

## 可視光通信による統合型通信ネットワーク技術の研究開発

### (1) 研究の目的

本研究では、通信距離に応じて以下のような複数の可視光通信技術を開発することを目的とする。通信距離が1メートル～100メートルの範囲では、500bps～数kbpsの可視光LEDを用いた位置情報取得技術、通信距離が10センチメートル～10メートルの範囲では、5Mbps～100MbpsのワイヤレスLAN型の可視光LED通信、通信距離が10センチメートル程度の近接型可視光通信では、5Gbps～10Gbpsの超高速アイセーフ可視光レーザ通信を開発する。さらに、アップリンクを含めた可視光および電力線通信を用いた高速通信ネットワークの開発および実証実験を行う。

### (2) 研究期間

平成19年度から平成21年度（3年間）

### (3) 委託先企業

学校法人 慶應義塾、日本電気株式会社、株式会社 中川研究所

### (4) 研究予算（百万円）

平成19年度	50（契約金額）
平成20年度	48（契約金額）

### (5) 研究開発課題と担当

課題ア：高速可視光通信デバイスの研究開発

1. 数kbps～5Mbpsのフォトダイオードアレーデバイスの開発  
（慶應義塾大学）
2. 5Mbps～100Mbpsの多値多重可視光LED通信の開発  
（株式会社中川研究所）
3. 5Gbps～10GbpsのWDM（波長分割多重）による可視光レーザ通信の開発（日本電気株式会社）

課題イ：位置情報取得技術の開発

1. 位置情報取得方式の開発（慶應義塾大学）
2. 500bps～数kbpsの位置情報受信用高速イメージセンサの開発  
（日本電気株式会社）

課題ウ：可視光通信による統合型通信ネットワークの実証  
(株式会社中川研究所)

(6) 主な研究成果

特許出願： 1 件  
外部発表： 6 件

具体的な成果

1) 慶應義塾大学

数 Mbps のフォトダイオードアレイデバイスの開発を目指して、フォトダイオードアレイを用いた受光素子とその信号処理回路をデバイスシミュレーション、回路シミュレーションを用いて設計した。その結果をもとに原理の異なる三種類のフォトダイオードとより高速な信号処理回路を 0.18 ミクロン CMOS 技術でレイアウトを行い試作依頼を行った。また平成 19 年度に試作したフォトダイオードアレイデバイスの上にレンズ光学系をおき、対象物の状況をフォトダイオードアレイ上に結像して、任意の場所のフォトダイオードを選択することで、送信源や照明が複数ある状況においても、任意の送信源のみから信号を受信できる事を確認したが、平成 20 年度はより高性能な制御用ソフトウェアの開発を行い、さらに二眼レンズシステムのずれ計算等を行い、認識率を向上させた。さらに、送信源として信号型送信ユニットを試作して可視光 ID 信号を送った結果、テキストデータをデータレート 4.8kbps、距離 2 m 以上で送信が可能であった。さらに、設計した新規フォトダイオードを用いた受光素子を外部トランスインピーダンスアンプと組み合わせて評価した結果、およそ 1.5MHz の応答周波数であった。これより 3 値信号 MLT-3 と併用すれば 5Mbps での伝送が可能となる。

位置検出技術においては、組み込み Linux システム端末にイメージセンサと重力センサを接続し、可視光光源をイメージセンサで撮影した画像情報と重力センサからの重力ベクトル情報を基にして組み込み Linux システム端末の位置を 3 次元的に計測する装置を試作した。この計測による 3 次元位置の精度は、距離が約 2 メートル離れた可視光光源を用いた場合、位置誤差 10 センチ程度であった。

2) 日本電気株式会社

通信距離が 10 センチメートル程度の近接型可視光通信で、ダウンリンクを WDM 技術により実現し、超高速可視光レーザ通信を確認する。20 年度は 1 個

の半導体レーザには **2.5Gbps** 程度で直接変調を行い、さらに波長の異なる4つの可視光レーザモジュールを適切に配置し4波長多重の**2.5Gbpsx4**送信系を構成した。一方、受信系では4系統の**2.5Gbps**受信回路を用意して受光モジュールへ干渉膜型の波長フィルターを経由して拡散光を効率的に光信号を集光し4波長多重光から所定の波長のみを選択する受信系を構成した。

またイメージセンサについてはセンサインタフェースボードの高速化をはかり毎秒 **20,000** フレームの読み出し速度に向上させ、**9.6kbps** に **I-4 PPM(Inverse 4 Pulse Position Modulation)**符号化された **4.8bps** 光信号を2倍速でサンプリングした。それによって最大3個の変調された**LED**照明より同時に**57**バイトのユーザデータをイメージセンサ上の検出位置情報つきで受信処理できることを確認した。また慶応大学の位置情報処理システムに対して高速イメージセンサ可視光受信データを受け渡し出来る事を確認した。

### 3) 株式会社中川研究所

**5Mbps~100Mbps** の多値多重可視光 **LED** 通信の開発については、最終目標である通信速度 **100Mbps** の伝送を達成するため本年度は多値多重方式について試作検討し、所望の伝送性能が得られることを確認した。試作は、1対1の双方向伝送及び1対n双方向伝送の2システムについて行った。前者については**10m**伝送可能であることの実証を行った。一方、後者については、試作については課題ウの「統合型通信ネットワークの実証」の課題として行い、課題ア-2の検証としては、試作したシステムが屋内ワイヤレスLANとして実用可能な伝送性能確保が可能であることの実証を行った。

可視光通信による統合型通信ネットワークの実証については、アップリンクの検討として、アクセスポイントと照明を兼ねる1台の親機と、照明の照射範囲に位置する複数の子機より構成される1対n可視光LANシステムを想定し、子機からのアップリンクについて光や電波等から最適媒体の選択、伝送トポロジーの検討を含めた方式の検討を行った。その結果、アップリンクとして、媒体に赤外線を用い、伝送トポロジーとしては、子機からの送信をビーム系、親機の受信系を拡散系で形成する方式が最適という判断を得た。同アップリンク方式を用い1対n双方向伝送システムの試作および評価を行った。その結果、屋内ワイヤレスLANとして実用的な性能が得られる可能性を確認した。

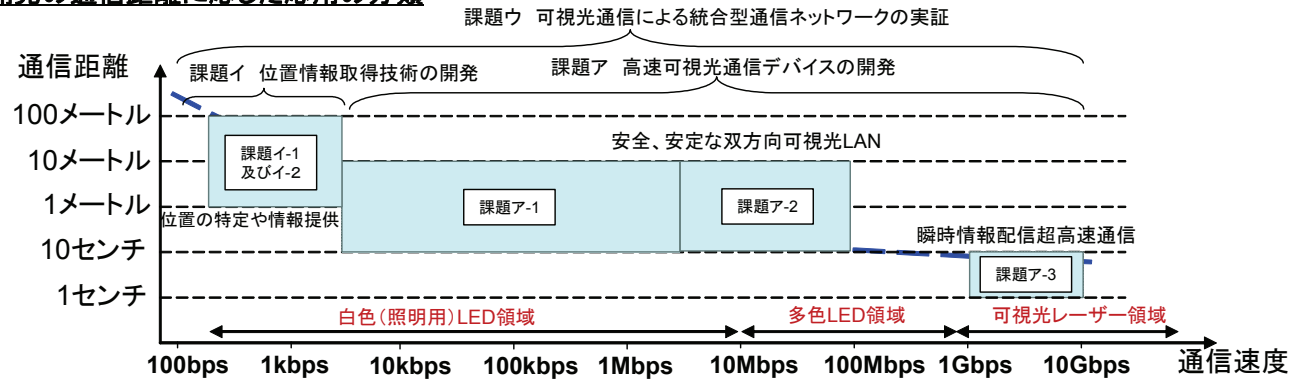
(7) 研究開発イメージ図

別紙4

『可視光通信による統合型通信ネットワーク技術の研究開発』（平成19～21年度）

～多様な“可視光”を目的に応じて使い分ける柔軟な通信システムを求めて～

本研究開発の通信距離に応じた応用の分類



本研究開発の実用化イメージ

