4X-4

パルスセンサを利用した運動状態測定のための M2M システム

†小谷　慎　　　‡三井浩康
†東京電機大学　　‡東京電機大学

１．はじめに

近年，センサやマイコンなどの組込み向けデバイスの高性能化，低価格化に伴い M2M（Machine to Machine）システムの多分野にわたる応用が期待されている．M2M システムは機械と機械がネットワーク経由で自律的に情報を交換するシステムである．

また，現在一般に利用されている M2M システム用の端末機器の多くは据え置き型のデバイスがほとんどであるが，今後は無線通信を利用したモバイル型のデバイスを利用した M2M システムの発展が特に期待されている．

モバイルデバイスを用いる M2M システムの応用が期待される分野の一つとしてヘルスケアが挙げられる．日本を含む先進国では高齢化が進んでおり，医療費削減の観点から生活習慣病予防が求められている．生活習慣病の予防には運動が有効であるとされているため，適切な運動の実践を促進し，健康を増進するシステムが有用であると考えられる．

２．研究目的

本研究では，パルスセンサを備えたバッテリー駆動型のセンサノードを作成する．センサノードでは，センサデータをリアルタイムで観測し，データを近距離無線通信を利用してゲートウェイへ送り，サーバ側のアプリケーションへとアップロードする．サーバ側のアプリケーションでは，受け取ったデータを分析する．

センサノードとゲートウェイプログラムを実装した PC を近距離無線で接続し，PC とクラウド上のサーバをインターネット回線で接続する M2M システムのプロトタイプを構築する．このシステムを利用することにより，他分野向けの M2M システムの構築を行うときに，センサノードに異なる種類のセンサを加えたり，サーバ側のアプリケーションプログラムを追加して新たなデータの分析，活用を可能にすることで簡易に新しい M2M システムを構築できることを示す．

３．関連技術

３．１．M2M システム（1）

M2M システムとは機械と機械を通信によって接続し，機械間で情報のやり取りをすることにより新しい価値，サービスを生み出していくことを目的としたシステムである．

機械とは車，POS，家電など普段の生活でよく目にするモノであり，もう一方の機械とは一般にサーバを指す．

モノに設置されたセンサや RFID などがそれぞれの環境から得られたデータを通信回線を通して送信し，サーバはそれらを演算し，解析結果を得る．また解析結果に従って必要な制御情報を返すなどの動作を行う．

M2M system for observation of exercise condition using a pulse sensor
†Makoto Kotani, Tokyo Denki University
‡Hiroyasu Mitsui, Tokyo Denki University

３．２．ZigBee（2）

ZigBee とは近距離無線ネットワークの世界標準規格のひとつであり，物理層と MAC 層については IEEE802.15.4 を採用している．

通信速度は２５０[kbps]，通信距離は約３０[m]であるが，低消費電力，低コストを特徴とし，アルカリ単３電池２本で数か月から２年間の稼働，LSI 単価で２ドルを目指した開発が行われている．

これらの特徴が M2M のネットワークに適しているため利用が進んでいる．

４．研究内容

４．１．システム構成

本研究ではセンサノード，ゲートウェイ，サーバからなる一般的な M2M システム構成で構築する．システム全体の構成図は図１のようになる．

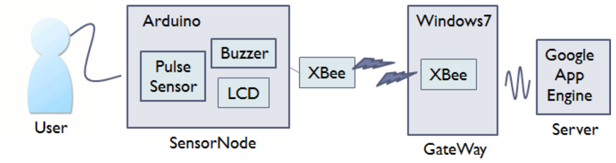

図１　システム構成図

４．２．センサノード

本研究では図１に示すように ATMEL 社の AVR マイコンを搭載した Arduino マイコンボードを採用したセンサノードを作成し，ZigBee 規格対応の近距離無線通信デバイスである Digi International 社の XBee を利用してゲートウェイ用の PC とネットワークの接続を行う．Arduino はオープンソースのマイコン基板であり，C++言語ライクな Arduino 言語で組込みソフトを開発可能な統合開発環境が用意されている．（3）

本研究ではパルスセンサを利用し，心拍数をセンサデータとして得る．センサとしては SparkFun Electronics 社の Pulse Sensor SEN-11574 を用いる．パルスセンサはフォトリフレクタという物体検知を行うセンサから作られている．フォトリフレクタとは赤外線 LED とフォトトランジスタで構成されるセンサであり，赤外線 LED 光の対象物からの反射光をフォトトランジスタで受光する．血液中のヘモグロビンは赤外線を吸収する性質があるから，脈拍の際の血流に呼応して出力電圧の変化が起こる．この電圧変化をオペアンプで増幅している．

パルスセンサから得た心拍数を LCD 上に表示し，ユーザがリアルタイムに見られるようにする．Arduino 上のプログラムで設定した閾値を超えた心拍数を測定した場合はブザーを鳴らすことでユーザに通知を行う．本研究においては閾値の設定を心拍数１３０[bpm]に設定する．これはランニングやエアロバイクなどの有酸素運動においてトレーニングとして適切な運動強度とされているから

Copyright ©2014 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

である．実際に作成したセンサノードを利用して心拍数を計測している様子を図２に示す．

センサデータの無線通信に XBee を利用する．XBee は ZigBee 通信プロトコルを搭載した無線通信モジュールである．END DEVICE AT モードに設定した XBee をセンサノードに組み，計測した心拍数を PC に送信する．End Device は末端の端末に対するモードであり，スリープ機能を持つので，省電力性に優れている．

本研究においてセンサノードはモバイルでの利用が想定されるからバッテリー駆動である必要がある．利用する Arduino Diecimila は外部電源を利用して駆動することもできるが，簡易にモバイルバッテリーを利用して USB ポートから給電する．

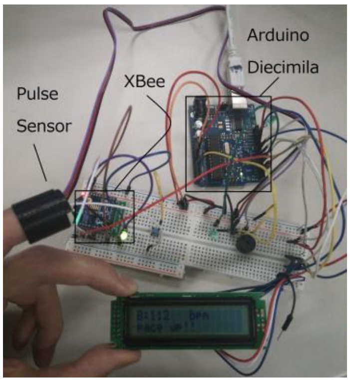

図２　使用時のセンサノード

４．３．サーバ

センサノードから送信されたセンサデータは COORDINATOR AT モードに設定した XBee を接続した PC で受信する．Coordinator はネットワーク ID を一意に定めるモードであり，構築する無線ネットワーク内に必ず一つ必要である．センサデータは PC に実装したゲートウェイプログラムにより，サーバにアップロードされる．

センサデータの保存には Google App Engine（GAE）をサーバとして利用する．GAE は Google がプラットフォームを提供するクラウドサービスであり，作成したウェブアプリケーションをアップロードすると実行可能となる．GAE はデータベースとしてデータストアを提供している．また，Java サービス API として App Engine 用の各種 API が用意されている．[4]

４．４．サーバ側アプリケーション

アプリケーションプログラムでセンサデータのグラフ化を行うことで，ウェブブラウザを持つ端末から測定した心拍数の結果を閲覧することができる．また，作成した GUI により運動頻度の目標設定入力を行う．設定した目標に対して，一定日数センサデータのアップロードが行われたかった場合は登録したアドレスにメールを送信し，運動の実施を促す．“X 日に一回”という形で設定を行い，X 日間センサデータのアップロードが行われなかった場合に，メールを送信する．メールの送信には GAE で用意されている Mail Java API を利用する．

５．実装と評価

５．１．実装環境

表１に実装環境を示す．

表１　実装環境一覧

役割	名称
開発OS	windows7
センサノードOS基盤	Arduino Diecimila
センサノード開発言語	Arduino
センサノード開発環境	Arduino1.0.5
ゲートウェイ開発言語	Java
ゲートウェイ開発環境	Eclilpse 3.6
サーバプラットフォーム	Google App Engine
サーバ開発言語	Java
サーバ開発環境	Eclipse 3.6

５．２．評価と考察

本研究では健康を推進するため適切な強度の運動を促進するシステムを提案，構築した．作成したシステムにより LCD，ブザーでリアルタイムの通知を受けながら運動を行うことができた．運動頻度をユーザ自身に設定させたこと，運動を促す装置をメールという一般的なメディアにしたことで幅広いユーザに簡易な利用が可能なシステムになったと考える．

センサノード，無線通信，サーバにデータをストアするゲートウェイプログラムという M2M システムにおいて基本となる共通部分の開発を行うことでシステムのプロトタイプとして他の分野向けの M2M システム構築を行う際の応用が簡単になったと考える．新しく M2M システムを構築する場合に必要なことはアプリケーションプログラムを作成し，GAE にデプロイすることであり，センサノードは新しいセンサを接続し，その分の入出力動作プログラムを書き加えればよいからである．

６．まとめと課題

本研究ではサーバでセンサデータの保存，グラフ化を行ったが，サーバからセンサノードに対する制御は行わなかった．アクチュエータ機能の実装は今後の課題である．

本研究で作成したセンサノードはプロトタイプであり，マイコン基板，無線通信モジュールなどがブレッドボード，リード線により接続されむき出しの状態になっているので，長期的な利用には耐えない．従って３D プリンタで専用のケースを作るなどしてセンサノードをより堅牢な構造にすることが必要である．

参考文献

（１）David Boswarthick, Omar Elloumi, Oliver Hersent: ”M2M Comunications A Systems Approach”, WILEY, 2012
（２）ZigBee SIG ジャパン，http://www.zbsigj.org/
（３）Arduino – HomePage, Arduino.cc
（４）Dan Sanderson:”プログラミング Google App Engine”，オライリージャパン，2011

Copyright ©2014 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.