

# 高齢化社会に向けたセンシングシステムの提案

安田 雄大

近年、出生率の低下と平均寿命の延びにより、少子高齢化が深刻化しており、労働人口の減少、介護を必要とする人たちの増加といった問題が懸念されている。そのため、高齢者を支える人達が、高齢者の側に常にいられるとは限らず、緊急時において迅速な対応を取ることができないといったことが考えられる。そこで本論文では、高齢者を支える人達が遠隔地からでも常時、高齢者の状況・状態を把握し、見守ることができるシステムを提案する。高齢者の状態をセンサ機器により取得し、携帯電話網を介してインターネット上のサーバへ送信する。送信するセンサデータはプライバシーに関する情報のため、セキュリティの確保が重要な課題である。本システムでは、この課題を解決するために、オリジナルの通信暗号方式 PCCOM を使用する。また、今後のセンサ機器の変化に対応できるよう、拡張性の高いパケットフォーマットを定義した。

## Proposal of a Sensing System for Aging Society

YUDAI YASUDA

Recently, by extending the life expectancy and declining birth rate has a serious demographic aging. So it is concerned about the increase in elderly who require nursing care. The people who support the elderly are not necessarily always on the side of the elderly. Therefore, we may be unable to take such a rapid response in emergencies. So this proposal, even from remote locations is always to support the elderly people to understand the situation of the elderly condition, we propose a system that can be watched. The system will retrieve the status of the elderly by sensors, via a cellular phone network, to transmit to the server on the Internet. To transmit sensor data to information privacy, ensuring security is an important issue. This system uses the original encryption protocol PCCOM in order to resolve this issue. And that sensors can respond to changes in the future, define the format of scalable packet.

### 1. はじめに

日本では出生率の低下と平均寿命の延びにより、少子高齢化が深刻化している。これは世界から見ても、例に見ない速度で進行しており、早急な対策が必要とされている。少子高齢化の問題として、労働人口の減少、介護を必要とする人たちの増加が考えられる。こうした現状から、高齢者を支える人達が、常に高齢者の側にいられるとは限らないため、遠隔地からでも高齢者の状態を知ることができれば有用である。

本稿では、高齢者の健康状態を、携帯電話網を介して、インターネット上のサーバに常時蓄積することにより、家族など高齢者を支える人達が、遠隔地からでも見守ることができるシステムを提案する。高齢者の状態を把握するために、センサ機器によって取得することのできる、身体情報、位置情報、気温や湿度といった環境情報を利用する。これらの情報を、全国どこからでも利用することができる携帯電話網を使用して、インターネット上のサーバに蓄

積する。送信するセンサデータはプライバシーに関する情報であるため、セキュリティの確保が重要な課題である。蓄積されたデータは、家族の PC などからの要求により、グラフ化された見やすい形で閲覧することができる。

本論文の構成は以下のとおりである。2章では、既存技術とその制約について説明した後、3章で本システムを提案する。4章では提案システムの実装について説明し、5章でシステムの利用場面、応用例について述べる。最後に6章でまとめる。

### 2. 既存技術

様々な健康機器の取得データをサーバへ蓄積し、その情報を使って、パーソナルヘルスケアを支援する技術として、(独)エネルギー・産業技術総合開発機構による、NEDO ホームヘルスプロジェクト[1]が存在する。このプロジェクトでは、各種健康機器の情報を、家庭に設置されたゲートウェイに集約・送信を行い、インターネット上のサーバに蓄積する

方式が検討されている。蓄積されたデータは、個人データや医療データとして用いることが可能である。

しかし、ゲートウェイが家庭内に固定されていることが前提となっており、健康データを移動先からもリアルタイムに収集することはできない。

別の類似技術として、移動中でも利用できる携帯電話網を利用し、自動車と外部ネットワークをつなぐ、「テレマティクス」と呼ばれる技術が存在し、各自動車会社はそれぞれ独自のサービスを展開している[2]~[4]。テレマティクスでは、携帯電話網を利用し、ドライバーが天気予報や交通情報といったリアルタイムの情報を取得することができる。また、自動車に搭載されたセンサからの取得情報を携帯電話網に設置された外部サーバに送信し、自動車のメンテナンスや、緊急時における通報支援に役立てるといったサービスが提供されている。

しかし、これらのサービスは基本的に運転ドライバー自身を対象としたサービスであり、第三者が利用するといった配慮はほとんど考慮されていない。また、データの蓄積に用いられるサーバが、携帯電話網に設置されているため、一般の家庭端末からアクセスすることができず、クローズなサービスとなっている。

### 3. 提案方式

#### 3.1 提案システム概要

本提案システムでは、高齢者が移動してもその家族がリアルタイムで情報を閲覧できることを目的とする。これにより、異常を検知した場合においても、高齢者を抱える家族が、迅速な対応をとることができる。どこからでもセンサデータを送信できるようにするためには、携帯電話網を利用するのが適している。また、サーバはインターネット網に設置し、一般の端末からも自由にデータを取得出来るようにすることが望ましい。しかし、携帯電話網を超えて、インターネット網に設置されたサーバにデータを送信する場合、携帯電話網のセキュリティに頼れなくなる。また、センサデータはプライバシーに関する情報であるため、セキュリティの確保は重要な課題である。

図1に提案システムの概要を示す。センサから取得することのできる位置情報や生体情報といった様々な情報を、小型の組み込みボード（以下、センサボックス）に集約する。集約された情報は、送信用フォーマットに変換した後、携帯電話網を通じて、インターネット上に用意したセンサデータ管理サーバ（以下、SDMサーバ）に定期的送信する。SDMサーバには、センサデータを貯蓄・管理するための

データベースを実装しており、センサボックスから送信されてきたデータを、データベースへ登録する。サーバに蓄積されたセンサデータは、ホームネットワーク内の一般端末から、SSL（Secure Socket Layer）を用いて閲覧する。

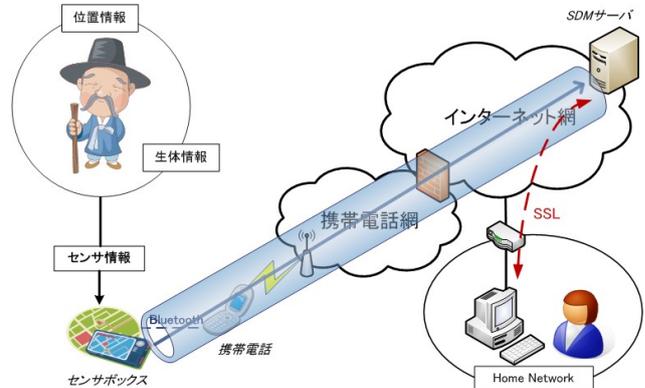


図1 提案システム概要

#### 3.2 通信方式とセキュリティ

センサボックスからのセンサデータ送信には、UDPを用いる。UDPでは、基本的に1回のパケット送信とそれに対するサーバからの応答という1往復の送受信のみで終わることができる。TCPでは、送信のたびにセッションを張りなおす必要があるため、本システムでは、非効率であると判断した。

しかし、この方法では、一般に利用されているSSLが利用できない。一般的には、UDPではセキュリティを確保することが難しいが、提案方式では、オリジナル技術であるDPRP[5]による認証、PCCOM[6]による暗号化を行うことで、これを実現することができる。これらのプロトコルは、IP層に実装されているため、どのようなアプリケーションにも対応できる。また、SSLとは異なり、公開鍵証明書を必要とせず、認証・暗号化が高速に行えるため、クライアント・サーバ間の双方向での暗号化通信を行うことが可能である。

サーバに蓄積された情報は、ホームネットワーク内の一般端末から、SSLを用いてアクセスする。そのため、端末には特殊なアプリケーションを必要とせず、安全にデータを取得することができる。

#### 3.3 センサデータ送信用フォーマットの定義

センサデータ送信用フォーマットは、XML（Extensible Markup Language）形式で、以下のように定義する

表 1 sensor-type6 (GPS センサ)

UserID	idVendor	idProduct	Date	Time	La	Dna	Lo	Dew	Ns	Sn	Dop	...
579	067b	2303	2010-01-12	02:29:47	3445.0121	N	13721.6907	E	NULL	NULL	0.8	...

表 2 user-info1 (ユーザ情報)

ID	username	userpass
579	yasuda	febfa0e1f5030ced4d19cadf64d21d5a

```

<root>
  <user>
    <username>yasuda</username>
    <userpass>100119</userpass>
  </user>
  <sensors>
    <sensor>
      <sensor-type>6</sensor-type>
      <sensor-device>
        <idVendor>067b</idVendor>
        <idProduct>2303</idProduct>
      </sensor-device>
      <sensor-data>
        <Date>20090112</Date>
        <Time>022947</Time>
        <La>3445.0121</La>
        <Dns>N</Dns>
        <Lo>13721.6907</Lo>
        <Dew>E</Dew>
        <Dop>0.8</Dop>
        (略)
      </sensor-data>
    </sensor>
    <sensor>
      (略)
    </sensor>
  </sensors>
</root>

```

図 2 センサデータ送信用フォーマット

- <user> : ユーザのアカウント情報を記述、これにより、サーバ側はユーザを一意に識別する。
- <sensors> : 子要素として、<sensor>タグを1つ以上挿入する。このタグ内で、センサデータをまとめて記述する。センサデータを複数送信する場合、<sensors>内に、<sensor>を複数挿入する。
- <sensor> : 子要素として、<sensor-type>、<sensor-device>、<sensor-data>の3つのタグ

```

CREATE TABLE sensor6 (
  UserID INT(10),
  idVendor VARCHAR(20),
  idProduct VARCHAR(20),
  Date DATE,
  Time TIME,
  La DOUBLE(10, 5) NOT NULL,
  Dna CHAR(1) NOT NULL,
  Lo DOUBLE(10, 5) NOT NULL,
  Dew CHAR(1) NOT NULL,
  Ns INT(1),
  Sn INT(1),
  Dop DOUBLE(4, 2)
  (略)
  PRIMARY KEY(UserID, IdVendor, IdProduct, Date, Time),
  FOREIGN KEY(UserID) REFERENCES userinfo1(ID),
  CHECK(Dna IN ('N', 'S')),
  CHECK(Dew IN ('E', 'W')),
  CHECK(Na BETWEEN 0 AND 2)
)

```

図 3 センサテーブル定義用 SQL (表 1)

- を挿入する。
- <sensor-type> : センサデータの種類 (GPS、心拍計、気温湿度など) を識別できる ID を挿入する。サーバ側では、この情報に従って、センサデータを登録するテーブルを決定する。
- <sensor-device> : センサのデバイス情報を記述する。これにより、センサデータの種類 (<sensor-type>) が、同じであっても、どのセンサ機器から取得したデータかを識別できるようになる。
- <sensor-data> : センサから取得したデータを記述する。子要素の数、子要素名は、センサデータの種類 (<sensor-type>) により、変化する。

SDM サーバのデータベースでは、センサデータの種類ごとに、表 1 のような登録用テーブル (以下、センサテーブル) を定義している。そのため、

<sensor-type>で、データの種別を判別し、登録するテーブルを一意に決定する。異なるメーカーのセンサ機器であっても、同タイプのセンサデータだと判別して、取得・管理することができる。

また、<sensor-device>で、センサ機器の固有情報（ベンダ ID、デバイス ID）を記述し、どのセンサ機器から取得したデータかを判別する。これは、同タイプのセンサを複数取り付けたとき、体の複数の部位に取り付ける場合や、センサデータの信頼性向上のために同じセンサを複数取り付けることが考えられるためである。

同じセンサを複数取り付けたとき、そのうちの一部のセンサに不具合が発生したとしても、そのデータのみを除外するといったことができる。

<sensor>を<sensors>の中に複数まとめて挿入することが可能で、異なるセンサタイプ、センサ機器の情報であっても、まとめて記述することができる。

この方式により記述した、送信データフォーマットの例を図 2 に示す。この例では、1 つ目の<sensor>に、GPS センサから取得したデータを挿入している。この内容を受信した SDM サーバは、図 3 の SQL によって定義された、センサテーブルへ登録を行う。

センサテーブルのフィールド名として使われている名称を、XML フォーマットの<sensor>の子要素名として利用しており、センサデータは表 1 のように登録される。このように、センサデータの種類に応じて、センサテーブルを定義することにより、様々なセンサ機器に対応することができる。

センサ機器から取得できるセンサデータのフォーマットは、メーカーごとに異なり、標準化されていない。そのため、メーカー、センサ機器ごとに、データの出力形式、取得可能なデータに違いがある。SDM サーバ側でセンサテーブルを定義したとしても、センサ機器によっては、一部項目のデータが取得できないといったことが考えられる。XML フォーマットでは、取得できないセンサデータの項目については、タグを除去してしまっても、問題ない。サーバ側では、除去してあるタグ（項目）については、取得できない情報として解釈し、データベースには、NULL（データなし）として登録する。図 3 により定義したセンサテーブルでは、idVendor から Dew までのフィールドを必須項目、それ以降は任意項目としている。

このようにメーカー・センサ機器によって取得データに違いがあったとしても、サーバ側ではそれを正しく解釈することができる。そのため、センサ機器のメーカーや性能に依存することなく利用することができ、今後センサデータの種類が増加したとし

ても、柔軟に対応することが可能である。

## 4. 実装

### 4.1 センサボックス側の構成

提案システムを実現するに当たり、センサボックス側の実装を行ったので報告する。

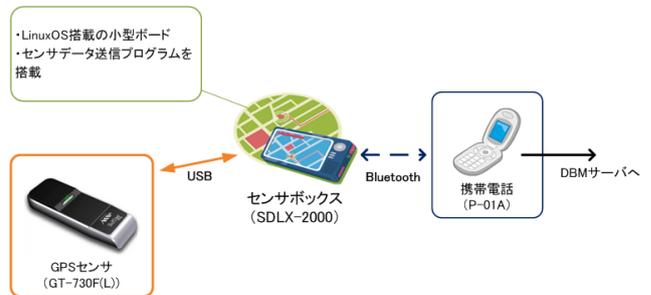


図 4 センサボックスの構成

センサボックスのハードウェア構成を、図 4 に示す。クライアント側の実装に用いる端末（センサボックス）には、アールエフテック社から販売されている LinuxOS を搭載した小型の組み込みボード

「SDLX-2000」 [7] を使用した。通信端末には、普段から持ち歩く携帯電話を想定しており、実験用端末には、docomo の「P-01A」 [8] を使用した。この携帯電話は、Bluetooth®通信が利用できるため、無線通信モデムとして使用できる。事前にセンサボックスと携帯電話との間に接続設定（ペアリング）をしておくことで、携帯電話を一切操作することなく、センサボックスと SDM サーバ間で TCP/IP 通信を開始することができる。携帯電話はモデムとして利用しているだけなので、プログラムの改変等は一切不要である。今回の試作では、センサ機器として、CanMore 社の USB 型 GPS モジュール「GT-730(L)」 [9] を使用した。

### 4.2 プログラムの動作

センサボックスで動作するプログラムには、GPS モジュールから GPS データを取得し、ファイルへ出力する機能と、取得した情報を XML 形式に変換・送信する機能を実現した。Linux カーネルへは DPRP と PCCOM を組み込む予定であるが、今回は未実装である。

プログラムの動作を、図 5 に示す。センサ毎にセンサデータを取得する周期を設定しておき、センサ機器からの取得データを一定時間ごとにファイルへ出力する。出力先ファイルは、1 日毎に作成するものとし、日付が変わると別ファイルとする。出力されたファイルを、センサボックスは定期的に読み取

り、それらを送信用 XML フォーマットに変換し、UDP にて送信をする。

データ送信後、正常な応答が返ってきた場合、送信に成功したものとする。一定時間応答がなければ、サーバへの登録に失敗したとみなし、次回データ転送時に、まとめて送信を行う。この方法により、ネ

ットワークが有効な場合のみ、送信を行い、効率的かつセキュアな通信を実現できる。

図 6 は、携帯電話網を介して、SDM サーバ側に届いた、センサデータをパケット・アナライザ・ソフト「Wireshark」で、キャプチャした様子である。

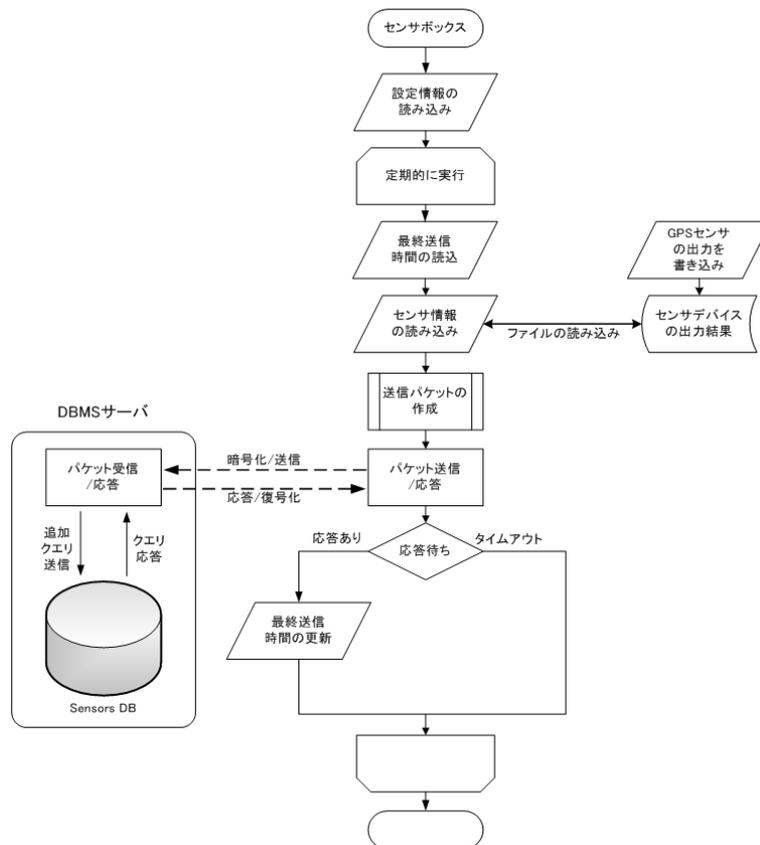


図 5 センサボックスの動作

No.	Time	Source	Destination	Protocol
12	3.081094	211.14.110.134	202.11.3.5	UDP
13	3.081206	202.11.3.5	211.14.110.134	UDP

```

Protocol: UDP (0x11)
  [x] Header checksum: 0x77d5 [correct]
    Source: 211.14.110.134 (211.14.110.134)
    Destination: 202.11.3.5 (202.11.3.5)
  [x] User Datagram Protocol, Src Port: 50931 (50931), Dst Port: 54321 (54321)
    Source port: 50931 (50931)
    Destination port: 54321 (54321)
    Length: 1032
    [x] Checksum: 0x0db4 [validation disabled]
  [x] Data (1024 bytes)
    Data: 3C3F786D6C2076657273696F6E3D27312E302720656E636F...
  
```

Offset	Hex	ASCII
0020	03 05 c6 f3 d4 31 04 08 0d b4 3c 3f 78 6d 6c 20	....1...<?xml
0030	76 65 72 73 69 6f 6e 3d 27 31 2e 30 27 20 65 6e	version="1.0" en
0040	63 6f 64 69 6e 67 3d 27 55 54 46 2d 28 27 3f 3e	coding="UTF-8"?>
0050	0a 3c 72 6f 6f 74 3e 0a 3c 75 79 65 72 3e 0a 3c	<root>< user><
0060	75 73 65 72 6e 61 6d 65 3e 79 61 73 75 64 61 3c	username >yasuda<
0070	2f 75 73 65 72 6e 61 6d 65 3e 0a 3c 75 73 65 72	/usernam e>< user
0080	70 61 73 73 3e 61 62 31 32 33 34 35 3c 2f 75 73	pass>ab1 2345</us
0090	65 72 70 61 73 73 3e 0a 3c 2f 75 73 65 72 3e 0a	erpass>< /user>
00a0	3c 73 65 6e 73 6f 72 73 3e 0a 3c 73 65 6e 73 6f	sensors < sensor

図 6 サーバ側でパケットキャプチャした様子

## 5. 応用例

センサボックスを、高齢者だけでなく、様々な人に持たせることにより、いくつかの応用例が考えられる。例えば、児童に持たせることにより、子どもがどこにいるかを常時把握できるようになる。また、定期的に医療機関へ通院が必要な方に持たせることにより、かかりつけの医師が患者の健康状態を日頃から確認することができ、自宅療養や在宅介護の支援に役立てることができる。

提案方式では、独自の暗号化プロトコル PCCOM を利用することを想定しているため、公開鍵証明書を必要とせずに、双方向での暗号化通信を行うことが可能である。そのため、センサ機器等を操作するためのアクチュエータを、センサボックス側に搭載することにより、センサ機器やそれ以外の機器を、遠隔地から操作するといったことも可能になると考えられる。

## 6. まとめ

本稿では、高齢者を抱える家族にとって、安心・安全なサービスを実現できるセンシングシステムの提案を行った。

携帯電話網と独自の暗号化プロトコルを利用することで、効率的かつセキュアなセンサデータの送信を行うことができる。パケットフォーマットを XML 形式で定義することで、今後のセンシング技術の向上、変化に対応できるようにした。

今後は、各種センサとセンサボックスを実際に使用し、システムの改良を進めていく。

- [1] 柏木宏一：健康機器向け通信プロトコルとその標準化の動向、情報処理学会学会誌、Vol.50、No.12、pp.1215-1221(2009)
- [2] G-BOOK.com (トヨタ自動車).  
<http://g-book.com/pc/default.asp>
- [3] 日産カーウイングス (日産自動車).  
<http://drive.nissan-carwings.com/WEB/index.htm>
- [4] OnStar.com (General Motors).  
[http://www.onstar.com/us\\_english/jsp/index.jsp](http://www.onstar.com/us_english/jsp/index.jsp)
- [5] 鈴木秀和、渡邊 晃：フレキシブルプライベートネットワークにおける動的処理解決プロトコル DPRP の実装と評価、情報処理学会論文誌、Vol.47、No.11、pp.2976-2991(2006)
- [6] 増田真也、鈴木秀和、岡崎直宜、渡邊 晃：NAT やファイアウォールと共存できる暗号通信方式 PCCOM の提案と実装、情報処理学会論文誌、Vol.47、No.7、pp.2258-2266(2006)
- [7] SDLX-2000 (アールエフテックス).  
<http://www.toyoe.co.jp/et2008/SDLX2000.pdf>
- [8] P-01A (NTT ドコモ).  
<http://www.nttdocomo.co.jp/support/utilization/product/p00a/>
- [9] GT-730F(L) (CANMORE).  
[http://www.canmore.com.tw/products/show.php?selectub=&product\\_number=11&secondkidnumber=1&secondkidname=GPS%20USB%20Dongle&mainkidnumber=1&mainkidname=](http://www.canmore.com.tw/products/show.php?selectub=&product_number=11&secondkidnumber=1&secondkidname=GPS%20USB%20Dongle&mainkidnumber=1&mainkidname=)