</sup>, Nobuyuki Ito<sup>†2</sup>,  
 Kobayashi Yukihiko<sup>†2</sup>, Naoya Chujo<sup>†3</sup>, Tadanori Mizuno<sup>†3</sup>

<sup>†1</sup> Graduate School of Business Administration and Computer Science,  
 Aichi Institute of Technology

<sup>†2</sup> Mitsubishi Electric Engineering Co.,Ltd.

<sup>†3</sup> Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

3. BAN 評価システム

本章では、BAN 搭載機器の通信状況をロギングして、通信の評価を行うシステムについて述べる。

3.1 システム構成

BAN 評価システム(図1)では、BAN モジュールを搭載した複数の医療機器と、管理機器によって構成される。通信時のパラメータを BAN モジュール搭載 PC である管理機器上でロギングし、3つのログデータを生成する。

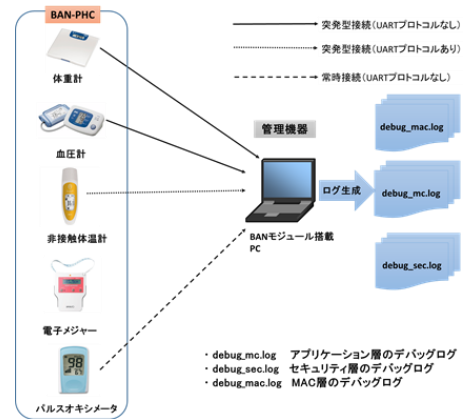


図1 BAN 評価システム構成図

しかし、現在 BAN を実際に利用している機器やシステムは少なく、実証試験の段階である。その一つとして BAN-ポータブルヘルスクリニックシステム (以下、BAN-PHC) がある。本研究はこの BAN-PHC を利用して BAN の通信試験を行う。

3.2 BAN-PHC

BAN-PHC は、IEEE802.15.6 規格に基づいて設計された BAN の実証実験を目的に開発されたシステムである。

現状、BAN-PHC は BAN の試験のためバングラデシュでの実証試験がされている[3]。しかし、BAN-PHC は 2.4GHz 帯の無線通信であり、先進国のような 2.4GHz 帯の無線通信が混在している環境下での実証試験は行われていない。そのため、日本のような先進国を想定した環境での試験を実施する必要がある。

3.3 BAN 通信ログ

debug\_mc.log では、どの機器からこういったデータ (センサデータ) が受信されたかが記録されている。次に、debug\_sec.log には実際にデータの暗号化に使われて鍵情報が記録される。debug\_mac.log では、BAN ネットワークの構成情報と通信の状態が記録されている。そのため、これらのログ情報から通信の評価を行う。

4. BAN 通信実験

本章では、BAN-PHC を利用して、2.4GHz 帯通信が混在する環境下での実験環境と結果から判明した通信シーケンス上の課

題を提示する。

#### 4.1 ログ情報を利用した通信実験

本実験では、2.4GHz 帯の無線通信である、無線 LAN と BLE の利用時に BAN-PHC の血圧計、体温計、パルスオキシメータの3種類の医療機器を利用して実験を行った。

また、実験は以下の環境で実施した。

実験環境

無線 LAN (IEEE802.11g)  
2432MHz(5ch) -29dBm  
2462MHz(11ch) -70dBm

BLE(アドバタイズ状態)

2402MHz、2426MHz、2480MHz  
(周波数干渉の周波数ホッピング FHSS)

BAN (IEEE802.15.6)

使用 BAN ノードグループ 2(1~6)  
2478MHz, 2448MHz, 2476MHz, 247MHz, 2472MHz, 2450MHz,  
2480MHz (周波数干渉の場合に周期アクセス)

通信距離

約 30cm

#### 4.2 BAN 通信評価方法

通信評価のためログファイルからデータの抽出を行う。

debug\_mc.log の情報を基に、接続中の医療機器を特定する。

次に、debug\_mac.log (図 2) の MAC コマンド情報を順序関係にすることにより、実際の通信シーケンスと到達したデータ数が判明する。そのため、BAN-PHC での管理機器側の実際のセンサデータの到達数と association 処理から、暗号化処理、実際のデータの送信処理を含めた通信シーケンスとでの評価を行う。

```

2014/08/14 23:58:12 MME_SET_STATE_request state:01 bandId:E7 hubId:A5 slotNum:12 slotTime:16
2014/08/14 23:58:12 Call MME_CONN_STATUS_indicate node:10 status:00 superFrameNo:0
2014/08/14 23:59:01 Call MME_CONNECT_indicate superFrameNo:100 configurationLength:00 config
2014/08/14 23:59:01 MME_CONNECT_confirm status:0 configurationLength:10 configuration: 00 02
2014/08/14 23:59:02 Call MCPS_DATA_indicate nodeId:01 superFrameNo:103 msduLength:20 msdu: 8c
2014/08/14 23:59:02 MCPS_DATA_request nodeId:01 msduLength:20 msdu: 0e f7 51 c0 ce f7 55 7c c
2014/08/14 23:59:02 Call MCPS_DATA_indicate nodeId:01 superFrameNo:106 msduLength:20 msdu: bl
2014/08/14 23:59:03 Call MCPS_DATA_indicate nodeId:01 superFrameNo:107 msduLength:20 msdu: fc
2014/08/14 23:59:03 Call MCPS_DATA_indicate nodeId:01 superFrameNo:108 msduLength:20 msdu: 8c
2014/08/14 23:59:14 MME_SET_STATE_request state:00 bandId:00 hubId:00 slotNum:0 slotTime:0 r
    
```

図 2 debug\_mac.log 記述内容

#### 4.3 BAN 通信評価

今回、医療機器内のセンサと通信のジュール間の UART シーケンスが実装されている医療機器と UART シーケンスが実装されていない2種類の医療機器を利用して実験を行った。それぞれの医療機器で5回計測した場合のデータ数(表1)を示す。

表 1 データ計測結果

医療機器	血圧計	体重計	電子 メジャー	体温計	パルスオキシ メータ
計測回数(回)	5	5	5	5	10
到達したデータ	15	15	15	5	10

血圧計や体重計などの医療機器は UART シーケンスが実装されていないため、一回に計測に対して3つの同一データを連続して送信することで信頼性を高めている。そのため、計測回数に対して3倍の到達データが存在する。UART シーケンスが実

装されている医療機器ではそのため、発生したデータはすべて到達したことが確認された。

しかし、無線 LAN のチャンネルが増加した実験環境下では医療機器ごとの通信シーケンスと MAC コマンドの時系列の情報から2つの現象が確認された。まず一つ目に UART シーケンスが実装されていない医療機器では、通信距離などにより通信ができない場合、センサデータの紛失が発生しても、医療機器では判断できず、データが欠落しても利用者はわからない。

2つ目に association 処理前に計測したバッファに蓄積されたデータが接続時に一括送信されるが、RTC がいないため、何時計測されたセンサデータかわからないため、医療現場などのリアルタイム性が求められる環境下では、利用が難しい。これらの問題を考慮した、BAN での実装について提案する。

### 5. 標準化のための実装に関する提案

前章で判明したコストや軽量化の問題から通信シーケンスの実装されていない医療機器との通信間での課題に対して、複数のシーケンス番号を利用したデータの到達評価を提案する。本研究では、UART シーケンス番号と無線シーケンス番号の2つのシーケンス番号をアプリケーション層で走査し、その情報を基に医療機器での計測データの到達を評価する。UART シーケンスが実装されていない医療機器では、送信バッファに格納されたデータを任意の数、連続送信しているものと一つだけで送信している機器が存在する。そのため、無線シーケンス番号に欠落があるときに、ノード ID からそれに該当する医療機器を特定し、データの連続性に基づいて、UART シーケンス番号の欠落を確認する。UART シーケンス番号が3つ以上欠落すれば、警告を管理機器上に通知し、再計測を促す。

また、ノード ID から医療機器を特定し、association 処理後にデータレートが医療機器の範囲外の場合に警告を行う。

### 6. おわりに

本稿では、医療機器の通信に BAN の利用に想定し、BAN-PHC の3種類のログファイルを用いて通信を評価した。2.4GHz 帯の利用でも干渉が発生しなければ問題なく利用可能であった。しかし現状、BAN-PHC では UART シーケンスを実装していない機器が多く存在し、利用周波数帯の干渉が発生するとデータの到達に関する保証がない。そのため、アプリケーション層の誤り検出として、データの紛失を管理機器で走査し、それを警告することで再計測を促す機能の実装を提案した。

今後、これを実装し実際にデータの紛失の検出が可能か評価する。

### 参考文献

[1] 杉本千佳 河野隆二:最先端医療を実現する生体内外センサネットワーク技術, 情報処理, Vol. 54, No. 6, pp. 606-611 (2013).  
[2] Body Area networks - IEEE802.15.6  
[3] 野原康伸, ZahidulRipon, RafiqulIslam, ParthaGhosh, 井上創造, AshirAhmed, 中島直樹:途上国における予防医療を実現するポータブルヘルスクリニックシステムの構築, 情報処理学会研究報告 (2013).