

# 院内機器の位置同定・管理システムに関する研究

高橋 裕之, 本間 稔規, 飯島 俊匡, 波 通隆

## Study on Location Tracking System for Medical Equipments.

Hiroyuki TAKAHASHI, Toshinori HONMA, Toshimasa IJIMA, Michitaka NAMI

キーワード：院内機器, 位置同定・管理システム, ZigBee

### 1. はじめに

病院内で使われる人工呼吸器など移動型の医療機器・器具等は、手術や救急の対応時に速やかに使用可能なように所在管理とメンテナンス履歴が管理されている必要がある。また、これらの機器は、病院の規模によって複数台必要となるが、高価な機器が多いことから過不足なく適切に配備することが重要である。しかしながら、機器使用后、所定の位置に戻すことを徹底することにも限界があり、管理が適切に行われずに患者への処置や定期メンテナンスに支障をきたすことも多い。このため、大規模な病院では、移動型機器の管理をバーコードやICタグ入力等による管理システムを導入しているが、緊急時の対応では、取込ミスなどにより機器の所在不明が発生することが少なくない。

以上のような背景から、医療機器の位置を自動で計測し、その結果に基づいて、所在や稼働状況、動線履歴、メンテナンス履歴などの管理が行えるシステム開発の要望が高く、このためにICタグや無線LAN等を利用した病院等屋内向けの位置同定システムが開発されているが、複雑な院内環境への適合性、管理システムとの統合、コスト的な課題などから普及するまでには至っていない。

そこで本報では、IEEE802.15.4を物理層として、ネットワーク層とアプリケーションインタフェースを標準化した通信規格であるZigBeeを利用して、位置を特定するための低コストな管理システムの開発を目的として、そのための基礎的な技術となる位置計測技術の実現性について検証を行った。

### 2. 位置同定手法の検討

位置を測位するための代表的な方法を以下に示す。

#### 1) GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System) は、人工衛星による測位システムであり、複数の人工衛星からの電波を受信して、その到達時間 (ToA) 等から位置を測定する。代表的なシステムにはGPS, GLONASSがあり、屋外での測位として、カーナビゲーションなどに利用されているGPSが最も普及している。

#### 2) 無線LAN測位

無線LANのアクセスポイントから発信される電波を受信して、その到達時間や到達時間差 (TDoA), 受信電波強度 (RSSI) 等により測位する。無線通信として無線LANの普及が進んでいることから、既存の無線LAN受信機を用いることができる。

#### 3) ICタグ測位

RFID (Radio Frequency Identification) 等のICタグを用いた測位では、ゲートなどに設置されたリーダ端末が、近傍を通過したICタグからのID情報を受信することで、エリアへの浸入情報等を取得し、所在位置を推定することができる。

#### 4) 画像測位

対象や所定の場所に設置された印 (ランドマーク) をカメラ等で撮影し、画像認識することで、対象を特定して所在位置を推定することができる。

#### 5) ZigBee測位

ZigBeeは、周波数2.4GHz, 伝送速度が250kbpsと低速であり、転送距離は短い (~70m程度) が、比較的安価で消費電力が少ないという特長を有し、センサネットワーク等での活用が期待されている。ZigBeeでは、各ノード間でRSSIを送信する機能を有しており、位置を測位するには、複数ノードから得られたRSSIから、三角測量の原理を用いて推定できる。

事業名：経常研究

課題名：院内機器の位置同定・管理システムに関する研究  
(平成22~23年度)

本報では、既設の施設に設置が容易で、低コストでシステムを構成できる可能性が高いことから、ZigBeeによる測位システムに関する技術検討を行った。

### 3. 位置計測試験

#### 3.1 空間内位置計測試験

ZigBeeによる位置計測の実現性を検証するため、小規模ネットワーク（コーディネータ1，ルータ2，センサノード1）を構成した（図1）。このときのノード接続図を図2に示す。本ネットワークシステムに用いたノードにはZigBeeの機能に、定期的にRSSIを送信する機能を付加した。

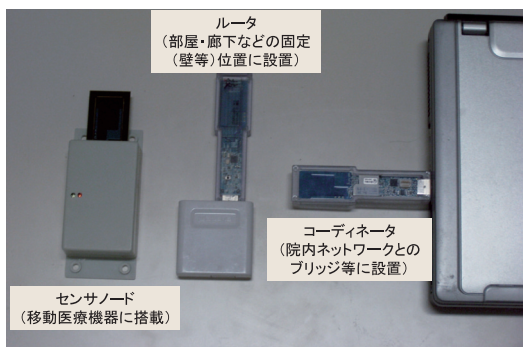


図1 位置同定システム

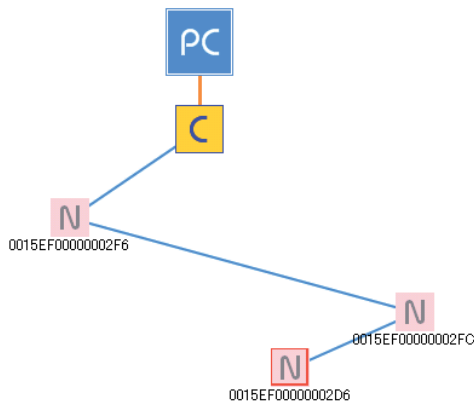


図2 ノード接続図

定点観測試験として、空間内（幅6m×奥行6m×高さ2.55m）にルータとセンサノードを床から約1mの高さの適当な位置に設置した場合のRSSIを計測した（図3）。試験結果から、センサノードを移動させた直後のRSSIは不安定であったが、数秒後には安定した。このとき、人が通過するなどの環境に変化がなければデータの再現性が高いことが確認できた。

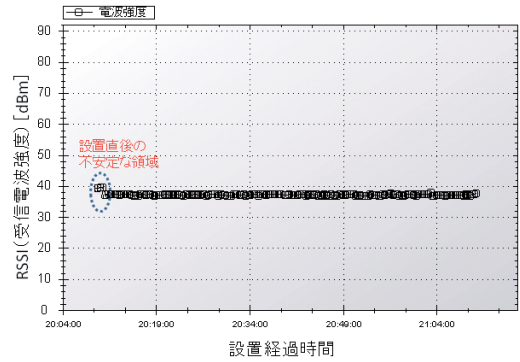
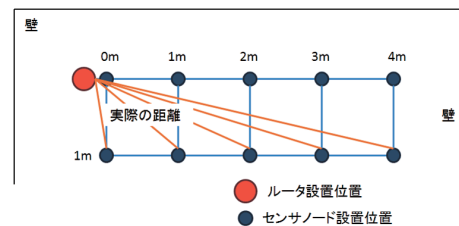


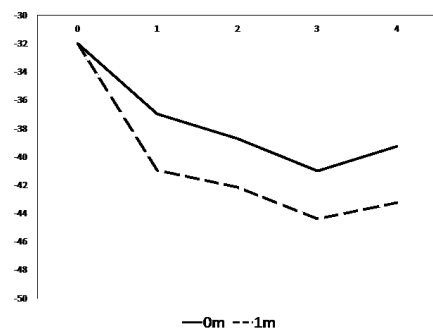
図3 定点観測試験

そこで、同じ空間内の床から約1mの高さで、図4-aに示すように壁から1mの位置にルータを配し、センサノードをルータからの距離0m～4m地点まで1m間隔で移動した場合、そこから1m平行移動した位置で同様に計測したRSSI計測結果を図4-bに示す。このとき計測値は5秒間隔で10回取得し、平均値とした。以降の計測値も同様に計測した。この結果から、1m地点はRSSIが非常に強く安定しており、2m地点から3m地点までは緩やかに減少した。4m地点が3m地点よりも大きな値になったのは、壁からの反射波の影響によるものと考えられる。この範囲内であれば、障害物の影響を考慮することで、約1m程度の精度で位置計測が可能であると考えられる。

空間を1m間隔毎に区切り、RSSIを計測することで、その空間内のRSSIマップを作成することができる。複数のルータによるマップを基に、位置の推定ができる。図5にRSSIマップ作成例を示す。



a) 計測試験でのセンサノード配置図



b) 計測結果

図4 空間内位置計測

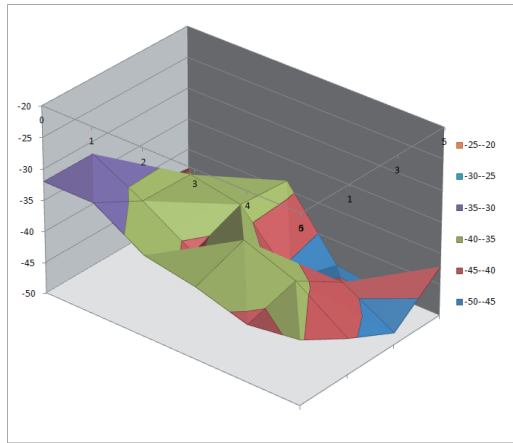


図5 RSSIマップ

### 3.2 廊下移動計測試験

廊下移動計測試験として、ルータを廊下のコンセント位置に設置し、1m～20mまで1m間隔のRSSIを計測した。試験風景を図6、試験結果を図7に示す。この結果から、1m～2m地点でのRSSIは非常に強く、ほぼ同等の値を示した。3m～6m地点までは、緩やかに減少し、それ以降は、5m間隔程度で強弱の変動を繰り返した。これは、廊下の壁からの反射等による電波が、直接受信した電波と合成されるためと考えられる。このため、廊下では、ルータを10m毎に配置することで、両側のノードのRSSIを基に位置計測が行える。しかしながら、医療機器を廊下に常駐させることが少ないこ



図6 廊下移動計測試験風景

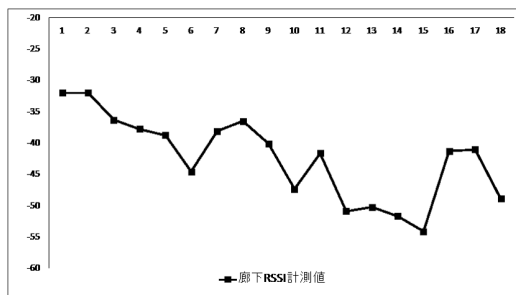


図7 廊下におけるRSSI計測結果

とから、移動方向が捉えられれば良いのであれば、30m～40m程度の間隔に配置することで支障はないと考える。また、通過の確認だけであれば、分岐点などに配置することで情報が得られる。

### 4. 位置同定システムの検討

これまでの試験結果から、以下のことが確認できた。

- 1) RSSI計測により約1m～5m地点までの位置計測を行うことが可能である。
- 2) 遮蔽物等の影響により、計測値と距離の相関が得られない場合があるが、同じ環境条件の下では、再現性が確認できた。
- 3) 廊下での移動では、約5mまでは、距離の特定が可能であり、それ以降では、強弱を繰り返すが連続的にRSSIを取得することで移動方向の特定が可能である。
- 4) 人などが、周りを移動するとRSSIが不安定になるため、定期的な計測が必要である。

以上の内容から、位置同定システムの検討を行った。計測内容は次の通り、部屋（空間）と廊下に分けて考えることができる。

- a) 廊下：ルータを配置（10m～30m間隔）することで、病棟や階層をどの方向に向かったかを判断できる。
- b) 部屋：遮蔽物や空間の広さによるが、2個以上のルータを配備し、予めそれぞれのRSSIマップを作成することで、部屋内での大まかな位置同定が行える。

これらの位置同定結果はZigBeeネットワークによりコーディネータに伝送されて、院内通信網を通じて管理サーバー等へ蓄積し、所在位置、稼働履歴等のデータとともに管理することが可能となる。概念図を図8に示す。

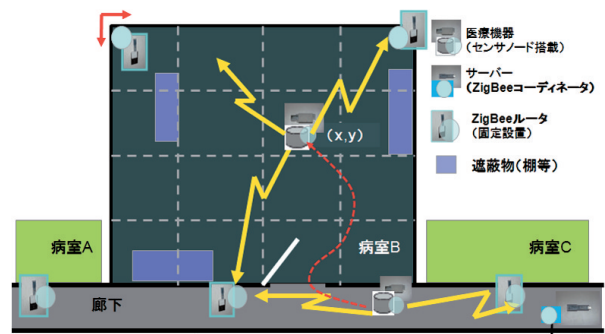


図8 位置同定システム概念図

### 5. まとめ

本報では、ZigBeeによる測位技術に関する基礎的な試験を行い、院内の施設における距離計測の実現可能性が得られたことから、位置同定システムを開発するための概念設計を

行った。

しかしながら、現段階は、ZigBeeを利用して位置情報を取得するための知見が得られた段階である。今後は、適切な数のルータを配したネットワークを構成し、病院内での試験を行うことで、検討した位置同定システムの具現化を目指す。これにより、多くの移動型医療機器（ストレッチャー、可動型心電図、ポータブル撮影機、シリンジポンプ、輸液ポンプなど）に活用されることで、安心な医療の実現に寄与できるものとする。また、在庫・メンテナンス履歴を管理することで、適正な個数管理を行いムダな在庫や機材の削減が可能となり、コスト縮減に繋げられる。

さらに、インフラが整備されていない既存施設内でのシステム構築が容易であることから、流通業や畜産業など位置の特定を要する様々な応用分野への展開を図っていく。

## 引用文献

- 1) 高橋裕之, 飯島俊匡, 本間稔規, 波 通隆: 院内機器の位置同定・管理システムに関する研究, 技術移転フォーラム2012 工業試験場成果発表会プログラム・発表要旨 pp.44 (2012)
- 2) 高橋裕之, 飯島俊匡, 本間稔規, 波 通隆: 院内機器の位置同定・管理システムに関する研究, 工業試験場技術支援事例集2012 pp23 (2012)