

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「無線センサネットワークの相互接続を可能とする
ユビキタス中継器の開発」

研究開発成果等報告書

平成23年9月

委託者 九州経済産業局

委託先 財団法人九州先端科学技術研究所

- 目次 -

第1章 研究開発の概要	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-1-1 背景	3
1-1-2 目的	3
1-1-3 目標	3
1-2 研究体制	7
1-3 成果概要	8
1-3-1 無線通信技術の開発	8
1-3-2 通信データ交換技術の開発	8
1-3-3 ネットワークへの簡単接続技術の開発	9
1-3-4 各種無線ネットワークでの検証	9
1-4 当該研究開発の連絡窓口	10
第2章 本論	11
2-1 はじめに	11
2-2 無線通信技術の開発	13
2-2-1 無線ネットワークと中継器との通信	13
2-2-2 既存ネットワークと中継器との通信	15
2-3 通信データ交換技術の開発	17
2-3-1 無線センサネットワーク相互のデータ交換技術の開発	17
2-3-2 既存のネットワークとのデータ交換技術の確立	17
2-4 ネットワークへの簡単接続技術の開発	20
2-4-1 各ネットワークへの「簡単」接続方式の開発	20
2-4-2 携帯電話の画面から設定方式を開発	20
2-5 各種無線ネットワークでの検証	26
2-5-1 スマートフォン Bluetooth 中継器 IrDA 電源モジュールの制御	26
2-5-2 iPad WiFi 中継器 ZigBee 電源モジュールの制御	27
2-5-3 ZigBee リモコン ZigBee 中継器 IrDA 電源モジュールの制御	28
2-5-4 Bluetooth リモコン Bluetooth 中継器 IrDA 電源モジュールの制御	29
2-5-5 電力計 ZigBee 中継器 WiFi iPad モニタ	30
2-5-6 電力計 ZigBee 中継器 FOMA 携帯電話	30
2-5-7 SP02 計データ Bluetooth 中継器 WiFi iPad	31
2-5-8 SP02 計データ Bluetooth 中継器 FOMA 携帯電話	31
2-5-9 2.4GHz 帯無線電波の通信可能距離の検証	32
2-6 まとめと今後の課題	33

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 背景

近年、デジタルテレビ、DVDレコーダー、携帯型音楽プレイヤーなどの情報家電は、インターネットに繋がる(イーサネット,無線LANデバイスを搭載)ものが増えてきた。これらの情報家電は、2000年以降の家電市場の拡大に貢献してきたが、現在のところ普及率が軒並み頭打ちになり、アナログ放送の停止という特需を除くと、今後の大幅な市場の拡大は望めない状況にある。

国内家電メーカー各社は情報家電に付加価値を付けるために、テレビやレコーダーにWebブラウザを搭載したり、DLNA(Digital Living Network Alliance)に対応し宅内に動画や音楽を配信可能としているが、パソコン上の機能を単に家電上に焼きなおしたものが多く、差別化要素には至っていない。そもそも、リビングにネット回線が来ていない場合は接続できないし、パソコンに比べてWebサイト閲覧のユーザビリティは高くないからである。

このような環境の中では、ただインターネットにつながるだけでは売りにならないため、今後の家電は**独自のサービス**と、**ネットワーク接続の容易性**がより重要になり、スマートグリッドを見据えた新たな段階のホームネットワークを実現する必要がある。独自のサービスを実現するには、インターネット上のサービスはもちろん重要であるが、情報家電に加えて、固定電話やドアフォン、防犯カメラなどのセキュリティ機器、エアコン、冷蔵庫、照明などの白物家電、心電計や体重計などの健康家電など、実際に宅内にある様々な種類の家電と連携することで初めて、新しいサービスを提供することが可能となる。

異なる分野の製品でネットワークの連携を実現するには共通規格が重要であるため、複数のレイヤでコンソーシアムが立ち上がり規格化を行っているが、これだけ多岐にわたる分野で、複数企業・異業種の協調を図るのは容易ではない。我々はこの点にビジネスチャンスがあると考えており、異種ネットワーク接続のデファクトスタンダードとなることを目指している。

1-1-2 目的

無線センサネットワークにはBluetooth,ZigBee等があるが、相互接続や既存ネットワークとの接続はサーバー機器に委ねられており、どこにでも簡単に設置できるものではない。この煩雑な接続性を小型、バッテリー駆動可能なユビキタス中継器を研究開発することで解消し、高齢者の見守り、家庭の防犯、工場設備の保守点検など、いつでもどこでも無線センサーを使用可能とする。

1-1-3 目標

無線センサネットワーク等ホームエリアネットワークにおける長所を組み合わせることでネットワークの機能向上を図るとともに、各方式相互の通信を可能とする。さらに、LAN、無線LAN、携帯データ通信との接続により広域ネットワークとも可能とすることで、ホームエリアネットワークの機能を飛躍的に向上させ、適応領域を拡大する。具体的には、以下の【1】から【4】を目標とする。

【1】 無線通信技術の開発（図1-1）

【1-1】 パソコンを利用せずに以下の無線ネットワークと中継器との無線通信を可能とする。

(1)Bluetooth、(2)ZigBee、(3)IrDA（赤外線通信）

【1-2】 既存ネットワークとしての以下の通信をパソコンを利用せずに可能とする。

(4)LAN、(5)無線LAN、(6)携帯データ通信

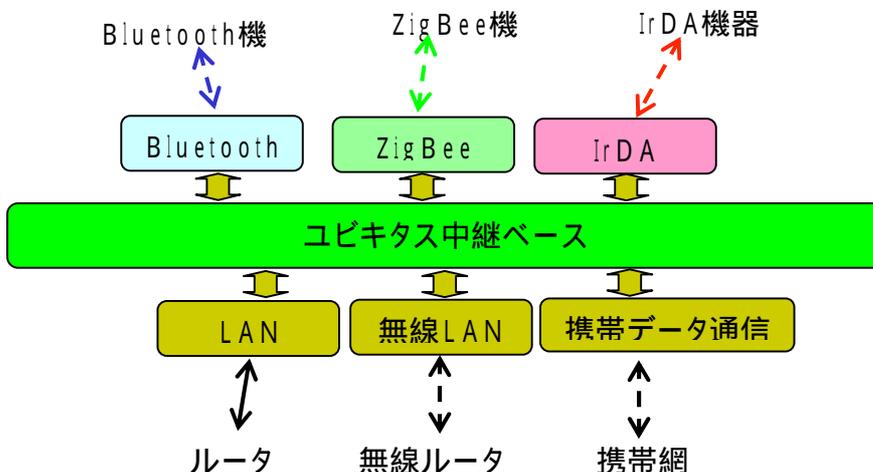


図1-1 無線通信技術の開発

【2】 通信データ交換技術の開発

異なる通信方式間でデータ交換できる技術を確立する。（図1-2）

【2-1】 無線センサネットワーク相互のデータ交換技術の開発

無線センサネットワーク（Bluetooth、ZigBee、IrDA）に関し、各方式間のデータ交換を可能とする。

【2-2】 既存のネットワークとのデータ交換技術の確立

無線センサネットワーク（Bluetooth、ZigBee、IrDA）と、既存のネットワーク（LAN、無線LAN、携帯データ通信）とのデータ交換を可能とする。

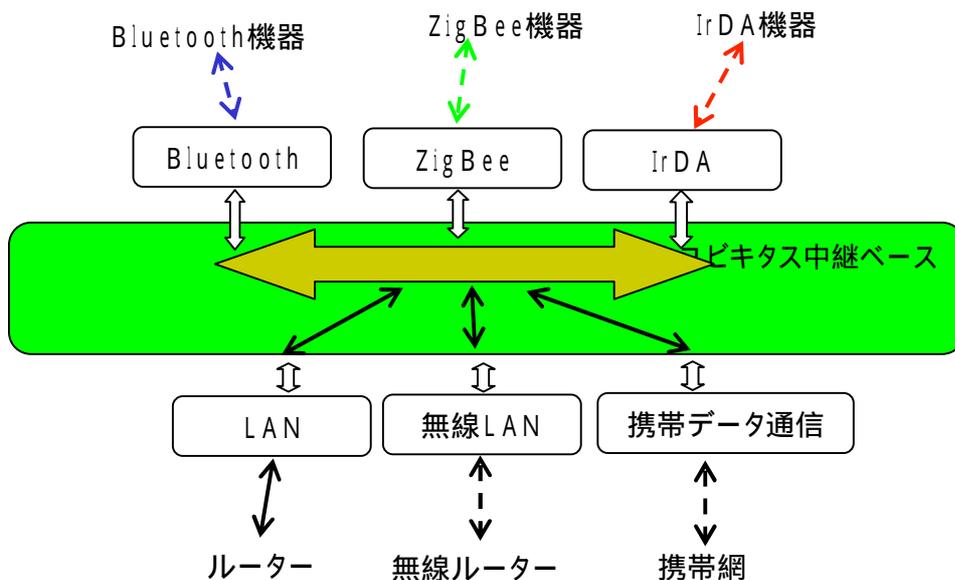


図1-2 通信データ交換技術の開発

【3】ネットワークへの簡単接続技術の開発

各ネットワークへの接続を「簡単」に行えるように、携帯電話の画面を利用した接続設定が行える技術を開発する。(図1-3)

【3-1】各ネットワークへの「簡単」接続方式の開発

家電品の取扱いレベル(専門家でない人の操作)で各ネットワークへの接続が可能とする。

【3-2】携帯電話の画面からの設定方式の開発

携帯電話の画面で機器の設定ができるようにする。

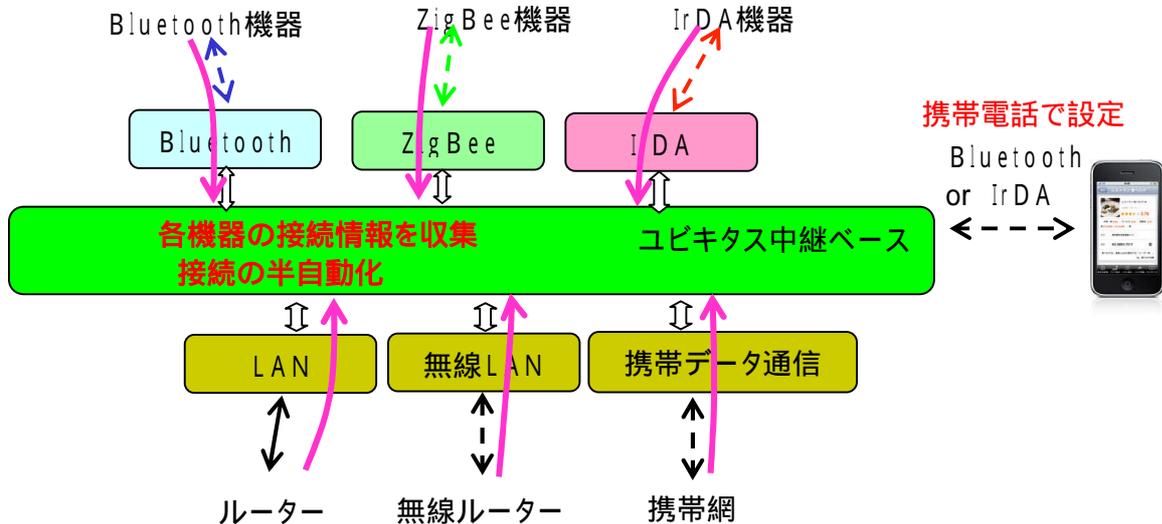


図1-3 ネットワークへの簡単接続技術の開発

【4】各種無線ネットワークでの検証

開発したユビキタス中継器を各種条件で実際に使用して接続性、利便性を検証する。(図1-4)

【4-1】無線センサネットワークとの接続の検証

Bluetooth, ZigBee, IrDAの各種機器との接続を検証する。

【4-2】無線センサネットワーク同士の接続の検証

本ユビキタス中継器を介して、Bluetooth, ZigBee, IrDA各機器相互の接続を検証する。

【4-3】無線LAN、LAN、携帯データ通信との接続の検証

本ユビキタス中継器を介して、無線センサネットワーク(Bluetooth, ZigBee, IrDA)と無線LAN、LAN、携帯データ通信との接続を検証する。

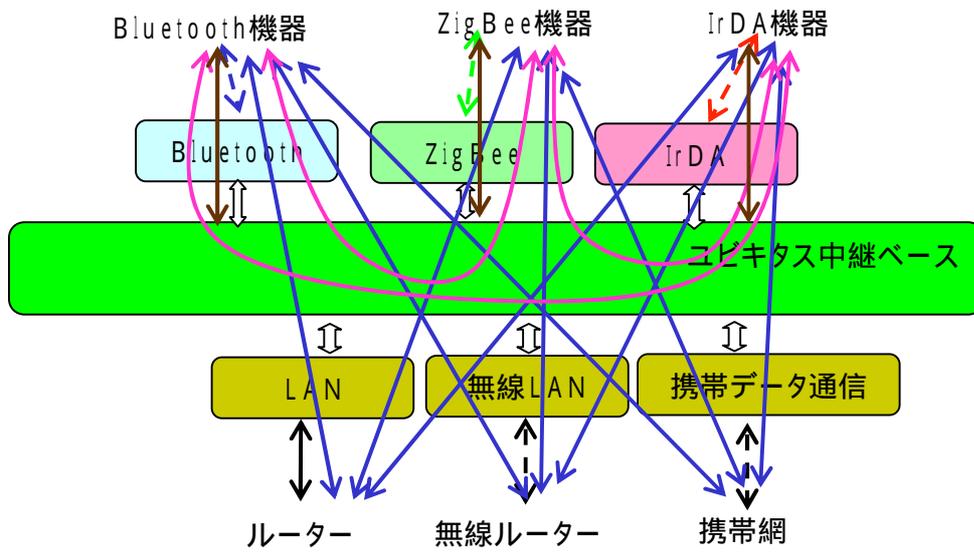
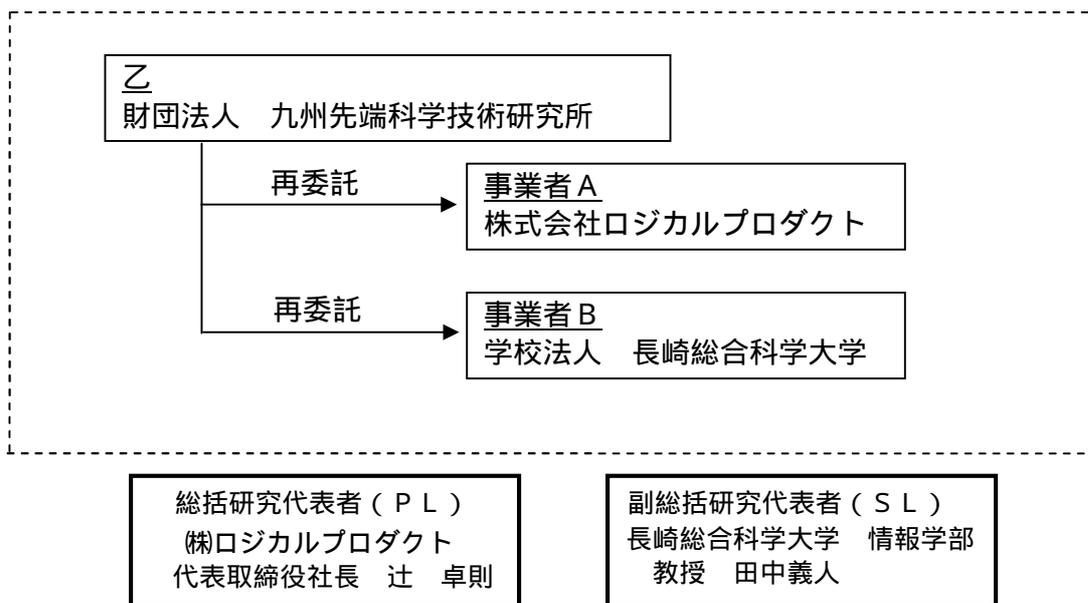


図 1-4 各種無線ネットワークでの検証

1 - 2 研究体制



1-3 成果概要

1-3-1 無線通信技術の開発

担当：ロジカルプロダクト

Bluetooth、ZigBee、IrDAとの通信をパソコンを使用せずに実現

無線通信方式	開発内容
(1) Bluetooth	・SPP (Serial Port Profile)、DUN (Dial-up Networking Profile) に対応 ・無線特性を測定 最適なアンテナ状態で通信
(2) ZigBee	・IEEE802.15.4 に対応、ZigBee スタックを搭載 無線モジュールを試作 ・無線特性を測定 最適なアンテナ状態で通信
(3) IrDA	・赤外線通信用ハードウェアを試作 ・IrDA 規格のコントロールソフトを開発

既存ネットワークとの通信をパソコンを使用せずに実現

ネットワーク	開発内容
(4) LAN	・それぞれの通信モジュールを利用 ・プロトコル変換後のデータをシリアルデータとして取り扱うことで通信 ・コントローラ上の組み込みソフトとして機能を実現
(5) 無線 LAN	
(6) 携帯データ通信	

1-3-2 通信データ交換技術の開発

担当：ロジカルプロダクト

無線センサネットワーク相互のデータ交換技術の開発

無線センサネットワーク (Bluetooth、ZigBee、IrDA) それぞれに通信可能な無線モジュールを接続した中継機において、相互に通信できる組み込みソフトを開発

既存のネットワークとのデータ交換技術の確立

-1 で開発した中継機に対し、既存のネットワーク (LAN、無線 LAN、携帯データ通信) 用モジュールを接続し、既存のネットワークとのデータ交換を可能とする組み込みソフトを開発。

1-3-3 ネットワークへの簡単接続技術の開発

担当：ロジカルプロダクト、長崎総合科学大学

各ネットワークへの「簡単」接続方式の開発

通信レイヤのカプセル化技術を用いて、相互接続プロトコルを開発。細かい設定を裏側に隠すことで、数ステップで機器への接続が可能とした。

携帯電話（スマートフォン、iPad等）の画面からの設定方式を開発

携帯電話と中継器をWiFiで接続し、携帯電話の画面で中継器の設定ができる組み込みソフトを開発。

さらに、ユビキタス中継器内にWebサーバーを搭載し、Webサーバーにアクセスすることで、特別なアプリを必要とせずにスマートフォンやiPadから設定ができる方式を開発した。

1-3-4 各種無線ネットワークでの検証

担当：長崎総合科学大学

無線センサネットワークとの接続の検証

Bluetooth, ZigBee, IrDAの各種機器との接続を検証。

無線センサネットワーク同士の接続の検証

本ユビキタス中継器を介して、Bluetooth, ZigBee, IrDA各機器相互の接続を検証。

無線LAN、LAN、携帯データ通信との接続の検証

本ユビキタス中継器を介して、無線センサネットワーク(Bluetooth, ZigBee, IrDA)と無線LAN、LAN、携帯データ通信との接続を検証。

各無線機器とユビキタス中継器を用いて、データ送信の実験を行い動作検証を行った。また、無線強度の測定も行い、通信可能な距離を検証した。

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口

所属 株式会社ロジカルプロダクト 代表取締役社長
氏名 辻 卓則
電話 092-405-7603
FAX 092-405-7604
E-mail tsuji@lp-d.co.jp

所属 長崎総合科学大学 教授
氏名 田中 義人
電話 095-838-5199
FAX 095-830-2091
E-mail tanaka_yoshito@nias.ac.jp

第2章 本論

2-1 はじめに

(1) 背景

図2-1に家庭における無線通信の現状を示す。図に示すように各通信方式は、それぞれ覇権を競っており、得意なアプリケーションに利用されていることから、無線通信規格が統一され難い状況である。

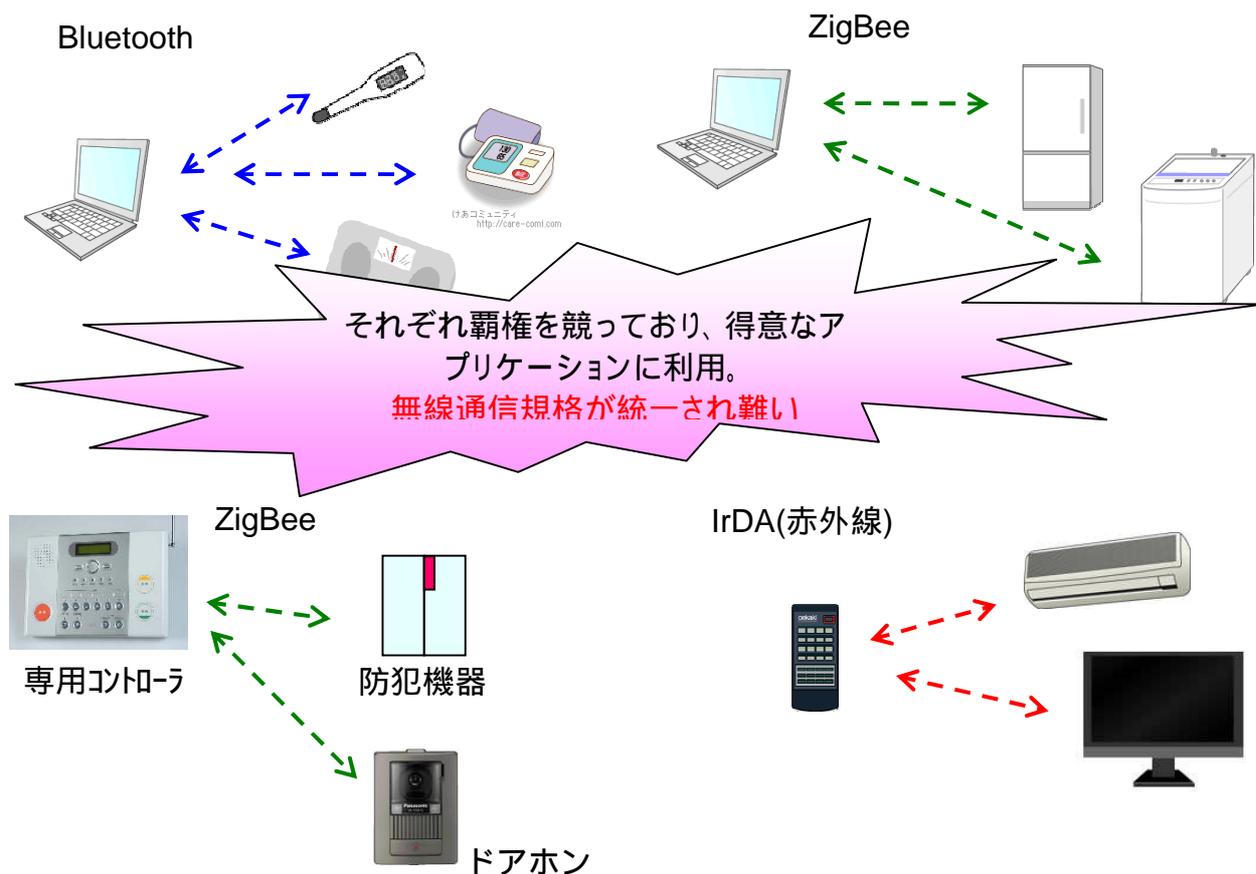


図 2-1 現状

(2) 解決策

そこで、各種通信方式の相互通信を可能とする「ユビキタス中継器」を開発し、各端末同士の通信を可能とすると同時に広域のネットワークにも接続できるようにすることで、現状の問題点の解決を図ることとした。図2-2に解決策を示す。

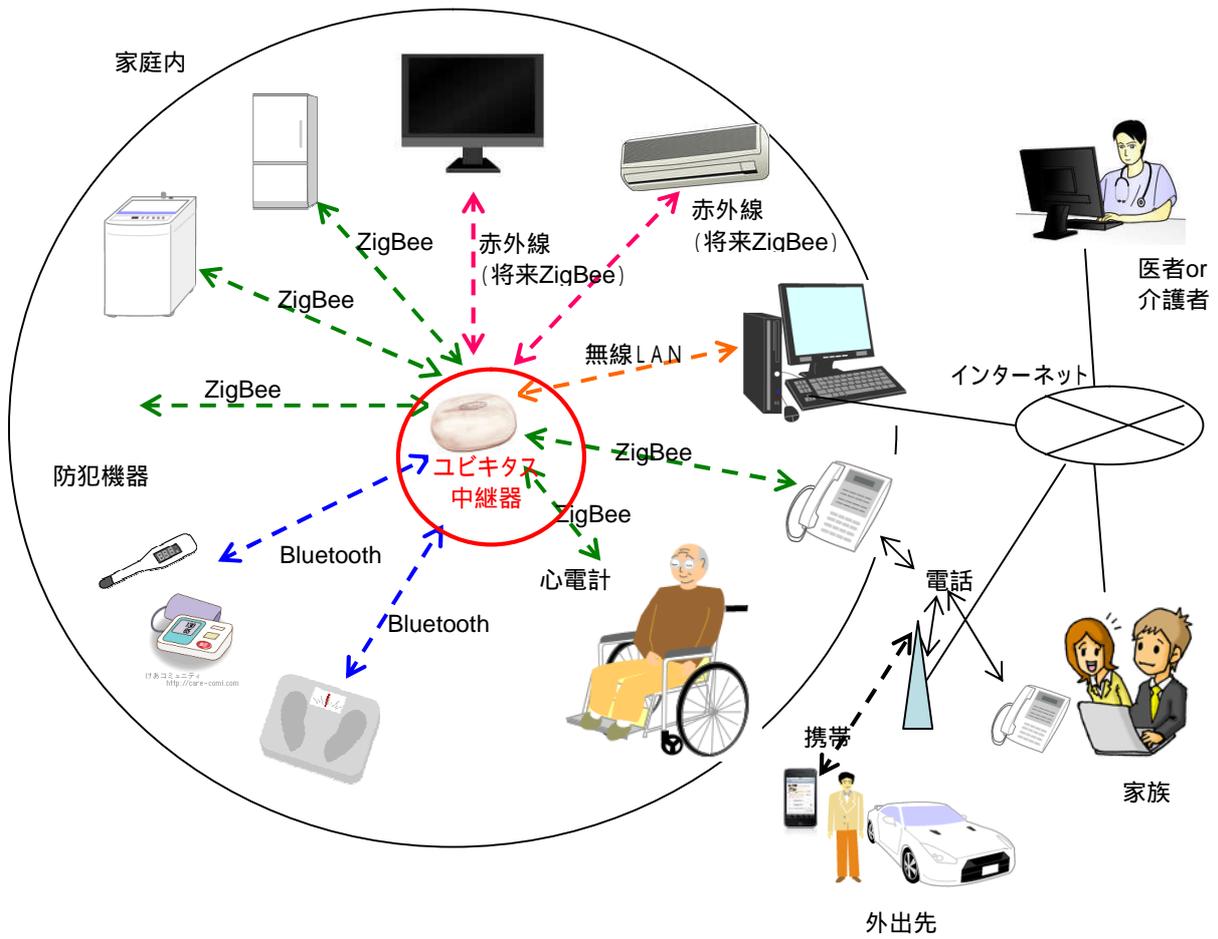


図 2-2 解決策

(3) 研究内容

図 2-3 に研究開発の内容を示す。

無線通信技術の開発
 通信データ交換技術の開発
 ネットワークへの簡単接続技術の開発
 各種無線ネットワークでの検証

構成図

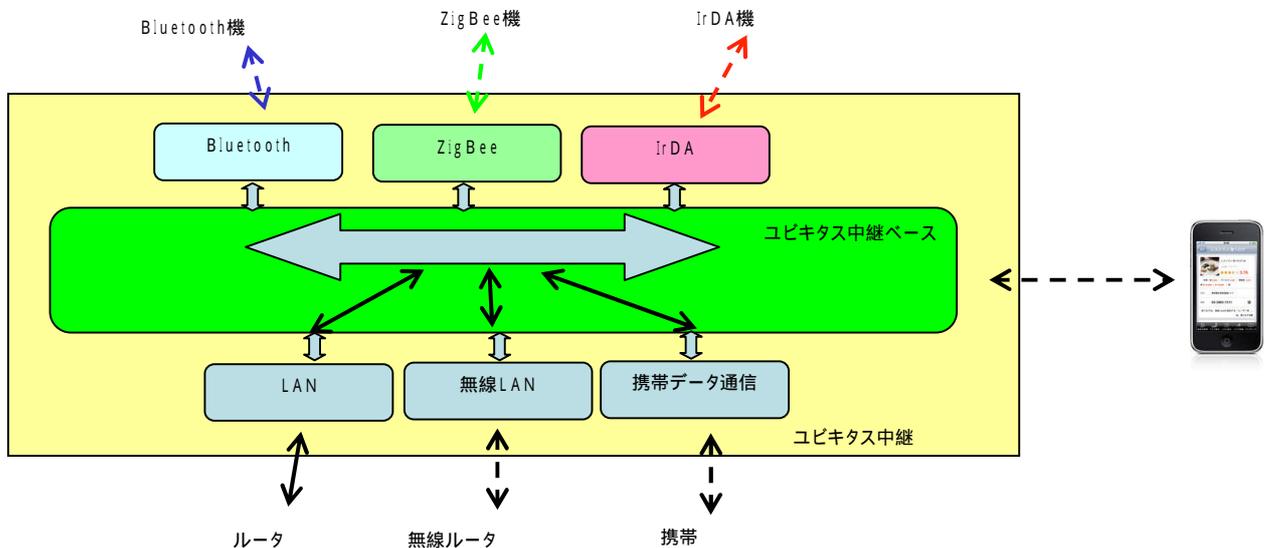


図 2-3 研究開発の内容

以下に実施した研究内容について詳細を述べる。

2-2 無線通信技術の開発

2-2-1 無線ネットワークと中継器との通信

(1) Bluetoothの無線通信技術の確立

Bluetoothには対象機器の種類ごとに策定されたプロトコルがあり、これをプロファイル (Profile) と呼び標準化している。使用頻度の高い以下のプロファイルに対応させるために組み込みソフトを開発した。

- SPP (Serial Port Profile)
- DUN (Dial-up Networking Profile)

SPPはシリアルで通信を行うのと同様の通信方式であり、シンプルで一般的なプロファイルである。

DUNは、例えば携帯電話と通信して、携帯電話から電話をかけさせるような場合に使用するプロファイルである。

本研究では、上記2つのプロファイルに対応させ、Bluetoothでの通信を実現することができた。

なお、Bluetoothでは、最初にペアリングを行う。ペアリングを含めた実際の手順を図2-4に示す。

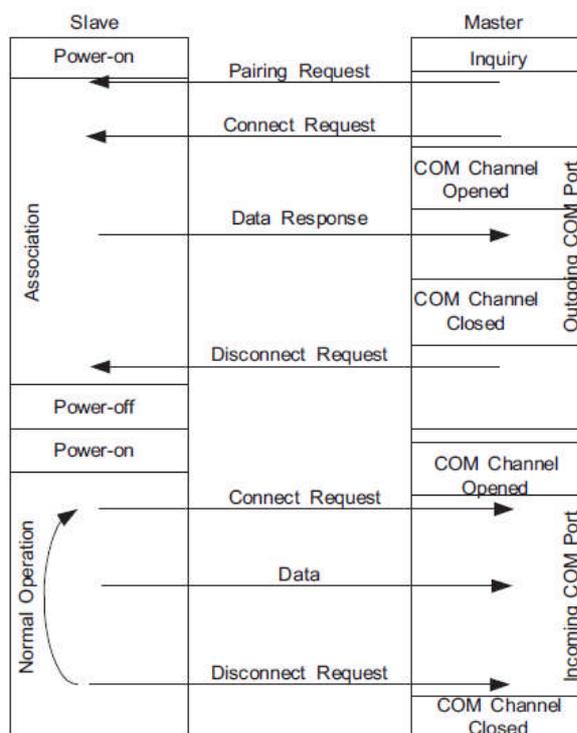


図 2-4 Bluetooth 手順

さらに、無線特性を測定し、最適のアンテナ状態で通信できるように調整をおこなった。

(2) ZigBee の無線通信技術の確立

ZigBee の基礎部分の規格である IEEE 802.15.4 に対応し、ZigBee スタックを搭載した無線モジュールの試作による開発を行った。さらに無線特性を測定し、最適のアンテナ状態で通信できるように調整した。図 2-5 に開発した無線モジュールの出力波形を示す。

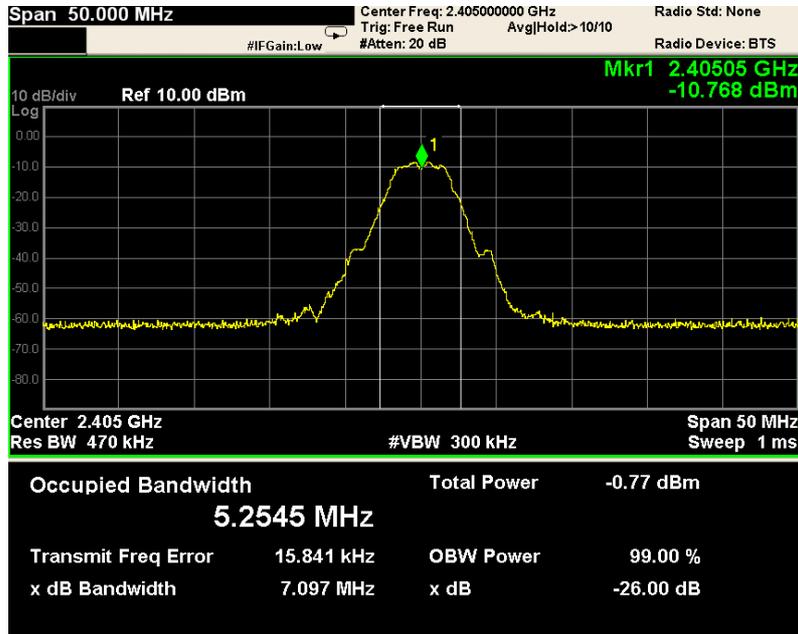


図 2-5 変調波形（注：アッテネータが-10dB 入っている）

また、スプリアス波形は図 2-6 に示すようになっており、ここで（1）の波形が本信号の波形、（3）が 2 倍高調波であり、スプリアスといわれる不要な出力である。この高調波のレベルは、電波法で $2.5 \mu\text{W}/\text{MHz}$ 以下 ($= -27\text{dBm}$) なので、 $-44\text{dBm} + 10\text{dB}$ (アッテネータ分) $= -34\text{dBm} < -27\text{dBm}$ であり、十分に基準を満足していることが分かる。

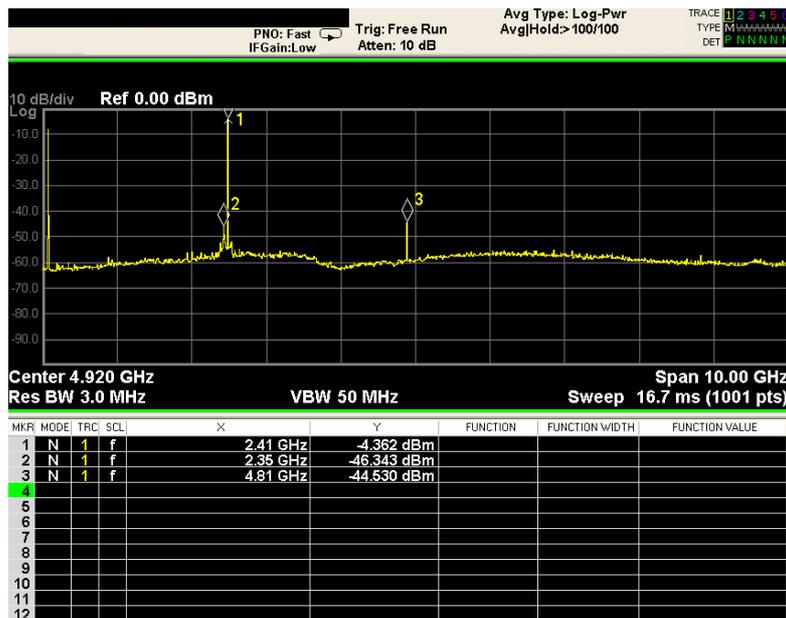


図 2-6 スプリアス波形（注：アッテネータが-10dB 入っている）

(3) IrDA の無線通信技術の確立

赤外線通信用インタフェース基板を試作し、その上で IrDA 規格のコントロールソフトを開発した。

長崎総合科学大学の調査により、学習リモコンは 240 バイトのデータを蓄えておき、ボタン操作で、蓄えたデータをそのまま出力していることが分かったので、ユビキタス中継器においても、同様に学習したデータを内部 DB に蓄えておき、外部からの指示（例えば ZigBee リモコンやスマートフォンからの指示）により、蓄えたデータで赤外線 LED を発光させることで、IrDA 機器の制御を行うことができるようになった。

2-2-2 既存ネットワークと中継器との通信

(4) LAN、(5)無線 LAN、(6)携帯データ通信

それぞれの通信モジュールを利用して、プロトコル変換後のデータをシリアルデータとして取り扱うことで通信を行う。パソコンを使用せずに、機器組み込みが可能なマイコンベースのコントローラを準備し、コントローラ上の組み込みソフトとして機能を実現した。

開発したユビキタス中継器の構成を図 2-7 に、実際の基板および外観を図 2-8 に示す。

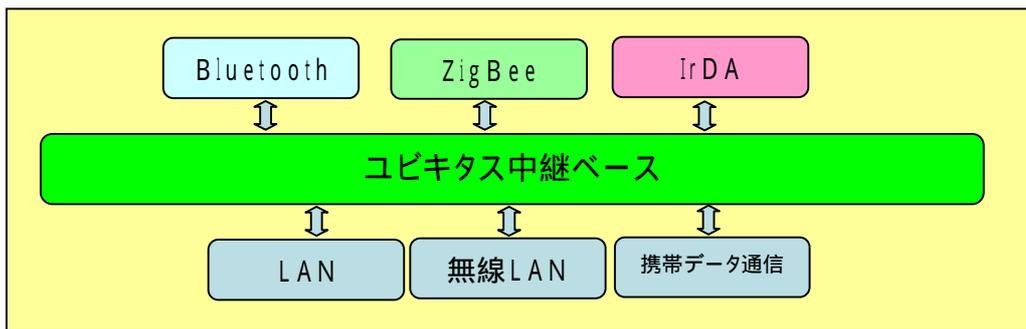


図 2-7 ユビキタス中継器の構成

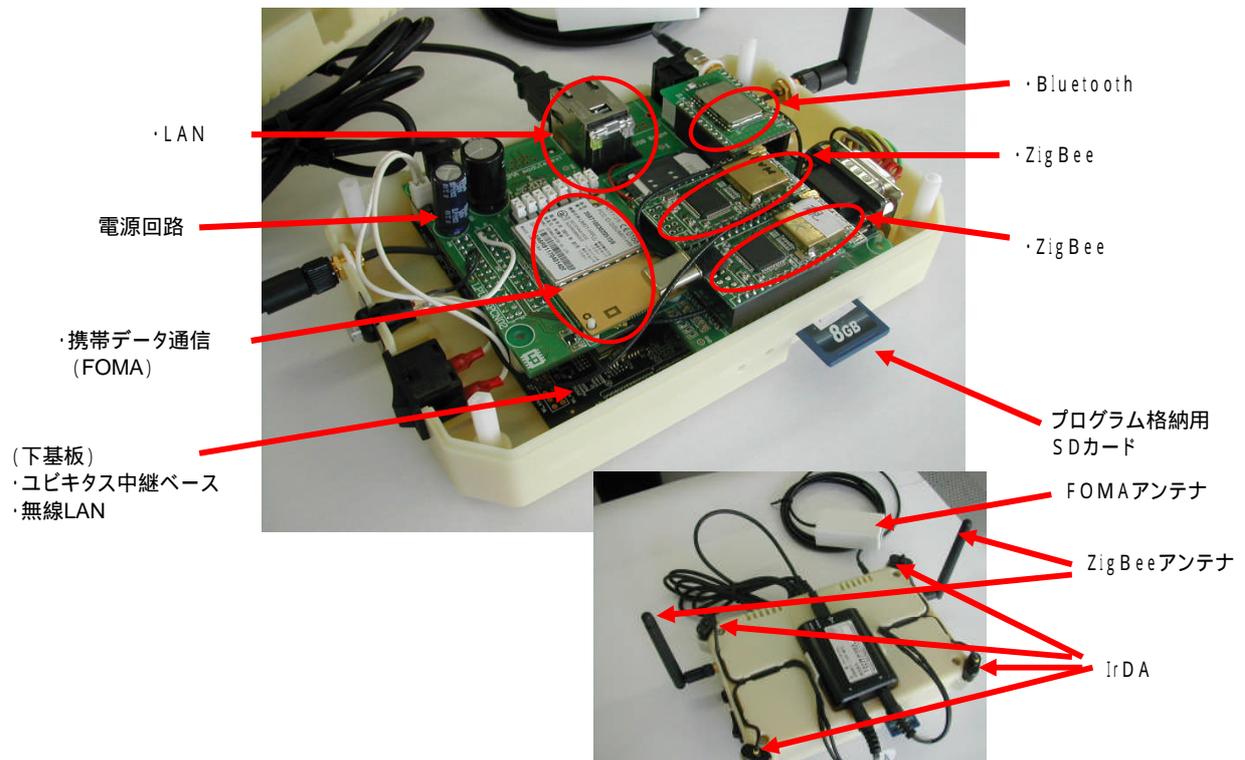


図 2-8 ユビキタス中継器の基板および外観

また、回路分析設計装置により設計した基板のパターンを図 2-9 に示す。

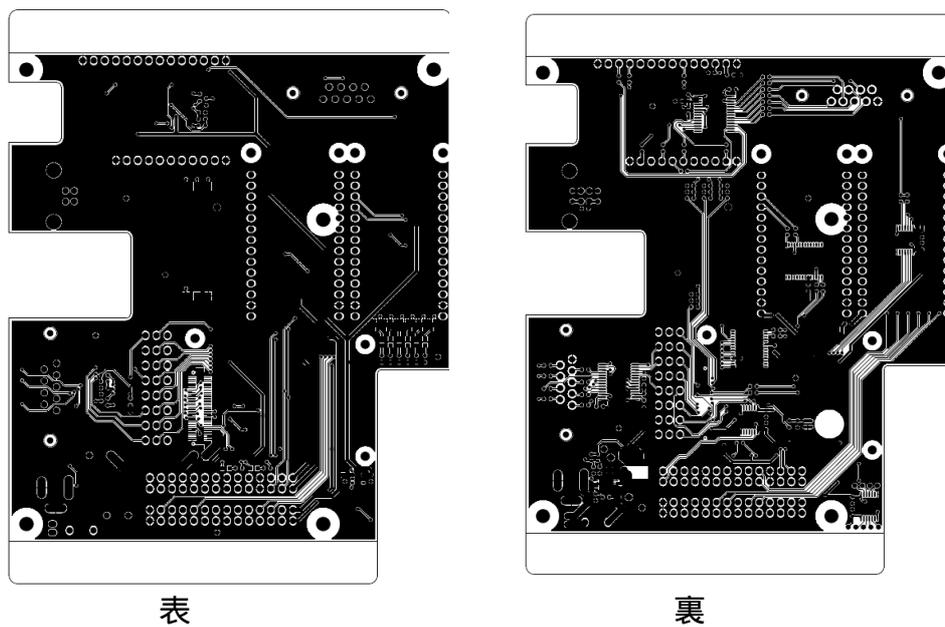


図 2-9 設計した基板パターン

2-3 通信データ交換技術の開発

異なる通信方式間でデータ交換を行うために、各通信方式からのデータを抽象化するソフトウェアの構成を検討した。図 2-10 に開発した通信データ交換技術のソフトウェア構成を示す。

各通信方式の通信モジュールは、各方式のドライバによって制御される。ドライバからの通信データは、各方式の抽象化部で、必要なデータ部のみを取り出し、抽象化レイヤーを経由してデータDBに格納される。DBに格納されたデータは、必要に応じて各通信方式で外部に送られる。

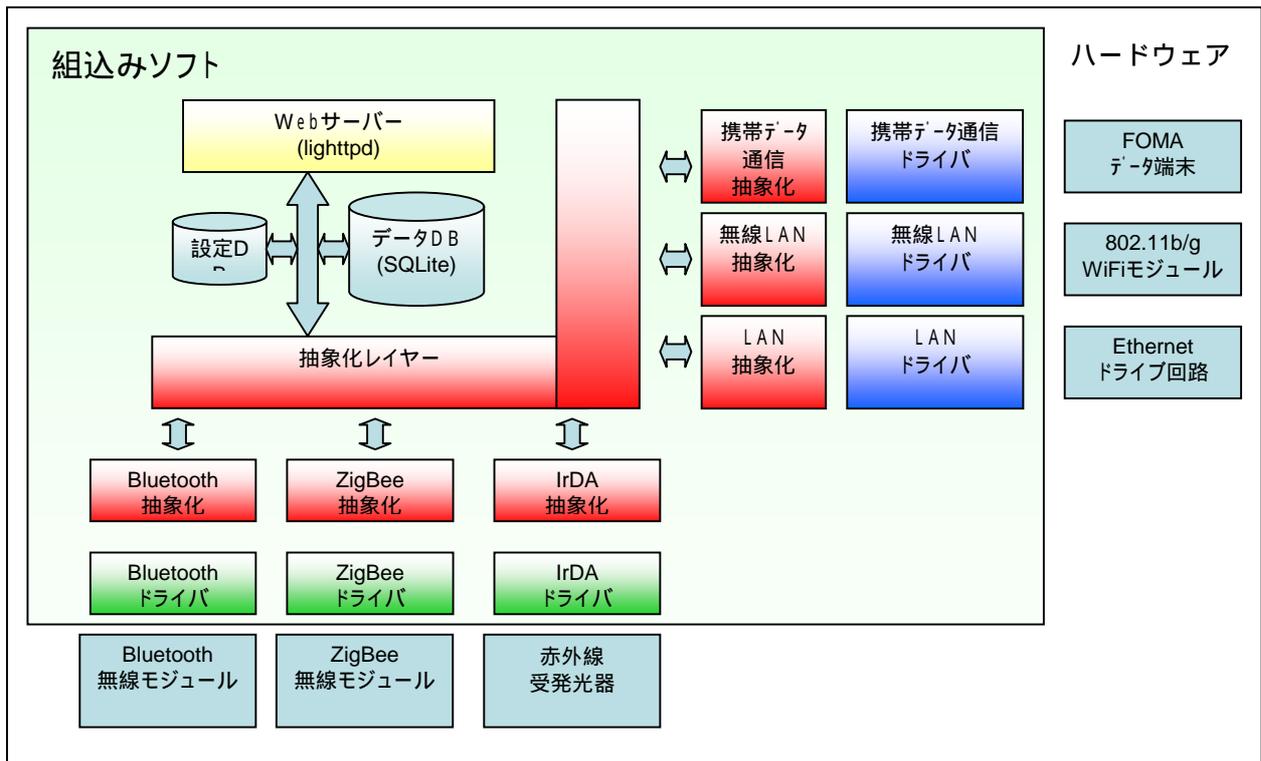


図 2-10 ソフトウェア構成

アプリケーション層において異なる通信方式間でデータ交換できる技術を確立した。

2-3-1 無線センサネットワーク相互のデータ交換技術の開発

無線センサネットワーク (Bluetooth、ZigBee、IrDA) それぞれに通信可能な無線モジュールを接続した中継機において、Bluetooth、ZigBee、IrDA 間は、データDBを経由せずに抽象化レイヤー部分でデータ交換が可能となった。

2-3-2 既存のネットワークとのデータ交換技術の確立

前項で開発した中継機に対し、さらに既存のネットワーク (LAN、無線LAN、携帯データ通信) 用モジュールを接続し、既存のネットワークとのデータ交換を可能とする組み込みソフトを開発した。

以上 2-3-1、2-3-2 により、図 2-11 に示すように、例えば、以下のような様々な場面での利用が可能となった。

Bluetooth リモコンや ZigBee リモコンにより IrDA の Power コンセントの ON /

OFFが可能になる。さらに、無線 LAN 経由でスマートフォンや iPad から Power コンセントの ON/OFF が可能になる。

Bluetooth 搭載のヘルスケア機器（パルスオキシメータ（SP02））の測定値を無線 LAN 経由でスマートフォンや iPad で確認できる。さらに、携帯データ通信経由で、携帯電話にメールで測定値が届く。

ZigBee 電力計の電力使用量が、無線 LAN 経由でスマートフォンや iPad で確認できる。さらに、携帯データ通信経由で、携帯電話にメールで測定値が届く。

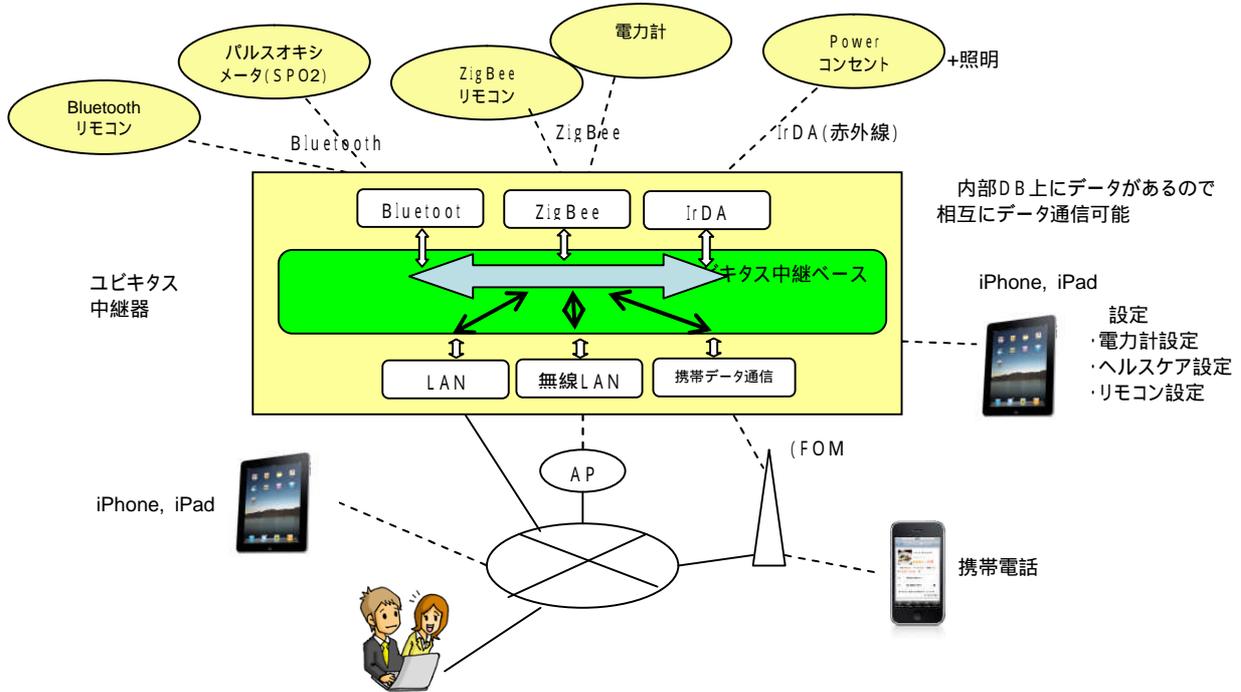


図 2-11 通信データ交換の実際例

iPad から無線 LAN(WiFi)によりユビキタス中継器にアクセスし、電力計(ZigBee)からユビキタス中継器に伝達された電力使用量、パルスオキシメータから Bluetooth でユビキタス中継器が受け取った SP02（血中酸素飽和濃度）値および心拍値を携帯電話に送るときの iPad 画面を図 2-12 に、ユビキタス中継器から送られた携帯電話の画面を図 2-13 に示す。

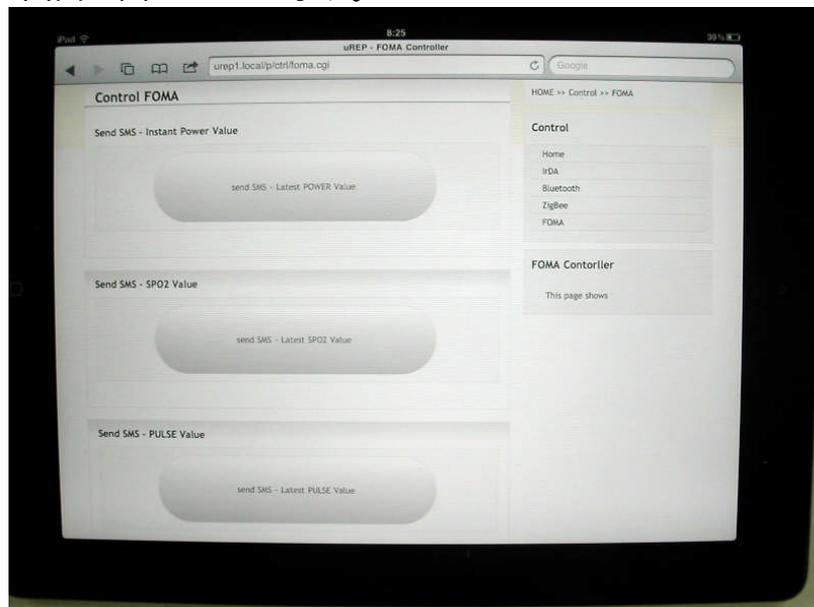


図 2-12 iPad 画面と携帯電話の画面

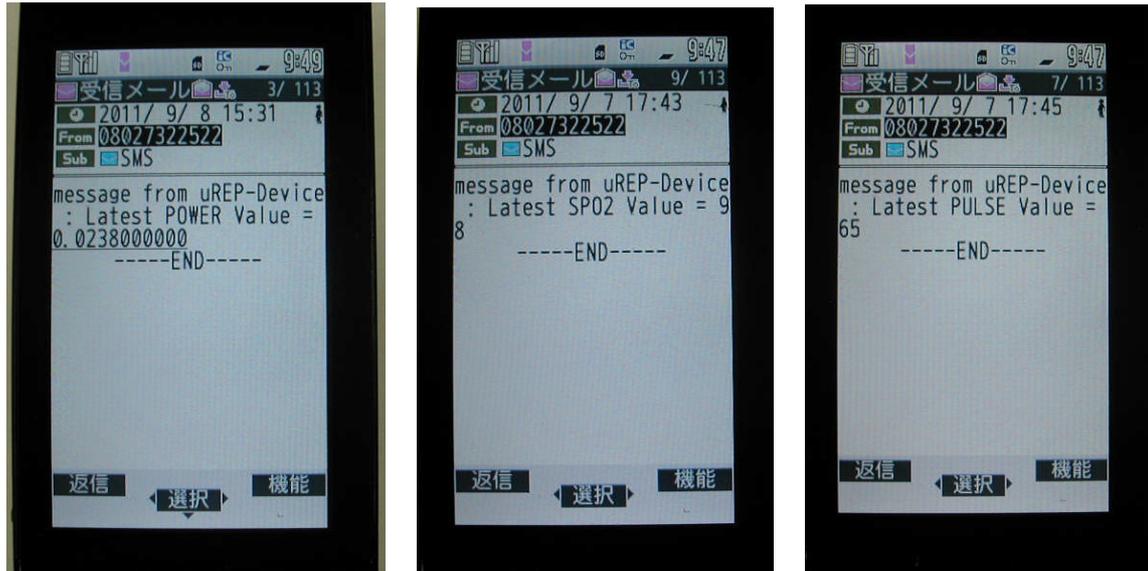


図 2-13 携帯電話の画面（左から電力使用量、SP02(血中酸素濃度)、心拍数）

2-4 ネットワークへの簡単接続技術の開発

2-4-1 各ネットワークへの「簡単」接続方式の開発

細かい設定を裏側に隠すことで、数ステップで機器への接続が可能な方式を開発した。

設定DBに各接続の設定ファイルを格納することにより、細かい設定を利用者が行うことなく、数ステップで機器への接続が可能となった(図2-14)。

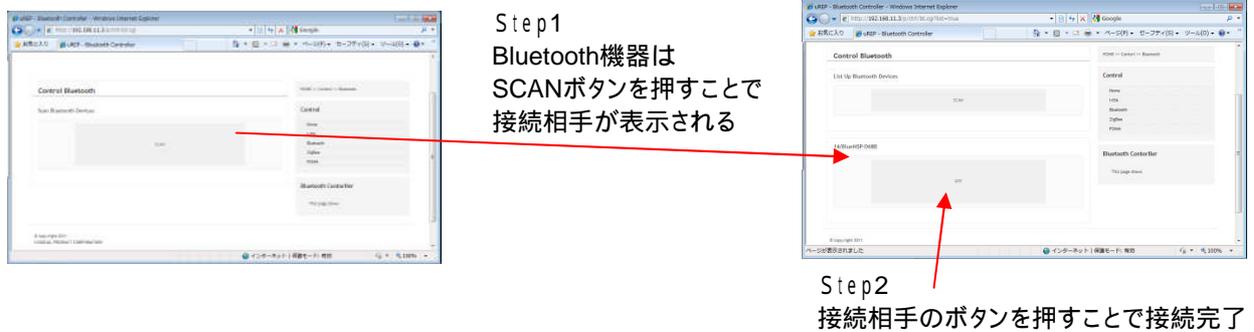


図 2-14 簡単接続の例

2-4-2 携帯電話の画面から設定方式を開発

携帯電話(スマートフォン、iPad等)と中継器をWiFiで接続し、携帯電話の画面で中継器の設定ができるように、本中継器の内部にWebサーバーを立ち上げ、携帯電話側では特別なアプリを必要とせずに、Webブラウザにより設定が可能な方式を開発した。さらにZeroConf技術により相手のIPが分からなくても、名前だけで相手を自動的に見つけることができるようにした(図2-15)。



ZeroConf 技術により
相手を自動的に見つけることができる

図 2-15 携帯電話からの設定

ユビキタス中継器内に搭載した Web サーバー上に開発した Web アプリケーションの例を以下に示す。

TOP ページを図 2-16 に示す。



図 2-16 TOP ページ

電力使用量、SP02(血中酸素濃度)表示選択画面を図 2-17 に示す。

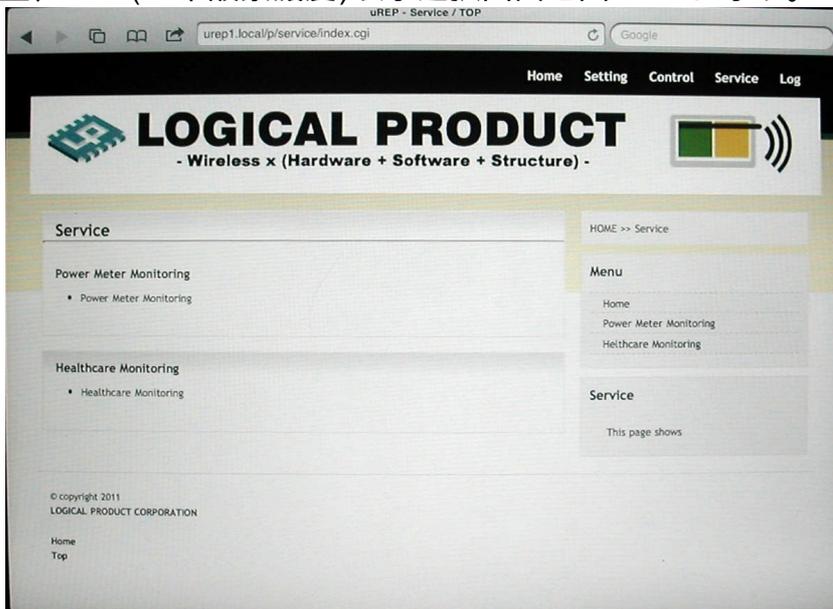


図 2-17 電力使用量、SP02(血中酸素濃度)表示選択画面

電力使用量はグラフ表示より、時系列で電力消費量が分かるようにした。表示の様子を図 2-18 に示す。

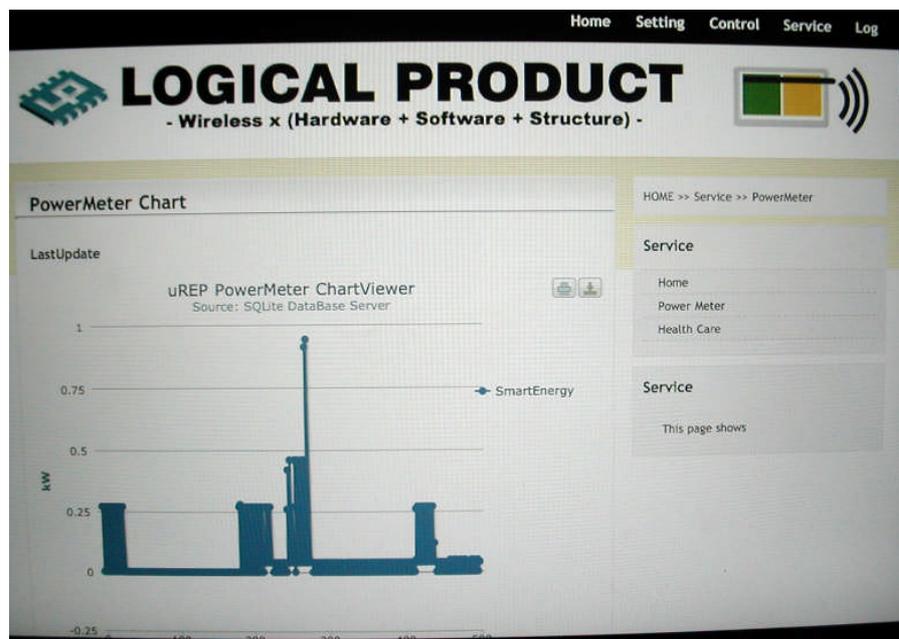


図 2-18 電力使用量表示画面

SP02（血中酸素濃度）および心拍数もグラフ表示で変化がわかるようにした。表示画面を図 2-19 に示す。

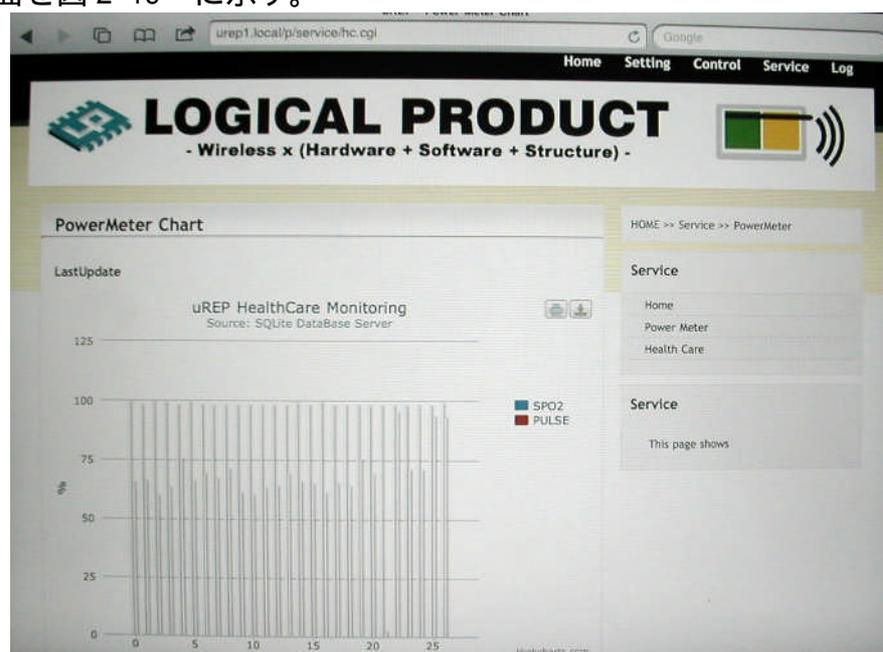


図 2-19 SP02（血中酸素濃度）および心拍数画面

以上のほかにも、必要に応じて結果やグラフの表示が簡単に追加できるソフトウェアの構造を組み込んだ。

また、ユビキタス中継器は DB を搭載しており、受信したデータを一定量ログとして保存することができる。ログを表示させた様子を図 2-20、図 2-21 に示す。

ID	Device	Class	DateTime	Data
30	ZigBee	SE	POWER 20110830114614	0.022600000
31	ZigBee	SE	POWER 20110830114624	0.022900000
32	ZigBee	SE	POWER 20110830114634	0.022600000
33	ZigBee	SE	POWER 20110830114644	0.022500000
34	ZigBee	SE	POWER 20110830114654	0.022500000
35	ZigBee	SE	POWER 20110830114704	0.022400000
36	ZigBee	SE	POWER 20110830114714	0.022400000
37	ZigBee	SE	POWER 20110830114724	0.022500000
38	ZigBee	SE	POWER 20110830114734	0.022500000
39	ZigBee	SE	POWER 20110830114744	0.022500000
40	ZigBee	SE	POWER 20110830114754	0.022600000
41	ZigBee	SE	POWER 20110830114804	0.022500000

図 2-20 データログ画面

ID	Device	Command	Dirac	DateTime
1	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	None	20110831030444
2	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	None	20110831030550
3	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	None	20110831030559
4	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	None	20110831030833
5	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	None	20110831031134
6	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	RCV	20110831081357
7	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	RCV	20110831081525
8	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	RCV	20110831081602
9	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	RCV	20110831081623
10	Bluetooth	::LIST.DEV::01::17/64-9c:8e:f4:d6:8b::14/BlueMSP-D68B	RCV	20110831081944

図 2-21 コマンドログ画面

次に、ユビキタス中継器を介した Bluetooth 通信と IrDA 通信を例に簡単接続技術について説明する。この例では、

- ・ スマートフォン (Bluetooth 通信) ユビキタス中継器 (IrDA 通信) 機器

の通信を実現する方法について説明する。スマートフォンアプリの実験画面を図 2-22 に示す。スマートフォン上には上には、制御用アプリケーションを作成する。このアプリケーションをスマートフォン上で動作させ、タッチパネルに表示した画面から IrDA リモコンのついた機器のコントロールを行う。

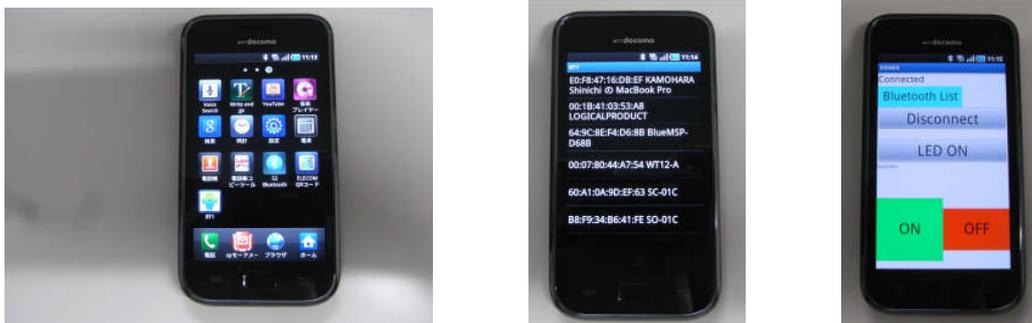


図 2-22 スマートフォンアプリの実験画面

IrDA では、240byte 長の信号が制御コマンドデータとして送信されている。このデータをスマートフォンから bluetooth 信号で中継器へ向けて送出し、中継器は受信後 IrDA データのみを赤外線信号として再送する。スマートフォンでは、IrDA 信号を表 1 のようにカプセル化し送信する。

表 1 IrDA 受信機器制御用フォーマット (Bluetooth IrDA 転送用)

55	55	F5	XX	01	02	XX	XXXX	XXXX	AA
ヘッダ		長さ	あて先	コマンド		A	IrDA データ (240byte)		フッタ

表 2 は、IrDA 送信装置そのものにするコマンドのフォーマットである。装置のリセットや LED 発光などに利用される。

表 2 IrDA 送信装置制御用フォーマット (Bluetooth IrDA 転送用)

55	55	04	XX	01	02	AA
ヘッダ		長さ	あて先	コマンド		フッタ

それぞれのネットワークへの相互接続技術も同様のカプセル化技術で実現できる。この方法により、デバイス固有の命令を直接データの中に埋め込み、中継器では一切解釈することなしにデータの交換のみ実現する。そのため、中継器のソフトウェアを変更せずに新しいデバイスに対応させることが可能となる。

IrDA 固有の問題として、一般に利用されている家電機器の赤外線リモコンの信号データは公開されていないため、既存赤外線リモコン信号を学習することで簡単接続を実現する。本中継器においても、利用する赤外線リモコン機器の信号データは学習する機能が必要である。学習は、下記の手順で簡単に実現することができる。

1. スマートフォンのアプリケーションから、Bluetooth 通信を用いて中継器に対し赤外線信号の読み取り制御信号を表 2 のようにカプセル化し送信する。
2. 中継器において赤外線読み取り制御信号部を取り出し、赤外線読み取りモードにする。
3. 赤外線リモコンを赤外線受信部に向け操作する。(学習させたい信号の送信)
4. 中継器において受信した赤外線信号をカプセル化し、Bluetooth 通信を用いてスマートフォンへ送信する。
5. スマートフォンのアプリケーションで記録・管理する。

図 2-23、2-24 は、携帯端末アプリのデザイン例である。画面デザインは、スマート

フォンの情報量の確保を重視して横向きにし、能動的に画面の中で聞きの種類および機種などの組み合わせができるようにデザインした。また、操作する際に既存の家電リモコンと違和感がないようにフィードバック情報も状況確認画面で表示される。画面の右側には家電機器の種類追加画面の配色は、視覚的に疲労度が少ない落ち着いた配色を用いて操作に無理がないように配慮してデザインを行った。

Ubiquitous Kaden



図 2-23 テレビ用リモコンデザイン

Ubiquitous Kaden



図 2-24 エアコン用リモコンデザイン

2-5 各種無線ネットワークでの検証

2-5-1 スマートフォン Bluetooth 中継器 IrDA 電源モジュールの制御

スマートフォンで赤外線リモコン対応機器を制御する例として、IrDA 対応電源モジュールの制御を行った。写真1では、電灯が消えているが、写真2では電灯が消えているのがわかる。中継器を経由して電灯の制御が可能であることを確認した。スマートフォンは、Bluetooth で中継器へ接続している。



写真1 スマートフォン (Bluetooth) による IrDA 機器の制御 (消灯)



写真2 スマートフォン (Bluetooth) による IrDA 機器の制御 (点灯)

2 - 5 - 2 iPad WiFi 中継器 ZigBee 電源モジュールの制御

iPad で ZigBee リモコン対応機器を制御する例として、ZigBee 対応電源モジュールの制御を行った。写真3では、電灯が消えているが、写真4では電灯が消えているのがわかる。中継器を経由して電灯の制御が可能であることを確認した。iPad は、WiFi で中継器へ接続している。

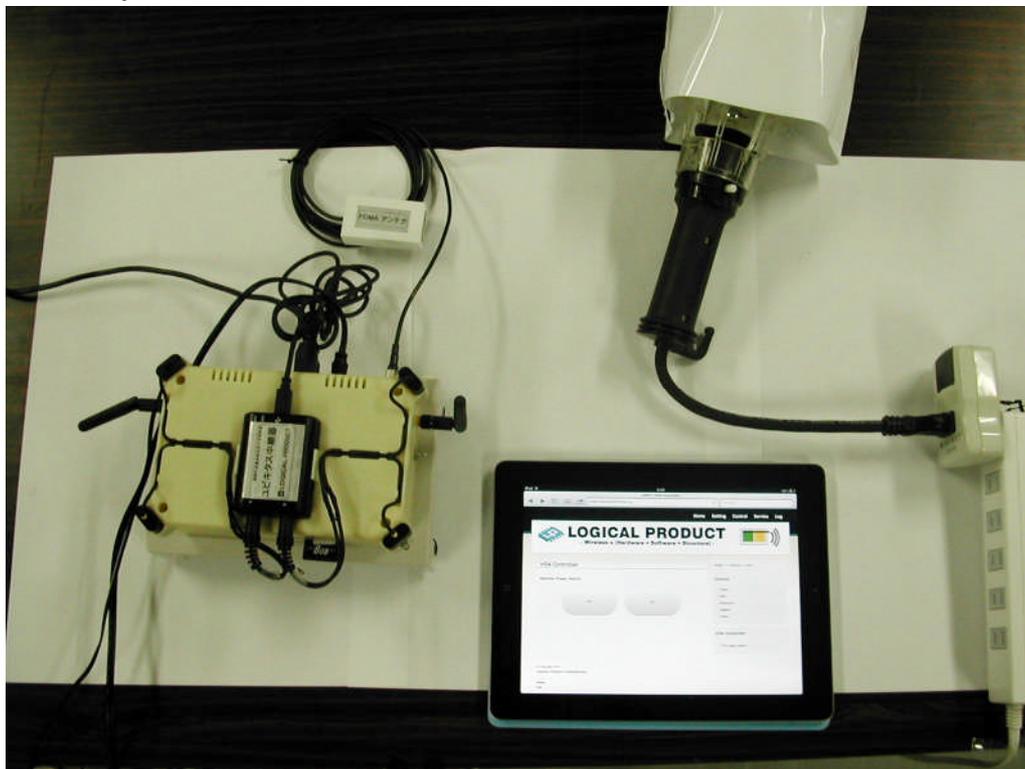


写真3 iPad (WiFi) によるZigBee機器の制御 (消灯)

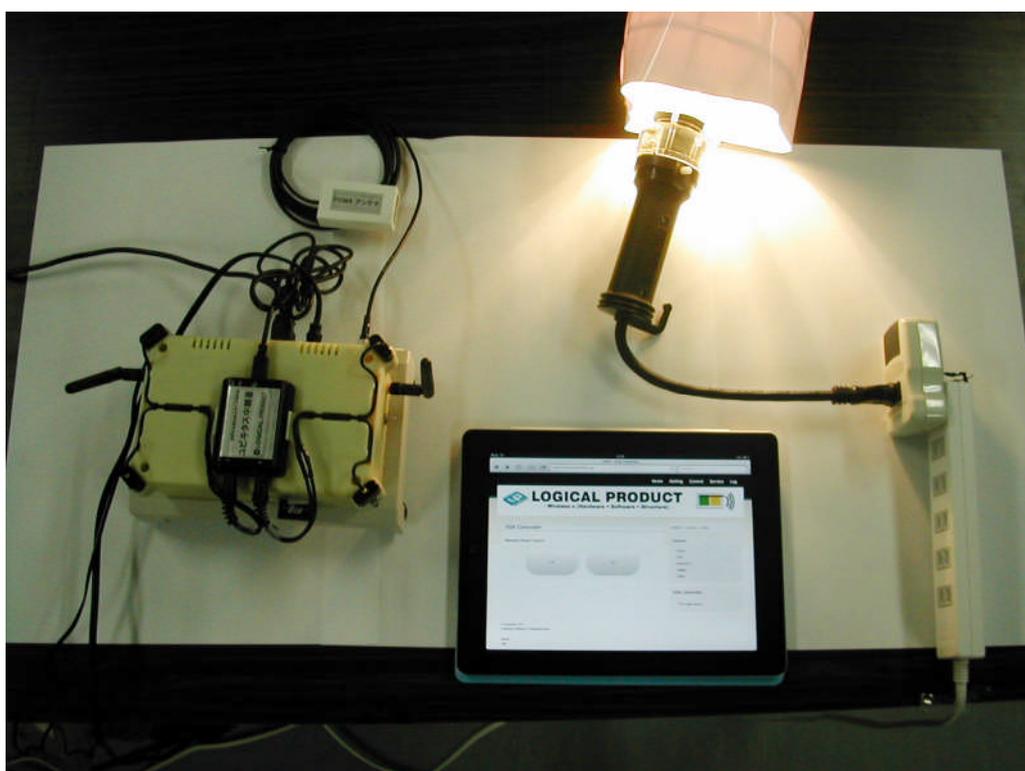


写真4 iPad (WiFi) によるZigBee機器の制御 (点灯)

2 - 5 - 3 ZigBee リモコン ZigBee 中継器 IrDA 電源モジュールの制御

試作したZigBeeリモコンでIrDA対応電源モジュールの制御を行った。写真5では、電灯が消えているが、写真6では電灯が消えているのがわかる。中継器を経由して電灯の制御が可能なことを確認した。中継器が、ZigBeeからIrDAへ変換を行っている。

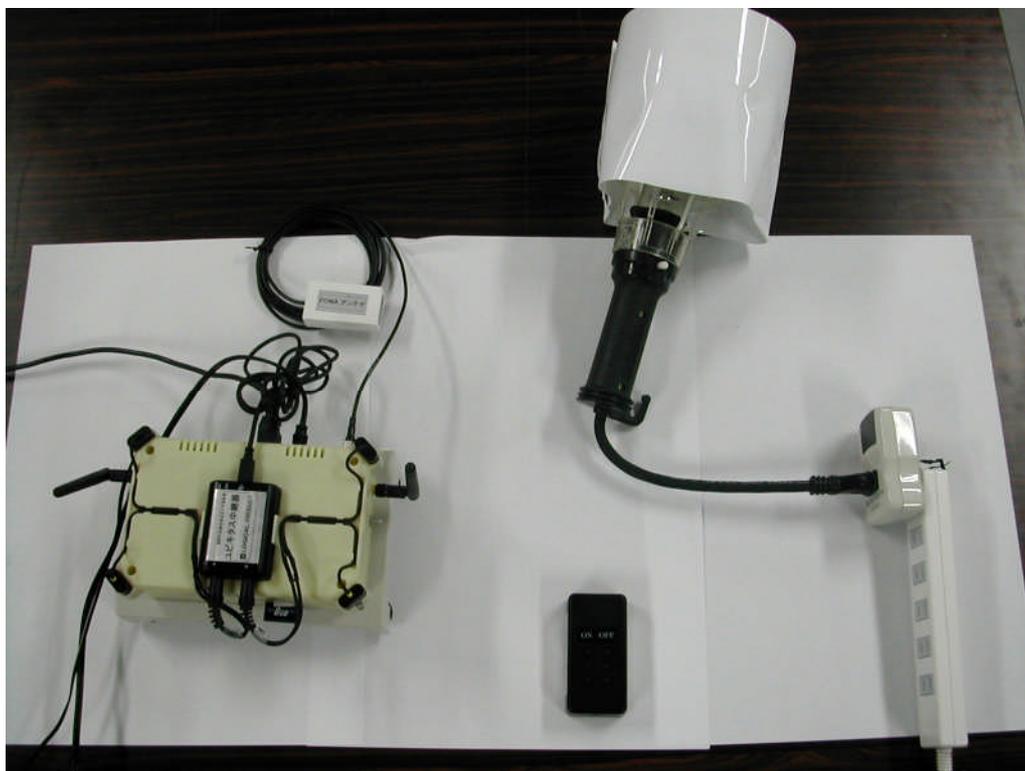


写真5 ZigBeeリモコンによるIrDA機器の制御（消灯）

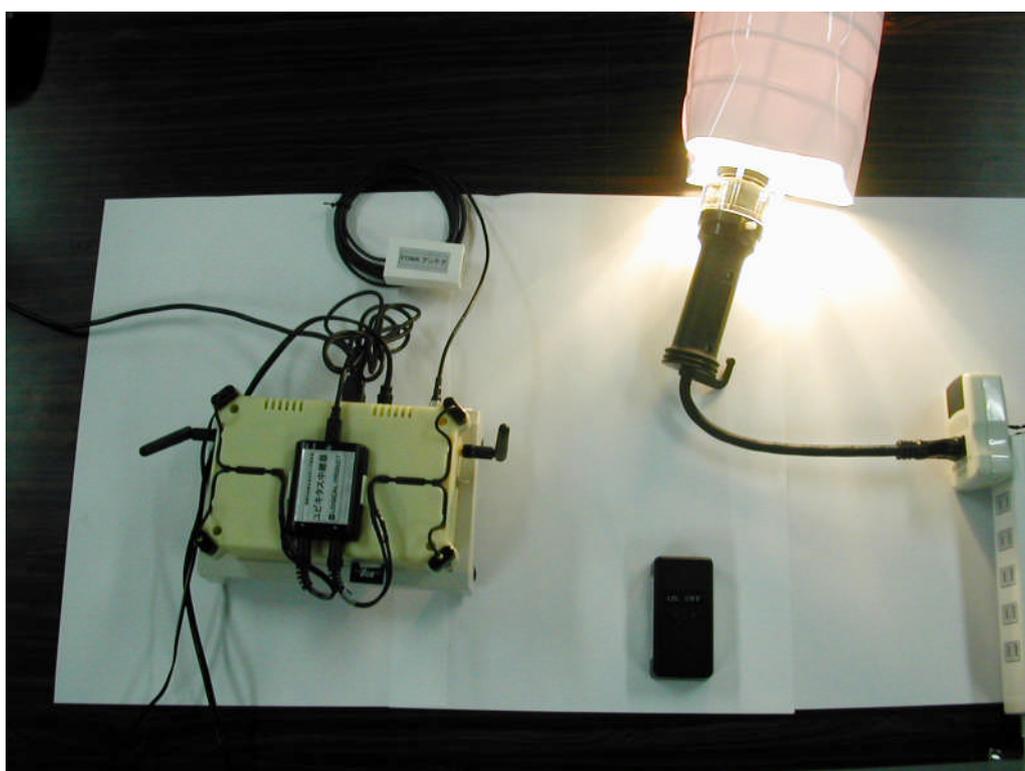


写真6 ZigBeeリモコンによるIrDA機器の制御（点灯）

2 - 5 - 4 Bluetooth リモコン Bluetooth 中継器 IrDA 電源モジュールの制御

試作したBluetoothリモコンでIrDA対応電源モジュールの制御を行った。写真7では、電灯が消えているが、写真8では電灯が消えているのがわかる。中継器を経由して電灯の制御が可能であることを確認した。中継器が、BluetoothからIrDAへ変換を行っている。

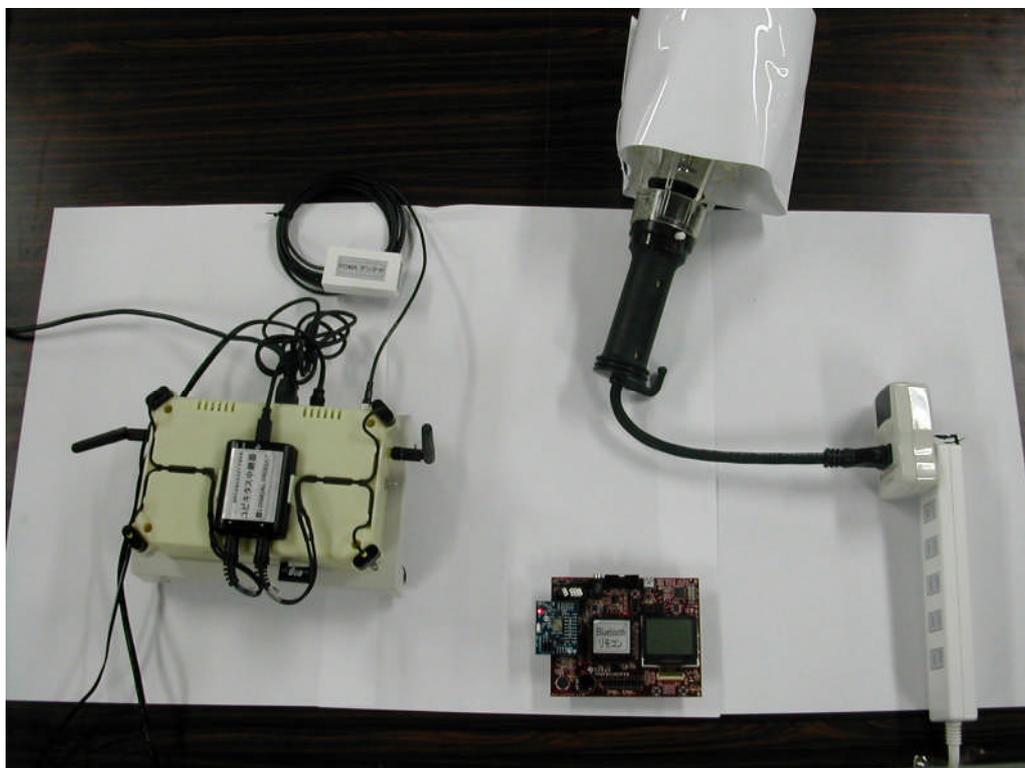


写真7 BluetoothリモコンによるIrDA機器の制御（消灯）

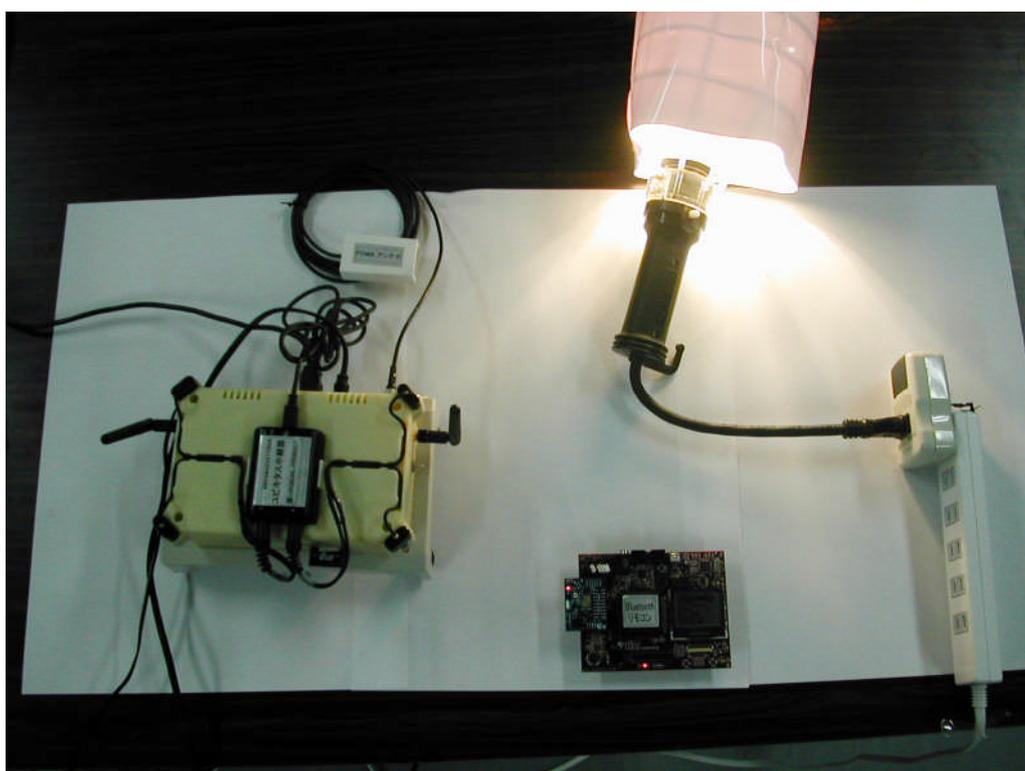


写真8 BluetoothリモコンによるIrDA機器の制御（点灯）

2 - 5 - 5 電力計 ZigBee 中継器 WiFi iPad モニタ

ZigBee対応の電力計からZigBeeに対応していないiPadへ電力データを送信している。中継器が、ZigBeeからWiFiへの変換を行っている。

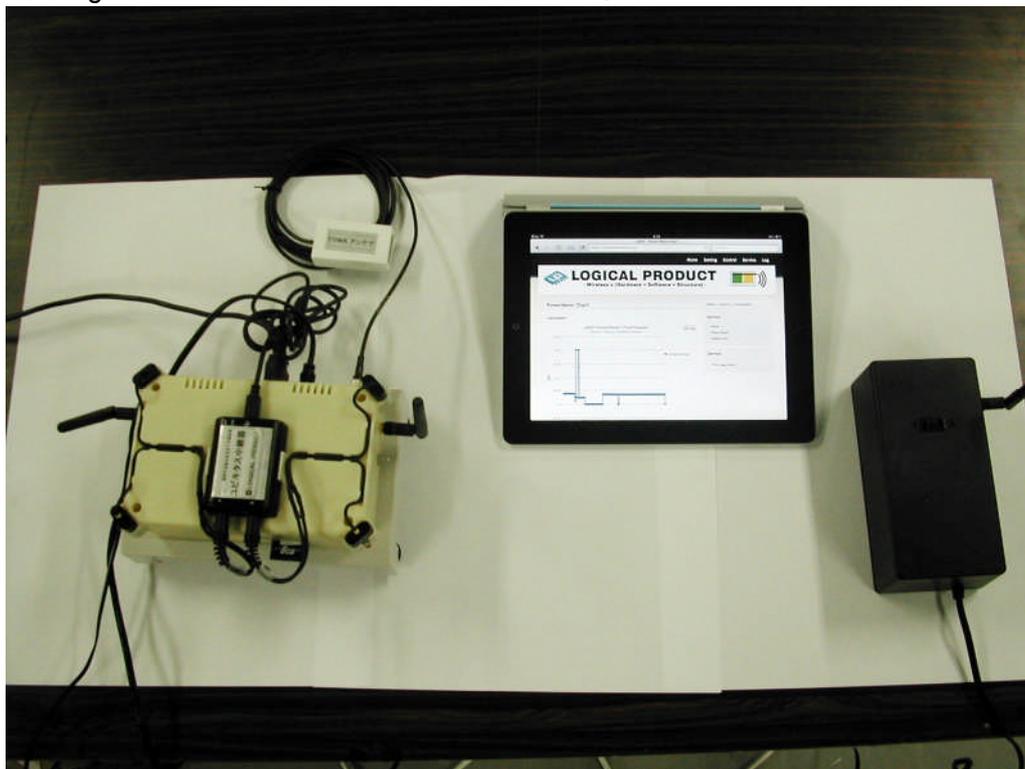


写真9 iPadによる電力計 (ZigBee) のモニタ

2 - 5 - 6 電力計 ZigBee 中継器 FOMA 携帯電話

ZigBee対応の電力計からZigBeeに対応していない携帯電話へ電力データを送信している。中継器が、ZigBeeから3G携帯網への変換を行っている。

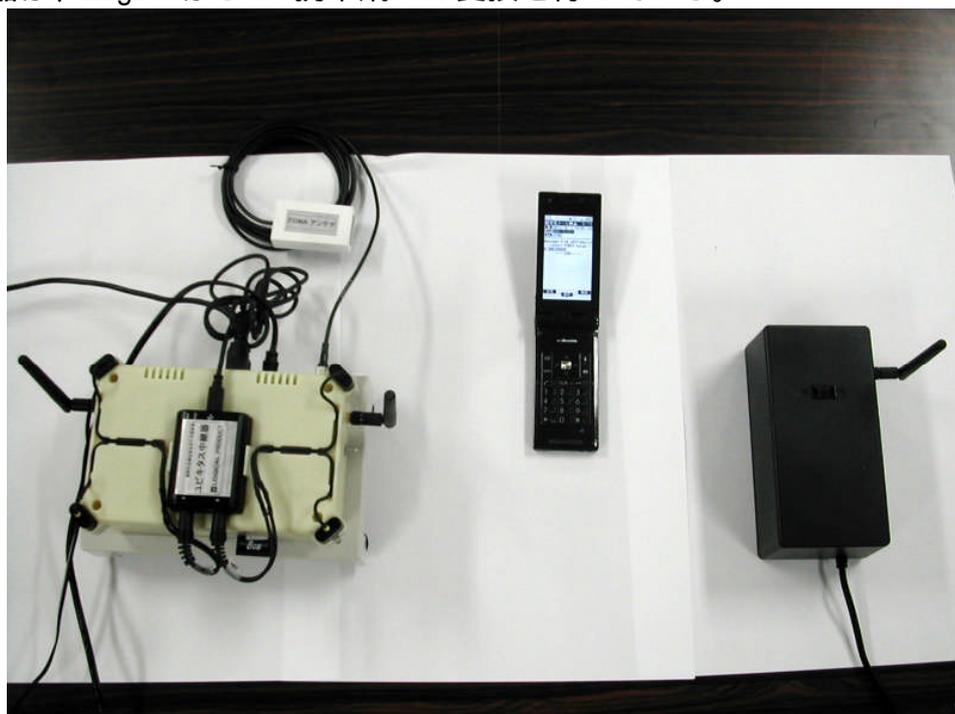


写真10 携帯電話による電力計 (ZigBee) のモニタ

2 - 5 - 7 SP02 計データ Bluetooth 中継器 WiFi iPad

Continua対応の血中酸素濃度計 (SP02計) のデータをiPadでモニタしている。Continua対応の医療機器は、Bluetoothを採用しており、PCにも直接接続は可能だが、Continua対応のBluetoothスタックをもっているものでなければならない。現在のところ、iPadには対応したBluetoothスタックがないが、中継器を経由すればBluetoothをWiFiで接続可能となる。写真11のように検証した結果、データを送信できることが確認できた。

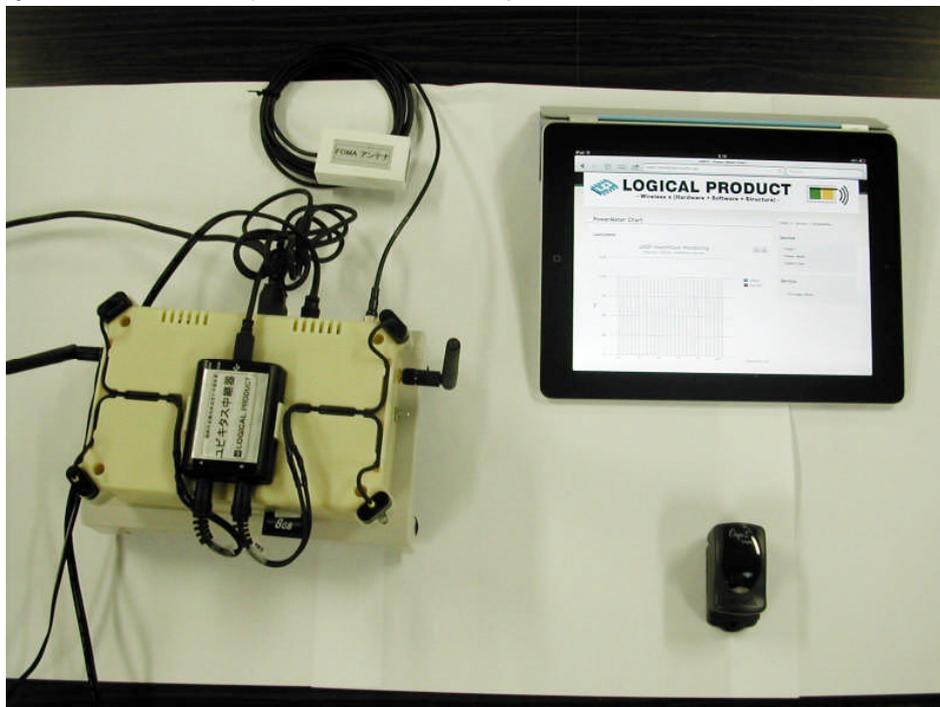


写真11 iPadによるContinua対応医療機器 (SP02計) のモニタ

2 - 5 - 8 SP02 計データ Bluetooth 中継器 FOMA 携帯電話

Continua対応の血中酸素濃度計 (SP02計) のデータを携帯電話でモニタすることができた。中継器がBluetoothから携帯電話網への変換を行っている。

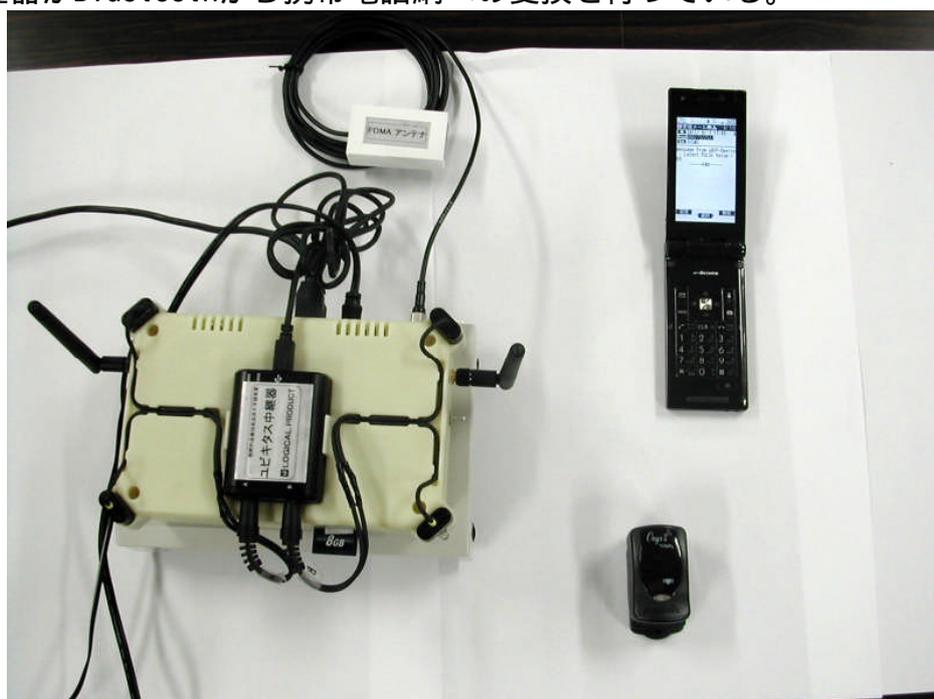


写真12 携帯電話によるContinua対応医療機器 (SP02計) のモニタ

2 - 5 - 9 2.4GHz 帯無線電波の通信可能距離の検証

屋内外での使用を想定し、ZigBee、Bluetooth、WiFi で使用されている 2.4GHz の電波強度の測定を行った。電波強度を RSSI (Receive Signal Strength Indicator) を用いて測定し、利用の問題点を調査した。この実験では、このモジュールが持つ最大の電力で無線送信を行った。

測定は、室内、屋外を想定して幅約 3m、奥行き 40m、高さ 2.5m の鉄筋コンクリート廊下にて、0~5m 地点までは 1m 間隔、以降 5m 間隔で行い RSSI を計測を行った。また、障害物として送信機の正面に人がいた場合の測定も行った。

図 2-25 に廊下 (indoor) と屋外 (outdoor) で RSSI を測定した結果を示す。屋外では、理論どおり距離に反比例した強度が観測された。一方、屋内では 3m 付近でもっとも小さな強度となり、長い距離になれば上昇する傾向が見られた。これは、建物内での電波の反射によるものと考えられる。通常の通信限界値が -80dBm である事から屋内で通常使用する場合 10m 離れていても、問題がないことがわかった。

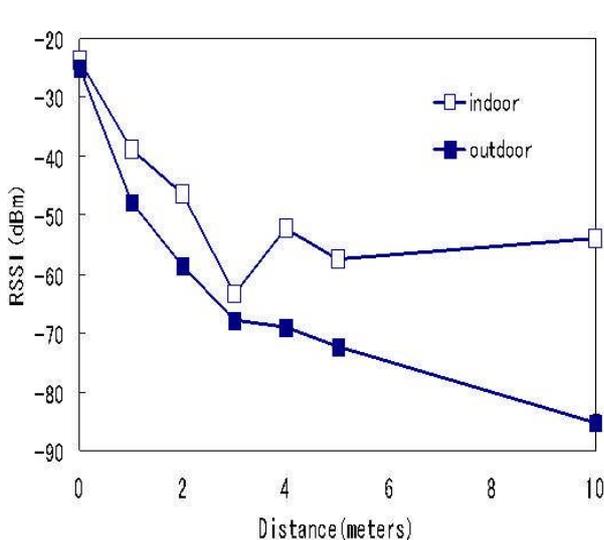


図 2-25 屋内外での RSSI 比較

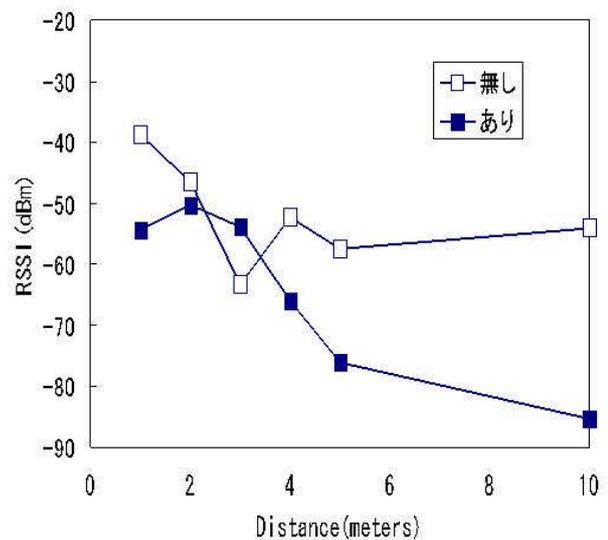


図 2-26 送信機の前に人がいた場合の比較

図 2-26 に屋内で送信機側に人を配置した場合の RSSI 測定結果の比較を示す。通常測定に比べ人を配置した場合には人による吸収の影響と思われる電波強度の減衰がみられる。この実験結果より、人が一人送信機の前に立つことで、平均約 12dBm、全体で約 17% の RSSI の減衰することがわかった。人を配置した結果では 5m 地点で RSSI 値が -76.2dBm と規格限界値近くまで減衰し、10m 地点では -82.9dBm と規格限界値を割っていることがわかる。この実験より、5m 以内までなら送信機の前に人が立っていても通信可能だということがわかった。その他、アンテナの種類やアンテナ角度や基板の裏表による無線強度の減衰も多少の影響を受けることはわかったが、これらの影響は設計により回避できると考えている。

以上の結果より、屋内でテーブルの上に配置してもまったく支障なく動作するものと考えられる。

2 - 6 まとめと今後の課題

本プロジェクトにおける成果について、表3にまとめる。

表3 成果まとめ

目標	結果	評価
無線通信技術の開発	Bluetooth, ZigBee, IrDA, LAN, 無線 LAN, 携帯データ通信をパソコンを利用せずに実現できた。	
通信データ交換技術の開発	無線センサネットワーク (Bluetooth, ZigBee, IrDA) 相互のデータ交換、および、無線センサネットワークと既存のネットワーク (LAN, 無線 LAN, 携帯データ通信) とのデータ交換を可能とできた。	
ネットワークへの簡単接続技術の開発	各ネットワークへの接続を「簡単」に行えるように、携帯電話 (スマートフォンや iPad 等) の画面を利用した接続設定が行える技術を開発できた。	
各種無線ネットワークでの検証	開発したユビキタス中継器を各種条件で実際に使用して接続性、利便性を検証できた。	

本プロジェクトにおいて、無線センサネットワーク相互や、既存のネットワークとの接続が可能なユビキタス中継器 (図2-8) を開発した。組込みソフトとして、各通信方式間のデータ交換の実現のため、各方式のデータの抽象化を行うソフトウェア (図2-10) を開発した。ネットワークへの簡単接続のために、各接続の設定ファイルを設定DBに保存できるようにし、内部にWebサーバーを構築することで特別なアプリを必要とせずにスマートフォンや iPad から設定ができるように開発した (図2-15)。開発したユビキタス中継器は、様々な環境で実証試験をおこない、当初の機能が実現できていることを確認できた。

以上に示すように、計画に沿った基本的な開発目標を達成することができた。

今後、製品化に向けたアプリケーションの充実、関連企業との連携を進めると共に、関係機関 (ES-Kyushu や SIIQ 等) と協力して積極的に展示会への出展をおこない、ユーザに分かりやすいよう、実際のアプリケーション (利用法) とセットにした見せ方をしていきたい。

特許に関しては、検討したが、ハードウェアの権利化は難しいようなので、著作権で保護する。ソフトウェアについては、あえて権利化しないでブラックボックスの方が保護できると考える。