

Title	可視光通信と FOSS4G を用いた屋内ナビゲーションシステムの提案と開発
Author	山本, 拓矢 / 芦田, 優太 / シッティチャイ, チューサムロング / ラガワン, ベンカテッシュ / 米澤, 剛
Citation	情報学. 11 巻 1 号, p.1-11.
Issue Date	2014
ISSN	1349-4511
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学創造都市研究科情報学専攻
Description	
DOI	

Placed on: Osaka City University

可視光通信とFOSS4Gを用いた

屋内ナビゲーションシステムの提案と開発

Development of Indoor Navigation System Using Visible Light Communication and FOSS4G

山本拓矢[†], 芦田優太^{††}, チューサムロング シッティチャイ^{††},
ベンカテッシュ ラガワン^{††}, 米澤 剛^{††}

Takuya YAMAMOTO[†], Yuta ASHIDA^{††}, Choosumrong SITTICHA^{††},
Venkatesh RAGHAVAN^{††}, Go YONEZAWA^{††}

概要: 近年, GPS(Global Positioning System)を利用した測位システムが発達しており, 様々な場面で位置情報サービスが利用されている. しかし, ショッピングモールや地下街等の屋内では GPSの電波を正確に受信することが難しいため, 位置を特定することが困難である. 現在, この問題を解決するため, RFID(Radio Frequency IDentification)や無線LAN(Local Area Network), IMES(Indoor MESSaging System)を用いたシステムが検討されているが, これらのシステムは設置時の電源の確保や美観に対する問題, 電波の干渉による精度悪化の問題が生じる. そこで本研究では, これらの問題を解決して屋内の測位やナビゲーションを可能にするため, 可視光通信を用いた屋内のナビゲーションシステムの提案とプロトタイプの開発を行った. 可視光通信を用いることで既存の照明設置部分を利用することができるため, 現在の景観を維持することだけでなく, 電源の確保が容易である. また, 光は指向性が高いため, 電波に比べてより高精度な測位システムを構築することが可能である. 本研究システムの開発には, OS(Operating System)に関係なく動作するように主にWeb言語で構築を行い, 容易に編集や構築ができるように地理空間分野のためのフリーオープンソースソフトウェアであるFOSS4G(Free Open Source Software for Geospatial)をいくつか利用した. 本研究で開発した可視光通信とFOSS4Gを用いた屋内ナビゲーションシステムの実証実験の結果, このシステムを利用することで屋内でも正確な現在地を知ることができ, 目的地を入力するだけで目的地までスムーズに進むことができることが立証できた. そして今後, 可視光通信だけでなくPDR(Pedestrian Dead Reckoning)を併用した測位システムの開発や本研究で開発したシステムをどのようにサービスにつなげられるかを考えなければならない.

キーワード: 可視光通信, 屋内ナビゲーションシステム, 測位システム, 地理情報, FOSS4G

Keywords: Visible Light Communication, Indoor Navigation System, Positioning System, Geographic Information, FOSS4G

1. はじめに

近年, GPS(Global Positioning System) を利

[†] 三菱電機株式会社

^{††} 大阪市立大学大学院創造都市研究科

用した測位システムが発達しており, そのGPSを利用して, 携帯端末や車向けのナビゲーションシステムをはじめ, 様々な場面で位置情報サービスが利用されている. しかし, ショ

ッピングモールや地下街等の屋内ではGPSの電波を正確に受信することが難しいため位置を特定することが困難である。このような背景から、大学や民間企業等が屋内の測位システムとして、RFID(Radio Frequency Identification) や 無線 LAN(Local Area Network), IMES(Indoor Messaging System) を用いたシステムを研究し実現と普及に向けて検討を行っている。しかし、これらのシステムでは設置時の電源の確保や、美観に対する問題、電波の干渉による精度悪化などの問題が生じてしまう。そこで本研究ではこれらの問題を解決し屋内の測位やナビゲーションをスマートフォンで利用することを可能にするため、可視光通信を用いて屋内のナビゲーションシステムの提案と開発を行った。可視光通信とはLED(Light Emitting Diode) を利用して目に見える光を高速で点滅させることにより情報送信し、受光素子を用い信号を復調し、データ受信を行う。可視光通信を用いることで既存の照明設置部分を利用することができるため、現在の景観を維持することだけでなく、電源の確保が容易である。また、光は指向性が高いため、電波に比べてより高精度な測位システムを構築することが可能である。そして、本研究のシステムの開発には、OS(Operating System) に関係なく動作するように主に Web 言語 で構築を行い、FOSS4G(Free Open Source Software for Geospatial) のいくつかのソフトウェアを利用した。FOSS4G は「フォスフォージー」と発音国際非営利組織の『OSGeo 財団』が支援しているコミュニティであり、地理空間分野のためのフリーオープンソースソフトウェアのことを一般的に意味している。FOSS4G のソフトウェアは無償で提供されており、これらの

ソフトウェアを利用することで地理空間分野におけるシステム開発をより低コストで効率的に構築することが可能となる。本研究では、可視光通信を用いた屋内ナビゲーションシステムの提案とプロトタイプの開発を行い、その測位の精度と屋内ナビゲーションシステムの実証実験を行った。2章では先行で行われている測位システムと可視光通信について説明する。3章では本研究で提案する可視光通信を用いた屋内ナビゲーションシステムについて述べ、4章、5章で評価方法と結果、考察、まとめについてそれぞれ述べる。

2. 先行研究

2.1 GPS による測位システム

既に実用化されている測位システムとしてGPSが主流である。GPSとは米国によって打ち上げられた衛星から地表面における3次元(緯度, 経度, 高度)を測定できるものである。しかし、GPSは屋外での測位手段として考えられたシステムであるため、屋内ではGPS衛星の電波を正確に受信することができない。そのため、屋内でのGPSによる測位は困難である。この問題を解決するために、屋内でも利用可能な測位システムが様々な方法で検討され研究が行われている[1]。次の節ですでに研究されている屋内の測位システムについて示しその特徴について述べる。

2.2 RFID測位システム用いた屋内の測位システム

RFIDを用いた屋内の測位システムは床等にあらかじめ設置しているRFIDタグのもつ位置情報をRFIDリーダから電磁界もしくは電波により非接触で読み書きを行って位置を特定するシステムである。このシステムを用いるこ

とで高精度な位置情報を取得することができる。しかしRFIDタグをいくつかの床に埋め込む場合には埋設工事によるコストがかかってしまい、貼付ける場合には美観に対する問題が生じてしまう。また、パッシブ型のRFIDタグを用いた測位システムでは通信距離が短いため、タグを捜しそばまで接近する必要があり、アクティブ型のRFIDタグを用いた測位システムではバッテリー駆動であるため一定の時間でバッテリーを交換する必要があり維持管理に手間やコストがかかってしまう。

2.3 無線LANを用いた屋内の測位システム

無線LANを用いた測位システムでは電波を利用するため通信距離が長く、通信距離内であれば無線LANやAP(Access Point)が直接見えなくても現在地を推定することができる。つまり、利用者は現在地を特定するための無線LANやAPを探す必要がない。この無線LANを用いた屋内の測位システムには大きく以下の3つの方式に分類される[2]。しかし、この測位システムではユーザが保持している端末が受信するAPや無線LAN毎の電波強度が一定ではなく、妨害電波やチャンネル間での干渉などの理由で変化してしまう。そのため、位置予測することが難しい。上記以外にも設置において電源の確保やRFIDと同じく美観に対する問題が生じる。

2.4 IMESを用いた屋内の測位システム

IMEとはJAXA(Japan Aerospace eXploration Agency)が考案した屋内の測位システムである[3]。IMESではGPS衛星と同じ電波形式を用いているためGPSの受信機で信号を受信することが可能である。そのため、GPS内蔵の端末は新たにハードウェアを加えることなくIMES

のシステムを利用することができる。しかしIMESから位置情報を得る際に機器の仕様のため数秒かかる。サービスを提供するにはサービス提供にかかる時間を考慮しておかなければ提供するサービスと利用者の現在位置に誤差を生じてしまう。また、IMESも電波を利用しているため、他の電波との電波干渉や屋内と屋外の境でのGPSと屋内GPS送信機の干渉により現在地を予測することが難しい。そして、RFIDや無線LANと同じく送信機を設置するにあたり電源の確保や美観に対する問題がある。

2.5 可視光通信

2003年から可視光通信コンソーシアム(VLCC: Visible Light Communication Consortium)より、可視光通信技術を利用したシステムや製品の開発が進んでいる[4][5]。可視光通信とはLEDなどの光源の光を高速に点滅させ、デジタルデータを送る通信方式である。可視光線の波長領域を図1に示す。波長にすると380nm~750nmの領域である。可視光線は波長の長い順に「赤・橙・黄・緑・青・紫」と並んでいる。可視光線より一段階長い波長を赤外線といい、一段階短い波長を紫外線という。一般的に可視光通信は、光ファイバなどを利用する有線通信ではなく、可視光領域を利用した無線通信のことを言う。つま

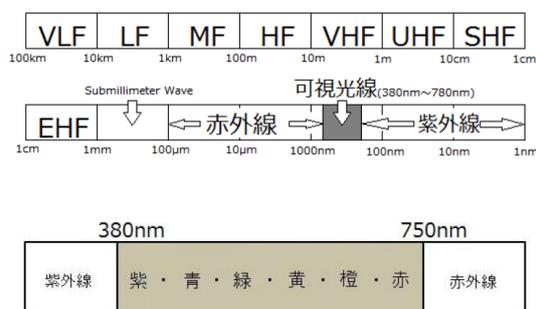


図1. 周波数帯域と可視光線の波長の並び

り、可視光通信は人間が目に見える光を使った無線通信である。

2.6 可視光通信を用いた屋内の測位システム
以上のことから、可視光通信を屋内の測位システムに応用することで次のような長所と短所が考えられる。

長所

- 可視光通信の送信機は一般的に照明として使うことが可能である。そのため、既存の設備で送信機を内蔵した照明に取り替えるだけで利用することができ、電源の確保や美観に対する問題も解消される。
- ある程度送信機から離れた所でも通信することができるので送信機まで近づく必要がない。
- 指向性が高く見通しにない送信機からの情報を受信しないので、部屋やフロア別に判断をすることができ高精度な位置情報を得ることができる。
- 目に見える光(可視光)を利用しているため、ユーザはどこから情報が発信されているのか容易に特定することが可能である。

短所

- GPSや無線LANとは違い、スマートフォンなどのモバイル端末に内蔵されていない。

直線間に障害物があることで通信することができないことが欠点と思われがちだが、光の直進性を活かすことで部屋や廊下、フロアの区別を行うことが可能であり、より正確な現在地を予測することが実現可能である。上記のような特徴から可視光通信を使った屋内のナビゲーションシステムの提案と開発を行った。

3. 可視光通信を用いた屋内ナビゲーションシステムの提案

3.1 システムの提案

ここ数年、GPSや通信基地局を利用した測位が発達している。そのGPSを利用して、モバイル端末や車向けのカーナビゲーションシステムをはじめ、様々な場面で位置情報サービスが利用されている。しかし、ショッピングモールや地下街等の屋内ではGPSの電波を正確に受信することが難しいため位置を特定することが困難である。そこで、本研究ではGPSの電波を受信することが難しい屋内でもスマートフォンで利用できる位置情報サービスの実現を目指すために、可視光通信を用いた屋内ナビゲーションシステムを提案する。

本研究で提案するシステムでは近年普及されてきているスマートフォンを用いる。また、OSの違いが生じても動作するようにWebの言語やサーバを使ってシステムが構築できることを考える。そして、利用中にインターネットが途切れたとしても地図の拡大や縮小ができるようにSVG(Scalable Vector Graphics)マップを利用する。SVGとはXMLによって記述されたベクターグラフィック言語のことで拡大縮小を行っても描画の劣化が起きずに表示することが可能である。また、SVGを導入することでHTML(Hyper Text Markup Language)の中に記述することができるとともにJavaScriptを用いることで地図からイベントを起こすことも可能である。本研究で提案するシステムを図2に示し、その流れを次に示す。

- (1)それぞれのLED照明の灯りにあらかじめ決めておいた位置情報を重畳させて可視光通信として配信する。

- (2)アプリケーションを起動したスマートフォンは屋内の地図データがあるWebサーバに

アクセスしスマートフォン端末の画面上に地図を表示する。

(3) 位置情報を配信している照明にあたることで位置情報を取得し、現在地を特定する。

(4) 現在地が特定されたら、スマートフォン端末の画面上で現在地を表示させる。

(5) 目的地を設定することでサーバにアクセスして現在地と目的地までの経路検索を行いスマートフォン端末の画面上に経路を表示させる。

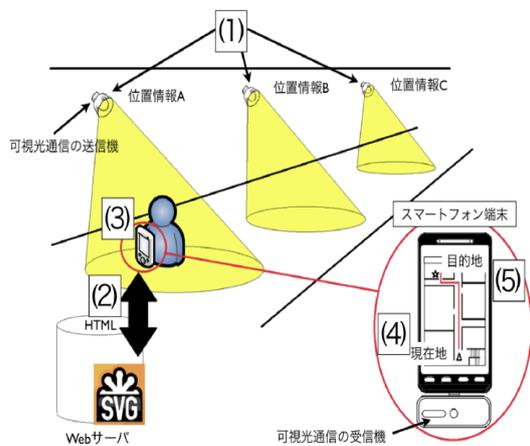


図2. 提案するシステムのイメージ図

本研究で製作した可視光通信機について説明する。可視光通信機のシステムのブロック図を送信機側と受信機側に分けて図3に示す。送信機側のシステムでは、あらかじめ送信機に登録している文字データを符号発生させ変調回路で変調させる。そしてLEDドライバで光を高速点滅させられるように制御を行い、信号を増幅させてLEDで送信する。一方、受信機側のシステムでは、LED から送られてきた光の信号を照度センサで受信し増幅させる。そして、その信号を帯域フィルタにかけて可視光通信の信号だけを抜き出し波形整形を行い復調させる。復調された信号は符号判別回路で復号を行いスマートフォン端末とシリアル

通信で行えるようUSB(Universal Serial Bus)シリアル変換機を通してアンドロイド端末に取り込む。

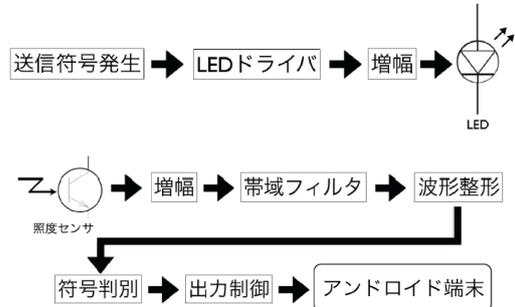


図3. 送信、受信システムのブロック図

3.2 システムの概要

本研究では可視光通信を用いた屋内ナビゲーションシステムの提案を元に、FOSS4Gのソフトウェア[6]と可視光通信を用いてシステムの開発を行った。そのシステムで使用されるFOSS4Gソフトウェアの関係性を図4に示し、その流れについて説明する。

(1) 可視光通信の送信機からあらかじめ決めておいた位置情報を送信し続ける。

(2) 可視光通信の受信機で受信した位置情報をUSBを使ってアンドロイド端末へデータを転送する。

(3) android.hardware.usbのクラスを用いて受信機から転送されてきた位置情報をアンドロイドのアプリケーションで利用する。

(4) android.webkitのクラスを用いて指定のWebサーバにアクセスし、HTMLやJavaScriptなどのWeb言語を解釈してアンドロイド端末の画面上でナビゲーションシステムを行う。本研究で開発したAndroidOSに対応したアプリケーション(アプリケーション名:VLC JS)のファイル構成を図5に示す。

(5) Webサーバでは、地図の表示や、拡大や縮小、移動などの操作ができるとともに、可視光通信の送信機から取得した位置情報を元に現在地を地図上に表示し、目的地を入力するテキストボックスを表示する。本研究で構築したWebサーバのファイル構成を図7に示す。

(6) Web上の入力欄に入力した目的地の値と可視光通信からわかる現在地の値をPHPスクリプトを用いて現在地から目的地までの最短経路のデータを作成するようにDB(Data Base)サーバに指示を行う。

(7) DBサーバでは、PostgreSQLに拡張されたPostGISとpgRoutingとPostgreSQLに格納されている経路データを用いて指定された最短経路を導き、そのデータをPostgreSQLに保存する。

(8) OpenLayersから要求された最短経路のデータをMapServerを使ってWeb上で描画できるように画像形式のファイルに変換して表示する。

4. 実験と結果

4.1 ナビゲーションシステムのアプリケーションの説明

屋内ナビゲーションシステムのアプリケーション(アプリケーション名: VLC JS)の使い

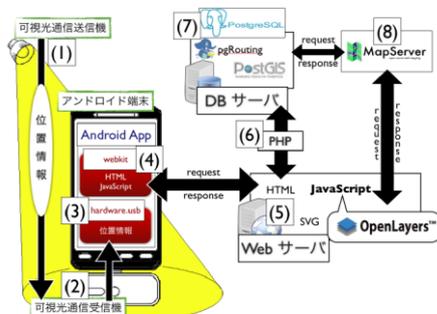


図4. FOSS4Gソフトウェアの関係性

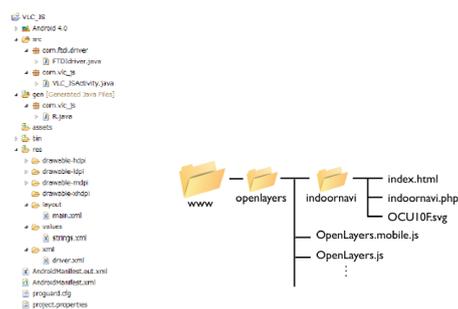


図5. VLC_JSとWebサービスのファイル構成

方をこの節で説明する。製作した可視光通信の受信機とAndroid端末をUSBホストケーブルで繋ぎ『VLC JS』を選択してから『常時』利用するか、『1回のみ』使用するかを選ぶ。選択後、アプリケーションが起動され、画面下側にあるテキストボックスは左から、現在地名、目的地名、受信した位置情報(5文字の文字データ)となっている。

本研究では、地名は数字で表現しており、目的地名のテキストボックスに数字を入力することで端末がいる現在地から目的地までの経路を表示することができる。

4.2 評価方法

本研究では、GPSの電波が正確に受信できない屋内でも測位システムやナビゲーションシステムが利用できることを目的としている。そこで、作成した可視光通信機と開発したシステムにおいて、『可視光通信の指向性の測定』『可視光通信を用いた測位システムの測位精度の検証』、『可視光通信とFOSS4Gを用いた屋内ナビゲーションシステムの実証実験』の3つの評価を行った。その3つの評価方法を次に詳しく示す。

(1) 可視光通信機の通信速度と消費電力、指向特性

本研究で製作した可視光通信機の通信速度、消費電力について調べた。また、指向性を調べるために、可視光通信の送信機のLEDと受信機の照度センサとの角度を 10° ずつ変化させながら、送信機のLED に受信機の受光レンズを向けた時(図6)の最大通信可能距離を測定した。本研究では、送信機から5文字の文字データを送り、受信機側が送られてきたデータを正確に受信できているかで通信可能距離を判断した。

(2) 可視光通信を用いた測位システムの精度の検証

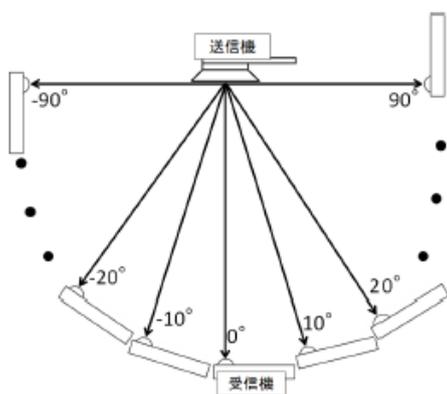


図6 受光レンズをLEDに向けた時のイメージ図

本研究で作成した測位システムの精度を調べるために、天井に1m感覚で縦と横に、3個ずつの計9個の送信機を設置し、天井からおおよそ2m離れた高さで受信機を水平に持ちGPS電波を使わずに正確に位置を検知することができるかの検証を行った。

また、その時の部屋の明るさを調べるために、設置した9個の中心にある送信機から真下に2mの位置の照度を測定するために照度計(LX-1010B)を用いた。

(3) 可視光通信とFOSS4Gを用いた屋内ナビゲーションシステムの実証実験

実際に大阪市立大学学術情報総合センターの10Fで、本研究で開発した”可視光通信とFOSS4Gを用いた屋内ナビゲーションシステム”の実証実験を行った。地図上のポイントにそれぞれの位置情報が登録されている可視光通信の送信機を設置した。そして、本研究で開発した屋内ナビゲーションシステムを使ってAndroid端末で目的地を設定し、現在地から目的地までの経路を画面上に表示させ、目的地までたどり着けるかの検証を行った。本研究の実証実験では、送信機を床に置き、Android端末と受信機の受光レンズを下に向けて持って、検証を試みた。

4.3 測定と実証実験の結果

4.2 節の評価方法に基づいて行った測定と検証の結果について述べる。

(1) 可視光通信機の通信速度と消費電力、指向特性

本研究で製作した可視光通信機の通信速度は990bps で消費電力は送信機が34mWで受信機が72mWであった。可視光通信の指向特性をまとめたものを図7に示す。外側に示している赤い線が受光レンズを送信機のLEDに向けて受信した時の角度ごとの最大通信可能距離であり、内側に示している青い線は送信機の光軸と受信機の受光軸が平行の時の角度ごとの最大通信可能距離である。本研究で製作した可視光通信機の通信距離は最長780cmということがわかった。また、受光レンズの影響により指向性が高く、送信機の光軸と受信機の受光軸が平行の状態では、送信機からほぼ直進でしか受信できないことが図7からみてわかる。

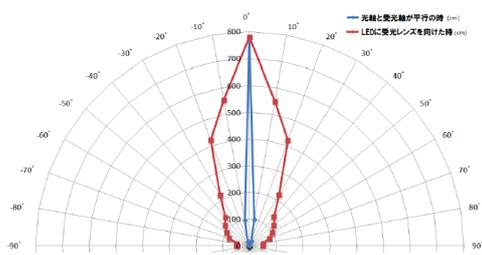


図7. 可視光通信の指向特性

(2) 可視光通信を用いた測位システムの精度の検証

天井に1m間隔で可視光通信の送信機を設置し、天井からおよそ2mの距離で測位できるかの検証を行った結果、図のように9点全て正確に位置情報を受信し、測位することができた。Android 端末で現在地を表示している画面を図8に示す。また、この実験では水平に受信機をもっていただけ、送信機の真下から約30cm以上前後すると受信できなかったが、受信機を送信機のLEDに傾げることで受信できない場所でも受信することができた。また、SVGのファイル形式を使った地図を利用しているため、ネットワークに接続していなくても、地図の移動や拡大・縮小、測位を行うことができた。そして、この時設置した9個のうちの中心にある送信機から真下に2mの位置の照度は12lux であった。

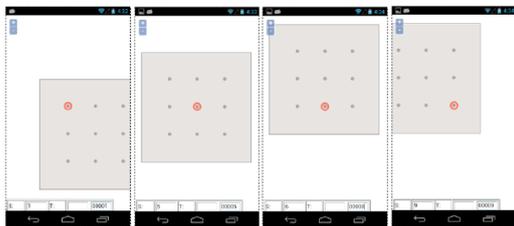


図8. 測位の検証結果画面

(3) 可視光通信とFOSS4Gを用いた屋内ナビゲーションシステムの実証実験

本研究で開発した、可視光通信とFOSS4Gを用いた屋内ナビゲーションシステムの実証実験を行った結果、Android端末で目的地を設定し表示された現在地と経路を見ながら目的地までたどり着くことができた。その時に、目的地に到着するまでのAndroid端末画面を図9に示す。

(a) アプリケーションを起動し、現在地を特定し、目的地名を入力ボックスに目的地を設定すると、経路が表示された。

(b) 目的地に向かって進む途中で新たな位置情報を検知すると、通った経路は消えた。

(c) 経路上でない位置にいたとしても、新たな経路に切り替わり、最後に目的地に着くと経路が消える。

5. 考察と今後に向けた検討

5.1 可視光通信について

本研究では、可視光通信を用いるため、可視光通信の送信機と受信機を自ら製作し、そ

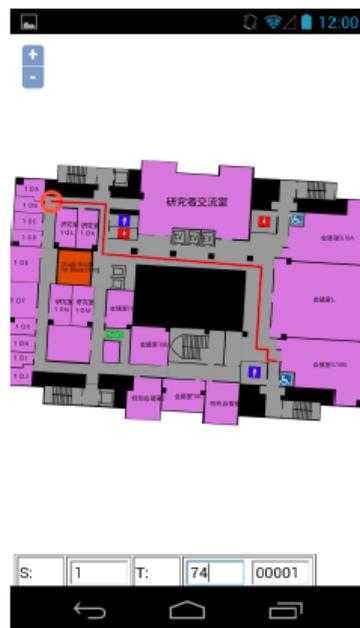


図9. 実証実験の画面

の送受信機の特性を調べるために実験を行った。実験結果から、可視光通信機の指向性が高いことを改めて確認することができた。しかし、最大通信距離が780cmで天井から2m離れた場所の照度が12luxという結果であり、地下街やショッピングモール等の屋内では、高さが8m以上の天井が存在する場所もあることから、本研究の実験結果の通信可能距離と明るさを考えると照明として利用するには課題が残る結果となった。この問題を解決するために、受信機側では、SiPINフォトダイオードを用いて感度を上げることや適切な受光レンズを用いることや本研究の実験方法として、電源は一つの送信機につき1.5Vのアルカリ乾電池を4本使用していることから、パワートランジスタを送信機に組み込むことにより、1WLEDではなく3WLEDを用いて通信距離を延ばすことができる。

5.2 測位システムとナビゲーションに関して

測位システムとナビゲーションシステムを開発し実証実験を行った結果、可視光通信の指向性を利用して位置を特定することで、屋内でもスマートフォンを用いて高精度の測位を行えることを立証した。また、FOSS4Gのソフトウェアを組み込んでシステムを構築することで、容易に用いることや編集することが可能であるため屋内のナビゲーションシステムを構築することができる。そして、スマートフォン側では外部機器の制御とwebkitクラスを利用しただけであり、その他はHTMLやJavaScriptなどのWeb言語やデータベースサーバでシステムを構築しているため、スマートフォン端末のOSに制限されることなく利用することが可能となる。しかし開発したナビゲーションでは2つの問題点がある。

まず一つ目に現在地が『○』で表示されているため、ユーザがどの方向を向いているか把握できない。さらに地図が常に固定されている。今後、携帯端末の加速度センサ、磁界センサとジャイロセンサの値から端末の方向を導き出すことで、現在地を矢印で表示し、常に進行方向を携帯端末の画面の上に行うことができる。

二つ目に照明間におけるユーザの位置情報は正確ではない。この問題については、PDR(Pedestrian Dead Reckoning[7][8])を用いることによって解決する。携帯端末の加速度センサを用いてユーザの歩行速度を測定し、上記の端末の方向を組み合わせることにより、照明間でも正確なナビゲーションが可能となる。

5.3 今後の研究について

震災など大規模災害発生時には通信ビル、無線基地局、地下テーブルなど通信システムが機能していなかった問題がある。それはすなわち避難、被災状況に関する情報が正確に提供されていなかったということである。GoogleマップやiOSマップなどの地図アプリケーションやSinsai.infoやUshahidiのWebサービスは、通信が途絶した地域ではもちろん使用することはできない。地図アプリケーションに関してはOruxMaps、OsmDroidやOsmAndなどのオフラインでも使用できる地図アプリがあるが、緊急時の被害状況次第では地図と実際の道路などが一致しない場合、正確な情報を提供することは不可能である。そこでZigBeeメッシュネットワークを用いてマッシュアップされた動的地図による屋内外ナビゲーションシステムを構築する。ZigBeeメッシュネットワークを用いてリアルタイムに端末

同士で各々が編集した地図や他の情報(写真, 安否確認や避難所収容情報など)を共有することができる。さらに正確なナビゲーションを行うため, 位置推定方法を通常はGPS, GPSの精度が低いときはPDR, 屋内ではVLCに自動的に変更する。この2点から緊急時でも低誤差で現在地を特定し, 安全なナビゲーションを行うことができる。図10, 11, 12はAndroidで開発したアプリケーションの画面である。

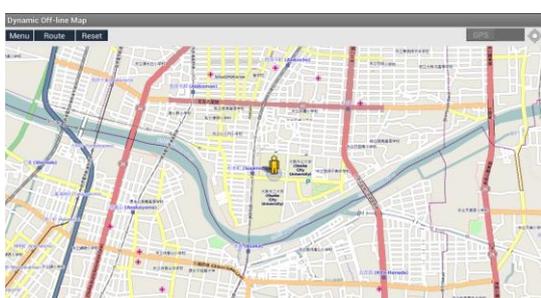


図10. システムのアプリ画面

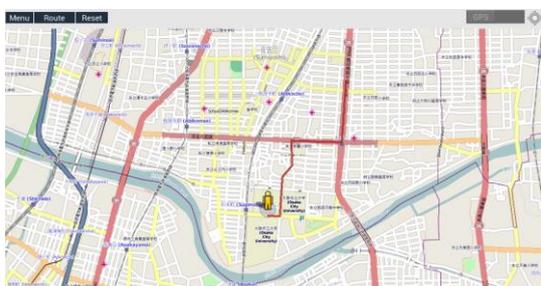


図11. 現在地からのルート検索結果



図12. 始点と終点を指定したルート検索結果

さらにZigBeeネットワークをオンライン状態にある地点にある端末を経由してクラウドWebアプリケーションに接続することにより, 現地で必要となる避難所や仮設住宅の収容状況, 病院の受け入れ状態, 足りない物資, 送付できる物資の登録, マッチングや衛生, 介護, 栄養などの現地のアセスメント情報の登録/管理を行うことができる。

このシステムにより被災された人々が安全に安心して移動(避難)することができ, さらにリアルタイムに必要な情報を得ることが可能となる。よって復興に向けて, 大きく貢献できるシステムとなる。

6. おわりに

本研究では, GPSの電波を受信することが難しいために, 正確な位置を特定することが困難な地下街やショッピングモール等の屋内で利用できる可視光通信を用いたナビゲーションシステムを構築した。構築するにあたって, 使い易さを考え, スマートフォンで利用できるようにシステムを開発した。また, OSに関係なく動作することや低コストで構築できるように, 主にWeb言語で構築し, FOSS4Gのソフトウェアを用いた。さらに, 使用中にネットワークが途絶えたとしても, 地図の移動や拡大, 縮小が行えるようにSVGのファイル形式を用いた。本研究で開発したシステムを利用することで, 屋内でも容易に正確な現在地を知ることが出来, 目的地を入力するだけで目的地までスムーズに進むことができる。また, 可視光通信機は照明としても利用することが可能であるため, いつでもどこでも現在地を知ることが可能なユビキタス社会で大きな役割を果たすものと期待することができる。地下街やショッピングモール等が発展し増えて

いる中、行きたい店舗までの道が複雑である場合、案内板を探すことに時間を費やしてしまうことがあり、屋内のナビゲーションシステムの必要性が生まれている。本研究で開発したシステムの実験や検証を行った結果、いくつかの問題が生じた。その解決策として、可視光通信の通信距離、端末の方向の判別などがある。また、今後の検討として、可視光通信だけでなくスマートフォンに内蔵されたセンサを用いた測位システムの開発や、どのようにサービスにつなげられるかを考えなければならない。また、このシステムを導入するためのコストと需要の関係がどれだけあるのかを調査する必要がある。今後、屋内の測位システムやナビゲーションシステムが発展すれば、例えば、図書館で探している本までのナビゲーションが可能になることや、ショッピングモールで現在地から近い店舗のクーポン情報等が提供できるサービスなど実用性の高い屋内の測位システムやナビゲーションシステムになると考える。そして、本研究が、新たなサービスや屋内の測位システムの問題解決に役立てればと考える。そして今後、屋内外シームレスでオフラインでも使用できるようなナビゲーションを視野に入れることでさらに利便性の高いシステムを目指す。

References

- [1] 安田明生, “GPS技術の展望” 電子情報通信学会論文誌. B, 通信, 2001
- [2] 椎尾一郎 “RFIDを利用したユーザ位置検出システム” 情報処理学会研究報告, 2000
- [3] 小暮聡, 飯田勝義, 菅原敏, 富田仁志, 下垣豊 “シームレス位置情報の地域公共分野への適用” 日立評論, 2008
- [4] Sagotra R, Aggarwal R, “Visible light Communication” ijettjournal.org
- [5] 中川正雄, 可視光通信の世界, 工業調査会2006
- [6] FOSS4G, <http://www.osgeo.jp>
- [7] Beauregard S, Haas H, “Pedestrian Dead Reckoning” Proceedings of the 3rd Workshop on Positioning, 2006
- [8] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之, “手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の提案” 情報処理学会論文誌, 2011