

学位論文要旨

氏名 有阪 直哉



論文題目

「

近距離無線通信 Bluetooth Low Energy を用いた
医療応用可能なアプリケーションの開発と実証実験

」

指導教授承認印

稲岡 秀煥



近距離無線通信 Bluetooth Low Energy を用いた医療応 用可能なアプリケーションの開発と実証実験

氏 名 有阪 直哉

背景/目的

病院施設ではWi-Fiなどによるローカルエリアネットワーク(LAN)が整備され、これを利用する携帯デバイスが利用され始めている。一方、近年ではBluetooth Low Energy(BLE)が、低消費電力かつ組み込みの容易さからInternet of Things(IoT)デバイスに多く搭載されている。Bluetoothは機能ごとに策定されたプロファイルに従えばどんなデバイスでも通信できる。この特徴からBluetoothはパーソナルエリアネットワークの構築に用いられる。BLEは新たなプロファイルが追加され自由に通信を行えるようになった。そこでBLEとスマートフォンを利用し、アプリケーション:【1】リアルタイム・ロケーション・システム(RTLS)によりBLEとスマートフォンによる屋内における位置情報管理実現の可能性を示すこと、そして【2】歩行姿勢解析システムを開発し臨床研究に資することを目的とした。

方法

【1】RTLSの開発: タグ(Tag:T)、固定ビーコン(Beacon:B)、モニター(Monitor:M)の3種のアプリケーションからRTLSを構成した。Tは個人や機器など対象に取り付けて使用する。BはBLEによるTとの通信、Wi-FiによるLAN上のMとの通信の2つの機能を有する。MはBからのTの位置情報を受信し、Tの入退室イベントを部屋単位で検出できる。本システムは、全てのT、B、Mで相互に通信を行い位置情報を共有可能とした。

iPhoneを使用してBLEの受信信号強度(RSSI)とTとBの距離の関係の検証、室内でのT入退室検出のためのRSSI閾値の検証、システムの稼働検証として部屋単位のTの入退室イベント検出を行った。

【2】歩行姿勢解析システムの開発: 本システムは測定用アプリケーション(Gait Measure:G)と、BLEによって測定用アプリケーションを遠隔で制御可能なコントロールアプリケーション(G Controller:C)で構築した。Cから測定の開始停止の指示が可能で、複数のGをほぼ同時に制御できる。歩行時の体幹や骨盤の角度変化、歩行速度、そして、歩数計で計測できない極低速歩行での歩数計測ができる。

本システムの有用性を3つの臨床研究で検証した。まず、本システムと3次元動作解析装置Optotrak(Northern Digital Inc.)による、体幹・骨盤の傾斜角度の測定結果を比較検証した。次に、健康高齢女性44名と若年女性30名で10[m]歩行の姿勢に違いがあるか検証した。最後に、脳卒中発症後に片麻痺を呈し平地歩行の歩行速度が30[m/min]未満のもの31名を対象に歩数計測を平均絶対誤差を用いて検証した。

結果

【1】 RTLS 検証結果: RSSI と T と B の距離の関係検証では 0.5[m] で-45[dB]、42.5[m] で-85[dB] と、距離が長くなるにつれて信号強度が低下する非線形の関係を示した。室内での検証では扉を介した室内と室外の RSSI から、T が入室したとする RSSI 閾値を-70[dB]未満とした。システム稼働実験では入退室のイベントを検出、通知でき T、B、M が動作したことを確認した。

【2】 歩行姿勢解析システム動作検証結果: 体幹・骨盤の運動学的解析結果は静止立位、トレッドミル歩行で Optotrak と同等であった。歩行時の年齢による体幹・骨盤の傾きに有意な差が認められた。歩数測定の検証では、計測中に立ち止まるものや、介助が必要な者がいるなか平均絶対誤差は 8.9[%]となり、歩行時の体幹や骨盤の角度変化、歩行速度、歩数計で計測できない極低速歩行での歩数計測ができた。

考察

【1】 位置検出性能は電波の反射などの環境要因に影響される。RSSI は理想的な環境では通信距離に応じて信号強度が低下したが、室内では通信距離に対して一貫していなかった。そのため実際の運用では B ごとに閾値を設定する必要がある。本 RTLS は、既存の LAN やデバイスを利用してアプリケーションのインストールのみで容易にシステム構築が可能である。

【2】 姿勢測定は 3 次元位置解析装置と同程度の精度で測定可能であった。年齢による歩行時の姿勢の違いについても先行研究と同じ知見を得た。歩数測定では歩数計では計測が難しい患者の歩数の計測が可能であった。以上より歩行時の姿勢、歩行速度、歩数を簡単に計測できるシステムであると考えられる。本システムは、従来の動作解析システムと比較し、(1) 特殊専用機器不要 (2) 扱いが容易で測定者は場所を選ばずに歩行の計測が可能等の利点がある。

結論

BLE を利用したシステムを 2 種開発し、スマートフォンで部屋単位の入退室イベント検出可能な RTLS を構築でき、また簡単に患者活動量の計測が可能であり臨床研究に資することを示した。