

コンシューマ・デバイス論文

ポケット・エージェント・デバイスを用いた 電波ブラインド領域での情報通信

結城 修^{1,a)} 山田 罔裕² 水野 忠則^{3,5} 峰野 博史^{4,5} 西垣 正勝^{1,5}

受付日 2011年8月9日, 採録日 2011年12月2日

概要: 無線通信デバイスは、トンネルなど電波が遮断されるような電波のブラインド領域では使用することができない。たとえば、GPSなどがこの電波のブラインド領域に入った場合は、測位が不能となってしまふ。このような領域で不意のアクシデントにより動けなくなった場合でも、無線通信が使えるようにするということが重要な課題である。本論文では、ポケットブルな移動型のエージェント・デバイスを用いた電波ブラインド領域での情報の通信方法を提案する。実証実験では、2次元平面移動型エージェント・デバイスを用いた一連の通信サービスの実証を行った。エージェント・デバイスには、GPS機能、Wi-Fiルータ機能などを搭載した。そして、白線や黄色の線を検出するようにプログラムされたエージェント・デバイスは、道路の分離線に沿ってトンネルの出口まで走行した。その後、トンネル内の携帯型ネットブックPCからエージェント・デバイスのGPS機能との通信を試みた。その結果、トンネル内からGPSの信号を受信することができた。また、エージェント・デバイスのWi-Fiルータを併用することにより、位置情報を添付したメールを外部に送ることができた。さらに、DropBoxなどのクラウド・ストレージ上に測定データとテキストを保存することにより、外部からそれらのデータを確認することができた。

キーワード：ポケット, エージェント, ブラインド, 情報, 通信

Wireless Telecommunication by Using Pocket Agent Device in Blind Zones of Electric Wave

OSAMU YUUKI^{1,a)} KUNIHIRO YAMADA² TADANORI MIZUNO^{3,5} HIROSHI MINENO^{4,5}
MASAKATSU NISHIGAKI^{1,5}

Received: August 9, 2011, Accepted: December 2, 2011

Abstract: There are some blind zones of electric wave. For example, the tunnel is a blind zone of electric wave. When GPS enter there, it is impossible to get satellite signal. For the person who cannot move from such a place by accidents, in this paper, we propose the wireless telecommunication service in blind zones of electric wave by using a pocket agent device. In this experiment, we installed Bluetooth GPS function, Wi-Fi router function, etc. in the pocket agent device. The agent device was able to run to the exit of the tunnel along the separation line on the road. After the agent device arrived at the exit of the tunnel, the portable Net-book-PC in the tunnel received the signals from GPS. Then the mail that attached the location information was written. The mail was sent to the outside of the tunnel via Wi-Fi router. In addition, the measuring data and the text data were able to be saved from the tunnel to the storage of cloud via Wi-Fi router. We could confirm these data at a faraway place from the tunnel.

Keywords: pocket, agent, blind, information, communication

¹ 静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, Hamamatsu, Shizuoka 432-8011, Japan
² 東海大学専門職大学院組込み研究科
Professional Graduate School Embedded, Technology, Tokai University, Minato, Tokyo 108-8619, Japan
³ 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology, Toyota, Aichi 470-0392, Japan

⁴ 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University, Hamamatsu, Shizuoka 432-8011, Japan
⁵ 独立行政法人科学技術振興機構, CREST
Japan Science Technology and Agency, CREST, Chiyoda, Tokyo 102-0075, Japan
a) f5045016@ipc.shizuoka.ac.jp

1. はじめに

近年、地震、津波、火山噴火、台風、豪雨、豪雪、洪水などによる自然災害が多いわが国では、防災のための情報取得が重要な課題となっている。東日本大震災では、津波被害を受けた東北太平洋沿岸部の街がまるごと消失するほどの壊滅的な被害を受け、有線の通信インフラは喪失し、情報から途絶されたエリアが多く発生した。インターネット接続サービスの停止は、主に、(1) 商用停電にともなうバッテリーの枯渇や非常用発電機の燃料枯渇にともなう影響、(2) 装置故障などにともなう影響からであった。このため、通信インフラの壊滅した地域の避難所などを回ってインターネット環境を構築するプロジェクトが活躍した [1]。このプロジェクトの活動の中で述べられているのは、「救護関係の通信インフラの確保も必要だが、被災者の方にも通信が届かないと意味がない」ということである。したがって、被災者の周辺からの情報の取得と外部への情報の発信はどちらも重要である。無線通信であっても、被災場所が屋内だった場合には電波が届かない場所で動けず屋内に取り残され、外部との連絡がとれなかったり、逆に、内部から外部の状況や位置が分からなかったりするような事態が発生する。また同様に電波が遮られる場所として、トンネルのような構造物も存在する。たとえば、トンネルを通行中に足を怪我したり災害にあたりして動けなくなった場合には、外部との通信がとれず、その場において偶然の救出を待つ以外に方法がなくなってしまう。

近年、環境の情報収集を行う方法として、ネットワーク技術 [2] を用いたセンサネットワークが防犯・セキュリティ、学内やオフィス環境モニタリング、農業生産支援などで活用され始めている。センサネットワークでは低コストの静的なセンサノードを多く設置することが、情報の見える化に有効な方法である [3]。一方、携帯電話にも GPS が搭載されるようになり、個人の歩行位置情報を利用した動的なセンシング・サービスなども増えてきている [4]。大都市圏では通信可能な静的なセンサや通信ノードが多数配置されており、多くの場所でセンシングや通信が可能である。このような場所では、携帯通信機器の普及により非常時の通信が困難な場所は少なくなってきている。また、GPS 機能を搭載したスマートフォンなどもあり、位置情報を文に添付して送信することも可能となっている。しかしながら、不意の負傷や災害などは、どのような場所で起こるか予想することが困難である。都市から少し外れたトンネルや建物の中などで、電波遮断領域となる場所では非常時にセンシング機器での情報収集や携帯電話網を用いた通信が行えない場合も多い。GPS の信号も無線通信であり、その波長は式 (1) で表されるように、約 19.03 cm である。このように短波長の電波は、障害物があれば容易に通信が遮断されてしまう。

信号の波長を λ 、光の速度を c 、信号の周波数を f とすれば、信号の波長は次式で表される。

$$\lambda = c \div f \quad (1)$$

ここで、

$$c = 29979245800 \text{ cm/s}, f = 1575.42 \text{ MHz}$$

さらに、電波による静的なノードや携帯機器内蔵センサからの情報収集ができないということは、いい換えれば、同様な電波を用いたその領域からの通話やデータの受信、メールの送信なども困難となっている場合が多い。

本論文は、全 5 章で構成される。2 章では、関連研究とその課題について述べる。3 章では、本提案のサービスの手法とエージェント・デバイスについて述べる。4 章では、平面移動型エージェント・デバイスとそれを用いたサービスの実証実験とその結果を示す。最後の 5 章で、本研究の結論を述べる。

2. 関連研究

情報処理技術や情報通信技術の高度化と普及を背景として、災害が発生したときの応急対策を速やか・適切に行うための災害情報システムが開発されている。たとえば、国土を覆う超高密度な地震観測網として、無線マルチホップ通信などを用いたセンサネットワークによる防災情報取得の基盤構築が期待されている [5]。気象衛星からのマクロ情報と広範囲に設けた降雨センサネットワークからのミクロ情報を用いて、高速道路の防災や災害状況をモニタリングするシステムなども研究されている [6]。このような静的なセンサや通信ノードを用いたセンサネットワーク技術は、学校や農場の、さらには都市といった広域な領域で、情報収集のために活用され始めている [7]。一方で、移動型ノードを用いた低消費電力通信の研究やロボテックセンサノードの研究もいくつか行われている。移動型ノードを用いた低消費電力通信の研究は、複数の静止ノードと複数の可動ノードから構成される WNS で電力消費のバランスのとれたデータ収集木を構築することを目的としている [8]。ロボテックセンサは、温度センサ計測での数 cm のセンシング・スポットや RFID リーダの数 m から数百 m の固定センシングエリアを、移動可能な複数台のロボティック・アクチュエータにより拡大する [9]。しかし、これら複数台の移動型ノードを自律分散協調させる方法や伝達プロトコルの実現に課題が残っている。

3. 提案手法

3.1 適用環境

図 1 に本提案のエージェント・デバイスの適用環境例を示す。

この例で左図は、人が工場のような厚いコンクリートなどに囲まれた建物内で負傷し移動が困難になった状態を示

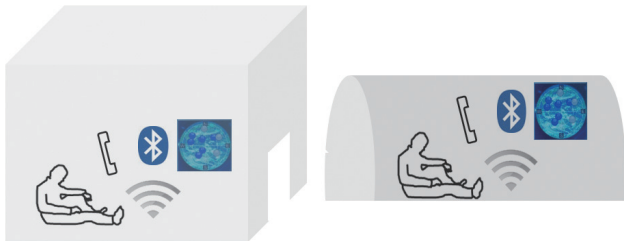


図 1 本提案のエージェント・デバイスの適用環境例

Fig. 1 Adapted condition of the proposed communication by using the agent device.

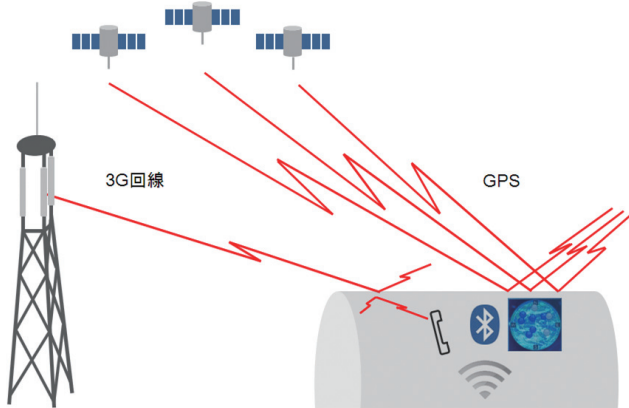


図 2 電波ブラインド領域での通信状態

Fig. 2 Conventional communication in a blind zone of electric wave.

す。また、右図では、人がトンネル内で足を負傷するなど動けなくなった状態を示している。いずれも、内部は厚いコンクリートに囲まれており、電波が遮断された電波ブラインド・ゾーンである可能性が高い。

上記のようなトンネルなどでは、コンクリートによる反射などにより図 2 に示すように GPS 信号や携帯電話の 3G 携帯電話回線などの電波が遮られてしまう。このため、内部にある無線通信機器からの情報の入出力はできない。

トンネルを例にして述べると、時刻による衛星の位置にも関係するが、天頂付近にある衛星からの GPS 電波信号はトンネルの外壁で遮断されてしまう。トンネル内部で 3 基以上の衛星の信号から位置の測位を行おうとすると、それらすべての信号を同時に受信することは困難である。一方で、3G などの携帯電話の直接波がトンネル内へ到達する距離は、トンネル内から基地局の電波発射点を見た見込み角より計算ができる（工場などの建造物でも入り口の開口部の高さから計算は可能である）。セル方式で配置や多数の基地局が設置されたり、セクタ構成がとられたりした場合など、実際には配置と局数によってトンネル内の電波の到達範囲は変わってくる。また、路面の濡れ具合などによっても反射量や減衰量が変化する。

また、身近なところでは、屋内の机、キャビネット、パーティションなどの有無、建物の壁、天井などの素材、構造、形などによって、電波の伝搬状況が変わる。たとえば、鉄

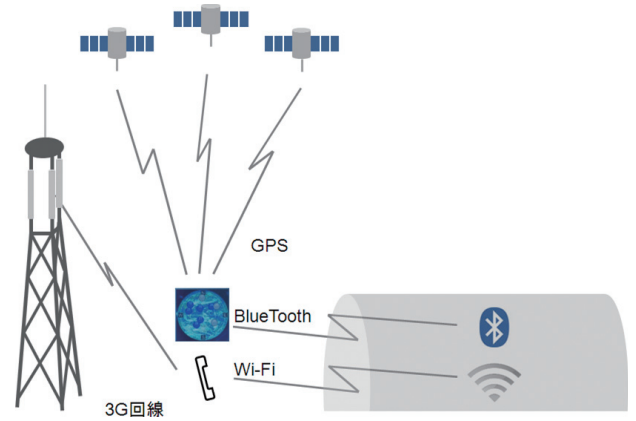


図 3 本提案による電波ブラインド領域での通信のルーティング

Fig. 3 Routing of the proposed communication in a blind zone of electric wave.

板入りのパーティション、水分を多量に含む土壁、防爆ガラス（金網入りガラス）、鉄製の扉などにより、電波は反射、減衰、または、遮断される。さらに、2.4 GHz 帯の通信用電波は、電子レンジの出すノイズにより妨害を受け遮断される。

このような電波妨害物により電波が減衰、遮断されるところも、電波ブラインド領域と呼ぶことができるであろう。

3.2 本提案の通信ルーティング方法

図 3 に示すように、本提案のワーク・フローは、まず電波ブラインド領域内部で通信機能を失った Bluetooth GPS や Wi-Fi ルータなどセンシングやルータの機能デバイスをコンクリート製などの電波遮蔽建造物の外部に移動させる。これにより、それら通信デバイスの情報入出力機能を回復させる。その後、内部の Bluetooth や Wi-Fi を備えた携帯機器は外部センシングやルータの機能デバイスとの通信を行う。これら一連の処理により、電波ブラインドからの情報の入出力が可能となる。

トンネル内部からの Bluetooth の電波の到達距離は Class1 で 100 m 程度である。Wi-Fi 規格の電波の到達距離も 100 m 程度である。工場などの建造物では実用的な通信距離であろうと推定される。しかし、トンネルには、数 km の長さに及ぶものもある。このような長いトンネルは、多くが自動車や電車で通行することを前提として造られている。また、このようなトンネルでは、同乗者が傍にいたり他車が頻繁に通ったりして、救出される機会が多いと推定される。一方で、1 人で通行するための自転車や歩行者のための歩道が設けられているトンネルがある。これらのトンネルの長さは、たとえば神奈川県では、50 から 200 m 程度の長さが多い。このようなトンネルでは、人の通行も少なく、長時間にわたって救出される機会のない所が少ない。上記、100 m の通信到達距離があれば、近い方の出口を選ぶことにより 200 m 程度までのトンネル長の通信が

カバーできることになる。

また、電波の到達距離や指向性はアンテナの性能で調整することが可能である。たとえば、一般的なアンテナとしては、ダイポール・アンテナ、無指向性リニア・アンテナ、平面アンテナ、指向性八木アンテナ、指向性パラボラ・アンテナなどがあげられる。また、携帯機器などに実装可能なアンテナ技術としては、複数のアンテナの信号を選択したり合成したりして用いる方式によりマルチパス・フェージング現象の影響を軽減したダイバーシチ・アンテナ、ビーム・フォーミング技術を用いるためのアダプティブ・アレイ・アンテナ、複数のアンテナで同時送信・受信することで電波の歪を演算処理しマルチパス・フェージング現象の影響を軽減したMIMOなどがあげられる。これらのアンテナの使用により、上記、到達距離を延ばすことも可能である。エージェント・デバイスへの搭載を考えるとアンテナの形状や重量などの課題はあるが、実際に、Bluetooth class1 や Wi-Fi 規格の機器の通信距離を 1km まで延長したものが発表されている。しかし、上記の環境条件に鑑み、今回の研究ではアンテナを研究の対象とはしなかった。

本論文では、不意の負傷などにより電波ブラインド領域に閉じ込められた場合に、無線ブラインド領域内にある無線機器からポケットや鞆などで携帯できる移動型のエージェント・デバイスとそれを用いたサービスによって、情報の入出力が行える方法を提案する。Wi-Fi, Bluetooth などの通信機能付きの携帯機器とこのポケット・エージェント・デバイスを用いることにより、複雑な無線マルチホップ通信や複数台の自律分散協調制御を必要としない簡易な情報通信が可能となる。さらに、近年のセンサ・デバイス部の小型化により単体のエージェント・デバイスでも多くのセンシング機能を発現させることができる。本提案では、常時、児童や女性が防犯機器を常時携帯しているように、非常時の備えとして老若男女を問わず常時携帯できるデバイスとそれを用いたサービスの実現を目指している。

3.3 提案手法を実現するための構成

図 4 にいくつかの実デバイスを用いた提案手法の構成例を示す。電波ブラインド領域内には、図 4 に示す Mobile PC, Mobile Devices のような携帯機器がある。この携帯機器には、Bluetooth, および、Wi-Fi の通信機能が備わっている。これらの通信機能と通信可能な GPS や Wi-Fi ルータの機能が図 4 の右側に示されるような移動体に搭載される。図 4 の右上に示すような 2 次元平面移動型の Pocket-able Agent Device は、人が電波ブラインド領域に取り残されたような、アクシデント時に用いるものとして提案する。たとえば、平面移動型の Pocket-able Agent Device は、図 1 に示す建物やトンネル内の地上を移動して通信のルーティングを行う。しかし、地上に瓦礫が散乱するような大災害では、障害物により走行できず通信のルーティングができ

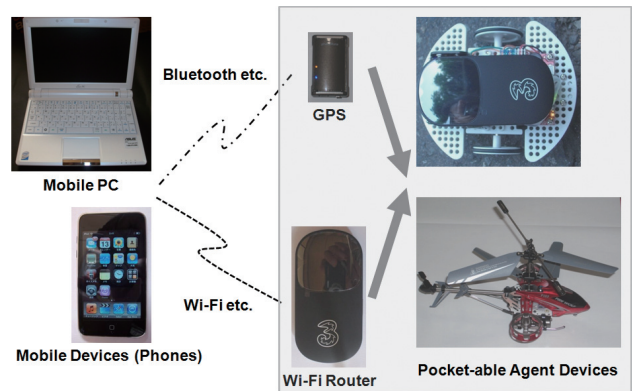


図 4 実デバイスを用いた提案手法の構成例

Fig. 4 The proposed communication network by using agent devices.

ない可能性がある。

このような場面を想定した場合は、図 4 の右下に示すような 3 次元空間移動型の Pocket-able Agent Device を提案する。この空間移動型の Pocket-able Agent Device を用いることにより、障害物があった場合や、開口部が高所にあった場合にも対処が可能となる。しかし、Pocket-able のサイズを達成し GPS に加え Wi-Fi Router を積載した状態で 3 次元空間を移動するためには、搭載物の重量やコストなどの課題を解決しなければならない。

本提案の各種エージェント・デバイスの適用環境に対する長所や課題をまとめて表 1 に示す。

地上走行移動のエージェント・デバイスは不意のアクシデントの際の用途であり、障害物で通路が閉鎖されてしまうような大きな災害では使用できない。このエージェント・デバイスの用途としては、安いコストや小型のメリットを活かし、児童や女性が防犯機器を常時携帯して身を守っているように、手軽に携帯でき個人レベルのアクシデントにすぐに対応できるようにすることである。一方で、空間移動のエージェント・デバイスを用いることにより、より大きな災害時に対処できる可能性がある。しかし、この形態のエージェント・デバイスには、写真のようなポケットや鞆に入るくらい小型なもので飛行するために必要な搭載機能デバイスの軽量化、航行の制御、突起物の破損防止、および、コストなどいくつかの課題が残されている。もう 1 つの用途として、携帯電話機などに内蔵された無線通信機能の一般普及という社会的背景から本提案のデバイスの市場性を考えた場合には、屋内の常設デバイスとして無線通信状態の改善を行うといったニーズも高いと思われる。3.1 節で述べたように、電波は、屋内の机、キャビネット、壁や電子レンジなどによって、反射、減衰、遮断される。具体的には、本デバイスの電波状態に応じたスマート化を進めて、無線機器の屋内利用者に向けた電波状態改善のための常設デバイスとしての用途を想定している。この用途では、常設時のバッテリーのリチャージなどのさらなる課題

表 1 適用環境によるエージェント・デバイスの形態, 長所, および, 課題

Table 1 Agent devices by an operating condition.

適用環境, 用途 (電波ブラインド領域)	エージェント・ デバイスの形態	長所	課題
アクシデントによる人の 孤立 (通路に障害物がない 場合).	 2次元平面移動型	<ul style="list-style-type: none"> ● コストが安い. ● 平面走行のため移動が安定している. ● 突起物が減らしやすく, 携帯時の破損はし難い 	<ul style="list-style-type: none"> ● ルーティング方法 ● サービスに必要な搭載機能 ● ポケットブルなサイズ ● 通路に障害物があると移動できなくなる.
建造物の倒壊など, 障害物 が通路にある, 窓など高い場所.	 3次元空間移動型	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動の自由度は大きい. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 積載機能デバイスの軽量化が必要. ● 航行が比較的難しい. ● 携帯時の突起物の破損防止. ● 比較的成本が高い.
室内の通信状態の改善.	  どちらかを選択	<ul style="list-style-type: none"> ● 無線通信の利便性向上のためのニーズは高いと思われる. ● 部屋の構造やコストに合わせて, 通信改善のためのエージェント・デバイスの形態を選べる. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 常設しておくだけで通信状態の改善を行うスマートさが必要. ● リチャージ方法

が生じる.

3.4 適用例

図 5 に本論文で提案するエージェント・デバイスを用いたサービスの概念図を示す. 負傷した人が電波ブラインド領域で動けない状態にいる. 彼は, 図 5 に示すようなネットブック PC, iPad, iPod, iPhone などの携帯機器を常時携帯している. この携帯機器には, Wi-Fi, および, Bluetooth の通信機能が備わっている. さらに, 彼は, 靴の中に GPS とモバイル Wi-Fi ルータ機能を搭載したエージェント・デバイスも常時携帯している. 本提案では, このような場面で, このエージェント・デバイスを用いることによって, 非常時の情報通信が外部の携帯機器に行えるサービスを提案する.

電波ブラインド領域でこれらの機器を用いて, 本提案の

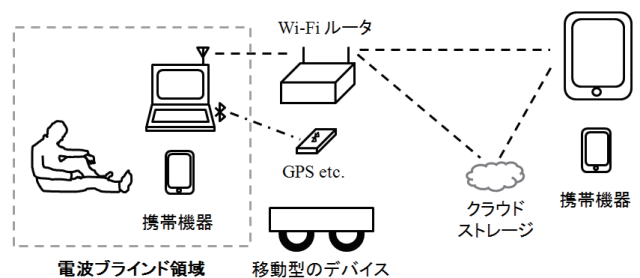


図 5 エージェント・デバイスを用いた電波ブラインド領域での通信の概念図

Fig. 5 Concept of the proposed communication by using the agent device.

サービスを達成するシナリオの例を以下に提示する.

(1) 電波のブラインド状態にあるトンネル内で, 足の負傷などにより人が動けなくなった.

(2) その人は、携帯機器であるネットブック PC, iPad, iPod, iPhone などの Wi-Fi, および, Bluetooth の通信機能付きの携帯端末を持っている。

(3) さらに、彼の鞆かポケットには、今回提案の平面移動型のエージェント・デバイスが常時入っている。

(4) このエージェント・デバイスには、Bluetooth GPS と Wi-Fi ルータの機能が搭載されている。

(5) 彼は、このエージェント・デバイスをポケットから取り出し、路側分離の白線か中央分離の黄色の線上に置く。

(6) この平面移動型のエージェント・デバイスは、分離線上を走行し、トンネルの出口で停止する。

(7) GPS 機能は信号を受信することが可能となり、トンネル内の携帯機器に位置情報を無線で送る。Wi-Fi ルータ機能もトンネルの外に出た状態で、外部の携帯電話回線が使用できる状態となり、内部の携帯機器とは Wi-Fi 規格の通信が可能となる。

(8) トンネル内の人、GPS の情報により位置を知り、それを添付したメールを携帯機器で作成する。

(9) このメールはトンネル内の携帯機器より Wi-Fi ルータに送られ、携帯電話網により外部の救出関係者に送られる。

上述のように、不意の体調不良やアクシデントによりトンネルや屋内など電波のブラインド領域に取り残されたときに、本提案のエージェント・デバイスを常時携帯していれば、このエージェント・デバイスはセンシング機能や Wi-Fi ルータ機能などを電波状態の良いところまでプログラミングされた条件により移動してくれる。そして、通常携帯している携帯機器と協働することで、救出に必要な情報を救出者へ伝達することができるようになる。また、救出に必要な情報をクラウド型のストレージ・サービスに蓄積することにより、複数の外部の救出者が簡単にパソコンやスマートフォンなどでファイルを確認・閲覧できるようになる。

4. 実証実験

4.1 実証に用いた機器

本実験では、第 1 段階として、2次元平面移動型の Pocketable Agent Device を用いた通信ルーティングの実証を行った。トンネル内からの携帯通信機器としては、図 6 に示す ASUS 社の Eee-PC を用いた。このネットブック PC は、通信機能として Wi-Fi (IEEE 802.11a/IEEE 802.11b) を装備している。今回使用した ASUS 社の Eee-PC には、Bluetooth (IEEE 802.15.1) が搭載されていなかったため、Bluetooth デバイスを外部に拡張している。

エージェント・デバイスの構成機器について以下に述べる。Bluetooth 通信機能付きの GPS [10] としては、Transystem 社の photoMate 887 Lite [11] を用いた。photoMate 887 Lite は、18g と非常に軽量でありながら、内蔵メモリ



Eee-PC

図 6 実験で用いたポータブル・ネットブック PC

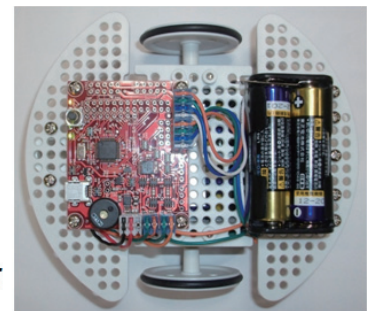
Fig. 6 Net-book PC for the experiment.



GPS



Wi-Fi Router



ビュートローバー

図 7 エージェント・デバイス構成機器

Fig. 7 Parts of the agent device.

へのログ・モードと Bluetooth による通信モードを有する。また、Wi-Fi ルータとしては、Three-Mobile 仕様の Huawei 社製モバイル Wi-Fi ルータ E585 [12] を用いた。ネットブック PC とは Wi-Fi で、外部とは携帯電話回線で通信する。このモバイル Wi-Fi ルータは、Wi-Fi 通信から携帯電話通信への変換を担っている。これらの機器を、ヴイストーン社のビュートローバー [13] (ARM 社 CPU) の車体に搭載した。ビュートローバーは、ARM 社の CPU を搭載しており、プログラミングによってその動作を決定することができる。これにより、エージェント・デバイスは、分離線に沿って走行するなどのプログラミングが可能である。これらの機器の外観を図 7 に示す。

本実験で用いた、PC, および、各デバイスの外形、重量、および、通信方式を表 2 に示す。ビュートローバーの外形は、ポケットや鞆で携帯できる大きさである。これに、GPS と Wi-Fi ルータを搭載しても重量は 308g であり、重量的にも携帯は可能である。

4.2 実施場所

電波のブラインド領域としては、神奈川県厚木市の森林地帯にあるトンネルを選択した。図 8 にトンネルの中の様子と外観を示す。幅は 7m, 高さ 4.5m で 2 車線道路 (片側 1 車線), トンネル内部の図中、左側に 1.5m の歩道が設けられている。幅は狭いが、右側には白線の外側に路側帯が設けられている。車線の表示には、中央分離として黄色

表 2 各デバイスと移動台車の外形, 重量, および, 通信方式

Table 2 Parts list of the agent device.

名称	外形 (mm)	重量 (g)	通信方式
Eee-PC	225 × 170 × 33.8	990	・ Wi-Fi (802.11 b/g) ・ Bluetooth (拡張)
ビュートローバー	130 × 112 × 57	200	-
GPS	44 × 26 × 15	18	・ GPS : 1575.42 MHz ・ Bluetooth
Wi-Fi ルータ	86 × 46.5 × 10.5	90	・ Wi-Fi (802.11 b/g) ↔ 3G (HSDPA2100/ GSM850/900/1800/1900) 変換



図 8 電波ブラインド領域として選んだトンネル
Fig. 8 Tunnel as the blind zone of electric wave.

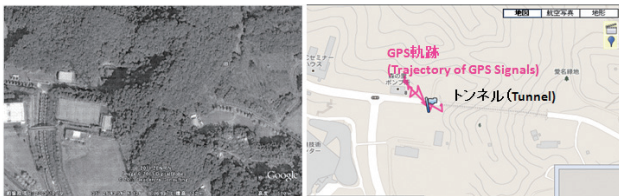


図 9 電波ブラインド領域での GPS 受信状態
Fig. 9 Condition of GPS signals in the blind zone of electric wave.

の線が, 路側分離として白線が描かれている. 近くに携帯電話回線の基地局は見当たらず, 周りは深い森林と起伏の激しい丘陵地となっている. 実験時間は明け方だったこともあるが, 自転車や人の通行は疎らにあるものの, 車の通行量はきわめて少ない.

GPS のログ記録モードを用いることにより, このトンネル内での GPS の受信状態を調査した. 条件としては, トンネルの 100 m ほど手前で GPS のログ記録を始め, トンネルに入り奥の出口で引き返しトンネル内を往復した. 結果を図 9 に示す.

トンネルに入る前までは GPS の信号受信ができていたが, トンネル内では受信信号が途絶えている. すなわち, このトンネル内は, 電波のブラインド領域であることが確認できた.

4.3 実験手順

以下に, 本実験の手順を示す.

[手順 1] GPS や Wi-Fi ルータを搭載した, エージェント・デバイスとポータブル・ネットブック PC をトンネル内に設置する. これは, 人が怪我などによりトンネル内に取り残された場面を想定している.

[手順 2] 電源を投入したエージェント・デバイスの車体

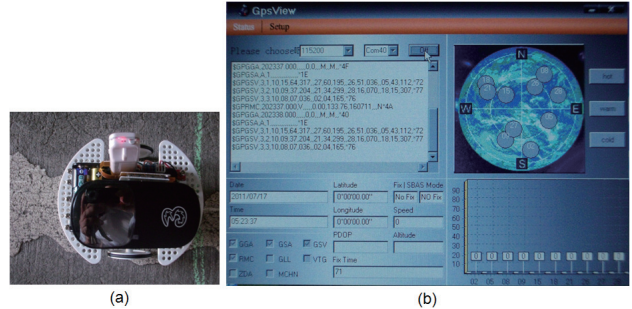


図 10 エージェント・デバイスが移動前 (トンネル内) の GPS 受信強度
Fig. 10 Strength of GPS signals in the blind zone of electric wave. (a) Agent device in the blind zone of electric wave, (b) Display of the condition of GPS signals.

裏面に取り付けられた 2 つの赤外線センサのどちらかが路側分離の白線, または, 中央分離の黄色の線に架かるように, エージェント・デバイスを路上に置く.

[手順 3] エージェント・デバイスがトンネルの出口に到着するのを待ち, トンネル内のネットブック PC を使って GPS から Bluetooth 通信により位置情報を取得する.

[手順 4] 取得した位置情報を添付したメールを作成する.

[手順 5] ネットブック PC から Wi-Fi ルータへアクセスし, 外部へメールを送信する.

4.4 実験結果

エージェント・デバイスの設置状態の写真を図 10 の (a) に示す. また, 図 10 の (b) は, 隣接して置いてあるネットブック PC の表示画面である.

この画面表示は, GpsView という GPS 衛星からの電波状態とその強度が表示できるソフトウェアを用いている. ここで, すべての衛星の電波強度は 0 であり, 図 9 で確認したようにトンネル内では GPS の電波は遮られている. なお, GPS により測位を行うためには, 少なくとも 3~4 基の衛星からの電波を受信することが必要である.

次に, 白線に沿って走行するようプログラミングされたエージェント・デバイスを路側分離の白線上に置き, トンネルの出口に向かって走行させた (この写真では周囲状況の画像情報を得るための小型カメラと Wi-Fi 転送のための Eye-Fi も搭載しているが, 今回の実験では用いなかった). エージェント・デバイスは, センサによりトンネル出口位

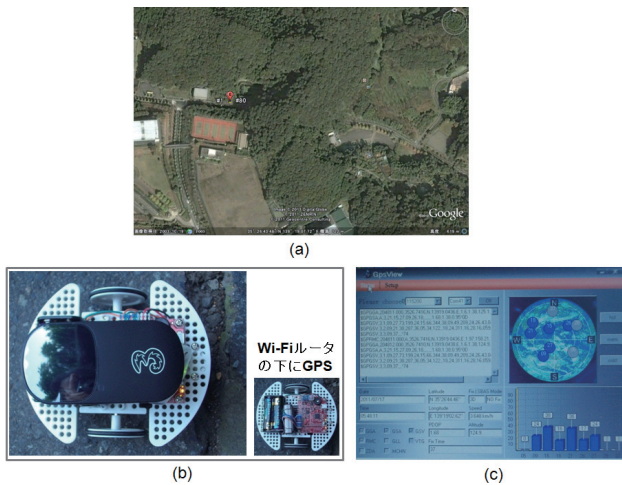


図 11 エージェント・デバイスが移動後の位置表示と GPS 受信強度
Fig. 11 Strength of GPS signals in the blind zone of electric wave, after the agent device arrive at the exit of tunnel. (a) Location of the tunnel in the topographical map, (b) Agent device at the exit of tunnel, (c) Display of the condition of GPS signals.

置で止まった。このときのエージェント・デバイスの状態の写真を図 11 の (b) に示す。また、図 11 の (c) は、トンネル内のネットブック PC の表示画面である。GPS の電波状態の表示は、複数の衛星から有効な強度で電波受信ができていていることを示している。図 11 の (a) は、これらの衛星からの測位情報を用いた Google マップ [14] の表示である。トンネルの出口で停止しているエージェント・デバイスの位置が赤いマークで示されている。

トンネル内で、上記の Google マップを添付したメールを作成した。このメールのテキストには、緊急事態を知らせる内容が書かれている。トンネル内のネットブック PC の Wi-Fi 無線を使って、このメールを出口に止まっているエージェント・デバイスの Wi-Fi ルータへ送った。Wi-Fi ルータは、メールを 3G の携帯電話回線網で iPad に送信した。これらの一連の処理の後に、本メールは iPad に受信されていることが確認された。この様子を図 12 の (a) 図に示す。さらに、測定データとテキストを Dropbox [15] などのクラウド・ストレージ上に保存することにより、外部からそれらのデータを確認することもできた。外部の携帯端末でクラウドから受信した情報の画面表示を図 12 の (b) 図に示す。

5. おわりに

本論文では、電波のブラインド領域における情報通信の入出力を行うため、ポケット・エージェント・デバイスとそのサービスを提案した。このエージェント・デバイスは GPS, Eye-Fi などの通信が行えるセンシング機能を搭載することにより、電波ブラインド領域であっても、近隣の位置や周囲状況の情報を得ることが可能である。また、Wi-Fi

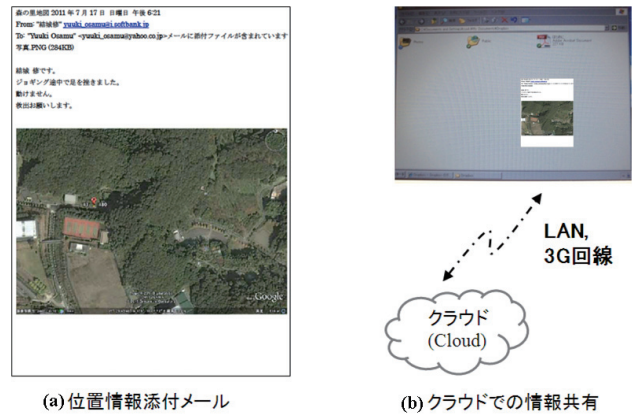


図 12 電波ブラインド領域からの情報伝達
Fig. 12 Communications from the blind zone of electric wave. (Left) Mail that attached the location information of the tunnel, (Right) Communication by using the storage of cloud.

ルータ機能を同時に搭載することによって、位置情報、周囲状況、および、文をメールで外部へ送信することができる。さらに、クラウドのデータ保存サービスを用いることもでき、電波ブラインド領域からの内部被災者の情報を関係者や外部者に同時に提供することが可能となる。実証実験では、個人レベルで常時携帯できる簡易な 2 次元平面移動型エージェント・デバイスを用いて、電波のブラインド領域から動かずに位置や周辺の情報を知ったり、それらを添付した文などを外部へ通信したりできることが実証できた。

今後は、3 次元空間移動型の Pocket-able Agent Device についても実現させていきたい。この 3 次元空間移動型の Pocket-able Agent Device を用いることにより、ブラインド領域から出口までの間に障害物が散在している場合や出口が高所にあった場合でも、情報の入出力が可能となる。また、災害発生時だけではなく、室内で日常使用されているコンシューマ・携帯通信デバイスの電波の信号が弱かったり遮断されたりした場合には、常設されたスマートなエージェント・デバイスが自律的に移動し、ワイヤレス通信を回復するような用途のエージェント・デバイスも実現していきたい。3 次元空間移動型のエージェント・デバイスでは、アンテナの特性も利用する方向で研究を進めていく予定である。

参考文献

- [1] Message from WIDE project (オンライン), 入手先 <http://msg.wide.ad.jp/> (参照 2011-11-28).
- [2] アンドリュー・S・タネンバウム (著), 水野忠則, 相田仁, 東野輝夫, 大田 賢, 西垣正勝 (訳): コンピュータネットワーク第 4 版, 日経 BP 社 (2003).
- [3] 峰野博史, 安部恵一, 水野忠則: 無線センサネットワークを用いた適応型エネルギー管理システムの開発, 情報処理 第 1 回 CDS 研究グループ研究会 (2010).
- [4] 肥田一生, 花田雄一, 森信一郎: ばねモデルを使った低消費電力なりアルタイム測位システム, 情報処理 第 1 回

- CDS 研究グループ研究会 (2010).
- [5] 倉田成人：防災情報取得の新しい展開, 情報処理, Vol.51, No.9, pp.1150-1156 (2010).
 - [6] Peng, H. and Li, S.: Wireless sensor networks based highway disaster, *International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE)*, Vol.E74, No.9, pp.1-4 (2010).
 - [7] 猿渡俊介, 森川博之：社会創造に資するセンシングネットワーク, 情報処理, Vol.51, No.9, pp.1111-1118 (2010).
 - [8] 勝間 亮, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実：移動センサノードを用いたデータ収集型 WSN での k 重被覆時間の最大化手法, 情報処理学会研究報告, 2009-MPS-73 (13), pp.49-52 (2009).
 - [9] 中澤 仁, 徳田英幸：センサアクチュエータネットワークの情報基盤, Vol.51, No.9, pp.1127-1135 (2010).
 - [10] 高野 忠, 柏本昌美, 佐藤 亨, 村田正秋：宇宙における電波計測と電波航法, コロナ社 (2000).
 - [11] Transystem Inc. (online), available from <http://www.transystem.com.tw/product.php?b=G&m=pe&cid=4&sid=21&id=55> (accessed 2011-11-28).
 - [12] Three.co.uk (online), available from <http://threestore.three.co.uk/broadband/?mifi=1> (accessed 2011-11-28).
 - [13] ヴイストーン社ビュートローバー (online), 入手先 http://www.vstone.co.jp/products/beauto_rover/index.html (参照 2011-11-28).
 - [14] Google マップ (online), 入手先 <http://maps.google.co.jp/> (参照 2011-11-28).
 - [15] DropBox (online), available from <http://www.dropbox.com/> (accessed 2011-11-28).



結城 修 (学生会員)

1998 年慶應義塾大学卒業, 現在, 静岡大学創造科学技術大学院博士課程. IEICE, IEEE 各会員.



山田 圀裕 (正会員)

1969 年同志社大学卒業, 1973 年同大学大学院修士課程修了, 2002 年静岡大学大学院博士課程修了. 1973 年三菱電機入社, 2003 年ルネサスソリューション常務取締役, 現在, 東海大学専門職大学院教授. 無線通信と電力線通信を相互補完的に利用する通信の研究に従事. KES 会員.



水野 忠則 (フェロー)

1945 年生. 1969 年名古屋工業大学工学部経営工学科卒業. 同年三菱電機(株)入社. 1993 年静岡大学工学部情報知識工学科教授. 1996 年同大学情報学部情報科学科教授. 2006 年同大学創造科学技術大学院教授. 2011 年より愛知工業大学教授. 工学博士. 情報ネットワーク, モバイルコンピューティング, ユビキタスコンピューティングに関する研究に従事. 著訳書としては『コンピュータネットワーク』(日経 BP), 『モダンオペレーティングシステム』(ピアソン・エデュケーション)等がある. 電子情報通信学会, IEEE, ACM, Informatics Society 各会員.



峰野 博史 (正会員)

1974 年生. 1999 年静岡大学大学院理工学研究科修士課程修了. 同年日本電信電話(株)入社. NTT サービスインテグレーション基盤研究所を経て, 2002 年 10 月より静岡大学情報学部助手. 2006 年九州大学大学院システム情報科学府博士(工学). 2011 年 4 月より, 静岡大学情報学部准教授. ヘテロジニアスネットワークコンバージェンスに関する研究に従事. 電子情報通信学会, IEEE, ACM 各会員.



西垣 正勝 (正会員)

1990 年静岡大学工学部光電機械工学科卒業. 1992 年同大学大学院修士課程修了. 1995 年同博士課程修了. 日本学術振興会特別研究員(PD)を経て, 1996 年静岡大学情報学部助手. 同講師, 助教授の後, 2006 年より同大学創造科学技術大学院助教授. 2007 年同准教授, 2010 年同教授. 博士(工学). 情報セキュリティ, ニューラルネットワーク, 回路シミュレーション等に関する研究に従事.