

平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「可視光通信に対応した組込みソフトウェア技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成21年 3月

委託者	北海道経済産業局
委託先	株式会社北海道二十一世紀総合研究所

目 次

第1章 研究開発の概要	2
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1-2 委託期間・研究体制	7
1-3 当該研究開発の連絡窓口	7
1-4 成果概要	8
第2章 本論	12
2-1 「サブテーマ1-1：可視光通信基盤への対応」	12
2-2 「サブテーマ1-2：可視光通信基盤ソフトウェアの開発」	17
2-3 「サブテーマ2-1：可視光通信によるコンテンツ流通用APIへの対応」	19
2-4 「サブテーマ2-2：APIソフトウェアへの対応」	22
2-5 展示会への出展	26
第3章 全体総括	27
3-1 平成19～20年度の成果総括	27
3-2 本研究開発の成果をふまえた事業化の取組	28
付録	29
専門用語説明	29

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) 背景

ユビキタスコンピューティングとネットワーク技術の融合により、あらゆるものにコンピューター機能、ネットワーク機能が組み込まれ、携帯電話に代表されるデジタル携帯端末、モバイルPC、デジタル家電、センサ、RFタグ等がインターネットを介して結合され、更に放送サービスも融合したユビキタス社会の具現化が始まりつつある。

このユビキタス社会では従来考えられなかった技術の融合により、新たな大きな産業の芽が生まれてきている。照明とIT技術は今までは全く接点のない領域であった。しかしLEDの照明業界での普及により、特にわが国の技術コンピタンスである青色LED(1993年)を用いたLEDの照明への適用により照明業界では、ガス灯(1816年)、エジソンの電灯(1878年)、蛍光灯(1938年)に続く、60年サイクルの革命ともいわれている。

LEDによる照明機器、車のヘッドライト／テールランプ、交通信号機、電子掲示板、電子広告、誘導板、大型スクリーン等、社会生活のインフラとして至るところに設置されつつある。これらに可視光通信技術を導入し、携帯電話との連動によるアプリケーション、また、これから普及が見込まれる電子ペーパー等の情報端末との連動によるアプリケーション等、幅広い応用、ビジネスへの期待が高い。

可視光通信とは、LEDの光等、目に見える光(可視光)を用いてデータのやりとりを行うことを特徴とする通信技術である。可視光通信の特徴として、以下の点が挙げられる。

- 一般ユーザにわかりやすい。セキュリティ性がよい
 - ・通信可能範囲が目に見えてわかる。
 - ・対象物に受光機を向けると、対象物の情報が得られる。(ピンポイント性)
 - ・光が漏れなければ、通信も漏れない。(セキュリティ性)
- 可視光域は電磁波の影響が無く、人に優しく、安全、安心なIT環境が作れる。
 - ・電波、赤外線は人体への影響から、強度に制約がある。
 - ・電波は電波法の制約により、利用周波数領域が限定される。
 - ・病院、医療、高齢者への安全、安心なIT利用環境が提供できる。
- あかりは至る所に設置されているため、あかりに通信機能を付加するだけでワイヤレス環境が構築でき、環境、景観に優れたユビキタスシステムを提供できる。



LEDは至るところで利用され、普及しており、これにIT能力を付加することによる新機能、新サービス実現への産業界での期待は大きい

2003年に可視光通信コンソーシアムが設立され、技術標準化、アプリケーションの検討が促進されている。2004年:CEATEC、2006年:JAPAN SHOPでのデモで可視光による各種アプリケーションの可能性が提案され、2007年には可視光通信コンソーシアムが推進してきた4.8 kbps 低速通信についての可視光線を媒体とした通信システムの規格(CP-1221)、可視光IDシステム(CP-1222)の規格が社団法人電子情報技術産業協会(JEITA)によって制定された。可視光通信技術を媒介とし、IT技術と融合することによってLED照明、LEDを使用した機器に

よるユビキタスアプリケーションには大きなビジネス創造が期待されている。
可視光通信によるアプリケーション例を以下に示す。

■ 可視光通信によるワイヤレスネットワーク

家庭内では LED 照明を介して、照明光が照らされている範囲でのみポータブルディスプレイでロケーションフリーのTV受信ができる等、パーソナライズされた情報家電機能に対応したユビキタスホームネットワークが構築できる。

病院では電波を使わずにITシステムを構成でき、医療機器に電磁波の影響を与えない、安全で人にやさしい医療空間を提供することができる。

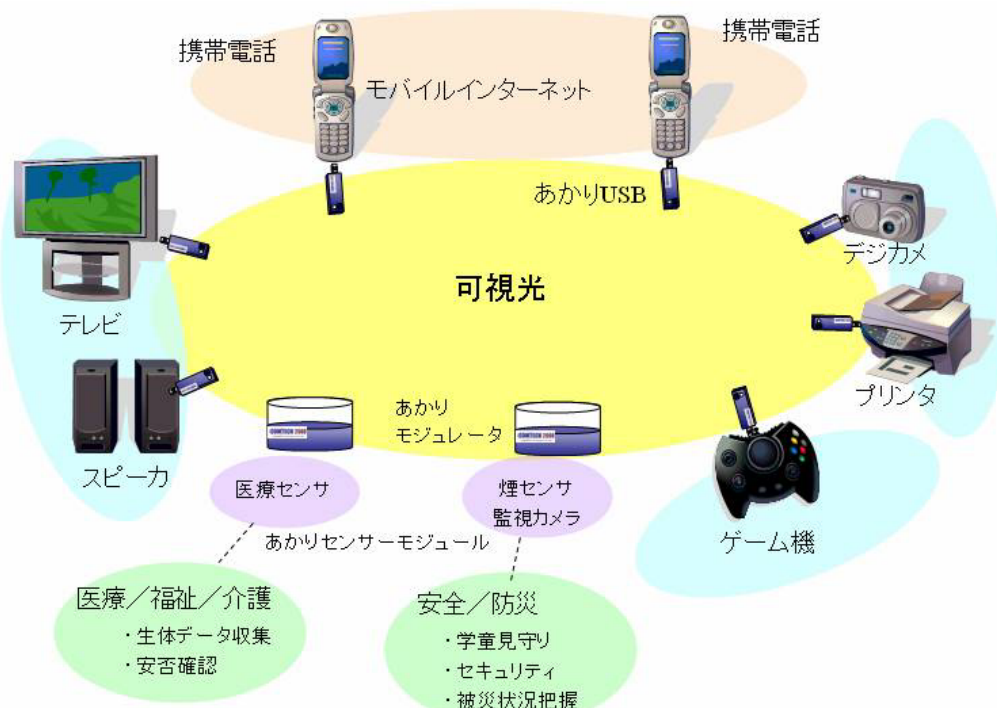
ワイヤレス環境を構築するには可視光通信と電力線通信システムとの一体化が最も効果的である。照明とITの融合により、従来の照明機器とは全くコンセプトの異なる斬新な照明機器や、話しかける、音楽を奏でる、映像監視ができる新しい情報家電商品を創出する。



■ 可視光通信と携帯電話

携帯電話および医療、介護、防犯等の分野における各種センサーに可視光通信機能を付加することにより、新しいユビキタスアプリケーションが実現できる。

一般に電子機器にはオペレーションの表示、アラームの表示としてLEDが組み込まれている。このLEDに可視光による情報発信する機能とデジタルコンテンツを付加し、簡便な携帯受信機、携帯電話、PDA等で受信、表示、通知することが可能となる。



■ デジタルサイネージアプリケーション

LEDを用いた広告、案内は幅広く取り入れられつつある。これらに可視光通信機能を搭載することで、画像、音声、テキスト等のマルチメディア情報を配信／提供が可能となる。これにより、効果的な販促、購買活動を活性化する広告ツールとして、幅広い応用が期待できる。



2) 課題

これらのニーズから、可視光通信を、ブロードバンドインターネット、電力線通信によるホームネットワークシステムと融合し、LED照明、情報家電機器、携帯電話、デジタルサイネージ等の情報端末との相互接続性／相互運用性の確立、可視光による安全で人に優しいユーザーインターフェースの確立、マルチモーダルなコンテンツ流通インターフェイスの確立により、情報家電の新しい通信機能としての期待が大きい。このためには、安価でスピーディにこの可視光通信機能を取り入れる仕組みが必要あり、相互接続性を保障する可視光通信対応組込みソフトウェア技術がユーザにとって必須である。

可視光による通信技術そのものは新規性の高い技術であるが、可視光通信技術を情報家電、携帯電話に効果的に、安価で、スピーディに、幅広く取り入れられるようにするには、現在普及しているアプリケーションとの相互接続性が最も重要である。

情報家電機器、モバイルPC、携帯電話等の携帯情報機器において最も幅広く適用されているのはUSBインターフェイスである。可視光通信プロトコルをUSBとコンパチブルなものとすることで、USB機能を有するデバイス、システム(PC、携帯端末、ネット機器、デジタル家電、オーディオ機器、映像機器等)へ簡便に可視光通信機能を具備させることができ、広く、普及、活用できる。

また、ワイヤレスネットワークを構築するためには、インターネット、電力線通信との相互接続が不可欠な課題である。

このように現状の可視光通信技術の課題として、

- ① 可視光通信アプリケーションを迅速に組込む技術が確立されていない。
- ② 現在普及しているインターフェイスと相互接続できる可視光通信がない。
- ③ 現状の通信速度 4.8Kbps の低速ではマルチメディア対応ができない。
- ④ 片方向通信で双方向通信ができない。

ことが挙げられる。

3) 目標及び目的

本研究開発は上記課題を解決するために、

- ①可視光アプリケーションソフトと可視光通信基盤ソフトウェアとの相互接続性を保障するAPI (Application Programming Interface) 組込みソフトウェア記述の確立。
(アプリケーション開発、導入期間の現状比 1/10 以下)
- ②可視光通信と USB インターフェイス、電力線通信、インターネットとの相互接続を可能とする可視光 MAC (Media Access Control) レイヤ組込みソフトウェア技術の確立。
- ③高速デジタル変復調技術を可視光帯域に初めて適用し、Mbps クラスに対応できるマルチメディアアプリケーション可能な可視光組込みソフトウェア技術の確立。
(通信速度 : 現状比 300~2500 倍の性能向上)
- ④キャリア変調技術による双方向通信対応組込みソフトウェア技術の確立。

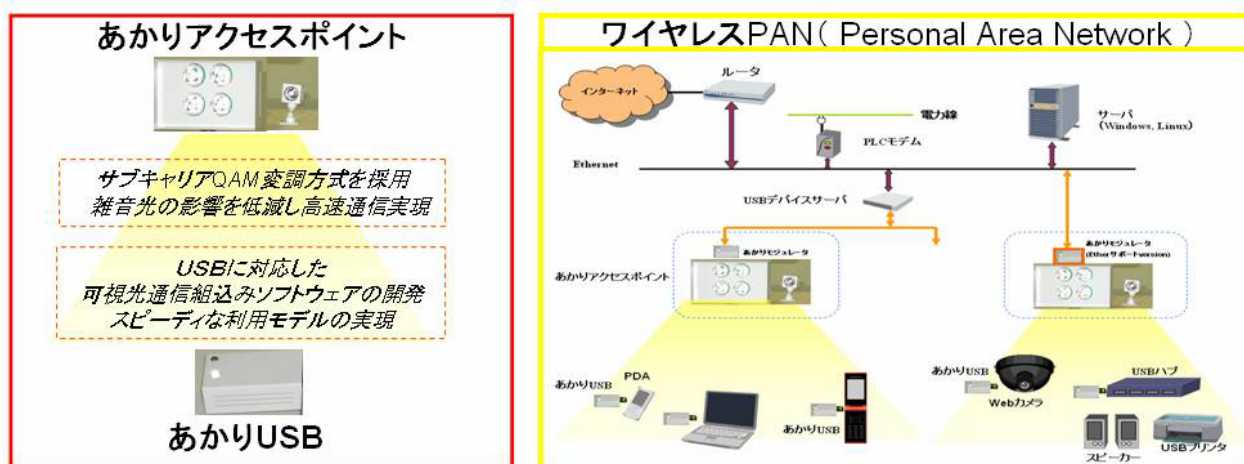
を行う。

これにより可視光通信アプリケーションの普及を加速する可視光帯域によるワイヤレスシステムを世界に先駆け提供することが可能になる。

可視光通信組込みソフトウェアを具備した検証用試作機を開発し、可視光帯域を活用した安全で、セキュリティ性の高いワイヤレス市場創出および事業展開を行う。



可視光通信コンソーシアム(2003年設立、現在28社)では、日本が世界に先駆け標準化の推進、ビジネスユースを開拓中



4) 研究開発実施項目

本研究開発では、上記課題解決を図り、可視光通信技術による新しい情報家電用通信機能、携帯電話アプリケーションに資する組込みソフトウェア技術を確立するため、以下の実施項目を策定した。

【サブテーマ１－１：可視光通信基盤への対応】

①可視光通信基盤レイヤの仕様化

((株)コムテック 2000、北海道大学、日本電気通信システム(株))

②USB 準拠 API をサポートする MAC レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤの組込みソフトウェアの開発 ((株)コムテック 2000、北海道大学)

③可視光通信基盤レイヤと USB インターフェイスの相互接続検証

((株)コムテック 2000、日本電気通信システム(株))

【サブテーマ１－２：可視光通信基盤ソフトウェアの開発】

④電力線通信、インターネットとの相互接続用組込みソフトウェアの開発

((株)コムテック 2000)

【サブテーマ２－１：可視光通信によるコンテンツ流通用 API への対応】

⑤あかり USB を用いた利用モデルの検討と機能評価

((株)コムテック 2000、北海道立工業試験場、(株)北海道二十一世紀総合研究所)

【サブテーマ２－２：API ソフトウェアへの対応】

⑥情報家電アプリケーションの実機検証評価

((株)コムテック 2000、日本電気通信システム(株))

⑦センサネットアプリケーションの実機検証評価

((株)コムテック 2000、日本電気通信システム(株))

⑧可視光アプリケーションのユーザ向け開発環境の構築と評価

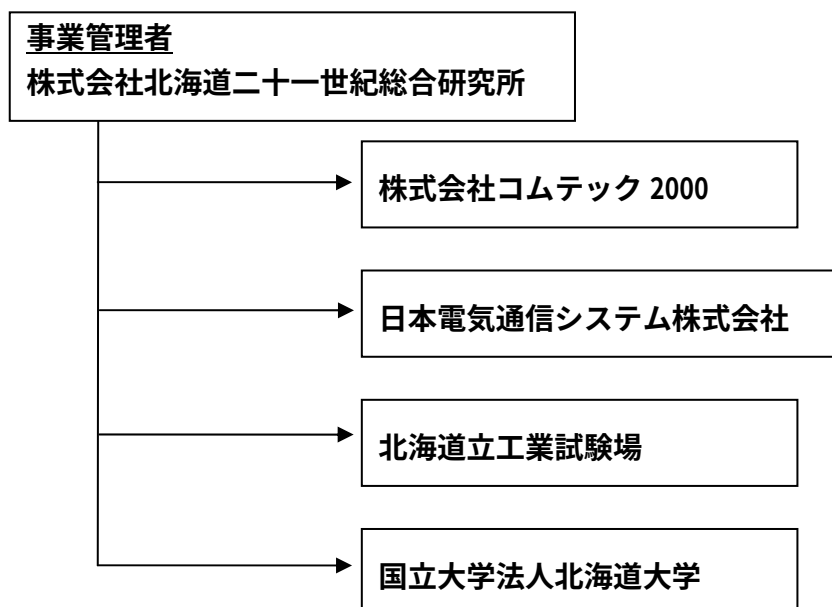
((株)コムテック 2000、日本電気通信システム(株))

1-2 委託期間・研究体制

(1) 委託期間

平成19年8月14日から平成21年3月31日まで

(2) 研究組織および管理体制



1-3 当該研究開発の連絡窓口

(1) 事業管理者の連絡窓口

所属	株式会社北海道二十一世紀総合研究所
氏名	原田 実
電話	011-231-3053
FAX	011-231-3143
E-mail	harada@htri.co.jp

(2) 開発実施者の連絡窓口

■総括研究代表者

所属	株式会社コムテック 2000
氏名	吉田 吉憲
電話	011-858-1566
FAX	011-858-1577
E-mail	y.yoshida@star.ocn.ne.jp

■副総括研究代表者

所属	株式会社コムテック 2000
氏名	佐藤 健一郎
電話	011-858-1566
FAX	011-858-1577
E-mail	s.kenichiro@ever.ocn.ne.jp

1-4 成果概要

①可視光通信基盤レイヤの仕様化

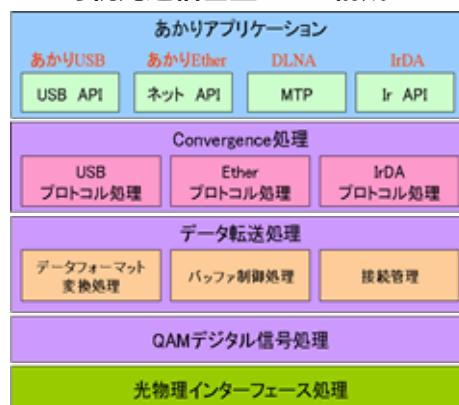
12Mbpsをサポートする光学系技術、可視光帯域デジタル変復調技術、可視光帯域キャリア変調技術の開発とその仕様化を行い、可視光通信コンソーシアムにおける中高速マルチメディア通信対応の標準化に対し、キャリア変調技術により、LED 照明、デジタルサイネージ等のあかりとしての機能への影響を与えず可視光通信、IT を実現でき、また、Convergence パケット処理機能により、各種 API (USB、イーサネット、DLNA 等) に柔軟に対応できる可視光通信基盤の開発を行い、世界に先駆け可視光通信によるマルチメディアサービス基盤を実現した。この成果を基に、標準化の場において規格化へ向けて活動を継続している。

②USB API 準拠の MAC レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤの組み込みソフトウェアの開発

USB 通信速度 12Mbps (従来システム 4.8kbps の約 2500 倍)、双方向通信を実現する可視光物理レイヤの開発、可視光帯域デジタル変復調レイヤ組み込みソフトウェアの開発、USB Fullspeed 対応 MAC 処理組み込みソフトウェアの開発、Ether 10BASE-T 対応組み込み MAC 処理ソフトウェアの開発を行い、高速動作を実現するため、本組み込みソフトウェア機能を検証用試作機のハードウェア [FPGA] 上にポーティングし、機能評価、性能評価を行い、USB Fullspeed 12Mbps 転送の機能、性能の検証を行い、USB 準拠 API の試験プログラムによる動作の確認検証を行った。高速マルチメディア処理を可能とした可視光帯域でのデジタルワイヤレス組み込みソフトウェア技術を世界に先駆け実現した。

また、各種 API に柔軟な対応が出来る Convergence 処理レイヤを有する MAC レイヤを実現し、可視光によるアプリケーション展開の柔軟性を高め、開発スピードを著しく向上し、可視光通信普及／導入に大きく貢献する可視光組み込みソフトウェア技術を世界に先駆け実現した。

<可視光通信基盤レイヤ構成>



③可視光通信基盤レイヤと USB インターフェイスの相互接続検証

開発を行った組み込みソフトウェアを検証用試作機に搭載し、可視光通信基盤レイヤと USB 通信プロトコル処理との相互接続検証、および、USB フルスピード (12Mbps) でのリアルタイム処理性能の検証を行い、可視光物理レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤ、USB 準拠 MAC レイヤ、USB 準拠アプリケーションを一連の動作として確認し、また、システムとしての機能確認、性能評価を実施し、目標とする機能／性能を確認した。

<可視光通信基盤組み込みソフトウェアを搭載した試作機>



<あかり USB 試作機>



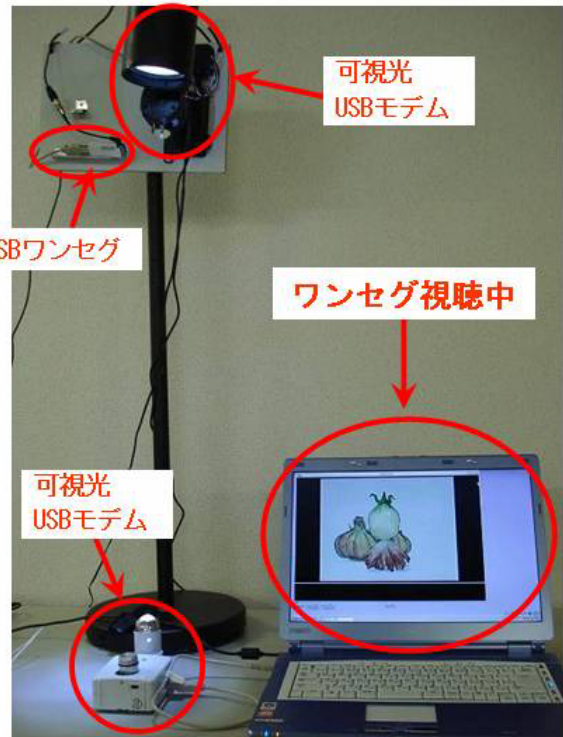
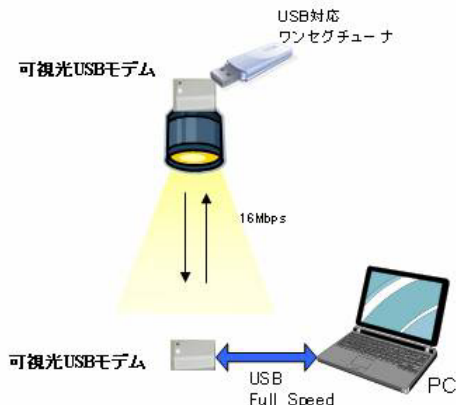
あかり USB ドングル試作機を
PC の USB ポートに接続

<可視光通信基盤レイヤと USB インターフェイスの相互接続検証>

試験内容

USB対応ワンセグチューナにより受信した音声、動画データをUSB対応あかりモジュレータから放射し、あかりUSBで受信し、PC上で再生を行った。
実行速度は、USB Full Speed(12Mbps)であり、可視光領域でのオーバーヘッドを含む通信速度は16Mbpsである。
2時間連続の視聴を行い、その安定性も確認した。

接続試験構成



④可視光通信と電力線通信、インターネットの相互接続用組み込みソフトウェアの開発

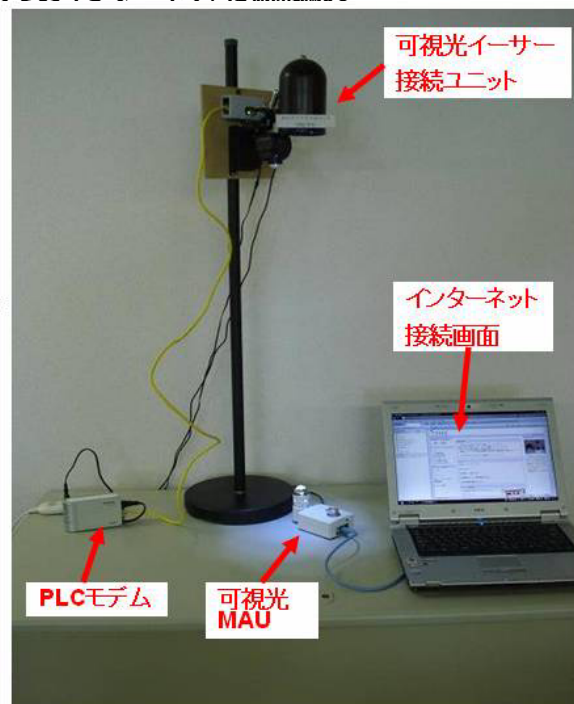
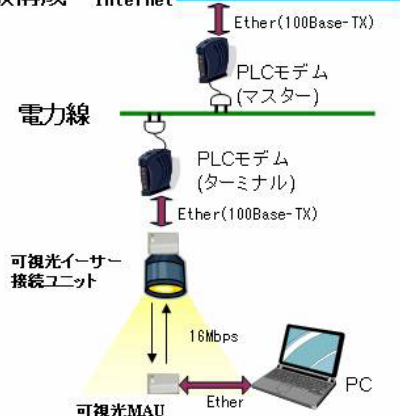
USB インターフェイス、電力線通信、インターネットとの相互接続を可能にした可視光 MAC レイヤ/可視光帯域デジタル変復調レイヤ組み込みソフトウェアを具備した試作機を用いることにより、可視光によるコンテンツ（動画、音声、テキスト等）の配信が可能になり、可視光通信を用いた利便性の高いネットワーク環境を実現した。

<可視光通信と電力線通信を介してのインターネット接続試験>

試験内容

- ①離れた場所に設置したPLCモデム（マスター）に、インターネット接続し、電源コンセントに挿す。
- ②PLCモデム（ターミナル）を電源コンセントに挿し、PLCモデム（ターミナル）とあかりEth対応モジュレータをLANケーブルで接続。
- ③あかりEthとPCをLANケーブルで接続。
- ④PCからインターネットに接続できることを確認。

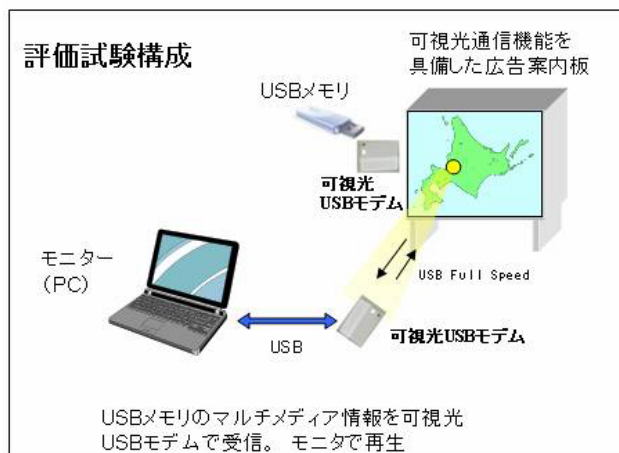
接続試験構成



⑤あかり USB を用いた利用モデルの検討と機能評価

可視光通信による地域に密着したコンテンツ流通の用途およびビジネスモデルの調査研究と可視光通信機能を具備したマルチメディア端末（可視光モバイル端末）の要求仕様をふまえ、具体的なアプリケーションモデルとして観光バスへの適用、デジタルサイネージによる広告宣伝への適用について調査研究を行い、また試作機を用いての検証も併せて行い、今後のビジネス展開への基盤を実現した。

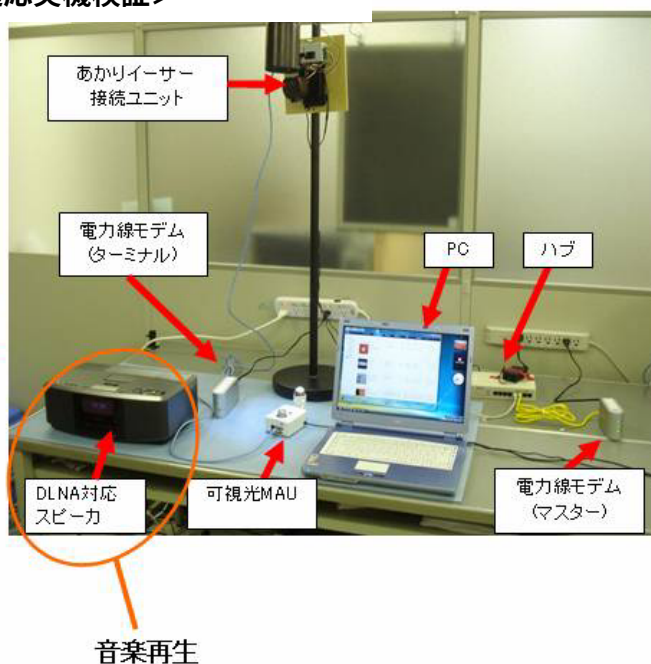
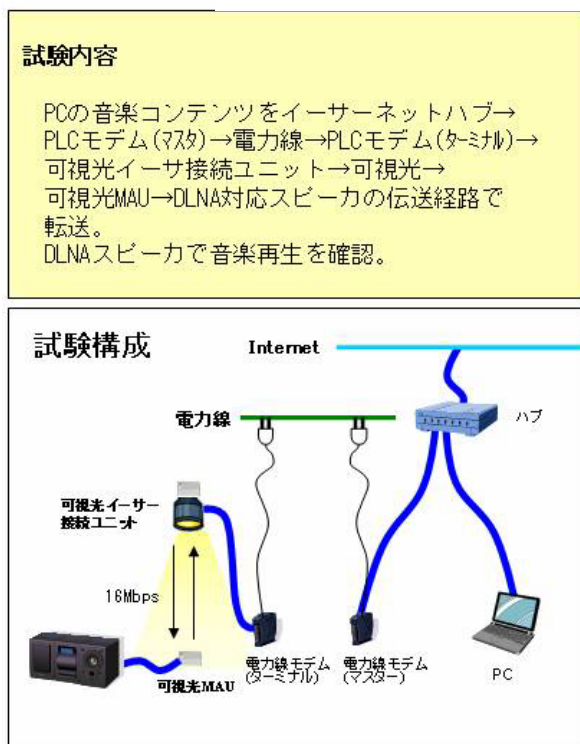
<可視光通信に広告案内アプリケーション例>



⑥情報家電アプリケーションの実機検証評価

可視光通信を用いた家庭用途、ビジネス用途向けの情報家電アプリケーションでは、情報家電の中で 使用されている規格である DLNA と可視光通信の連携を行うことが不可欠である。あかり USB 試作機、イーサネット対応可視光 MAU (Media Access Unit) 試作機を用い、DLNA との相互接続検証用プラットフォームを構築し、その機能/性能評価を行った。これにより、世界初となる「可視光通信の DLNA への適用」を実現した。

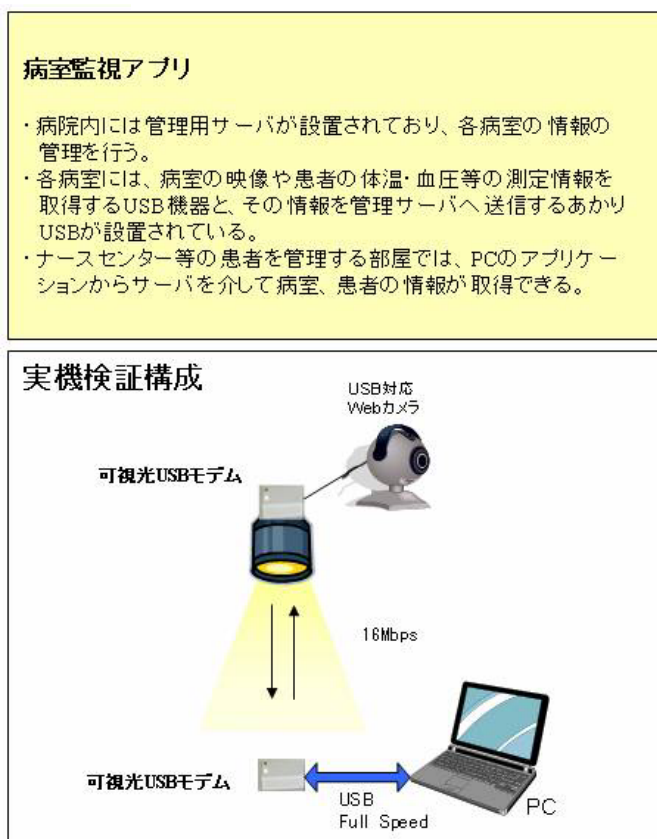
<可視光通信の DLNA への適応実機検証>



⑦センサネットアプリケーションの実機検証評価

可視光によるセンサネットワークの実機検証にあたり、利活用モデルの調査研究を行い、可視光通信の特徴である電波を使用できない場所「病院」での利活用をターゲットにし、あかり USB モデム試作機を用いて、WEB カメラによる病室監視アプリケーションソフトの開発を行い、検証用プラットフォームを製作し、機能実機評価を行った。本病室監視アプリケーションシステムを日本電気通信システム(株)と共同で ET2008 に出展し、来場者から、「可視光通信ならではの安全性、スポット性」について高い評価を得た。

<病室監視アプリケーション実機検証>



⑧可視光アプリケーションのユーザ向け開発環境の構築と評価

ユーザ向け開発環境の構築にあたり、あかりシステム・デベロップメント・キット(SDK)の要求仕様の作成、USBのAPI準拠組込みソフトウェアの開発を行い、試作SDKによる実機検証を行い、アプリケーション開発の効率化基盤を確立した。

本あかり SDK を第三者に貸し出し、アプリケーションの開発を並行して行うことで、通常6ヶ月以上要する開発工程が3ヶ月で完了することができ、本 SDK を使用することで開発期間を大幅に短縮できることが実証できた。また、あかり SDK のカタログの作成を行い、ET2008 展示会において配布を行った。SDK への興味を具体的に示すお客が多くあり、一般ユーザのニーズと合致していることを確認した。

第2章 本論

2-1 「サブテーマ1-1：可視光通信基盤への対応」

(1) 可視光通信基盤レイヤの仕様化

通信速度 12Mbps をサポートする光学系技術、可視光帯域デジタル変復調技術、可視光帯域キャリア変調技術の開発とその仕様化を行い、本研究開発成果を基に、中高速通信の標準仕様策定に取り組みを行った。これを基に、可視光通信コンソーシアムに於ける、中高速マルチメディア通信対応の標準化へ提案活動を行った。しかしながら、可視光通信コンソーシアムでの標準化対応が ICSA (光無線通信システム推進協議会)、IrDA (Infrared Data Association 赤外線データ協会) との連携活動にフォーカスしつつあり、これらの既存システムとの共存がメインとなり、可視光通信の特徴を出すのは次のステップとなっている。先行した活動成果を基に可視光の特徴を活かした標準化策定を引き続き推進する。

一方グローバルな活動として IEEE802.15 では VLC (Visible Light Communication) TG (Task Group) が 2009 年1月に発足し本格的な標準化活動が始まった。本成果を IEEE802.15 の場で提案していくことも検討中である。

(2) USB 準拠 API をサポートする MAC レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤの組み込みソフトウェアの開発

可視光通信と USB インターフェイスの相互接続、情報家電との相互接続を可能とする通信速度 12Mbps (現状 4.8kbps の約 2500 倍) 双方向通信を実現するため、シリコン(FPGA)組み込みソフトウェアとして MAC レイヤの組み込みソフトウェア、可視光帯域デジタル変復調レイヤの組み込みソフトウェア開発を行い、これら組み込みソフトウェアを具備した実用レベルの試作機を開発した。

本研究開発における試作機モデルは、可視光通信と USB インターフェイス、インターネットとの相互接続を可能にした世界初の可視光通信モジュールである。

USB 準拠 API 可視光 MAC レイヤ組み込みソフトウェアの研究開発では、コムテック 2000 が可視光通信コンソーシアムにも提案している Convergence 処理 (可視光領域でのデータと USB、イーサネット、IrDA、DLNA との相互接続を行う) レイヤを設け、USB 以外のプロトコルにも柔軟な対応が出来る構造とし、可視光によるアプリケーション展開の柔軟性を高め、開発スピードを著しく向上し、可視光通信普及／導入に大きく貢献する可視光 MAC レイヤを実現した。

可視光帯域デジタル変復調組み込みソフトウェアの研究開発では、QAM 変復調方式を採用しデータ圧縮を行うことにより、限られた LED 周波数帯域の中で、通信速度 16Mbps を実現した。これにより、USB フルレート (12Mbps)、Ethernet 10Mbps の通信が可能となり、世界トップクラスの可視光ワイヤレス技術を実現した。

可視光物理レイヤの研究開発では、16Mbps 双方向通信を可能にする電子回路設計および通信距離 3m～5m を実現する光学系の検討/開発を行い、MAC レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤ組み込みソフトウェアを搭載した検証用試作機を製作し、本研究開発における USB 相互接続、インターネット相互接続、電力線通信との相互接続検証に活用し、大きな成果を上げることが出来た。

検証用試作機は、現状 4.8kbps 片方向であるためにマルチメディア対応が出来なかったのに対し、約 2500 倍の通信速度 12Mbps 双方向を実現し、可視光通信と USB インターフェイスへの

相互接続、インターネット接続を可能とした世界で初めて実用レベルの試作機を実現した。

①可視光通信基盤レイヤ構成

可視光通信と電力線通信、インターネット、IrDA、DLNA との相互接続を行うためには、可視光領域でのデータパケットと各種インターフェイスパケットとの変換作業を行う Convergence 処理レイヤが不可欠である。

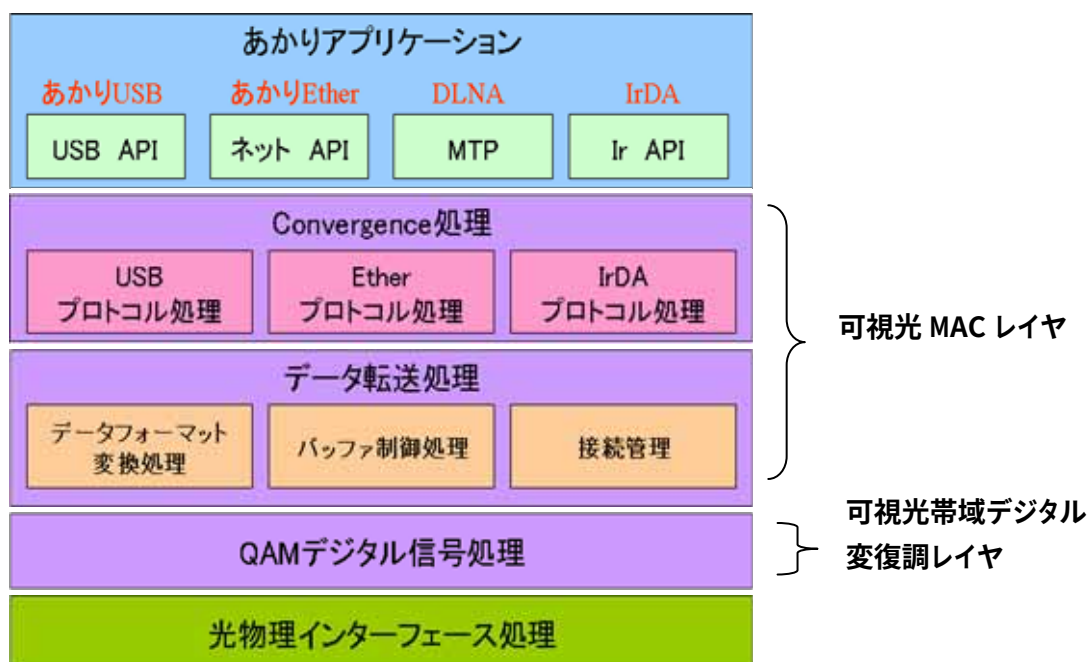
本研究開発では、可視光通信基盤レイヤ構成を下図に示すように、Convergence 処理レイヤ、データ転送処理レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤから成る構成とした。

Convergence 処理レイヤは、可視光通信と USB、イーサネット、IrDA、DLNA との相互接続を容易にし、USB 以外のインターフェイスプロトコル処理に柔軟に対応できる構造とするためにデータ転送処理レイヤとの共通パケット形式と USB、イーサネット、IrDA、DLNA 等のインターフェイスパケット形式との変換を行い、可視光アプリケーション展開の柔軟性の向上、開発スピード向上を可能にしている。

データ転送処理レイヤは、可視光帯域デジタル変復調レイヤの QAM デジタル信号パケットを Convergence 処理レイヤの共通パケットフォーマットに変換している。

可視光帯域デジタル変復調レイヤは、限られた LED 周波数帯域の中で可視光帯域の通信速度 16Mbps 双方向通信を可能にするため、64MHz の高速サンプリングでの QAM 信号の変調処理、復調処理を行い、USB フルスピード (12Mbps)、Ethernet 10Mbps の通信が可能となり、マルチメディア対応処理のできる可視光ワイヤレス技術を世界に先駆け実現した。

<可視光通信基盤レイヤ構成>

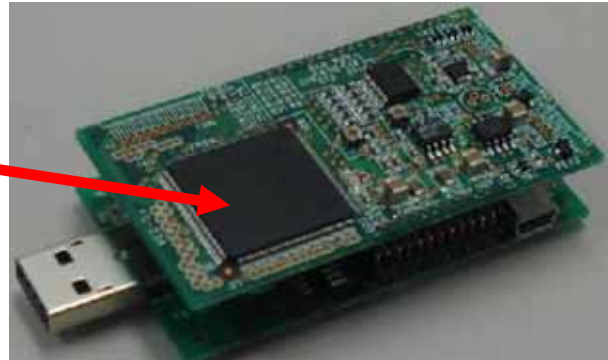


高速動作を実現するため、本組込みソフトウェア機能をハードウェア (FPGA) 上にポーティングし、高速マルチメディア処理を可能とした可視光帯域でのデジタルワイヤレス組み込みソフトウェア技術を世界に先駆け実現した。当社では、FPGA メーカーとしてアルテラ、サイリンクスのどちらでも開発が可能であったが、本研究開発では乗算器のスペックが本組込みソフトウェア仕様に合致したため、サイリンクスの FPGA を採用した。FPGA のスペックを次表に示す。

<使用FPGAスペック>

項目	FPGA (12Mbps 試作機に実装)
メーカー	ザイリンクス
デバイス	XC3S400-4TQ144C [Spartan-3 シリーズ]
LUT/FF	3,056 個 (Look Up Table, Flip/Flop 共に)
乗算器	16 個
Block RAM	16 ブロック
DCM(Digital Clock Management)	4 個
IO bank	4bank
最大 User IO	97pin
動作最大周波数	630MHz

可視光通信基盤組込みソフトウェアを搭載したFPGA



②可視光物理レイヤ

通信速度 16Mbps 双方向を実現する可視光物理レイヤの研究開発にあたり、下表仕様を策定し、デジタル回路、アナログ回路設計を行い、製作し、16Mbps 双方向通信を可能とする可視光物理レイヤを実現した。

<検証用化試作機仕様>

項目	仕様
可視光波長	380nm～780nm (可視光波長帯域)
データレート	16Mbps (オーバーヘッドを含む)
変復調方式	16QAM
通信方向	双方向(全二重)
副搬送波周波数	4MHz
AD/DA サンプリング周波数	64MHz
通信距離	50cm/3m/5m

可視光物理レイヤの回路を下図に示す。

<あかりモデム制御基板>



<各ブロックの機能>

ブロック/回路	機能
FPGA	インターフェイス処理および、QAM デジタル変復調処理を行う。
ADC	受信した QAM アナログ信号をデジタルデータに変換する。
DAC	FPGA からのデジタルデータをアナログに変換する。
フィルタ	可視光通信に不必要な高調波成分を抑制する。
バイアス回路	LED ドライバ(FET)へのバイアス、信号振幅を生成する。
AGC	可視光受信信号の飽和を回避するため、増幅率を可変する。
インジケータ	信号レベルが復調可能なレベルであることを点灯表示する。

③検証用試作機モデル

USB およびイーサネットプロトコル処理を行う MAC レイヤ、16Mbps 双方向通信を可能とする可視光帯域デジタル変復調レイヤの組込みソフトウェアを実装した小型サイズの「検証用試作機」を開発、製造した。本試作機を用いて、検証用プラットフォームを構築し、USB インターフェイス相互接続検証、電力線通信/インターネットとの相互接続検証、情報家電、センサネットアプリケーション実機による機能・性能の確認検証を行った。検証用試作機の開発により、今後の事業化推進の製品化に向けての基盤を確立できた。

検証用試作機

USB対応

可視光近接通信USBモデム

- USBホスト側可視光近接通信USBモデム
- USBデバイス側可視光近接通信USBモデム



可視光USBモデムデバイス

- USBホスト側可視光USBモデムデバイス
- USBデバイス側可視光USBモデムデバイス

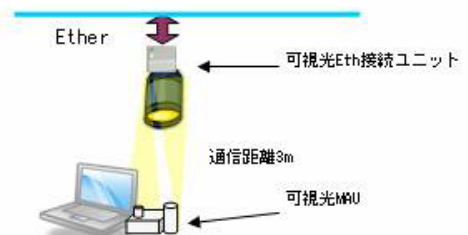


光学系なし

イーサ対応

可視光LAN用モデム

- 可視光イーサ接続ユニット
- 可視光MAU(Media Access Unit)



可視光LAN用モデムデバイス



光学系なし



可視光通信光モジュール



(3) 可視光通信基盤レイヤと USB インターフェイスの相互接続検証

開発を行った組込みソフトウェアを試作機に搭載し、可視光通信基盤レイヤと USB 通信プロトコル処理との相互接続検証、USB フルスピード (12Mbps) でのリアルタイム処理性能の検証を行い、可視光物理レイヤ、可視光帯域デジタル変復調レイヤ、USB 準拠 MAC レイヤ、USB 準拠アプリケーションを一連の動作として確認し、システムとしての機能確認、性能評価を実施した。検証用プラットフォームの設計／開発は、コムテック2000が行い、日本電気通信システム(株)と共同で USB 相互接続性の技術検証、USB 通信プロトコル処理とデジタル可視光通信処理の検証、Full Speed (12Mbps) のリアルタイム処理性能の検証機能/性能評価検証を行った。これにより、USB インターフェイスを可視光に適用し、実用レベルのアプリケーションを世界に先駆け可能とした。

USB には、以下の4つの転送モードがあるため、各転送方式、扱うデータ内容、主たるデータ転送の方向の違いによる機能／性能評価を USB 検証用プラットフォーム上で行い、目標とする機能と性能を確認した。機能性能試験対象 USB デバイスは以下の通りである。

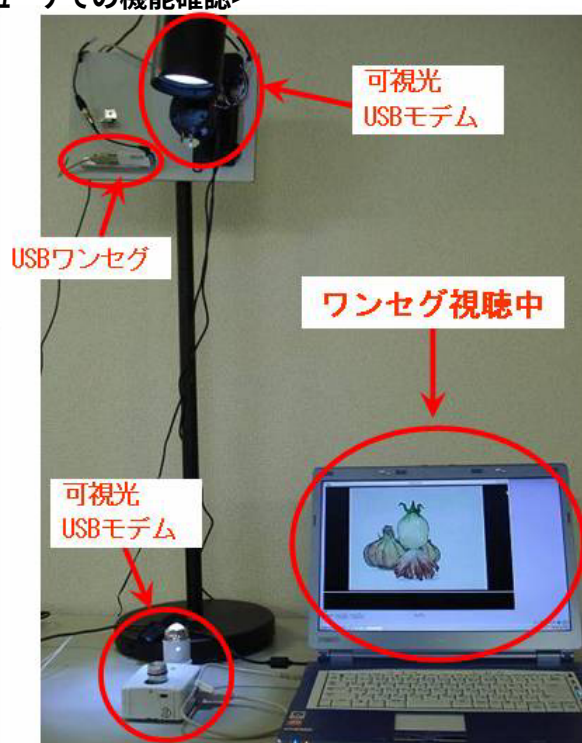
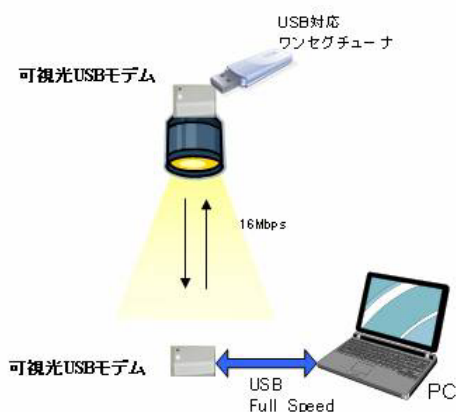
USB デバイス	転送方式	扱うデータ内容	主たるデータ転送方向
USB メモリ	バルク	ファイルデータ	PC ↔ USB メモリ
USB 対応ゲーム機	バルク	画像、動画、音声データ	PC ↔ USB 対応ゲーム機
ワンセグチューナ	バルク	動画、音声データ	PC ← ワンセグチューナ
USB web カメラ	アイソクロナス	動画データ	PC ← USB web カメラ
USB Skype フォン	アイソクロナス	音声データ	PC ↔ USB Skype フォン
ジョイスティック	インタラプト	座標データ	PC ← ジョイスティック

<相互接続検証例 ・ USB 対応ワンセグチューナでの機能確認>

試験内容

USB対応ワンセグチューナにより受信した音声、動画データを USB対応あかりモジュレータから放射し、あかりUSBで受信し、PC上で再生を行った。
実行速度は、USB Full Speed(12Mbps)であり、可視光領域でのオーバーヘッドを含む通信速度は16Mbpsである。
2時間連続の視聴を行い、その安定性も確認した。

接続試験構成



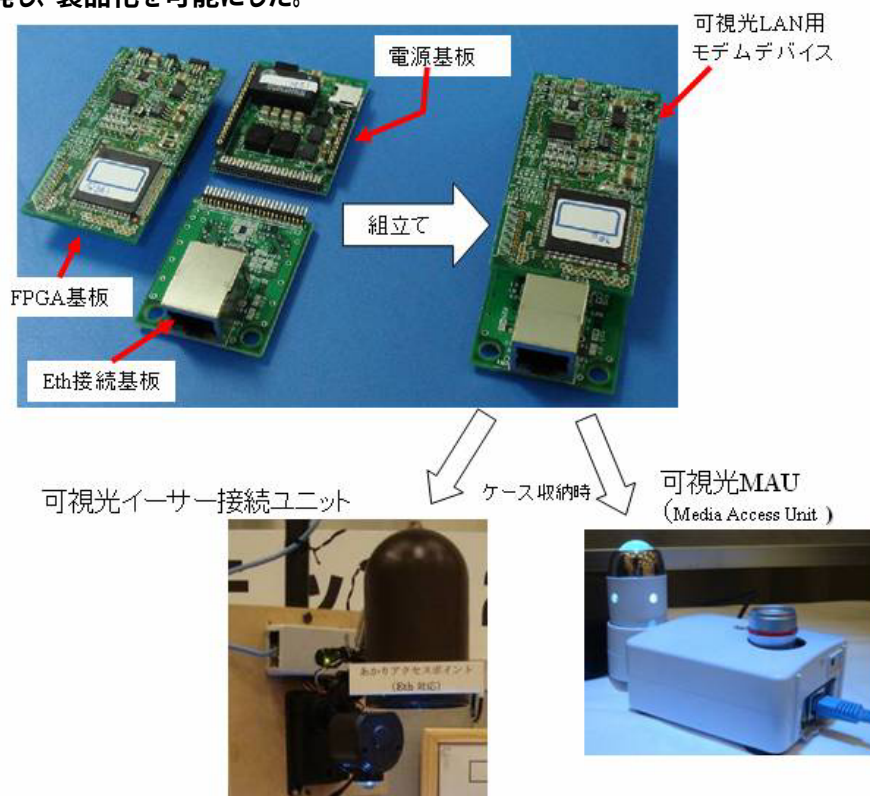
2-2 「サブテーマ1-2:可視光通信基盤ソフトウェアの開発」

(1) 可視光通信と電力線通信、インターネットの相互接続用組み込みソフトウェアの開発

可視光(照明)によるワイヤレスインターネットのマルチメディア利用を可能にする電力線通信、インターネットとの相互接続用組み込みソフトウェアの開発を世界に先駆け開発し、これを具備した試作機で検証/試験用プラットフォームの構築を行い、電力線モデム接続機能検証、インターネット接続機能検証、コンテンツ(画像、テキスト)による機能確認を行い、利便性の高いネットワーク環境であることを実証した。

①電力線通信、インターネット相互接続検証用製品試作モデル

イーサネット相互接続を可能とした可視光 MAC レイヤ組み込みソフトウェアおよび通信速度 10M ベース対応を可能とした可視光帯域デジタル変復調レイヤ組み込みソフトを具備した試作機を開発し、製品化を可能にした。

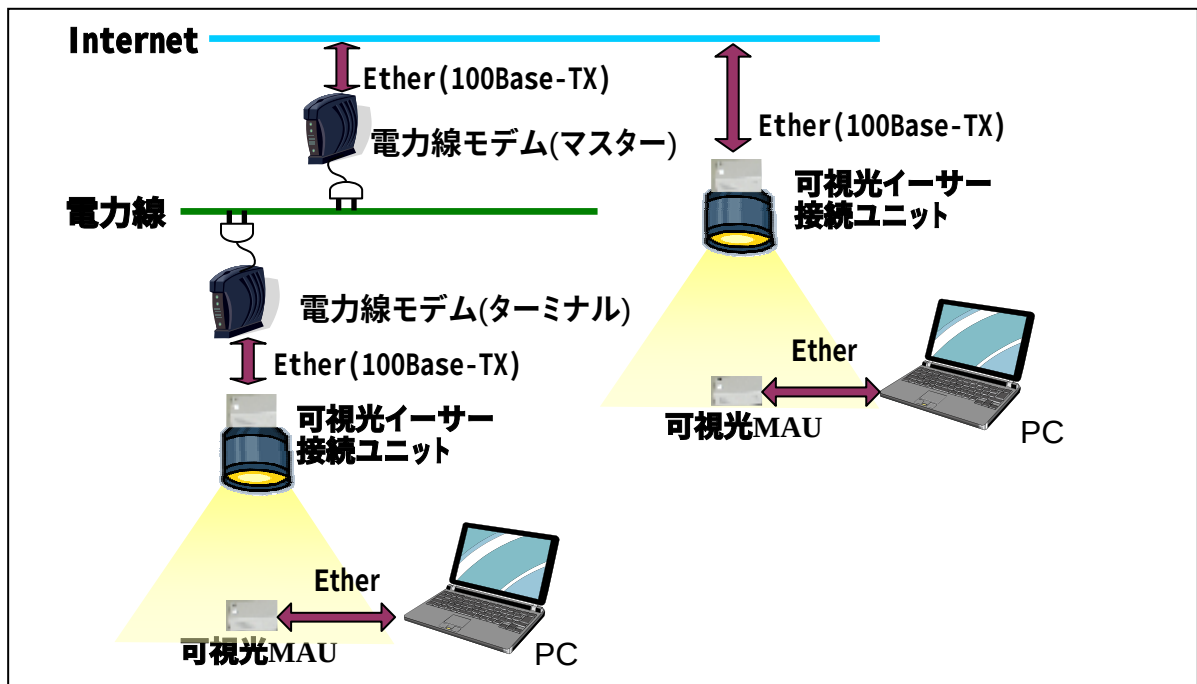


②電力線通信、インターネット相互接続検証

電力線通信は通常の電力線を通信回線として利用する技術である。電力線通信を利用すると、通常のコンセントから通信が行えるようになるため、新規の設置工事等の手間を省くことができる。天井照明等に可視光通信を利用し、インターネットへの接続を行うことを考えた場合、天井側にイーサネットに接続するための仕組みが必要となる。通常の構成の場合、イーサネットケーブルを天井に配線することになり、手間もコストも必要となる。しかし、電力線通信を利用すると、照明用の電力線で容易に通信を行うことができる。このように可視光通信と電力線通信との相互接続技術は必要不可欠なものである。

インターネット・電力線通信相互接続検証用プラットフォームの機器構成は次図の通り。直接インターネットに接続する構成と電力線モデムを介して接続する構成で機能/性能評価を行い、可視光による利便性の高いワイヤレスネットワーク環境であることを実証した。

<インターネット・電力線通信相互接続検証用プラットフォームの機器構成>

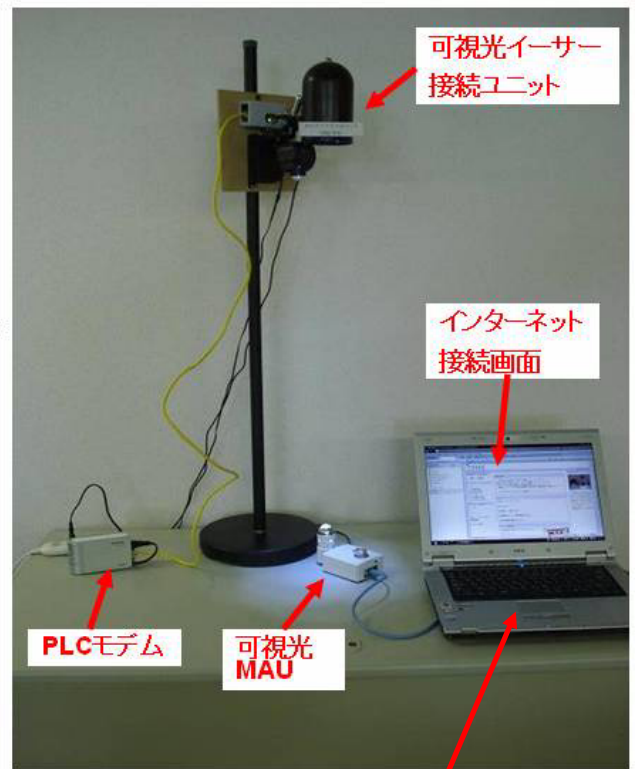
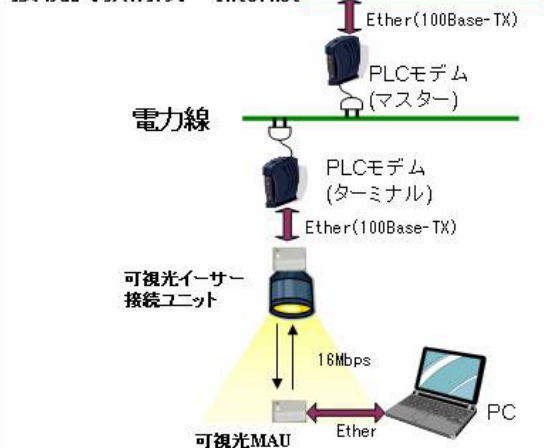


<可視光通信と電力線通信を介してのインターネット接続試験>

試験内容

- ①離れた場所に設置したPLCモデム(マスター)に、インターネット接続し、電源コンセントに挿す。
- ②PLCモデム(ターミナル)を電源コンセントに挿し、PLCモデム(ターミナル)とあかりEth対応モジュールをLANケーブルで接続。
- ③あかりEthとPCをLANケーブルで接続。
- ④PCからインターネットに接続できることを確認。

接続試験構成



Yahoo, Google 起動

2-3 「サブテーマ2-1：可視光通信によるコンテンツ流通APIへの対応」

(1) あかり USB を用いた利用モデルの検討と機能評価

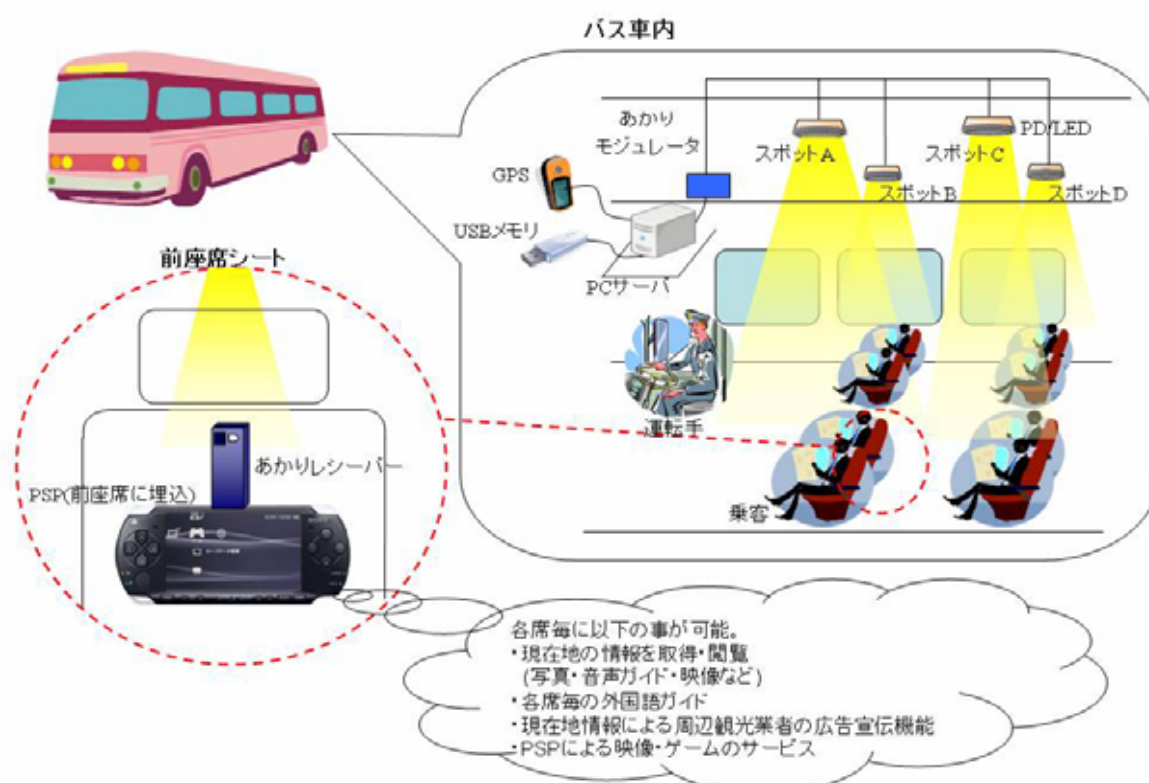
可視光通信による地域に密着したコンテンツ流通の用途およびビジネスモデルの調査研究と可視光通信機能を具備したマルチメディア端末(可視光モバイル端末)の要求仕様をふまえ、(株)北海道二十一世紀総合研究所と連携し、具体的な可視光通信システムの利活用モデルとして「観光バスへの適用」、「あかり広告案内システム」への適用について検討を進め、コンテンツ流通 API の組込みソフトウェアの試作開発、および、あかり広告案内システムのデモ用試作機を製作し、デジタルサイネージとしての基本機能／基本性能を実現した。

また、北海道立工業試験場と連携し、可視光通信機能を具備した携帯端末の試作を進めている。

①観光バスへの適用

観光バス車内の個々人の各席に設けられたあかりモジュレータ及びあかりレシーバを用い、可視光通信の特徴であるスポット性をフル活用し、利用者のニーズ毎(現在地情報、観光スポット情報、外国語対応案内等)の情報の提供を行う事で付加価値の高い観光バスシステムの実現に向け検討を重ねている。

可視光通信による観光バス内アプリケーション構成

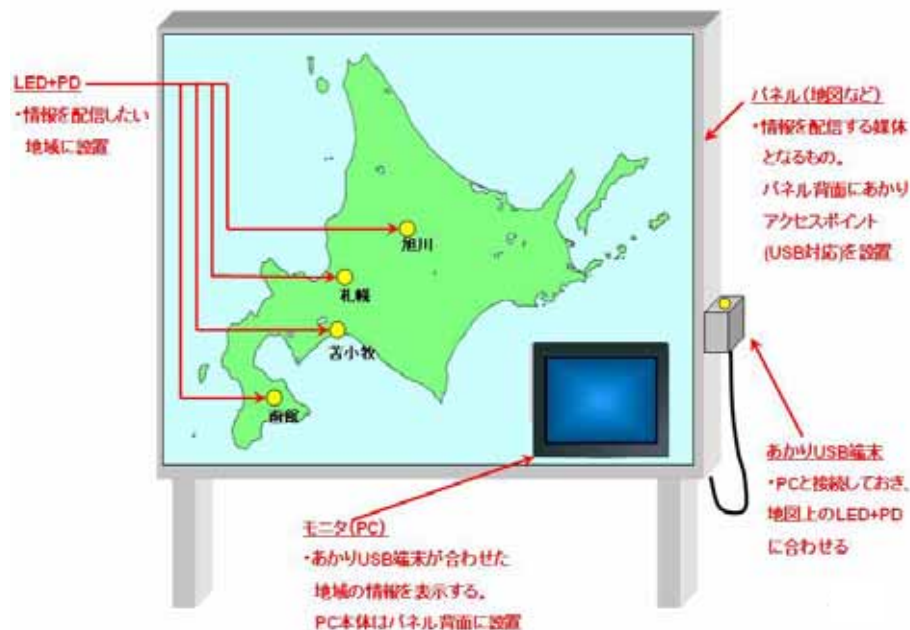


②あかり広告案内システム：ユビキタス情報サービス

可視光通信を広告案内に適用することで次のような特徴ある広告案内が可能になる。

- ・広告パネルやオブジェ、デジタルサイネージなどに通信用 LED を使用することにより、目に見える光からの広告配信が可能となり、イルミネーションのような視覚で楽しめる新しい広告案内システムが実現できる。
- ・可視光は人体に影響がないため、電波の使用できない場所でも可視光広告案内システムの導入が可能。
- ・電波とは違い、目に見える範囲のピンポイントで情報配信ができるため、情報が欲しい顧客のみに配信できる。
- ・現地でしか手に入れない情報を配信することで、旅行先での貴重な思い出など、そこだけの付加価値の高いコンテンツをデジタル媒体で持ち帰ることができる。
- ・USB メモリや携帯電話などで、情報をデジタル媒体として持ち帰ることができるため、パンフレットなど印刷する必要がなくなる。(その場で印刷することも可能)
- ・情報は USB メモリなどの電子デバイスで準備するため、内容の変更をいつでも容易に行える。

<可視光広告案内システムのイメージ>



<あかり広告案内システムのデモ用試作機>



デモ機の機能：

広告パネル (地図) 上で情報を取得したい地域にあかり USB を向けるとその地域の情報が PC モニタに表示される。

③可視光通信向け携帯端末の開発

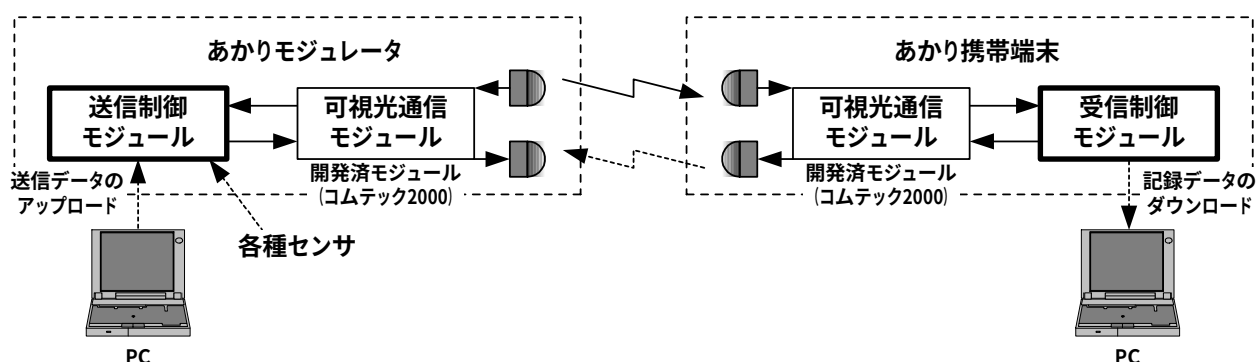
■可視光携帯端末で想定される機能

本研究開発では可視光通信速度の大幅な向上が実現しており、従来と比較して可視光通信の応用分野は大きく広がったと言える。特に照明用光源として LED の利用が進むことで、照明等を送信源として比較的容易にローカルな情報提供サービスの構築が可能となることが期待される。このような可視光通信の特長を活かしたアプリケーションの検証を目的として、携帯可能な可視光通信端末の開発を行った。

開発した端末は、可視光通信で提供される各種情報（画像、音声等）の受信と表示、保持機能を備えるものとした。これにより、バス、列車、航空機等での利用のほか、施設、店舗等で提供された情報を後でパソコン等を利用して確認可能となり、更にインターネットとの連携により、詳細な情報へのアクセスを可能とするようなアプリケーションを想定できる。このようなアプリケーションでは、主に表示機能を中心として利用されることから、本研究開発では液晶表示モジュールへの出力機能を中心として、USB インターフェイスにより情報の読み出しを可能とする端末の検討を行った。

■機能仕様

<可視光通信端末を用いた通信の形態>



本検討では、一方向での通信において利用できるアプリケーションを想定した。通信手順とデータの表示再生方法として、送信側から制御情報を高い頻度で送信する方式を採用することにより、移動時のデータの欠損や中断等への対応が可能となり、モビリティ性を向上させている。

<携帯端末に搭載した主な機能>

項目	主な機能
可視光通信機能	昨年度より(株)コムテック 2000 で開発を進めている通信モジュールを使用した。
表示機能	受信内容の確認を主目的として、携帯電話クラスの液晶表示モジュール（65,000 色、320×240 画素）上に、画像表示を行う機能を搭載した。
音声出力機能	受信した音声データの一時保持および再生機能を搭載した。
受信データ保持機能	受信データ中の URL 情報をフラッシュ ROM へ保持する機能を搭載した。なお、受信した画像および音声データは表示、再生のみに使用して、記録しない方式とした。
保持データのダウンロード	USB インターフェイスにより、保持したデータのダウンロードを行う機能を搭載した。

2-4 「サブテーマ2-2：API ソフトウェアへの対応」

(1) 情報家電アプリケーションの実機検証評価

可視光によるワイヤレス LAN を可能にする電力線通信、インターネットとの相互接続用組込みソフトウェアを具備した試作機の開発により、次のアプリケーションの実現が可能となった。

■ あかりを使用した LAN 環境を提供

- ・Eth 対応あかりアクセスポイントとあかり Eth を使用して 10Mbps の通信が可能。
- ・人体に影響がなく安全な LAN 環境を、既存の LAN 環境のままで使用可能。
- ・目に見えるあかりを使用しピンポイント性の通信ができるため、情報漏洩がない。

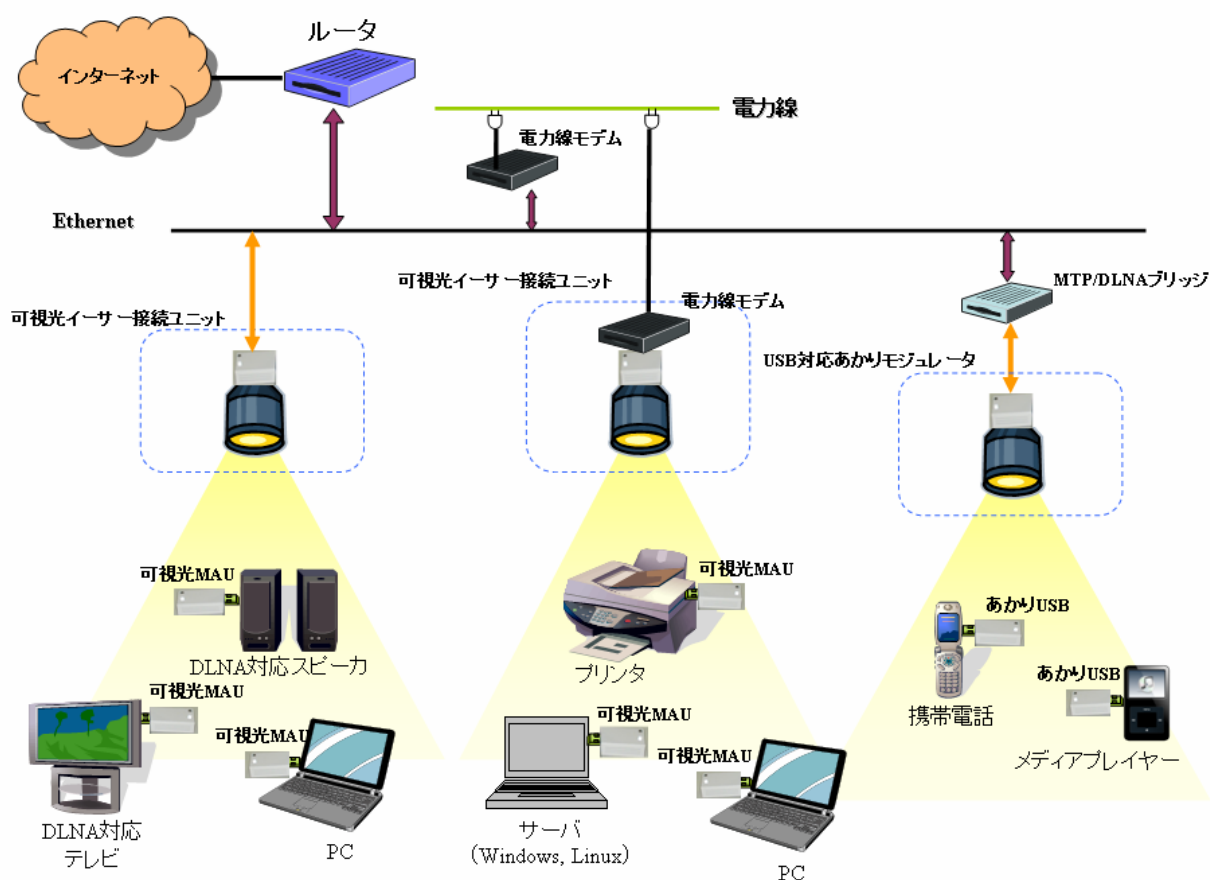
■ 電力線通信によるネットワーク環境を提供

- ・PLC モデムへの適用により、電力線通信によるネットワーク環境にも、そのまま適用可能。

■ あかり DLNA ホームネットワークを提供

- ・DLNA(Digital Living Network Alliance)への適用により、あかりからコンテンツ再生を別の部屋の間で行うような、あかりによるホームネットワーク環境が構築可能。

あかりワイヤレスLAN全体像



可視光通信を用いた家庭用途、ビジネス用途向けのアプリケーションでは、情報家電の中で使用されている規格である DLNA と可視光通信の連携を行うことが不可欠である。

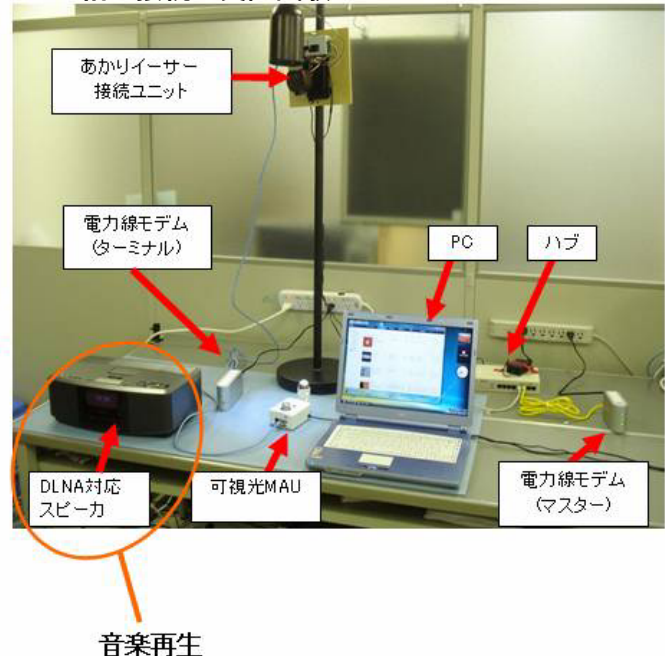
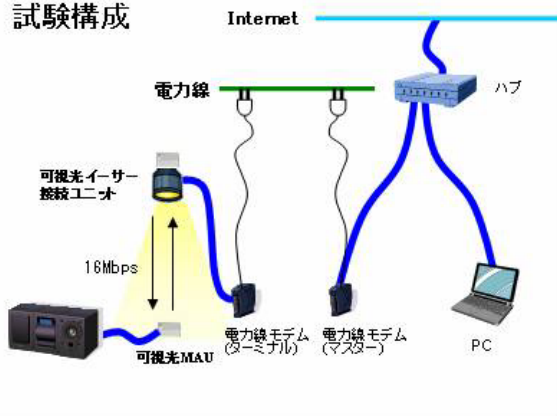
あかり USB 試作機、イーサネット対応可視光 MAU 試作機を用い DLNA との相互接続検証用プラットフォームを構築し、その機能/性能評価を行った。これにより、世界初となる「可視光通信の DLNA への適用」が実現できた。

<可視光通信と電力線モデムを利用した DLNA 相互接続の実証試験>

試験内容

PCの音楽コンテンツをイーサネットハブ→PLCモデム(マスタ)→電力線→PLCモデム(ターミナル)→可視光イーサ接続ユニット→可視光→可視光MAU→DLNA対応スピーカの伝送経路で転送。
DLNAスピーカで音楽再生を確認。

試験構成



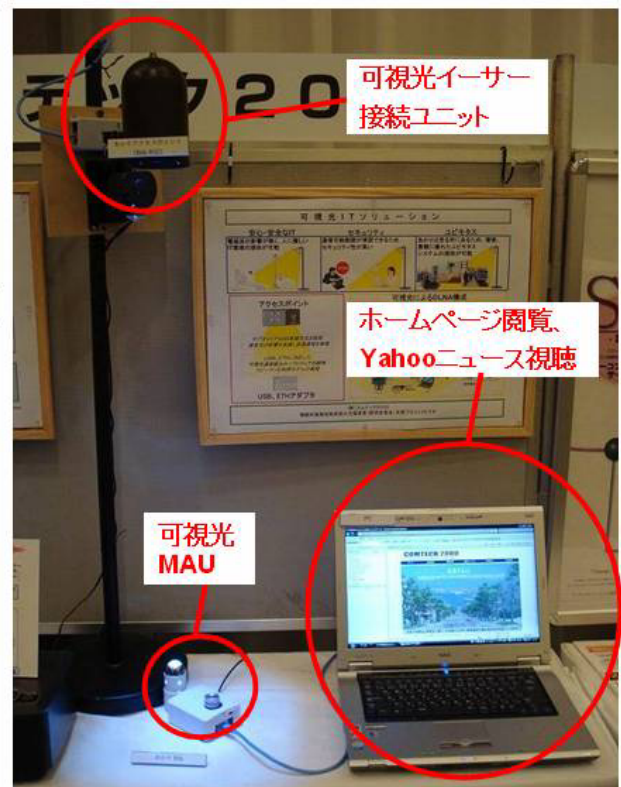
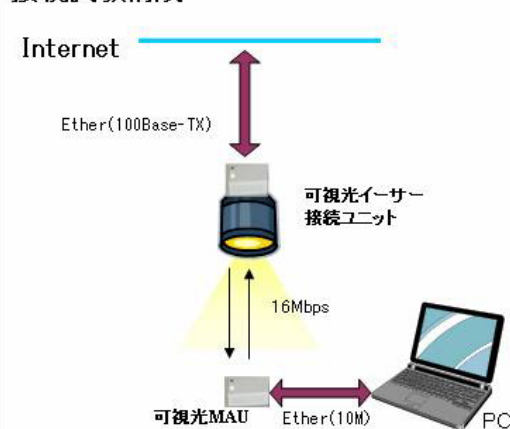
<可視光通信とインターネット相互接続の実証試験>

試験内容

- ①Eth対応あかりアクセスポイントにLANケーブルを挿し、インターネット接続する。
- ②あかりEthとPCをLANケーブルで接続する。
- ③PCからインターネットに接続できることを確認。

※右写真は、北のITシーズフェア2009での展示風景

接続試験構成



(2) センサプリケーションの実機検証評価

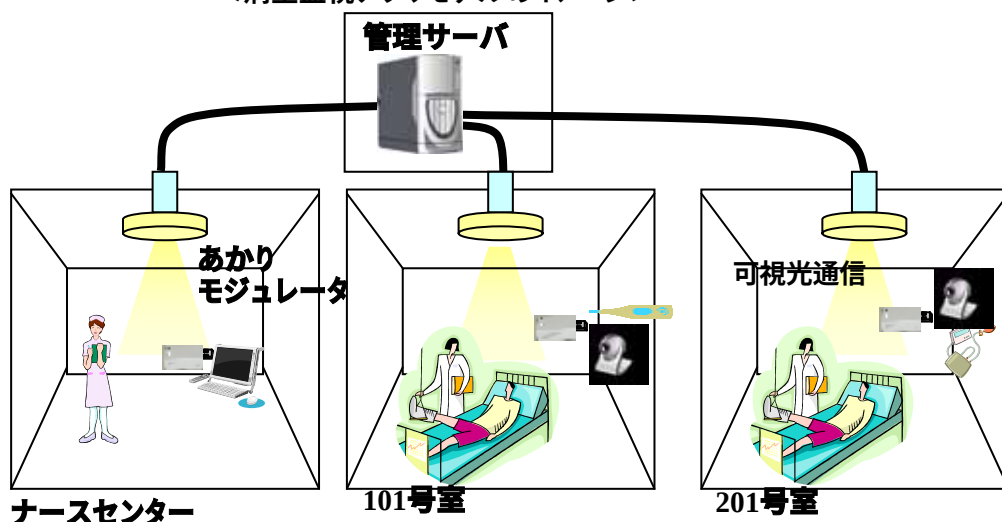
あかり USB システム(あかりモジュレータ試作機、あかり USB 試作機)を用いて、センサネットワーク向けアプリケーションとして WEB カメラによる病室監視アプリケーションソフトの開発を行い、実機による機能、性能の評価を行った。これにより病院での可視光通信の適応が可能になった。

本病室監視アプリケーションシステムを(株)コムテック 2000 と日本電気通信システム (株) が共同で ET2008 に出展し、来場者から、「可視光通信ならではの安全性、スポット性」について高い評価を頂いた。

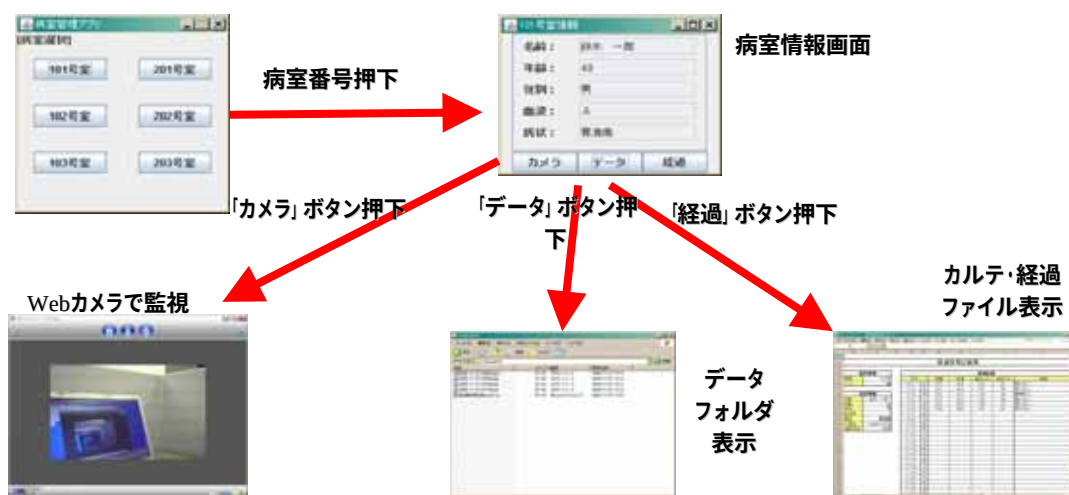
病室監視アプリモデルイメージは次の通りである。

- ・病院内には管理用サーバが設置されており、各病室の情報の管理を行う。
- ・各病室には、病室の映像や患者の体温・血圧等の測定情報を取得する USB 機器と、その情報を管理サーバへ送信するあかり USB が設置されている。
- ・ナースセンター等の患者を管理する部屋では、PC のアプリケーションからサーバを介して病室、患者の情報が取得できる。

＜病室監視アプリモデルのイメージ＞



＜開発した病室監視アプリケーションのイメージ＞



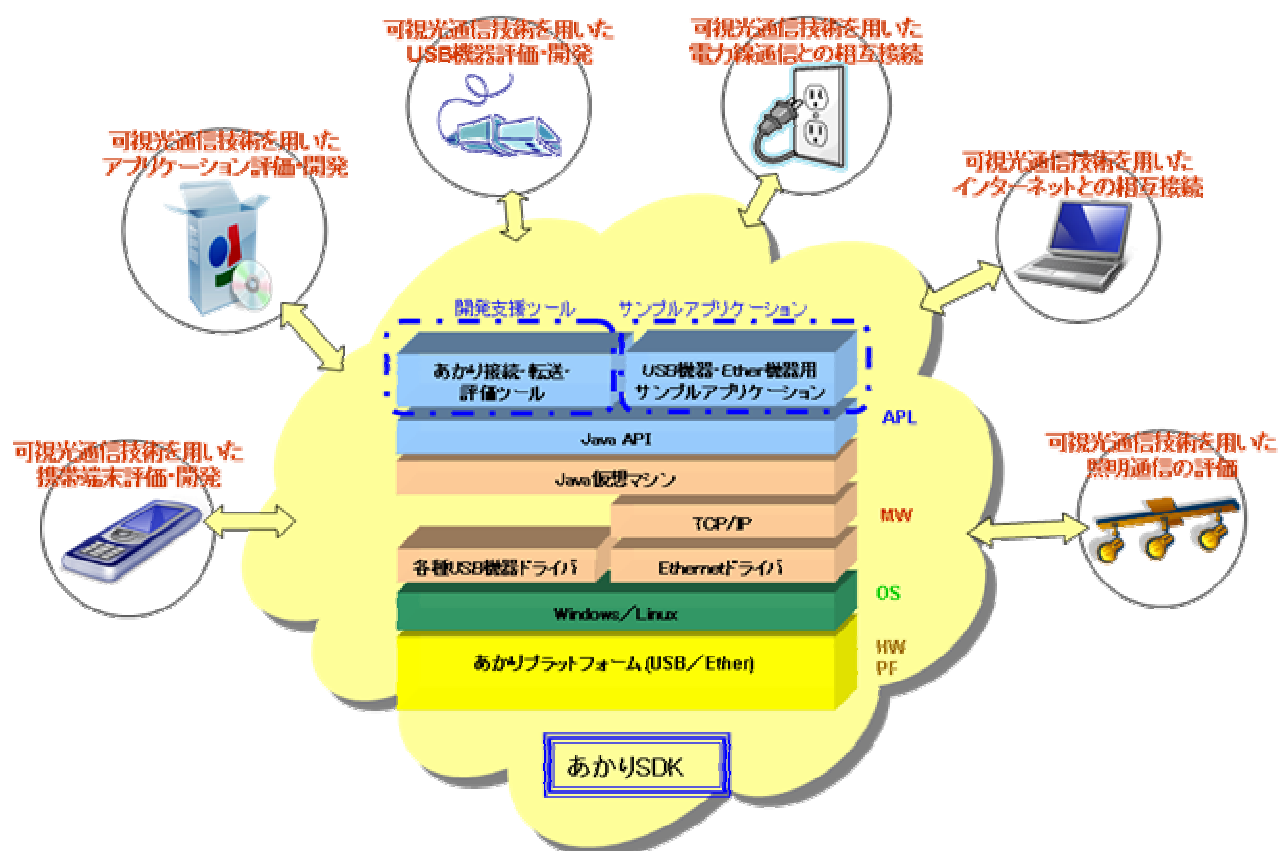
(3) 可視光アプリケーションのユーザ向け開発環境の構築と評価

ユーザ向け開発環境の構築にあたり、日本電気通信システム(株)と(株)コムテック 2000 が共同で要求仕様について調査検討を行い、あかりシステム・デベロップメント・キット(SDK)の提供が有効であると判断し、あかり SDK の要求仕様の作成、USB の API 準拠組込みソフトウェアの開発を行い、諸々の USB デバイスを可視光通信によって接続する機能を世界に先駆け開発し、実機検証確認を行いアプリケーション開発(コスト、期間)の共用可能な効率化基盤を確立した。

本あかり SDK を第三者に貸し出し、アプリケーションの開発を並行して行うことで、通常 6 ヶ月以上要する開発工程が 3 ヶ月で完了することができ、開発期間を大幅に短縮できることが実証できた。

また、あかり SDK のカタログの作成を行い、ET2008 展示会において配布を行った。SDK への興味を具体的に示すお客が多くあり、一般ユーザのニーズと合致していることを確認した。

<あかりシステムデベロップメントキット(SDK)の要求定義>



2-5 展示会への出展

可視光通信のビジネスモデル開拓、利活用モデル開拓、ユーザニーズ調査のため、可視光組込みソフトウェアを搭載した試作機による展示システムを構築して、各種展示会への出展、動態デモを実施した。ユーザの動向把握、利活用の具体化、ビジネス展開に大きな効果が得られた。

展示会	開催月日	場所	展示内容
ESEC2008	平 20 年 5 月 14～16 日	東京ビッグサイト (NEC ブース)	・あかり USB による画像転送デモ ・USB スピーカの動態デモ
ビジネス EXPO	平 20 年 11 月 13～14 日	アクセスサッポロ (道工試ブース)	・あかり USB による画像転送デモ
ET2008	平 20 年 11 月 19～21 日	パシフィコ横浜 (NEC ブース)	・あかり USB を用いた動画による病室監視システムデモ ・あかり SDK 試作機
北の IT シーズフェア 2009	平 21 年 2 月 3 日	ホテル札幌ガーデンパレス	・可視光通信と DLNA 相互接続デモ ・可視光通信とインターネット相互接続デモ

ESEC2008 展示会



ビジネス EXPO



ET2008 展示会



北の IT シーズフェア 2009



第3章 全体総括

3-1 平成19～20年度の成果総括

- 可視光帯域での12Mbps高速デジタル信号処理組込みソフトウェアの開発（12Mbps可視光通信基盤技術開発と標準仕様化）
目標：[現状4.8kbpsの2500倍の性能向上]
成果：可視光（白色光）でのデータレート12Mbps（物理レート16Mbps）、双方向通信のQAMデジタル信号処理組込みソフトウェアを世界に先駆け開発し、実機検証、確認を行い、実用に供する可視光通信基盤技術を確立した。

- USBのAPI準拠組込みソフトウェアの開発と検証（あかりUSBシステム対応MACレイヤ開発と標準仕様化）
目標：[アプリケーション開発（重複開発の削減により1/5以下）、開発期間（8ヶ月を4ヶ月へ）により、現状比1/10以下へ]
成果：USBのAPI準拠組込みソフトウェアの開発を行い、諸々のUSBデバイスを可視光通信によって接続する機能を世界に先駆け開発し、実機検証確認を行いアプリケーション開発（コスト、期間）の共用可能な効率化基盤を確立した。
実証例：経済産業省・情報大航海・e空間プロジェクト実証実験では、本あかりSDKを第三者に本SDKを貸し出し、アプリケーションの開発を並行して行うことで、通常6ヶ月以上要する開発工程が3ヶ月で完了することができ、本SDKを使用することで開発期間を大幅に短縮できることが実証できた。

3) 当該組込みソフトウェアを実装した検証用試作機開発

目標：[研究開発成果の実用化検証]

- 成果：
- ・ 通信速度12Mbps／双方向通信の可視光USBモデム試作機を開発
 - ・ 10BaseT（10Mbps）可視光LAN用モデム応試作機を開発
 - ・ SDK（System Development Kit）を構築

4) 情報家電アプリケーション、センサアプリケーションによる実用性評価

目標：[研究開発成果のアプリケーションによる検証]

成果：可視光通信基盤組込みソフトウェアを具備した試作機を用い、次の実用性評価を行った。可視光通信による利便性の高いワイヤレス環境の実現できた。

■ 情報家電アプリケーションへの適応

- ・ 可視光通信をDLNA（情報家電の世界標準）に世界に先駆け適用し、実用化評価を行い、北のITシーズフェア2009において世界で初めての動態デモを行った。
- ・ 電力線通信と可視光通信とインターネットの相互接続を行い10BaseTでの実用化検証を行った。
- ・ USB対応SKYPEフォンによる可視光通信による音声通信の検証。
- ・ PSP（ゲーム機）と可視光通信による動作検証。
- ・ USB対応ワンセグチューナによる動画／音声通信の検証。

■ センサアプリケーションへの適応

WEBカメラによる病室監視アプリケーションUSB対応WEBカメラによる画像センサアプリケーションの開発、検証を行った。また、本病室監視アプリケーションシステムを日本電気通信システム(株)と共同でET2008に出展し、動態デモを行った。来場者から、「可視光通信ならではの安全性、スポット性」について高い評価を頂いた。

3-2 本研究開発の成果をふまえた事業化の取組

今後の展開として、本研究開発成果をふまえ、その事業化への取組みを推進する。

■ 独創的な可視光帯域でのデジタル信号処理対応組込みソフトウェア技術、体系化した可視光通信レイヤとUSBコンパチブルなAPI対応組込みソフトウェア技術を搭載したプラグイン型小型モジュールとして世界に先駆け試作開発を行った成果を基に製品化、事業化を行う。

■ 対象市場としてはPC、携帯電話、情報家電市場でのワイヤレスソリューション市場、USBや携帯電話等と連携させたコンテンツ流通市場をターゲットとする。

■ 次の製品・ソリューションモデルを先行的に開発する。

①あかりワイヤレス LAN (可視光無線 LAN)

可視光のスポット性、セキュリティ性を活かし、企業向け、ホーム向け、イベント向け等に向けたワイヤレスソリューションの製品化、事業化を行う。

②あかり広告・宣伝システム (ユビキタス情報サービス)

可視光をユーザインターフェイスとする双方向機能を持つ、デジタルサイネージシステムの製品化、事業化への取組みを行う。

③SDK (System Development KIT)

SDK (System Development KIT) による可視光通信サービス、ソリューションのビジネス化コンサルティングとアプリケーション開発を行う。

付録

専門用語説明

VLC	Visible Light Communication 可視光通信。目に見える光を用いてデータをやりとりする通信技術。
QAM	Quadrature Amplitude Modulation 直交振幅変調。振幅と位相の両方を使用するデジタル変調方式の一つ。
API	Application Program Interface ソフトウェアを開発する際に使用できる関数や命令の集まり。
MAC	Media Access Control（メディアアクセス制御）
DLNA	Digital Living Network Alliance 異なるメーカー間の情報家電等の相互接続を容易にするために結成された団体、およびそのガイドライン。
IrDA	Infrared Data Association 赤外線を利用した無線通信規格を策定する団体、及びその規格。
MAU	Media Access Unit：データの送受信装置。
PLC	Power Line Communication 電力線通信。電力線を通信に利用する技術。
FPGA	Field Programmable Gate Array 内部ロジックを組み込みソフトウェアで書き替え可能なIC

－ 以 上 －