

活動量計と LPWA 網を用いた 健康状態見守りシステムの提案と実装

青山 周平[†] 大山 慎太郎[‡] 大塚 孝信[§]

名古屋工業大学[†] 名古屋大学医学部附属病院[‡] 名古屋工業大学大学院情報工学専攻[§]

1 はじめに

我が国の人口比率は著しい変化を続けている。2020 年における高齢化率は 28.7% [1]と過去最高値を更新し、2040 年には 35.2% [2]まで上ると推計されている。このような少子高齢化に伴い、地域医療に対する需要の拡大や、生産年齢人口に対する医療費や介護負担の増加は重要な課題となっている。特に、医療従事者への負担を軽減するためには、患者の健康状態を遠隔から把握できる見守りシステムが必需である。

2 関連研究

活動量計と温度センサを用いて対象者の心拍数と体温を計測する見守りシステムを構築した研究 [3]では、バイタルデータの収集により、医療従事者や家族に対して日常生活における対象者の健康状態を遠隔から把握できるようにした。

しかし、この研究で用いられた活動量計は、価格が 1 万円超えと高価で、バッテリーの持続時間も 1 週間弱と短いため、導入や運用における利用者への負担は大きい。また、用いられたマイコンについても電源の安定性に課題があり、実運用における懸念点が挙げられる。

3 提案手法

システムの概要

本研究は、活動量計から得られる歩数・心拍数・活動強度といったバイタルデータの収集により、利用者の健康状態の管理や生活傾向の把握を可能とする見守りシステムを提案する。

その際、利用者が意識せずとも情報を収集できるような機構を構築することにより、可用性の高いサービスの提供を目的とする。

システムアーキテクチャ

利用者の手間を煩わせずに、バイタルデータの収集から活用までのサイクルを実現するためには、見守り対象者である患者から、バイタルデータを一定時間ごとに自動で収集できるようなシステムが求められる。

そこで本研究は、図 1 のようなシステムアーキテクチャを設計した。

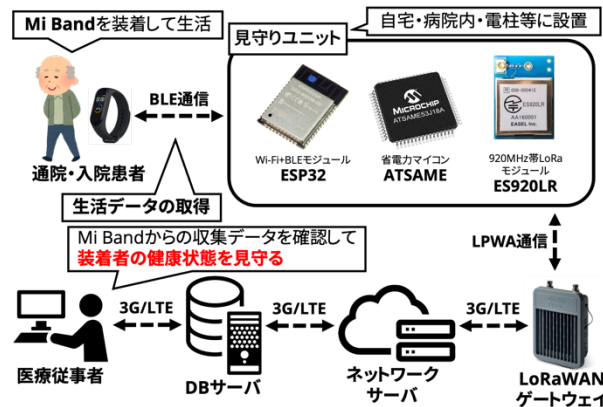


図 1 システムアーキテクチャ

まず、見守り対象者は、Mi Band を装着して普段通りに生活を行う。対象となる Mi Band が見守りユニットとの BLE 通信圏内に入ると、見守りユニットによってペアリングからバイタルデータの取得までが自動的に行われる。取得されたデータは、見守りユニットによって LPWA を用いて送信され、データベースに格納される。

こうして収集されたデータを用いて患者情報の管理や予測を行うことで、医療従事者に対して患者の健康状態を遠隔から視覚的に確認できる機構を提供する。

バイタルデータの計測に用いる活動量計

日常生活において患者のバイタルデータを計測するためには、携帯面と精度面を考慮したセンサデバイスを用いる必要がある。

Mi Band は、Xiaomi により発売されている、3 軸加速度計・3 軸ジャイロスコプ・PPG 心拍センサが搭載されたリストバンド型の活動量計である。最新モデルの Mi Band 5 は 5000 円前後で購入することができ、Apple Watch・Fitbit などの販売価格と比較しても半額以下と安価である。さらに Mi Band は、最大 20 日間の連続稼働が可能なバッテリーと 5 気圧防水の性能により、睡眠時や入浴時など、日常生活のあらゆる場面において取り外す必要がないという点が特長として挙げられる。そのため本研究では、Mi Band をシステムのデータ計測用端末として採用することにした。

Healthcare Monitoring System using Activity Tracker and LPWA Networks

[†] Shuhei Aoyama, Nagoya Institute of Technology

[‡] Shintaro Oyama, Nagoya University Hospital

[§] Takanobu Otsuka, Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

バイタルデータの自動取得

Mi Band で計測されたデータの取得において、見守りユニットに近づくだけで自動的にペアリングからデータ取得までが行われるような機構が必要となる。ここで、Mi Band とペアリングを行うためには、BLE 通信で所定の手順を踏む必要がある。本研究では Bluetooth HCI スヌープログを用いてこの手順を解析し、見守りユニットへの実装を行った。

本システムにおいて、見守りユニットは常時スキャンを行い、対象の Mi Band を発見し次第上記手順でペアリングとデータ取得を行う。データを取得した Mi Band とは一定時間再度ペアリングしないようにすることで、必要以上の通信が行われないようにした。

LPWA を用いたデータの収集

見守りユニットにより取得されたデータは、LPWA を用いてサーバまで送信される。ここで、データ送信に 3G/LTE を用いると、設備の固定費やデータ送信時における通信費が発生し、利用者に対する運用時の費用負担が大きくなることが考えられる。本システムは LPWA を用いることでそれらのコストを抑え、山間部や過疎地域においても、通信面を考慮した運用を可能とする。

LPWA を用いてデータ送信を行う際の注意点は、一度に送信可能なデータ量に上限があることである。本システムでは、Mi Band から得られたデータに対して適宜分割とメタデータの付与を施すことで、これらの課題を解決した。

LPWA 通信のためのデータ加工は省電力マイコンを用いて行われる。Mi Band からのデータの取得に用いられる BLE 通信機能付きマイコンと処理を分担することにより、データの取得から送信までをより省電力かつ高速に行えるようにした。一方で、これらのマイコン間においても一度に送受信可能なデータ量には上限があるため、効率的な送信が行えるよう手順を取り決めた。

これらデータ加工から LPWA 通信までの処理は、見守りユニットがデータを取得するたびに即時行われ、医療従事者に対して最新の患者情報の提供を実現する。

4 評価実験

実験の概要

評価実験では、某市民病院の通院・入院患者を見守り対象として、1 週間の間 Mi Band 4 を用いたバイタルデータ(活動強度・歩数・心拍数)の計測と本システムによるデータの収集を行った。

収集されたデータにより見守り対象者の健康状態を判断するために「非装着」「睡眠」「安静

“起立” “軽い運動” “激しい運動” “心拍の異常” からなる 7 種類の行動ラベルを定義した。これらは、1 分ごとのバイタルデータの計測値に従い、1 分ごとに分類される。

実験結果と考察

1 週間分のバイタルデータの計測値とこれに対応する行動ラベルの一例として図 2 を示し、見守り対象者の健康状態に関する動向を考察する。

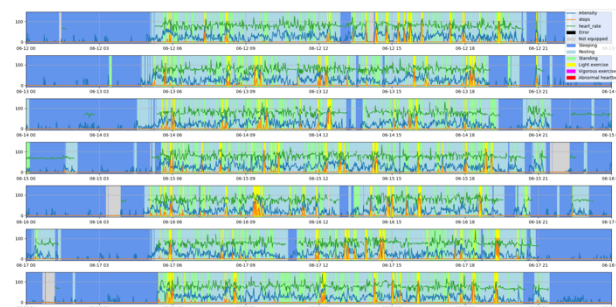


図 2 81 歳・女性・DM 患者の収集データ

この患者の情報からは、1 週間を通じて健康的な生活を行っていることが確認できる。まず、各日 21 時から翌 5 時まで、安定して“睡眠”の割合が高く、夜に十分な睡眠が取れていることが分かる。また、各日安定して“起立”・“運動”の割合があることから、日頃から適度に運動を行っていることが分かる。その上、7 日中 5 日、12 時前後に“睡眠”があることから、日によっては昼寝を取っていることが分かる。一方で、6 月 16 日の夜から翌朝の睡眠時には 2 回も目覚めており、通常とは異なる行動が確認できる。

本評価実験により、バイタルデータの収集はほとんど欠損無く行えていることが確認された。また、収集データを用いることで患者の健康状態の確認や生活習慣の把握、通常とは異なる行動の検出が可能なことを示した。

5 まとめ

本研究は、医療従事者が患者の健康状態の把握に要する負担を減らすために、バイタルデータの計測による見守りシステムの提案を行った。

評価実験では、バイタルデータの収集により医療従事者に提供可能な情報を考察し、本システムの有効性を示した。

謝辞

本研究成果の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究により得られたものです。

参考文献

- [1] 総務省統計局, 人口推計 (令和 2 年(2020 年)7 月確定値, 令和 2 年(2020 年)12 月概算値) .
- [2] 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口 (平成 29 年推計) .
- [3] S. Rajkumar, M. Srikanth, N. Ramasubramanian, “Health monitoring system using Raspberry PI,” 2017 International Conference on Big Data, IoT and Data Science (BID), 20–22 Dec. 2017.