

イーサフォンを用いた家庭内センサネットワークの構築

北川 純也* 白井 治彦** 黒岩 丈介*** 小高 知宏* 小倉 久和***

The implementation of the etherphone based home sensor network system
Junya KITAGAWA* , Haruhiko SHIRAI** , Josuke KUROIWA*** ,
Tomohiro ODAKA* , Hisakazu OGURA***

(Received February 5, 2010)

In this paper, we proposed new home sensor network system. In this system, we used etherphone that is a communication technology with data link layer protocol and physical layer protocol. Etherphone network can be implemented without the DHCP server and DNS server, since etherphone doesn't used IP and TCP. With this home sensor network system, we can watch the aged person by door sensor or temperature sensor. This system contain Etherphone sensor terminal and server with Linux OS. We can use the etherphone sensor terminal without setting of the protocol. The server can be used without setting. The experiment showed this system operates without setting. Moreover the experiment showed we can watach the aged person.

Key words : etherphone, sensor network, care, senior citizen

1. 緒言

我が国は高齢化社会^[1]を迎えており、独居老人が増加傾向にある。そこで独居老人を見守るために、情報技術の利用が重要になってきている^[2]。

本研究では、イーサフォン^[3]という通信技術を用いた小型端末と、センサを用いて家庭内を監視し、外部から安全に高齢者の状況を見守る手法を提案する。通常、ネットワーク通信を行う場合は、ネットワーク層やトランスポート層などに相当するTCP/IPやUDPなどのプロトコルを用いる。それに対して、イーサフォンは、OSI参照モデルの第2層以下に相当する、イーサネットの機能のみを用いて通信を行う技術である。それゆえ、イーサフォンは通信プロトコル等のネットワーク

の通信設定をすることなく使用することができる。

本稿では、特にドア開閉センサ・温度センサと光センサを用いて遠隔に見守るシステムの構築を行った。イーサフォンは、センサからの情報を受け取りそのデータをブロードキャストしてネットワーク全体に流す役割をしている。また、我々は外部から高齢者の情報を確認するために、linuxサーバを用いて、データの収集を行った。我々は、サーバを完全自動化し、さらにイーサフォンを用いることで、設定不要な見守りシステムの構築を行った。

2. イーサフォンの利用による見守りシステムの実装

2.1 見守りシステムの目的

見守りシステムとは、図1のように、独居老人または高齢夫婦のみの世帯を対象にセンサを用いて家庭内を監視する。つまり、一人暮らしのお年寄りなどを見守るシステムのことである。居間やトイレに設置したセンサーで人の動きを検知し、離れて暮らす親族などに緊急時にメールで送る。さらに、見守る対象は、高齢者の安否、ガス漏れや火の消し忘れが無いかの確認などが挙げられる。また、ある一定の間にセンサがなに

*大学院工学研究科 原子力・エネルギー安全工学専攻

**工学部技術部

*** 大学院工学研究科 知能システム工学専攻

*Nuclear Power and Energy Safety Engineering Course,
Graduate School of Engineering

**Dept. of Technical, Dept. Engineering

***Human and Artificial Intelligent Systems Course,
Graduate School of Engineering

も感知しなかった場合、メールを見守る側に送るとい
うものもある。そのうえ、これらのシステムは、WEB
を通して高齢者の状況を確認することが可能である。

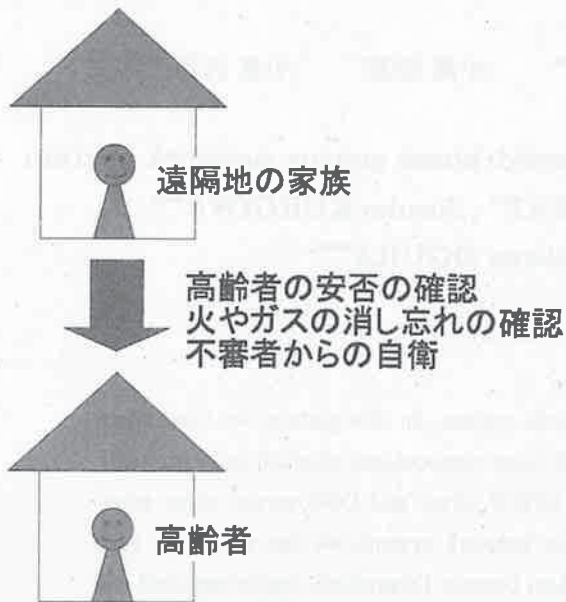


図1: 見守りシステムの概要

2.2 イーサフォンを用いた見守りシステムの構築

本研究では、この見守りシステムにイーサフォンの技術を取り入れて実装を行った。イーサフォンを用いることで、センサからの情報を容易にネットワークに流すことが可能となる。さらに、イーサフォンを用いることで非常に安価で設定不要のシステムを構築することができる。

イーサフォンとは福井大学が特許を有する通信技術（特許第4110251号）^[4]のことである。イーサフォン開発における基本コンセプトとして2点挙げられる。1点は従来のアナログデータ通信基盤に変わる通信基盤を開発することである。もう1点は、昨今のインターネット通信環境が複雑になっており、近距離・閉鎖的な通信網には短所が多くなってきていると考えられるからである。イーサフォンの特徴を表1にあげる。

イーサフォンは表1のように、OSI(Open Systems Interconnection)参照モデルの下位2層に相当するイーサネットの機能のみを用いることによって通信を行う通信方式である。さらに、イーサフォンの特徴の中で一番の利点は通信設定なしにネットワークに接続することである。OSI参照モデルとは国際標準化機構であるISOにより、策定されたネットワーク通信の設計方針である。

OSI参照モデルを表2に挙げる。OSI参照モデルでは通信機能ごとに、7つの階層に分けられている。上位

表1: イーサフォンの特徴

	説明・特徴
(1)	イーサネットの機能のみを用いる ・ OSI参照モデルL1,L2を使用 ・ イーサネット機器を使用できる ・ L3以上は利用不可
(2)	長距離でもノイズの影響を受けにくい ・ 信号増幅装置は必要なし
(3)	通信設定は必要なし ・ TCP/IPなどのプロトコルを使用しない ・ 電源とLANインフラがあれば使用可能
(4)	無線通信も可能 ・ 有線LAN/無線LANどちらにも対応 ・ 無線でも通信設定は不要
(5)	アナログ/デジタルデータを伝送可能 ・ 通信時はデジタル形式 ・ アナログデータはA/D変換により対応

層はソフトウェア寄りの内容で、下位層は逆にハードウェアよりの内容になっている。この7層のうちイーサフォンは下位2層である、物理層とデータリンク層の一部を用いて通信を行う。

まず、第1層となる物理層では、物理的な接続であるコネクタやケーブルのピン数や通信路の電気信号などの変換について定義されている。そして、第2層であるデータリンク層では、上位層からのサービス要求に答えたり、下位層サービスを要求するために、フロー制御やエラー検査などの情報移動に関する役割を持っている。

イーサネットは、この物理層とデータリンク層を用いた通信規格であり、一般的によく利用されるLAN(Local Area Network)で最も利用される通信規格である。イーサフォンでは、通信を行うにあたり、表2に示すOSI参照モデルにおける物理層及びデータリンク層に対応する通信プロトコルのみを使用する。つまり、イーサフォンは利用範囲を近距離・閉鎖的なネットワークのみに利用場所を限定することで、イーサネットの機能のみを用いて、TCP/IP等のプロトコルの設定なしに通信を行えるものである。

本稿ではイーサフォン端末・温度センサ・ドア開閉センサと光センサを用いて見守りシステムの構築を行った。イーサフォン端末は、ドア開閉センサ・温度センサと光センサに繋がっており、イーサフォンは各センサの情報をブロードキャストしてネットワーク全体に流す。そのために、イーサフォンを用いることで設定不要のシステムの構築が可能となる。

表 2: OSI 参照モデル

階層	OSI 参照モデル	プロトコル例
7	アプリケーション層	WWW
6	プレゼンテーション層	データの変換
5	セッション層	コネクションの確立や開放
4	トランスポート層	TCP, UDP
3	ネットワーク層	IP
2	データリンク層	CSMA/CD
1	物理層	100 BASE-T

そして、遠隔から安否を確認できるようにするために、それぞれのセンサのデータを linux サーバを用いてデータを収集する。エンドユーザが遠隔地から見やすいように web ベースのアプリケーションを作成する。また、インターネットを通して高齢者の情報を配信するため、セキュリティが重要になってくる。そこで、WEB ページはベーシック認証を用いた。さらに、送信されるパケットは SSL を用いて暗号化した。見守りシステムの構成図を図 2 に示す。

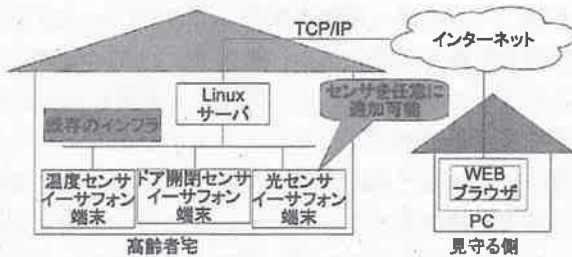


図 2: イーサフォン見守りシステムの概要

高齢者宅ではセンサイーサフォン端末が既存のインフラに接続されている。また、センサイーサフォン端末は任意に追加が可能となっている。そして、そのインフラにはセンサからの情報を収集して公開するために、Linux サーバが接続されている。

まず、センサイーサフォン端末はブロードキャスト通信でセンサ情報の乗ったパケットをネットワークに流す(図 3)。次に、Linux サーバではその各センサ情報を受信する。さらに、Linux サーバでは、データベースサーバが設置されており、そのデータベースにセンサ情報が保存される。そして、データベースにある情報を見守る側がインターネットを通して見ることで高齢者の安否の確認を行う。

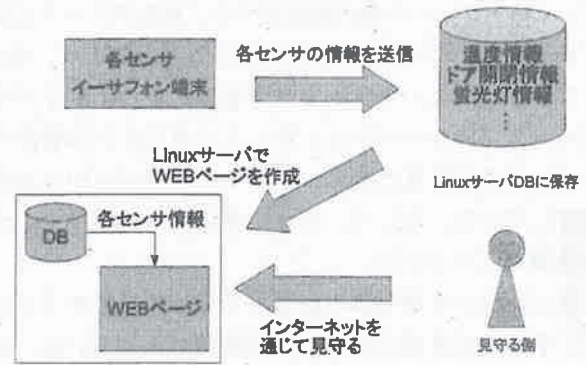


図 3: 見守りシステムの構成図

2.3 イーサフォンを利用した端末システムの設計

図 4 はセンサイーサフォン端末のシステム図である。イーサフォンは秋月電子 H8 ネットワークボード [4] を用いて実装している。

センサはイーサフォン端末と繋がっており、センサからの情報はアナログデータとしてイーサフォン端末に入力される。そして、入力されたデータは A/D 変換を介して、デジタルデータに変換される。次に、そのデジタルデータを元に、サーバが受け取りやすい形の packets を作成する。さらに、イーサフォンの技術を用いてネットワークに作成した packets の情報が送られる。

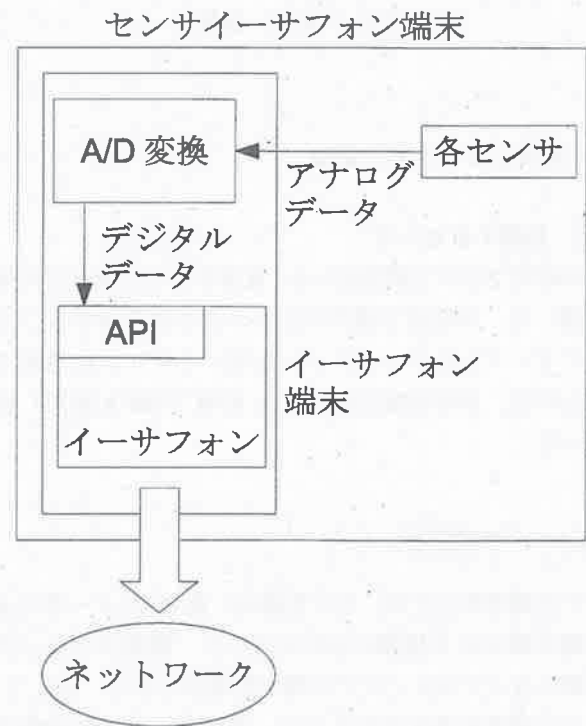


図 4: システムの設計

作成される packets は図 5 のようになっている。ま

ず、イーサフレーム側の説明をする。宛先アドレスにはブロードキャストアドレスを指定することにより、ネットワーク全体にパケットを送信する。また、タイプではイーサフォンのパケットか、イーサフォン以外のパケットかを分けるために、イーサフォンプロトコルを指定している。そして、データ部には、必要なセンサの情報が入っている。

次に、センサ情報部の説明をする。データタイプには、各センサを見分けるための情報が入っている。また、データサイズでは受け取るデータ部のサイズを指定している。そして、データ部にはセンサの状態の情報が入っている。

ブロードキャストアドレスを指定

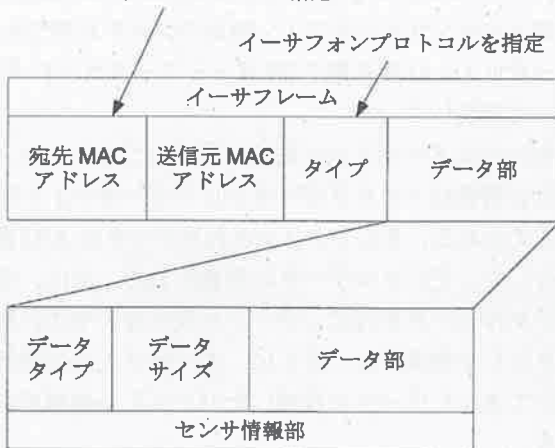


図 5: パケット 情報

3. 見守りシステムの実装

3.1 利用するセンサ

本研究ではドア開閉センサ・温度センサと光センサを使用した。本研究で使用するセンサの説明をする。また、センサからイーサフォンを用いてデータを送信するために、本研究室で開発した API(付録 A 参照) を用いた。

3.1.1 ドア開閉センサ

ドア開閉センサは、センサ部分(図 6) とイーサフォン端末部分の 2 種類に分かれている。構造はスイッチの様になっており、ドアの開閉を察知できる。そして、ドアの開閉を察知することで、高齢者の安否を確認することができる。また、このセンサはイーサフォンに繋がっており、ドアの開閉が確認された場合には、イーサフォンを使用してサーバにデータを送信する。送信するデータは、閉まった状態から開いた場合『 0』、開

いた状態から閉まった場合『 1』とセンサ情報部のデータ部に入力される。

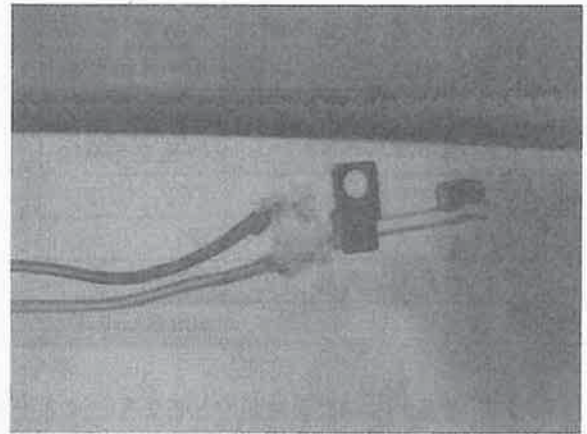


図 6: ドア開閉センサ

3.1.2 温度センサ

次に温度センサの説明をする。本研究では、温度センサとして「 LM60BIZ(TO-92)」^[6]を用いた。このセンサは、+2.7V 単一電源で動作し、-40℃~+127℃の温度範囲を検出可能である。誤差は、25℃の状態のときに±3℃の誤差が生じる。そこで、温度センサでは、部屋の温度を計測する。そして、エアコンやストーブを付けたときなど急激な温度変化があった場合に高齢者の安否を確認することができる。また、送信されるデータは温度センサならば、室温の小数点第一までの情報を送信する。そして『 25.4℃』ならば『 254』を 16 進数に変換した『 FE』という値がセンサ情報部のデータ部に入力される。

3.1.3 光センサ

次に光センサの説明をする。本研究では、光センサとして「 フォト ICダイオード (S9648-100)」^[7]を用いた。このセンサは、視感度に近い分光感度特性をもったフォト ICダイオードである。また、ほぼ可視光域にのみ感度を持っている。最大定格は 12V で動作する。そこで、光センサでは、部屋の光度を計測する。そして、カーテンを開けたり、蛍光灯を付けるなど光度に急激な変化があった場合に高齢者の安否を確認することができる。

3.2 サーバの設定

3.2.1 サーバの自動化

本研究は、サーバの自動化が不可欠である。さらに、イーサフォンは設定不要で利用出来るために、コンピュータやネットワークの専門的な知識がないユーザでも簡単に使用することができる。つまり、サーバを自動化することができれば、設定不要の見守りシステムの構築が可能となる。

本研究では、サーバとして Linux の CentOS release 5.4 を用いた。さらに、サーバではセンサからの情報を保存するためのデータベースが、動作している。データベースを扱うソフトとして MySQL5.0 を利用した。MySQL は、リレーショナルデータベースを管理・運用するために作られたシステムの 1 つである。また、世界で最も有名なオープンソース・データベースとして知られている。そして、データの保存とアクセスを行うストレージエンジンが SQL サーバとは分離独立している。そのため、用途に応じたストレージエンジンを選択できるマルチストレージエンジン方式を採用している。そして、外部に配信するために WEB サーバが稼働している。また、WEB サーバとして Apache を用いた。さらに、盗聴を防止するために、ベーシック認証と SSL を用いてセキュリティを向上させた。

さらに、イーサフォンからブロードキャストされたパケットを受信するにはパケットをキャプチャする必要がある。我々は、パケットをキャプチャするために Jpcap を利用した。Jpcap は Java から LAN 上を流れるパケットの受信と任意の IP パケットの送信を可能とする Java クラスパッケージである。このパッケージは libpcap と Raw Socket API を使用している。また、Jpcap はイーサネット、IPv4、IPv6、ARP/RARP、TCP、UDP、ICMPv4 のプロトコルに対応している。

サーバを自動化させるために、新しくセンサが追加された場合には、WEB ページに自動でセンサ情報が表示するようにした。この自動化された WEB ページの作成には PHP と HTML を用いた。また、サーバの電源を入れるだけですべての必要なサービスが動くように設定した。

3.2.2 データベースの設計

表 3 は、センサの情報が保存されるデータベースである。このようなデータベースが各センサごとに作成されている。データベースのテーブルの説明をする。id とは、まったく同じ情報ができないようにするための通し番号のことである。次に、date とはそのパケット

を受信してデータベースに書き込んだ時の時間で、つまりドアの開閉がおこなわれた時間にほぼ等しくなる。最後に、state とはセンサの情報や状態を保存するテーブルである。

表 3: データベースの設計

id	date	state
通し番号	パケットを受信した時間	センサの情報や状態

4. 動作実験

本研究では、動作実験を本研究室で行った。実験は、研究室にある既存のインフラを用いた。そして、ドア開閉センサは研究室の入り口に設置し、温度センサは研究室の窓付近に設置し、光センサは研究生の居住空間に設置した。図 7 は実験環境図である。

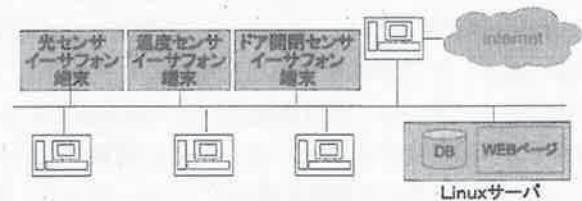


図 7: 実験環境

4.1 ドア開閉センサの実験結果

イーサフォンとドア開閉センサを用いて実験を行った。イーサフォンでは、ドアが開いたときと閉まったときに、その情報を付加したパケットをブロードキャストするようにした。図 8 は、7 月 27 日の 12 時から 12 時 15 分の間でドアが開閉された時間をタイムチャートに表したものである。黒くなっているところが、ドアの状態を表したものである。1 分間の間に 1 回でも開いた場合 open 状態にあると判断している。

時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
open															
close															

図 8: タイムチャート

4.2 温度センサの実験結果

イーサフォンと温度センサを用いて実験を行った。イーサフォンでは、1 分間に 1 回、温度情報を乗せたパケットをブロードキャストするように設定した。図

9は7月28日の30分間の室温の変化をグラフにしたものである。縦は、温度を表している。また、横は7月28日の1時29分から2時5分の間の時間を表している。

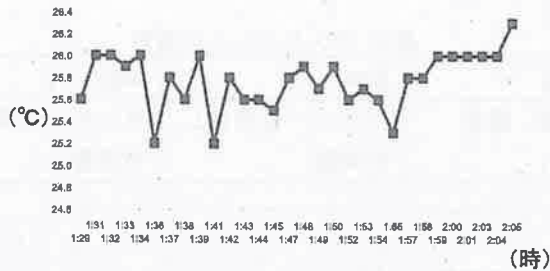


図9: 温度グラフ

4.3 インタフェース

作成したインタフェース(図10)の説明をする。見守る側が気軽に、さらに設定なしに閲覧できるようにWEBベースで作成した。左の列はドア開閉センサの表示部である。ドアの開閉があった時間のログを出している。次に、真ん中の列は温度センサの表示部である。温度センサは1分ごとにデータベースに情報が送られてくるので1分ごとの室温を表示している。さらに、右の列は光センサの表示部である。光センサは5分毎に情報が送られてくるので、5分毎の光度が表示されている。また、すべて最大20件まで表示するようにしている。

お嬢ちゃん見守りシステム			
最新生存確認時間 2009-08-28 03:35:50			
時間	ドアの状態	室温センサ	蛍光灯点灯センサ
2009-08-28 03:35:50	閉まる	2009-08-28 03:40:52 25.3	2009-08-28 03:45:21 380
2009-08-28 03:35:43	開く	2009-08-28 03:46:39 25.5	2009-08-28 03:50:21 356
2009-08-28 03:34:12	閉まる	2009-08-28 03:47:23 25.4	2009-08-28 03:53:20 354
2009-08-28 03:34:06	開く	2009-08-28 03:46:06 25.2	2009-08-28 03:52:20 357
2009-08-28 03:29:50	閉まる	2009-08-28 03:44:55 25.7	2009-08-28 03:51:20 350
2009-08-28 03:29:46	開く	2009-08-28 03:43:41 25.7	2009-08-28 03:15:19 359
2009-08-28 03:23:41	閉まる	2009-08-28 03:40:27 25.7	2009-08-28 03:09:19 358
2009-08-28 03:23:28	開く	2009-08-28 03:41:13 25.2	2009-08-28 03:03:19 359
2009-08-28 03:20:43	閉まる	2009-08-28 03:09:59 25.2	2009-08-28 02:57:19 357
2009-08-28 03:20:38	開く	2009-08-28 03:38:43 25.6	2009-08-28 02:51:18 356
2009-08-28 03:17:16	閉まる	2009-08-28 03:37:31 25.1	2009-08-28 02:45:18 356
2009-08-28 03:12:10	開く	2009-08-28 03:06:17 25.1	2009-08-28 02:39:17 350
2009-08-28 03:11:54	閉まる	2009-08-28 03:05:03 25.6	2009-08-28 02:33:17 352
2009-08-28 03:11:50	開く	2009-08-28 03:03:48 25.9	2009-08-28 02:27:17 358
2009-08-28 03:00:28	閉まる	2009-08-28 03:02:35 25.6	2009-08-28 02:21:16 358
2009-08-28 03:00:05	開く	2009-08-28 03:01:21 25.5	2009-08-28 02:15:16 359
2009-08-28 02:59:02	閉まる	2009-08-28 03:00:08 29	2009-08-28 02:09:16 358
2009-08-28 01:48:12	閉まる	2009-08-28 03:28:52 25.3	2009-08-28 02:03:15 358
2009-08-28 01:48:06	開く	2009-08-28 03:27:38 25.9	2009-08-28 01:57:15 357
2009-08-28 01:47:15	閉まる	2009-08-28 03:26:24 25.9	2009-08-28 01:51:15 359

図10: 閲覧インターフェース

5. 考察

本研究では、イーサフォンという通信技術を用いた小型端末と、センサを用いて家庭内を監視し、外部から安全に高齢者の状況を見守る手法の構築を行った。そして、3章で述べたような方法でセンサイサフォン端末を作成し、研究室内に設置して実験を行った。

その結果、ドア開閉センサでは人の出入りを察知できた。このことより、人が行動していることが分かる。

次に、温度センサでは、温度の変化があまり見られなかった。これは、我々の研究室は基本的に1日中、人がおりずっとエアコンがついているからだ、と考えられる。今回の実験では、温度の変化は見られなかったが、高齢者宅で行えば温度の変化が見られるのではないかと考える。

最後に、光センサでは蛍光灯の明かりを察知して、光度が変化することで部屋の人が行動したかどうかを、察知することができた。

このことから、人の行動を感知して、高齢者の安否を確認することができると考える。このシステムは、人の詳しい行動を察知する必要がないので、このようなセンサで十分であると考えられる。

また、イーサフォンの技術を用いて、サーバを完全に自動化することで、設定不要のシステムの構築ができたと考えられる。

本研究で作成した見守りシステムは、実験である程度の成果を挙げることができた。しかし、作成したセンサではまだ情報が足りないと考えられる。そのため、今後センサの数を増やすことにより、さらなる成果を上げることが期待できる。

6. 結言

本研究では、センサとイーサフォン端末を用いて、設定が不要な高齢者見守りシステムの構築を行った。そこで、ドア開閉センサ・温度センサや光センサの3種類のセンサイサフォン端末を作成した。そして、我々の研究室内で実験を行った結果、センサの反応を感知することができた。さらに、イーサフォンを用いることで設定不要なシステムの構築ができた。このことから、イーサフォン端末とセンサを用いた見守りシステムの有用性を示すことができたと考えられる。

今後の課題としてまず挙げられるのは、センサの追加である。今回の実験では3種類のセンサを用いて実験を行ったが、他にもセンサを追加することで、さらに精密な情報を得ることができると考える。また、今回の実験は研究室内で行ったので、実環境で実験を行

う必要があると考える。

参考文献

- [1] 共生社会政策統括官. 平成 21 年度 高齢社会白書. 平成 20 年度 高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況 第 1 章.
- [2] 品川佳満 橋本勇人. 人間性へ配慮した高齢者見守りシステムの開発—高齢者のプライバシー・抵抗感に視点をのいた意識調査—. 川崎医療福祉学会誌 Vol.11 No.1 2001 199 - 204.
- [3] 吉岡正博, 白井治彦, 黒岩丈介, 小高知宏, 小倉久和. イーサネットの機能のみを用いた通信モデルの提案と実装-ブロードキャスト機能を利用したイーサフォン. 情報処理学会全国大会講演論文集 vol.69(2007).
- [4] 福井大学: 通信装置, 及び, 通信方法, 特許出願 2004-217916, 特許公開 2006-041842, 特許番号(特許第 4110251) .
- [5] 株式会社秋月電子通商: H8/3069F ネット対応マイコン LAN ボード(完成品)(通販コード K-1271). <http://akizukidenshi.com/>.
- [6] 株式会社秋月電子通商: 高精度 IC 温度センサ LM60BIZ(TO-92). <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02490/>.
- [7] 株式会社秋月電子通商: フォト IC ダイオード S9648-100. <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02426/>.

A 付録

本研究で使用された API の説明をする. 本研究室で開発された API は以下の図 A1 のとおりである。

名前	引数	説明
esocket	u_char[], u_int	イーサフォンソケットをオープンする
esend	ESocket*, u_char	第二引数のバイト配列を送信する
erecv	ESocket*, u_char	第二引数のバッファに送信されてきたデータを受信する
eclose	ESocket*	オープンしたソケットをクローズする

図 A1: API 一覧

esocket() 及び eclose() はイーサフォン通信を行うためのソケットをオープンまたはクローズする API であ

る. イーサフォン通信を行う際にはイーサフォンタイプ領域のデータを設定した上で通信する. esend() 及び erecv() は送受信に関する API である. esocket() 実行することによって得られる ESocket 構造体を第 1 引数にとり, esend() は第 2 引数で指定したポインタのバッファを送信する. erecv() は指定したバッファに受信したデータを格納する関数である. esend() は実行時に送信するデータにあわせて自動的に送信するフレームを生成するため, 従来のようなバイト配列を直接編集する必要はない.

