

平成19年度 新規委託研究  
「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」  
研究計画書



## 1. 研究テーマ

『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』

## 2. 研究開発の目的

平成 18 年 1 月、我が国の IT 戦略本部は、「いつでも、どこでも、誰でもが IT の恩恵を実感できる社会の実現」を目指して「IT 新改革戦略」を策定した。その中で、『2011 年 7 月を目標として、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」使えるデジタル・デバイドのないインフラを実現することで、ユビキタス化を推進する』という目標が掲げられており、地下街や屋外、車内も含めて、日本の何処にいてもブロードバンドサービスを受けることのできる通信技術として近年、身近に存在する照明器具を活用した可視光通信が注目されている。

可視光通信は、目に見える光を利用した通信技術であり、指向性が強く、セキュリティ性が高く、送信源や通信可能範囲が利用者に分かりやすいという他の無線通信技術に無い特長がある。

また、近年、発光ダイオード(LED:Light Emitting Diode)の発光効率向上と低価格化が進展しており、今後 LED 照明器具が従来の照明器具に代わり急速に普及することが見込まれている一方で、高速電力線通信(PLC:Power Line Communication)が実用化され、既設の電力線や配電線を照明器具までの情報伝送路として利用することも可能となってきており、LED 照明を利用した可視光通信が普及する条件は着々と満たされつつある。

他方で LED 照明を利用した通信については、送信側デバイスでは数 Mbps 程度から数百 Mbps 程度までの通信速度への適用が確認されているものの、高速通信に適した受信側デバイスは開発途上であり、標準化された可視光 ID システムのデータレートも 4.8kbps に留まっている。

また、普及するためにはキラー・アプリケーション<sup>1</sup>の存在が不可欠であるが、現時点では位置特定が有力候補と考えられている。特に屋内における位置特定において、屋内に配置された複数のLED照明からの情報を受信し、モバイル端末の位置・方向を決定するといっ

---

<sup>1</sup> あるサービスやシステムを大きく普及させるきっかけとなる、特別に人気のあるソフトウェアやコンテンツのこと。

た応用面では他の技術に対して精度や整備コスト面で優位性があることから、この応用面での関連する研究開発が望まれる。

さらに上記の高速受信デバイスや位置特定は、光源からのダウンリンク通信を利用したものであるが、可視光通信による統合型通信ネットワークを構築するためにはアップリンクを確立することが必要である。そのため、種々の応用事例の検討に基づき、利用環境を考慮し、既存の通信技術も含めた最適なアップリンク方式を検討することが求められる。

なお、可視光通信技術は世界的に我が国が先駆者であり、可視光 ID システムに関しては本年 6 月に社団法人電子情報技術産業協会(JEITA: Japan Electronics and Information Technology Industries Association) において民間標準が策定されたところである。

しかしながら、韓国において可視光通信の実用化に向けた研究開発も行われており、我が国においても国際競争力強化の観点から、早急に高度化を目指した研究開発が求められている。

本研究開発は、デジタル・デバイドのないユビキタス社会の実現に向けて、ブロードバンド不感地帯におけるインターネット接続を可能とする通信技術として、身近に存在する照明器具や電力線を活用した可視光通信技術と電力線通信技術との統合した技術の実用化を目指した研究開発を実施するものである。

### 3. 研究開発期間及び予算

研究開発期間：平成 19 年度から平成 21 年度までの 3 年間とする。

予算：平成 19 年度は総額 50 百万円程度を上限とする。

なお、平成 20 年度以降の予算は未定であるが、平成 20 年度以降の予算については平成 19 年度提案額と同額或いは未満の金額で提案を行うこと。

### 4. 研究開発課題

#### **課題ア：高速可視光通信受信デバイスの開発**

LED を利用した高速可視光通信を実現するための受信デバイスの開発、及び高速通信に適した通信方式に関する研究開発を実施し、将来の高速可視光通信技術の標準化の指針を得る。

#### **課題イ：位置情報取得技術の開発**

複数の可視光 ID システムをユーザ端末で受信し、ユーザの位置・方向を高精度に取得する

ための可視光受信デバイス、データ処理技術及び可視光 ID システム最適配置に関する研究開発を実施する。

「注：課題アで研究開発を行う受信デバイスは高速化を目的とするもの、課題イで研究開発を行う受信デバイスは取得位置情報の高精度化を目的とするものですので、それぞれ異なる内容であることにご留意ください。」

### **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**

可視光通信では LED 照明等を用いてユーザ端末に情報を送信（ダウンリンク）することを主に研究開発されてきている。しかしながら、可視光通信技術と電力線通信技術との統合型通信ネットワークを構築するためにはユーザ端末からの情報の送信（アップリンク）に関しても検討する必要がある。ここでは課題ア、課題イで研究開発された技術を有効に活用するための複数の利用環境に応じた最適なアップリンク方式について検討し、統合型通信ネットワークの実証実験を行う。

## **5. 研究テーマ設定の背景、研究開発の必要性及び類似研究との切り分け**

### 1) 当該研究テーマを取り巻く現状

#### 背景

可視光通信技術は、LED 照明等の可視光を利用し、光の強さを搬送波と見立てて変化させることにより通信を行う技術であり、無線電波や赤外線を利用した通信と比較して、通信範囲を視覚的に特定可能、人体への安全性、既存の照明インフラが利用可能といった特長を有している。主要な光源として検討されている LED は高速に点滅する特性があることから、これを利用して通信速度の高速化が可能となる。

近年、LED の発光効率向上と低価格化が進展していることから、今後 LED 照明器具の普及が見込まれており、照明としてだけでなく、可視光通信インフラとしての利用が期待される。また、2006 年 9 月には、PLC が実用化され、既設の電力線や配電線を利用した通信が可能となったことにより、照明器具までの情報伝送路として電力線の利用を想定することができる。このように、可視光通信に利用可能なインフラ整備が着々と進展しつつある。

こうした中で、我が国では LED を利用した可視光通信の研究開発を世界に先駆けて実施している。2003 年には、産学連携による可視光通信コンソーシアム（VLCC：Visible Light Communications Consortium）が立ち上げられ、基盤技術の研究開発や各種アプリケーションの提案、標準化活動等が進められている。2007 年 6 月には、JEITA にて可視光通

信システム規格及び可視光 ID システムへの適用を想定した低速度の通信方式である可視光 ID システム規格が制定され、4.8kbps の通信速度が規定されている。

しかしながら可視光通信の実用化に向けては、自然光や他の照明光との干渉、伝送速度の高速化、伝送距離の長距離化、PLC を始めとする他の通信技術における規格との統合化、多数の可視光 ID システムのリアルタイム取得及び情報(画像)処理技術等の技術的課題の解決、並びに他の無線技術に代わることの出来ない屋内・屋外におけるカラー・アプリケーションの創出が課題となっている。

一方、欧米では可視光通信の研究はほとんど実施されておらず、アジアを中心に検討が行われており、韓国では政府主導で可視光通信のコンソーシアムを立ち上げる動きがある。特に、ITU 等における国際標準化を提案するために、中国を巻き込み、日本、韓国の 3 カ国で連携しようという試みが検討されている。

#### 関連分野の技術動向

可視光通信の主な技術分野としては、光源、受信デバイス、通信技術、電力線通信との統合利用、可視光通信 ID が挙げられる。分野毎の技術動向をまとめる。

##### ① 光源

光源としては、蛍光灯、LED、半導体レーザー (LD : Laser Diode) 等が検討されている。蛍光灯は発光効率や通信速度、寿命等において限界があり、今後照明インフラとしての普及が見込まれる LED が主要な光源として期待される。

LED としては、白色 LED と単色 LED の 2 種類がある。白色 LED は照明として利用し易いという点で有効であるが、蛍光体を利用した白色 LED を使用した場合、通信速度は数 Mbps 程度が限界とされる。一方、単色 LED では高いデータレートを実現可能であり、緑色 LED や赤色 LED を用いた数百 Mbps 程度の通信速度が確認されている。また、RGB の 3 原色 LED の混合による白色化や多重通信も検討されている。

一部で、LD を用いたギガビット級の高速通信についても研究が行われているが、アイセーフティ面における課題がある。

##### ② 受信デバイス

可視光通信の受信デバイスとしては、主にフォトダイオード (PD : Photo Diode) が用いられており、低速で暗電流の小さい pn 型 PD、比較的高速だが暗電流の大きい pin 型 PD、及び高速・高感度なアバランシェフォトダイオード (APD : Avalanche Photo Diode) 等が用いられている。PD を利用する場合、屋内における近距離であれば問題なく通信可能であり、通信速度の高速化も可能であるが、混信や外乱光源によるノイズに弱く、長距離

通信に向かない等の課題がある。

一方、PD を利用する際の課題を解消するため、PD を 2 次元配列したイメージセンサを受信デバイスに適用する研究が行われている。CCD/CMOS 等を利用した高速カメラの応用が検討されている。これにより、長距離通信や複数光源からの並列通信、屋外での利用が可能となるが、通信速度は受信デバイス側のフレーム速度に依存することから、高速化は難しい。そこで、送信側にも多数の LED を配列した並列通信を行うことによる高速化も検討されており、実験によりギガビット級の通信速度が確認されている。

### ③ 通信技術

現在、変調方式として、赤外線通信と同様の 4 値パルス位置変調(4PPM: 4 Pulse Position Modulation) 方式が採用されており、規格が制定されている。この変調方式は点灯時間が長いことから照明との併用に有効な方式である。サブキャリアの周波数は 28.8kHz が使用されているが、高速化のためには、より高い周波数帯域を使用することが必要であり、MHz 帯が候補となっている。今後、アプリケーションや通信速度・距離等の要求条件に合わせた通信方式が提案されると考えられる。

なお、双方向通信についても検討が行われており、アップリンクに単色光や赤外線、無線 LAN 等の他の通信方式を組み合わせたシステムの検討が行われている。

### ④ 電力線通信との統合利用

現状では、19.2kbps の通信速度による PLC モデムと可視光通信を組み合わせたシステムが開発されている。PLC と可視光通信のインタフェースとなる PLC モデムの開発において、技術的な課題は無いが、PLC の通信方式が統一されていないことから、PLC モデム内蔵 LED 等の可視光通信との統合利用を想定した機器開発が進まない状況にある。

PLC の伝送速度はノイズ等の影響から数十 Mbps 程度となることが予想され、現在の白色 LED による可視光通信の速度から考えると問題ないが、単色 LED 等による高速通信を行う際にはボトルネックとなり得る。

### ⑤ 可視光 ID システム

可視光 ID システムの通信方式が規格化され、それを使用した製品が発表されている。現状では光源にスポットライトを用いたシステムが提案されている。今後、ID に含める情報量の増加に伴い、高速化の検討が進むものと考えられる。受信側の PD 及び処理機構を小型化し、携帯電話等に適用することも技術的には可能となっており、アプリケーションの検討、普及が課題である。

## 関連分野のアプリケーション動向

可視光通信のアプリケーションはそのほとんどが実証実験段階にあるが、圧倒的にダウンリンクによる情報提供に特化した片側通信のものが多く、最も代表的なものは、屋内における室内照明光へ可視光通信を応用したものである。LED 照明から PDA 等の携帯端末への情報の送信、空港内の照明から携帯端末へ情報提供を行うシステムや、展示品解説やスーパーにおける商品案内システム、店内におけるナビゲーションシステムなどが開発されている。

屋外においては、LED 信号機による情報提供、視覚障害者へのナビゲーションなど、ITS への応用開発が進められている。その他、地下への適用を前提とした誘導灯等サイン光通信音声アプリケーションなどが開発されている。また、視覚障害者への情報提供を目的とした LED バックライトのパネルによる通信や、病院内におけるナビゲーションシステムなども開発されている。

物流分野にも応用開発がされており、可視光 ID システムを利用し、発信された ID 情報を高フレームレートカメラで受信、画像処理サーバで位置を把握し、その情報を物流センターの管理システムサーバに送るシステムが開発されている。

また、数は少ないものの双方向型のアプリケーションも開発されており、可視光通信と PLC と統合されたシステムの実証実験が行われている。これは、人感センサーにより侵入者を検知し、PLC を介した照明機器の点滅制御、及び警告情報の送信とオンデマンドによる画像提供を可視光通信にて行うシステムであるが、アップリンクに関しては赤外線通信が用いられている。

## 2) 研究開発の必要性

地下街や屋外、車内も含めて、日本の何処にいてもブロードバンドサービスを受けることのできる通信技術として近年、身近に存在する照明器具を活用した可視光通信が注目されている。特に今後普及が期待される LED 照明には、高速点滅可能な LED の特性を生かした高速通信の可能性を秘めている。しかしながら現在標準化された可視光通信は 4.8kbps とした低速通信であり、ブロードバンド環境を実現するためにはより高速の通信技術を開発することが必要である。また、これまでの可視光通信では照明器具から携帯端末への単方向通信が研究対象であり、ブロードバンド環境を提供するためには、携帯端末からのアップリンク方式を検討する必要がある。

以上の研究開発により可視光通信によるブロードバンド環境が構築可能になると、このネットワークの活用方法が問題となってくる。つまり、可視光通信による統合型通信ネットワークを普及させるためには、他の無線通信に代替することのできない特長を生かしたキ

ラー・アプリケーションの開発が不可欠となる。その候補として可視光通信による位置情報取得が考えられる。屋内においては、屋外における GPS に代わる、方向を含めた位置情報取得技術は実現されておらず、指向性の強い可視光通信の技術を適用することにより、正確な位置情報取得が可能となるからである。ブロードバンド環境においては、位置情報に加え、地図情報を合わせて提供する等のサービスが想定される。

一方、可視光通信に関する研究開発は、海外では、特に韓国において、政府主導で研究開発が開始されている状況である。このため、国際競争力を失うことなく協調して研究開発を進めるためにも、公的支援による本研究開発が必要である。

### 3) 他で実施されている類似研究との切り分け

屋内を対象とした可視光通信による統合型ネットワークに関する研究開発は、総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE: Strategic Information and Communications R&D Promotion Programme)の平成16年度採択案件、NEDOの高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム(平成17、18年度)、情報通信研究機構の民間基盤技術研究促進制度(平成18年度採択課題)等において実施されている。

これらは、可視光通信の通信速度が数k~十数kbps程度のネットワークを検討しているが、本研究課題ではメガビット級のブロードバンド環境の構築を目指している点に新規性がある。また、位置情報提供においては、各LED光源が個別に出すID情報を元に受信端末の位置を推定していた。しかしながら本研究では、複数のLED光源が出すID情報を用いて受信端末の位置を高精度に把握すると共に、方向についても算出し、地図上にマッピングすることを想定しており、より高度な研究課題となっている。

### 4) 標準化の動向

国内における可視光通信の標準化は、VLCCが先導して進めている。2005年5月にVLCC内において可視光通信の最初の通信規格として「可視光通信システム規格」(VLCC-STD-001)を制定、続いてこれに基づき、低速度の通信方式である可視光IDシステムに特化した「可視光IDシステム規格」(VLCC-STD-003)も制定している。2007年3月には、VLCCのメンバー会社を中心となり、VLCC-STD-001をJEITAにおいて「可視光通信システム」(JEITA CP-1221)として標準化した。同年6月には可視光通信の最初の具体的なアプリケーションとしてVLCC-STD-003を「可視光IDシステム」(JEITA CP-1222)として標準化した。表1に可視光IDシステムの主な仕様を示す。現在のところ、その他に標準化されたアプリケーションはないが、次のステップとして

VLCC はこの可視光 ID システムの国際標準化を韓国と共同で目指している。また、標準化した可視光 ID システムはデータレート 4.8Kbps と低速であるため、今後の発展として、中高速の標準化も韓国と共同で目指している。

**表 1 可視光 ID システムの主な仕様**

項目	規格
波長	380nm～780nm
データレート	4.8kbps
伝送方式	サブキャリア 4 値 PPM
副搬送波周波数	28.8kHz
フレーム・パイロード長	512bits
パイロード	ID、一般データ
伝送距離・範囲	個別アプリケーションにて規定

## 6. 研究開発の到達目標

以下に記載の目標は全て最低目標であり、提案を行う際には、同等かそれ以上の目標設定とすること。

### **課題ア：高速可視光通信受信デバイスの開発**

照明用の LED を発光源とした高速可視光通信として、5Mbps の通信速度を達成するための受信デバイスの開発、及び高速通信に適した通信方式に関する研究開発を実施する。

- 1) 屋内にて、1m～10m の近距離にて 5Mbps の通信速度を達成すること。
- 2) 現在のところ可視光通信の方式としては可視光 ID システム規格に定められているが、より高速通信に適した通信方式についても検討すること。
- 3) 屋内での利用を想定するが、窓からの外光、蛍光灯などの照明の干渉を考慮すること。
- 4) 可視光通信により照明機能に影響を与えないこと。
- 5) 以上の研究開発をもとに高速可視光通信方式の規格案として取りまとめること。

### **課題イ：位置情報取得技術の開発**

複数の照明から送信される ID 情報をユーザ端末で受信し、ユーザの位置・方向を高精度に取得するための可視光受信デバイス、データ処理技術及び ID の送信源となる照明の最適配

置に関する研究開発を実施する。

- 1) 複数の照明から送信される ID 情報をもとに、ユーザ端末の位置・方向を決定すること。
- 2) 位置精度としては 1m 程度とし、この精度を実現するための ID の送信源の配置条件を明確にすること。ただし ID の送信源となる照明の配置は、照明器具として求められる制限を前提とすること。
- 3) 屋内での利用を想定するが、窓からの外光、蛍光灯などの照明の干渉を考慮すること。

### **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**

可視光通信による可視光通信技術と電力線通信技術との統合型ネットワークを検討し、課題ア、課題イで研究開発された技術を有効に活用するための実証実験を実施する。

- 1) 可視光通信による可視光通信技術と電力線通信技術との統合型通信ネットワークを構築するためのアップリンク方式に関して検討する。課題ア、イの応用事例を複数ケース検討し、それぞれに最適なアップリンク方式を検討すること。
- 2) 1) で検討した事例のうち可視光通信による可視光通信技術と電力線通信技術との統合型通信ネットワークとしてのデモが有効と思えるケースについて実証実験を実施すること。
- 3) 実証実験結果をもとに、可視光通信による可視光通信技術と電力線通信技術との統合型通信ネットワークの課題について取りまとめること。

## **7. 期待される波及効果**

### (1) 類似研究開発面に期待する波及効果

LED を用いたブロードバンド通信を実現するための各種方式の検討により、今後の可視光通信の超高速化に向けた参考事例になると考えられる。また、複数光源を用いた位置情報提供の検討はこれまであまり行われておらず、屋内における新たな位置情報提供技術を確立できることから、可視光 ID システムの体系や管理技術に大きく影響すると考えられる。

### (2) 実用化面に期待する波及効果

ブロードバンドに対応した受信デバイスの開発や PLC との統合が実現することにより、地下街等においても安定したブロードバンド環境の構築につながる事が期待される。特に、可視光通信が高速化することより、音声、動画などの大容量データを提供することが可能となり、その地点に帰属した情報を取得できるという可視光通信の特徴を活かした、美術館での音声ガイド等の実現が期待される。また、可視光通信では、光を感じるこ

とで情報発信源を容易に見いだすことができるので、健常者はもとより視覚障害者に至るまで活用することが可能である。

さらに、位置情報の取得が可能になると、GPS 電波の届かない屋内でのマンナビゲーションシステム等を実現することが可能となり、より安全で移動しやすい社会の構築に貢献することが期待される。

### (3) 標準化活動面に期待する波及効果

本研究により、可視光通信の高速化が大きく促進され、将来的な高速ブロードバンド通信の達成とその標準化に大きく貢献することが期待される。また、世界に先駆けてブロードバンドに対応した可視光通信の基盤技術を作り上げることにより、韓国・中国との協同での国際標準化においても先導的役割を果たし、可視光通信分野における日本の国際競争力の獲得につながることを期待される。

## 8. 研究開発スケジュール

本研究テーマの研究開発期間は平成 19 年度から平成 21 年度までの 3 年間であり、スケジュールは概ね以下のとおりである。

	19 年度	20 年度	21 年度
課題ア：高速可視光通信受信デバイスの開発	→		
課題イ：位置情報取得技術の開発	→		
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		→	
		△ 中間評価	

## 9. 参考文献

電子情報技術産業協会規格 JEITA CP-1221 可視光通信システム  
 電子情報技術産業協会規格 JEITA CP-1222 可視光 ID システム

総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）第3回成果発表会  
第1回「デジタル情報機器相互運用基盤プロジェクト（情報家電分野）」（事後評価）分科  
会資料  
「可視光通信の世界」中川正雄 監修、可視光通信コンソーシアム編、株式会社工業調査会  
発行