

一般口演

一般口演23

ネットワーク・IoT・バーコード

2018年11月25日(日) 13:40 ~ 15:40 C会場 (4F 411+412)

[4-C-3-4] 地磁気を利用した病院内位置測位手法の検証

○山下 佳子¹, 大山 慎太郎¹, 大谷 智洋⁴, 山下 暁士¹, 佐藤 菊枝¹, 小林 大介^{1,3}, 船田 千秋¹, 森 健策², 白鳥 義宗¹ (1.名古屋大学医学部附属病院 メディカルITセンター, 2.名古屋大学大学院情報学研究科 知能システム学専攻, 3.神戸大学大学院医学研究科 医療システム学分野 医療経済・病院経営学部門, 4.株式会社NTTデータ 技術革新統括本部 技術開発本部 エポリユーショナルITセンタ)

【はじめに】 昨今、医療現場において人やモノの見える化により、業務効率の向上と医療事故の未然防止につなげる取り組みが始まっており、技術的手法として Wi-Fi、BLE (Bluetooth low energy)、IMES(Indoor Messaging System、屋内 GPS)、地磁気(Geomagnetic以下、GM)等がある。当院の看護師はスマートフォンを業務で利用しているため、Wi-Fiや BLEの利用が一般的であるが、この場合は相互干渉等により測位精度に影響する可能性がある。また一般的な端末は IMES非対応である。そこで本研究では、一般的なスマートフォンで利用可能であり、前述した欠点のない GMによる屋内測位の利用可能性を検証することを目的とした。【方法】 GM単独、Wi-Fi、BLEとの併用による位置測位精度の比較検証を一般病棟(52床)で行った。Wi-Fiは既存のインフラを利用、BLEは Beaconを20台設置、GMは磁界マップとのパターンマッチングを行う GiPStech社の屋内測位技術を採用した。検証ルートを(1)各手法との併用における病棟を網羅するルート7本、(2)GM+BLEにおける業務を想定したルート3本設定した。【結果】 (1)の平均測位誤差は GM単独、GM+Wi-Fi、GM+BLEで 7.62m、3.19m、2.60mで(2)の測位誤差は3.57m、2.92m、3.96mだった。【考察】 今回の検証において特定の場所の精度に大きな差が見られた。(1)のエレベーターホール付近で GM単独の平均測位誤差が12~18mと安定していなかった。これはエレベーターが巨大な磁性体で周辺の磁界が大きく変動するためと考える。(2)の平均測位誤差は3.48mで、病室等でのベッドやワゴンの移動による影響は少なかった。磁界が変動する場所では他方式を補完的に使用することで測位精度を保つことができることから、電波の影響や干渉を最小限に抑えたい環境下において、GMは有効な屋内測位手法であるといえる。

地磁気を利用した病院内位置測位手法の検証

山下佳子^{*1}、大山慎太郎^{*1}、大谷智洋^{*2}、
山下暁士^{*1}、小林大介^{*1*3}、佐藤菊枝^{*1}、船田千秋^{*1}、森健策^{*4}、白鳥義宗^{*1}

^{*1} 名古屋大学医学部附属病院 メディカル IT センター、

^{*2} 株式会社 NTT データ 技術革新統括本部 技術開発本部 エボリューション IT センタ、

^{*3} 神戸大学大学院医学研究科 医療システム学分野 医療経済・病院経営学部門、

^{*4} 名古屋大学大学院情報学研究科 知能システム学専攻

Verification of in-hospital positioning method using geomagnetism

Keiko Yamashita^{*1}, Shintaro Oyama^{*1}, Tomohiro Otani^{*2},

Satoshi Yamashita^{*1}, Daisuke Kobayashi^{*1*3}, Kikue Sato^{*1}, Chiaki Funada^{*1}, Kensaku Mori^{*4}, Yoshimune Shiratori^{*1}

^{*1} Medical IT Center, Nagoya University Hospital,

^{*2} Evolutionary IT center, Technology Development Headquarters, Technology Innovation Headquarters,

NTT DATA Corporation,

^{*3} Medical Economics · Hospital Management School, Medical System Field of Study,

Kobe University Graduate School of Medicine,

^{*4} Department of Intelligent Systems, Graduate School of Informatics, Nagoya University

Abstract

Location visualization is essential for visualizing people/things and for improving work efficiency and preventing accidents. Wi-Fi, BLE Beacon (Bluetooth Low Energy Beacon), IMES (Indoor Messaging System) and other relevant methods have been generally used for tracking. For in-hospital localization, Wi-Fi and BLE are commonly utilized. Recently, more mobile devices such as smartphones or tablets are used inside hospital. Although these devices can be localized by Wi-Fi or BLE, localization accuracy may be affected by interference or multipath. In this research, we verified the accuracy of geomagnetic indoor positioning (GM) for in-hospital use. We compared the position measurement accuracy between GM only and GM + Wi-Fi or BLE inside general inpatient ward (52 beds). GiPStech's algorithm has been adopted for GM, existing Wi-Fi infrastructure were used as Wi-Fi beacon. 20 additional BLE beacons were placed in the ward. In the first experiment, we compared localization accuracy among three methods (GM only, GM + Wi-Fi, GM + BLE) and seven test paths. The experimental results demonstrated that the most accurate localization method was GM + BLE, followed by GM + Wi-Fi, then GM. In the second experiment, we verified GM+BLE method in three routes based on actual operation. The average error was 1.18m. Geomagnetic positioning is enough effective in-hospital localization method in conjunction with BLE beacon method.

Keywords: Geomagnetic positioning, Indoor localization, Bluetooth Low Energy Beacon

1. 緒論

昨今、医療現場において人やモノの見える化により、業務効率の向上や医療事故の未然防止につながる取り組みが始まっている。その中で、屋内位置測位は重要な技術的要素である。屋内位置測位手法としては、Wi-Fi¹⁾、BLE(Bluetooth Low Energy)²⁾、IMES (Indoor Messaging System、屋内GPS)³⁾、地磁気(Geomagnetic)等を用いた方法がある。Wi-Fiは多くの施設で既に通信インフラとして採用されており、既存のインフラを兼ねることができる利点がある一方で、電波干渉を引き起こす可能性がある⁴⁾。BLE Beaconは低消費電力で単価が安く導入しやすいが、数を多く設置する必要がある。IMESは屋内外問わずシームレスに現在位置を取得することができるが、スマートフォンなどの受信機である端末側の対応

が必要である。また、当院の看護師はスマートフォンを業務で利用しているため、スマートフォンを使用した位置測位をする場合はWi-FiやBLEの利用が一般的である。この場合は相互干渉やマルチパス等により測位精度が低下する可能性がある⁴⁾。またIMES対応スマートフォンは市中には広まっておらず、その活用についてはあまり知られていない⁵⁾。地磁気による位置推定技術は建物が帯びている屋内の磁場特性に由来する磁場マップから測定した磁場情報をマッチングさせて位置を推定する技術である。本手法の利点は、どこでも計測可能な磁場を利用するため、Wi-Fi測位のように電波干渉による影響や電源供給がない場所やBeacon設置が困難な場所にも利用できる可能性がある。新規に設備投資を必要としないことも大きなメリットといえる。

2. 目的

本研究では、位置測位をする場合に一般的なスマートフォンで利用可能であり、前述した欠点のない地磁気による病院での位置測位精度について検証することを目的とした。

3. 方法

3.1 地磁気、Wi-Fi、BLE を活用した測位精度の比較（実験 1）

地磁気、Wi-Fi、BLE との併用による位置測位精度の比較を一般入院病棟（52 床）で行った。Wi-Fi は既存の通信インフラを利用し、BLE は Beacon を 20 台設置した。地磁気は磁界マップとのパターンマッチングを行う GiPStech 社⁹⁾の屋内測位技術を採用した。

実験 1 では、病棟を網羅する test-path (システム内で設定したルートと実際の測位点での差を測るためのルート) を 7 本設定し (図 14 参照)、これらと地磁気、Wi-Fi、BLE の各手法で得られた結果を比較した。

3.1.1 地磁気を活用した位置測位手法

地磁気は、建物内の鉄骨などの磁性体により磁界が影響を受け、場所ごとに異なった値となるため、磁性体からの磁場特性をスマートフォンの磁気センサーによって読み取った。現在位置を推定するために、あらかじめ磁場情報を GiPStech 社のデータベースに登録した。位置測位には、パーティクルフィルタアルゴリズムにおいて、データベース内で利用可能な地磁気マップと、ユーザのデバイスによって作成された連続的な磁気ベクトル測定値と (歩行者推測航法 (PDR)⁷⁾ を使用した) ユーザの行動に関するデータを比較することによって現在位置を算出した。

3.1.2 Wi-Fi を活用した位置測位手法

Wi-Fi 測位のために、院内に既設されている無線アクセスポイント 12 個の位置を図面より取得した。スマートフォンを用いて、Wi-Fi の電波強度を取得した。現在位置の測位は、測位点での Wi-Fi 信号強度と、データベース内の Wi-Fi 信号強度のマップとを比較して計算した。

3.1.3 BLE を活用した位置測位手法

BLE 測位には、Beacon を病棟へ 20 個設置し、その位置を登録した。Beacon 設置は廊下とナースステーション内に高さ 2m の壁面へ設置し、病室内は物理的に壁面へ設置することが難しかったため、高さ 3m の天井照明カバーへ設置した。

3.2 地磁気、BLE での組み合わせによる測位精度の検証（実験 2）

実験 2 では業務を想定したルートとして、

ルート 1: 教授回診想定ルート

ルート 2: 医師回診想定ルート

ルート 3: 看護師業務想定ルート

の 3 つを設定し、実験 1 で最も優れた手法の測位精度を計測した。

位置情報の正解データ作成のために、病室の出入りの壁面へ高さ 1.5m にバーコードを貼付した。スマートフォンを使用して、搭載されたカメラを使用してバーコード画像を取得

し、自作アプリケーションを使用してバーコード情報を実際の位置にマッチさせた。あらかじめマッチング対応表をアプリ内に作成し、端末でマッチングした結果をデータベースに送信した。画像情報取得時におけるバーコード情報とスマートフォン内のデータベース内のログ情報を抽出し、測位データを比較して測位精度を検証した。

4. 結果

3.1 (実験 1) の平均測位誤差は、地磁気、地磁気+Wi-Fi、地磁気+BLE で 7.62m、3.19m、2.60m で、3.2 (実験 2) の測位誤差は 1.24m、1.11m、1.20m であった。

4.1 地磁気、Wi-Fi、BLE での測位精度の比較

地磁気、Wi-Fi、BLE 測位の Test-path 1~7 のそれぞれの測位誤差の結果は以下のとおりである。

4.1.1 Test-path1

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 5.74m、地磁気+Wi-Fi が 2.2m、地磁気+BLE が 2.72m となった。

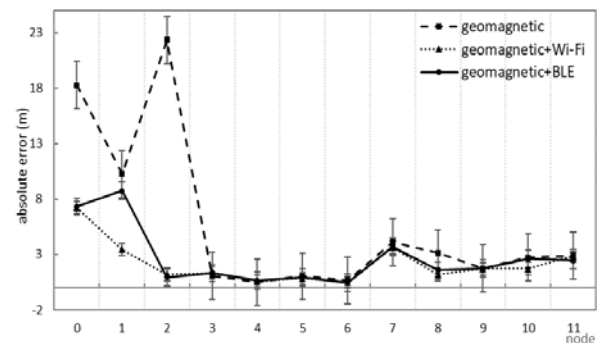


図 1 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

4.1.2 Test-path2

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 5.58m、地磁気+Wi-Fi が 1.93m、地磁気+BLE が 1.76m となった。

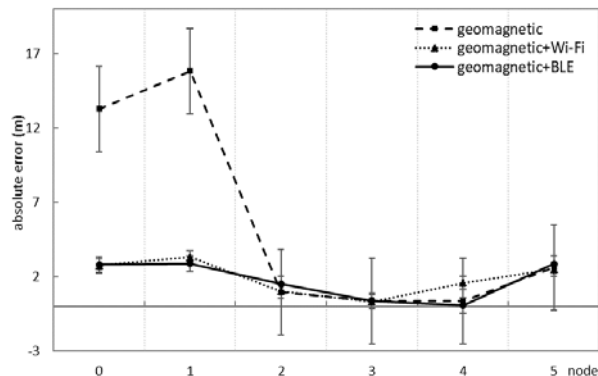


図 2 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

4.1.3 Test-path3

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 6.28m、地磁気+Wi-Fi が 2.25m、地磁気+BLE が 2.21m となった。

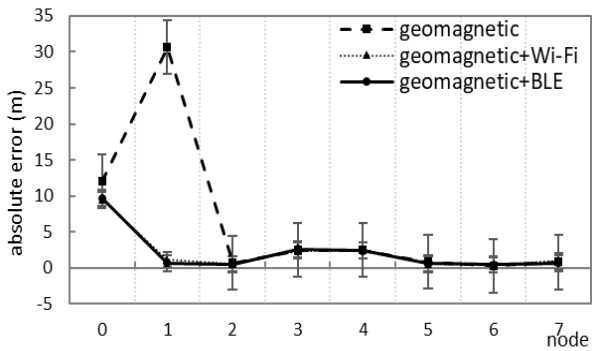


図3 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

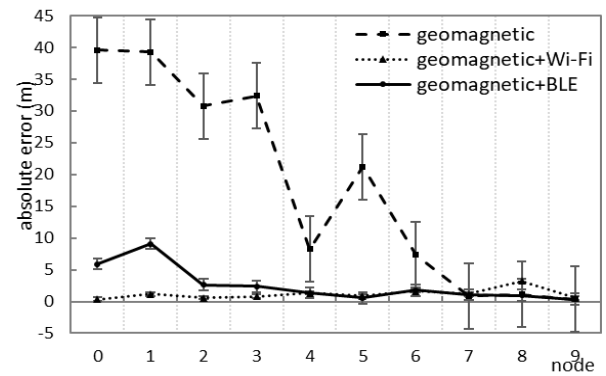


図6 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

4.1.4 Test-path4

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 0.98m、地磁気+Wi-Fi が 2.75m、地磁気+BLE が 1.27m となった。

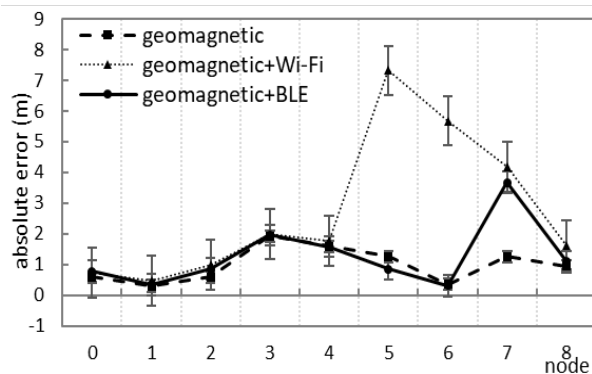


図4 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

4.1.7 Test-path7

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 12.41m、地磁気+Wi-Fi が 4.84m、地磁気+Beacon が 6.24m となった。

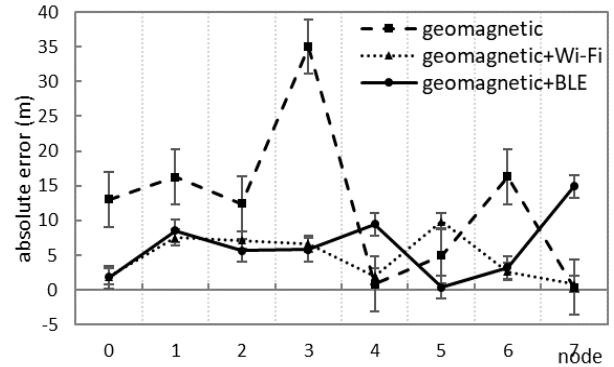


図7 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

4.1.5 Test-path5

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 3.88m、地磁気+Wi-Fi が 6.99m、地磁気+BLE が 1.59m となった。

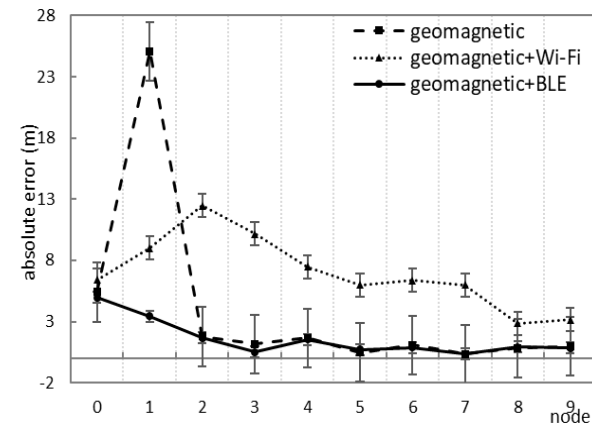


図5 地磁気、Wi-Fi、BLE の測位誤差

4.1.6 Test-path6

測位精度の平均誤差は地磁気のみが 18.1m、地磁気+Wi-Fi が 1.18m、地磁気+Beacon が 2.61m となった。

4.2. 地磁気、Beacon での組み合わせによる測位精度の検証

808 号室に関しては、検証時にバーコードが取れており、システム上に新たなバーコードの位置情報を登録していなかったため、測位精度に関しては未測定で、平均の計算には含めていない。また、ルート内で選択した病室は、4 人部屋の一般病室を検証に使用した。

4.2.1 ルート1

測位精度の平均誤差は 1.24 m であった。病室へ入室時、病室内、病室から退室時にバーコード情報を読み取り、測位精度を検証した。

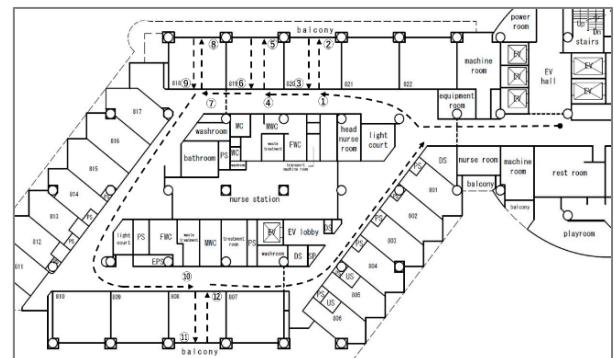


図8 設定した測位ルート1

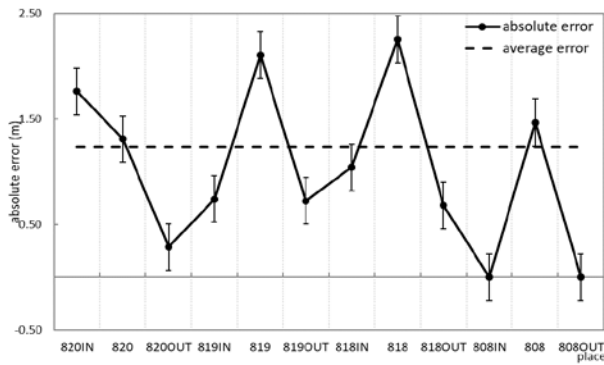


図9 ルート1の測位誤差

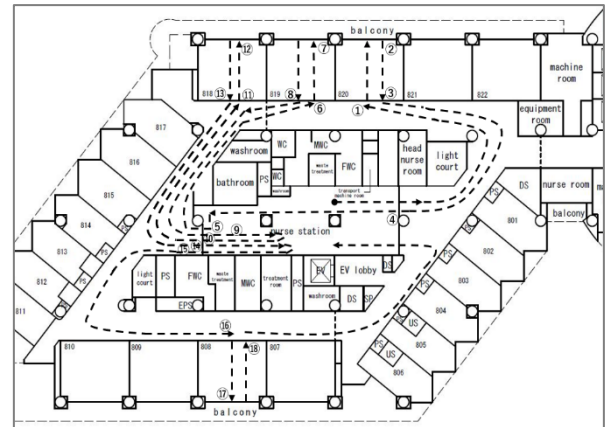


図12 設定した測位ルート3

4.2.2 ルート2

測位精度の平均誤差は 1.11m であった。病室へ入室時、病室内、病室から退室時、ナースステーション入室時、ナースステーション退室時にバーコード情報を読み取り、測位精度を検証した。

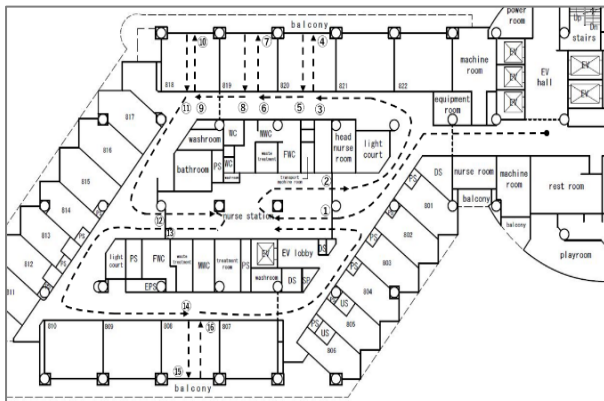


図10 設定した測位ルート2

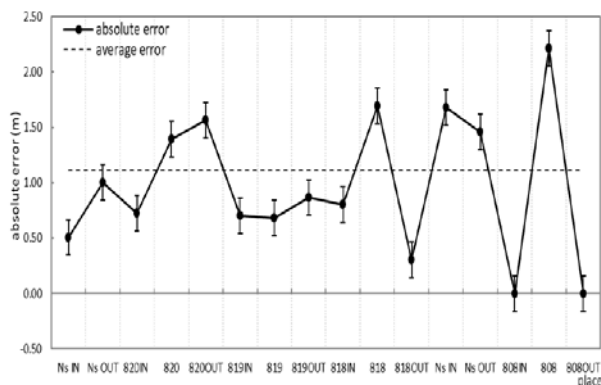


図11 ルート2の測位誤差

4.2.3 ルート3

測位精度の平均誤差は 1.20m であった。病室へ入室時、病室内、病室から退室時、ナースステーション入室時、ナースステーション退室時にバーコード情報を読み取り、測位精度を検証した。

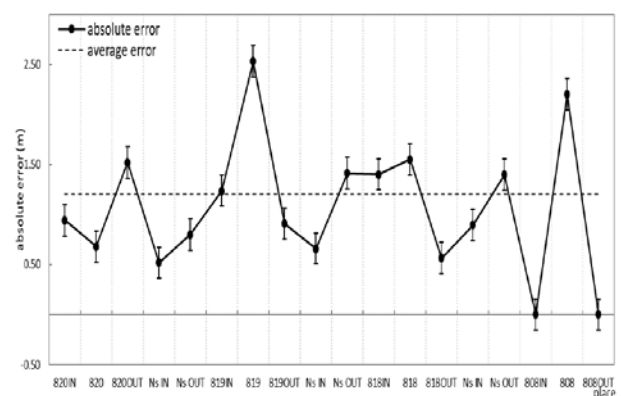


図13 ルート3の測位誤差

5. 考察

地磁気、Wi-Fi、BLE を活用した測位精度の比較を行った結果、地磁気のみ全体の平均測位誤差は 7.62m で、地磁気と Wi-Fi を組み合わせた平均測位誤差は、3.19m で、地磁気と Beacon を組み合わせた平均測位誤差は、2.60m であった。また、別の実験で Beacon のみの平均測位誤差が、3.85m で、地磁気と Beacon を組み合わせたところ平均測位誤差が 1.93m となった。このことから、地磁気のみでは測位精度についてばらつきが出ているが、地磁気と Wi-Fi や Beacon を組み合わせることにより、ばらつきを抑えられることができると考えられる。また、4 人部屋の病室が 6m 四方であることから、1 人あたりが 3m 程度の測位誤差までが許容範囲と考えられ、想定しているユースケースでは、誰を処置しているのか把握するためにも 3m 程度の精度があれば充分であると考えられる。

Test-path1,2,3,7 の初期位置を特定するまでの間の精度が安定せず、最大 22m の測位誤差があった。これは、PDR 技術 7 (パーティクルフィルターのアルゴリズムを使用) の特性により、相対測位を計測するための磁気パターンを見つけることが難しかったことが要因と考えられる。測位を続けることでより安定してくるため、初期位置を設定する際には、全体の測位を長く設定することで平均測位誤差自体は小さくなると考えられる。

Test-path 5 については、測位をした際に廊下一面に物が置いてあった。そのため、地磁気及び Wi-Fi での測位に影響があったのではないかと考えられる。一方で、Beacon での補

正はかなり有効的であるため、物の出入りが激しい病院の廊下においても、Beacon と地磁気を組み合わせて使用することで、平均測位誤差は 1.5m で測位できることがわかった。

Test-path 6, 7 は測位誤差が 10 数 m と大きくなった、エレベーターを含む path であった。これは、エレベーターが巨大な磁性体で周辺の磁界が大きく変動するためと考えられる⁸⁾。エレベーター付近へ追加の Beacon を設置することにより改善の期待が見込める。

地磁気と Beacon での組み合わせによる測位精度の検証は、測位ログを可視化した結果、予め設定したルートを正確に追従できていた。しかし、808 号室内に西から入るルートについては正確に追従することができていなかった。また、病室内においては測位誤差が生じたため測位が安定しなかった。これは、病室内でのビーコン設置位置が最適ではなかったことによるものであると考えられる。病棟内の廊下とナースステーション内への Beacon 設置位置は、高さ 2m の壁面へ設置したが、病室内は壁面へ設置することが難しかったために、高さ 3m の天井へ設置した。病棟の廊下やナースステーションと比較して病室内の測位精度にばらつきがあり、安定しなかった。これらの結果から、ヒトやモノの動きの情報を把握することが容易な高さのほうが、より精度が安定するということが確認された。

Beacon から発信される電波は南側廊下では良好に検出されたが、病室の入り口付近では検出が難しく病室間での正確な測位が困難であった。本来、屋内での位置測位を行う場合は Beacon の配置が重要になってくるため、何度か Beacon 位置を修正・検討して測位精度を試すのが一般的である。また、Beacon を使用した位置測位手法では、Beacon を短い間隔で数多く配置する必要がある。本検証では、Beacon の配置については 1 回のみしか試行できなかったがその結果、今回の測位精度であるとする、電波空白地帯を生じないよう Beacon 位置を綿密に検討して設定することにより、さらに測位精度は改善できると考える。

今回の地磁気を利用した測位に関して、測位ログを可視化した結果、地磁気を用いた位置測位の方法は今後の道筋となることが確認できた。なお、病院の建物は院内構造に配管や通信ケーブルなど、磁気に大きな影響を及ぼす要素が多いため、干渉による特徴的な磁場空間を形成しやすく、磁場

による特徴空間を抽出しやすいと考える。一方、鉄製ワゴン、車椅子などの磁性体が多く存在するため、他施設での検証は有用だが結果が異なる可能性もあると考えられる。しかし、検証から地磁気と Beacon を併用した測位手法により、測位精度を向上することができた。測位誤差 2-3m 程度を許容できるような、患者、看護師といった人などの対象とした場合は有効的であると考ええる

6. 結論

地磁気を利用した位置測位は、病院内での有効な屋内測位手法であるといえる。

参考文献

- 1) D Camps-Mur, A Garcia-Saavedra and P Serrano. "Device-to-device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation". IEEE Wireless Communications. Jun.2013; 20.
- 2) A Thamm, J Anke, S Haugk, D Radic. "Towards the Omni-Channel: Beacon-based Services in Retail", International Conference on Business Information Systems. 2016.
- 3) K. V. Seshagiri Rao, Pavel V. Nikitin, S F. Lam. Antenna Design for UHF RFID Tags: A Review and a Practical Application. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION. Dec.2005; 53.12
- 4) LI Wenxian, ZHU Yanmin, HE Tian. Wibee. Building wifi radio map with zigbee sensor networks. INFOCOM. 2012.
- 5) T. Kawaguchi, et al. A Case of Smart Phone with IMES and Trend of High-accuracy IMES. Journal of the Japan Society of Photogrammetry. 2016. 55. 4. 240-244. (Japanese)
- 6) <http://www.gipstech.com/> (cited 2018-Aug-20).
- 7) Chen, R., Pei, L., & Chen, Y. "A smart phone based PDR solution for indoor navigation". In Proceedings of the 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation .Sep. 2011. 1404-1408.
- 8) RADU Valentin, KRIARA Lito, MARINA Mahesh K. Pazl. A mobile crowdsensing based indoor WiFi monitoring system. In: Network and Service Management (CNSM), International Conference on. IEEE. 2013. 9. 75-83.

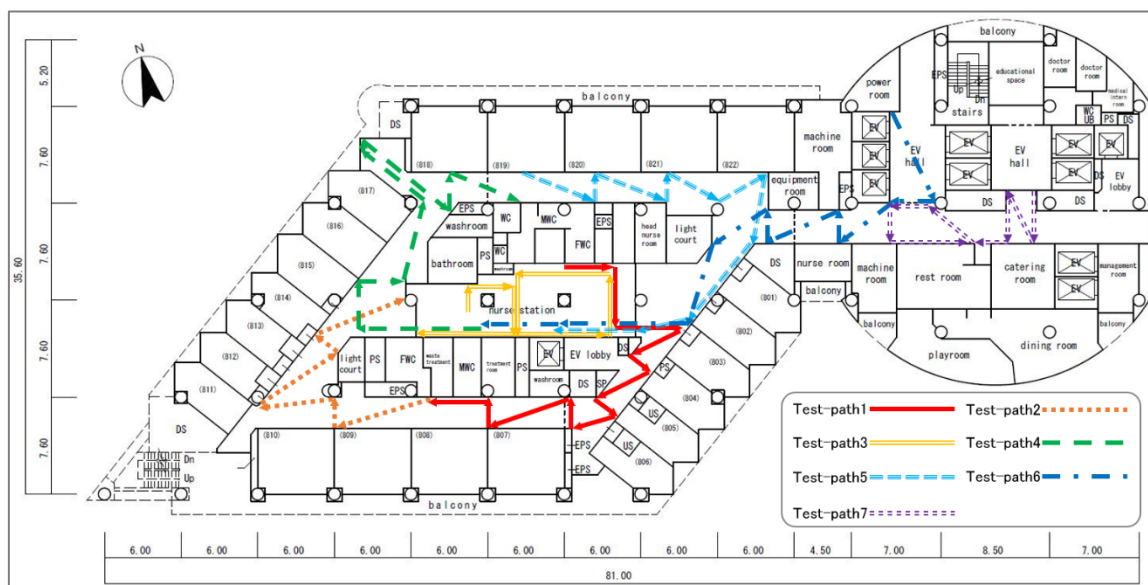


図 14 7つの Test-path

