

電波の方向制御・移動エージェント・デバイスによる 電波ブラインド領域における情報通信

結城修(静岡大学)・山田囿裕(東海大学)・水野忠則(愛知工業大学)・
峰野博史(静岡大学)・西垣正勝(静岡大学)

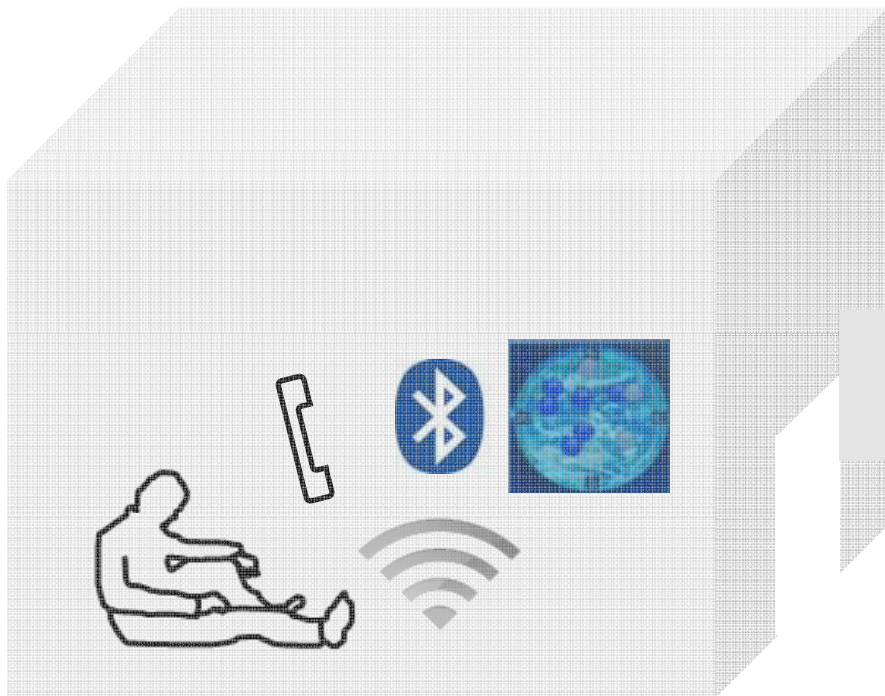
目次

1. 序論
 - 2.1. 背景
 - 2.2. モチベーション
2. 関連研究
3. 提案手法
4. 概念実証実験
 - 4.1. 概念実証実験の手順
 - 4.2. 使用機器
 - 4.3. 使用機器
 - 4.3. 電波ブラインド領域の電波強度検証
 - 4.4. リフレクタレー概念実証に用いた機器
 - 4.5. 実験結果
5. サービスの提案
 - 5.1. 提案するサービスのシナリオ
 - 5.2. 提案サービスの期待する結果
6. まとめ
7. ビデオ
8. 付録

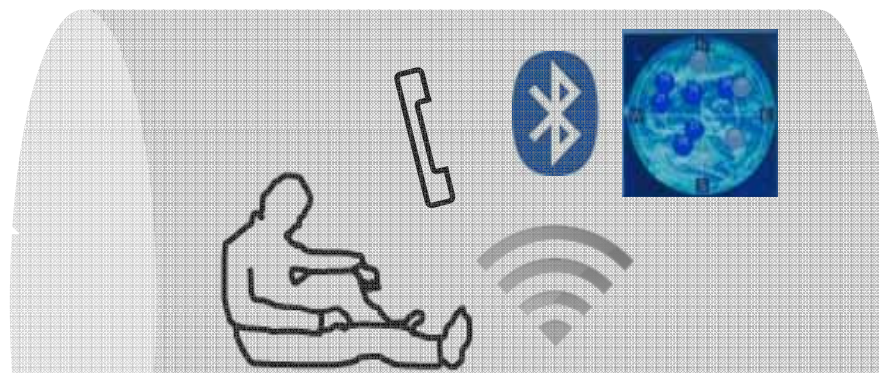
1 . 序論

2.1. 背景

1. 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. 身近な個人レベルのアクシデントによる非常時の情報通信をどこからでもできるようにしたい.
2. 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, 外部との連絡が取れなかったり, 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. このような場合は, 被災者の周辺からの情報の取得や外部への情報の発信が重要である.
3. 電磁波を反射するリフレクター・デバイスの設計が可能となりつつある.



建物内



トンネル内

電波ブラインド領域

2.2.モチベーション

1. 電波のブラインド領域の内部の人には位置情報が、外部の人には送信した人の近傍の位置情報と現場状況の情報が得られるサービスの方法を提案する.
2. リフレクトアレー・デバイスを搭載した簡易な小型の移動型エージェント・デバイスを提案する.
3. これらのサービスを概念実証するために、近年、普及している Wi-Fi, Bluetooth などの通信機能付きの携帯機器とリフレクトアレー・デバイスを用いて、電波のRSSI確認実験をおこなう。また、これらを用いたサービスのシナリオ提案を行う.

2 . 関連研究

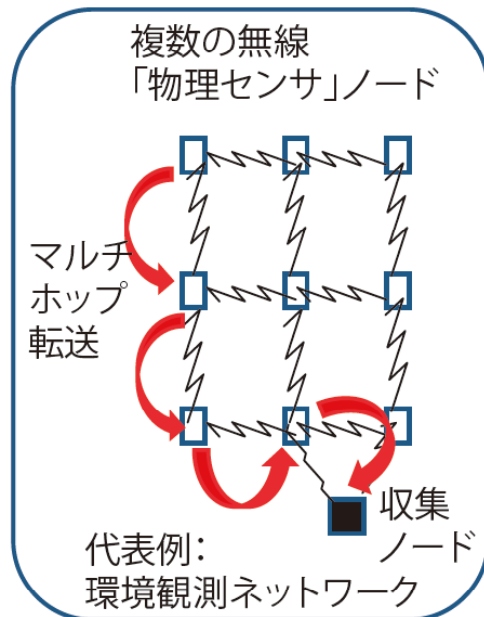
(1) 電波ルーティング関連の研究



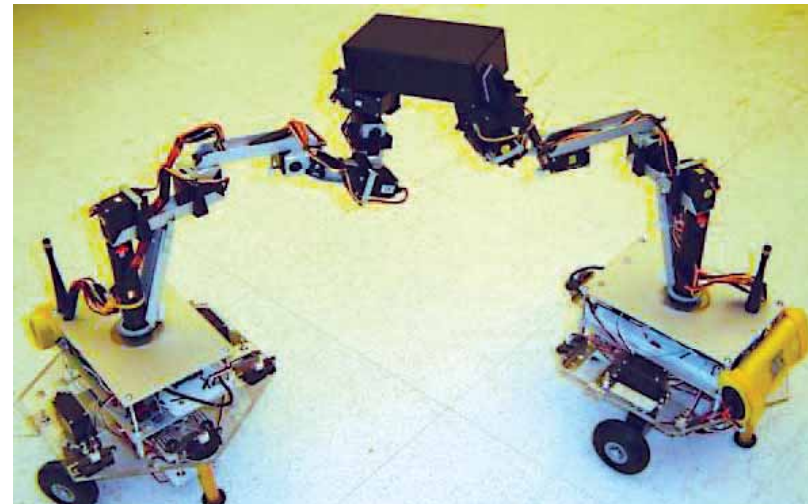
伊藤彰則等, 情報処理 Vol.52. No.9,
P1085, September 2011



南篠善明, 情報処理 Vol.52. No.9,
P1064, September 2011



戸辺義人, 情報処理 Vol.51. No.9,
P1106, September 2010



Emil M. Petriu et al. : IEEE,
Instrumentation & Measurement Magazine,
P49, September 2004

関連研究との差異

関連研究

- ・有線によるネットワークは移動が難しい。また、災害時に物理的に損傷を受ける可能性が高い。
- ・静的センサは、想定外の全ての場所に網羅することが難しい。
- ・従来のロボティック・センサは大型の場合が多く、ポケットに入れて持ち運ぶことが難しい。
- ・ロボティック・センサは単機能の研究が多い。
- ・ロボティックセンサは連携して協調制御を行う方向で研究されている。



本研究

- ・無線によるネットワーク構成
- ・リフレクタレーを搭載した小型のエージェント・デバイスを移動させるので、想定外の場合にも所持できる可能性のあるデバイスとして研究。
- ・所持しているモバイル機器を、電波が届かない場合の情報入出力に有効に利用する手段を研究。
- ・情報入出力に必要な機能を一台に集約しているので、協調制御をおこなわなくてもサービスが完結する。

(2) ワイヤレス通信のための電波関連の研究

・電波反射デバイスの研究

スネルの法則や, リフレクタレーの研究

・建造物の電波吸収

多くの無線LAN 機器が建物内部を中心に使用されるようになり, 建物内での電波伝播が重要な課題であるとして, 建造物の電波吸収に対しておこなわれた研究がある.

「無線LAN用高機能電波吸収体に関する基礎的研究」(橋本修等)
内装用建材の複素比誘電率を, 測定が比較的容易な自由空間反射損失法による反射係数の振幅のみから算出する方法を提案

・伝搬損を推定

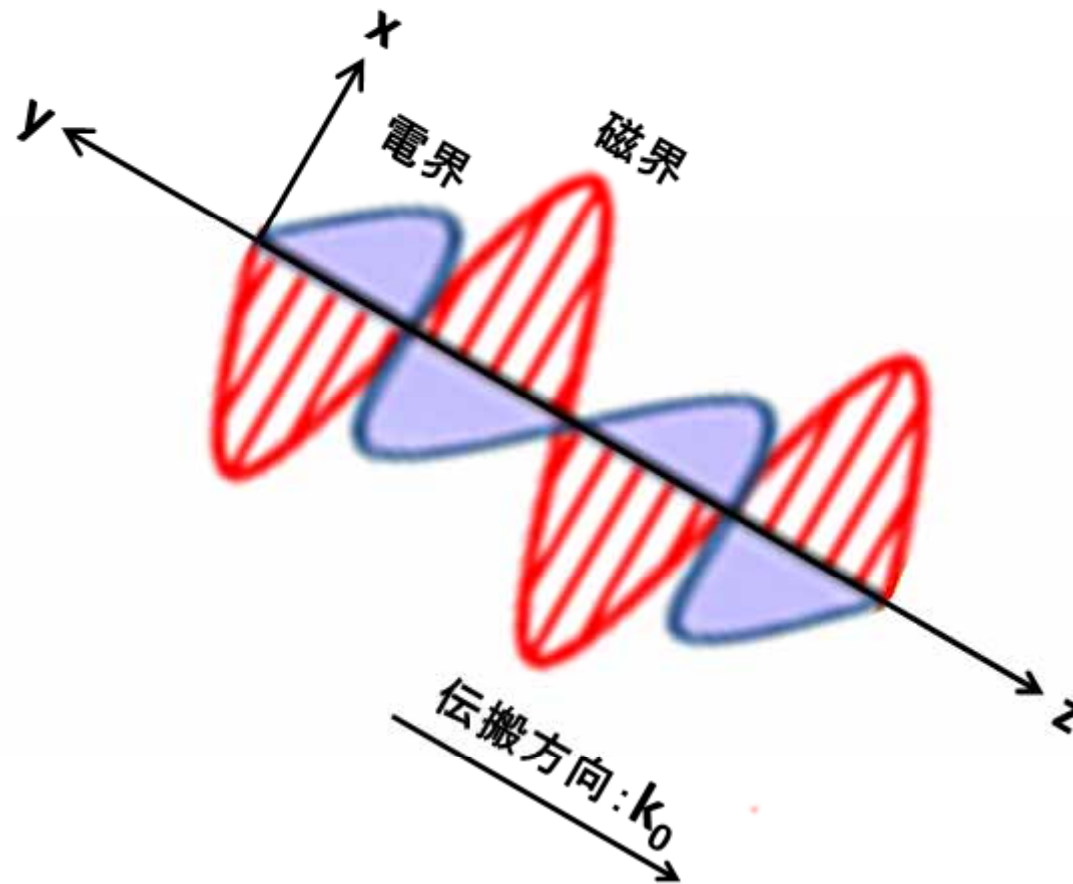
基地局と端末の間に障害物があった場合には, 周波数, 基地局 - 端末間距離, 基地局 - 端末間の階数差から大凡の伝搬損を推定する方法がITU-Rから勧告されている. ITU-R勧告による伝搬損推定法は次式で与えられる.

$$L_{\text{total}} = 20\log f + N\log d + L_f(n) - 28[\text{dB}]$$

(L_{total} :伝搬損[dB], N :距離により決められるパラメータ, d :基地局と端末の距離[m], L_f :床の透過損[dB])

N , L_f の値は測定データに基づいて経験的に決められたものである. これらのパラメータは, 周波数や住居, オフィス, 商業施設などの建物の種類に依存している.

電磁波(参考資料1)



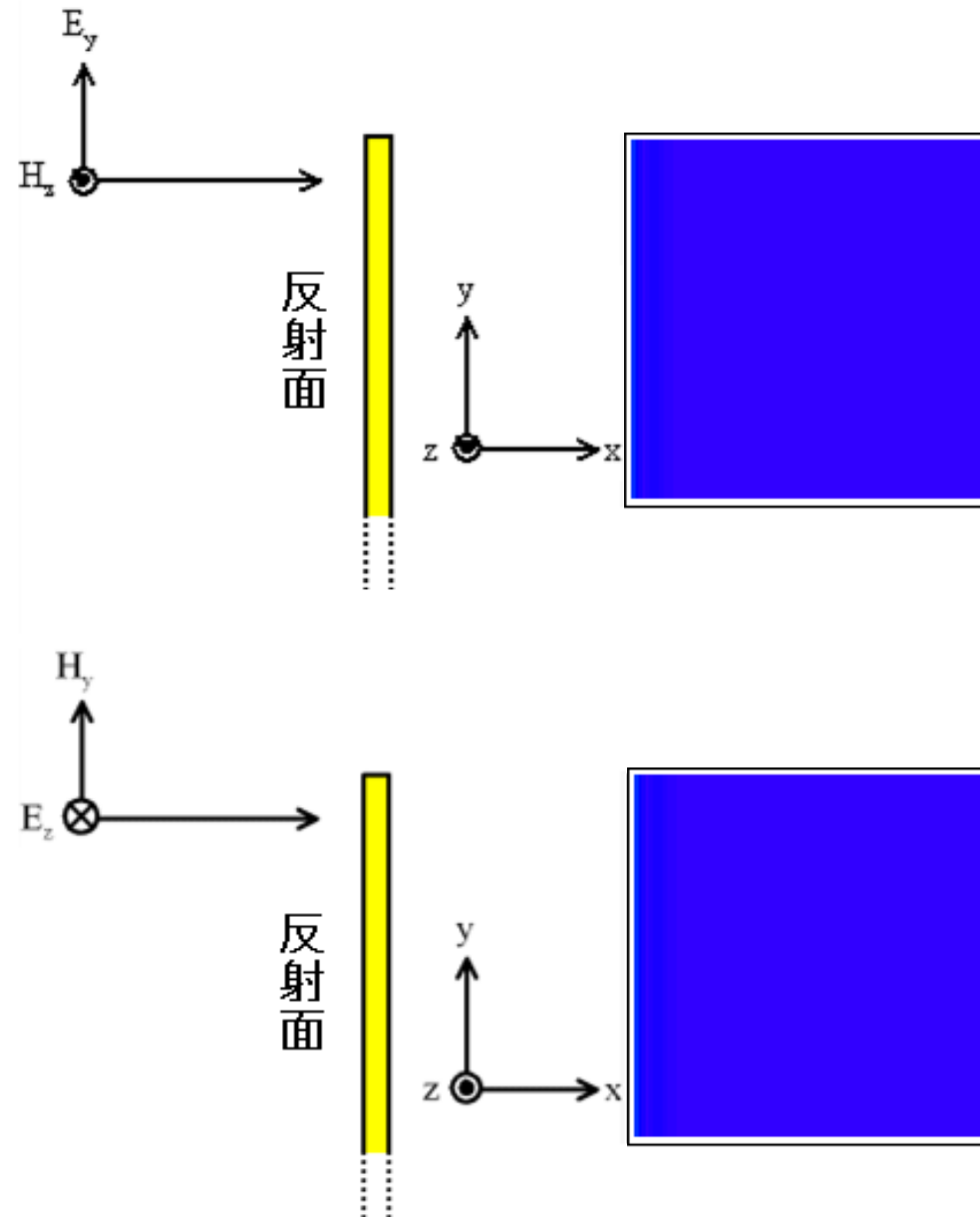
E: 電界, H: 磁界は次式で示される.

$$E = E_y \exp[j(\omega t - k_0 \cdot r)] + E_\delta \exp[j(\omega t + k_0 \cdot r)]$$

$$H = H_y \exp[j(\omega t - k_0 \cdot r)] + H_\delta \exp[j(\omega t + k_0 \cdot r)]$$

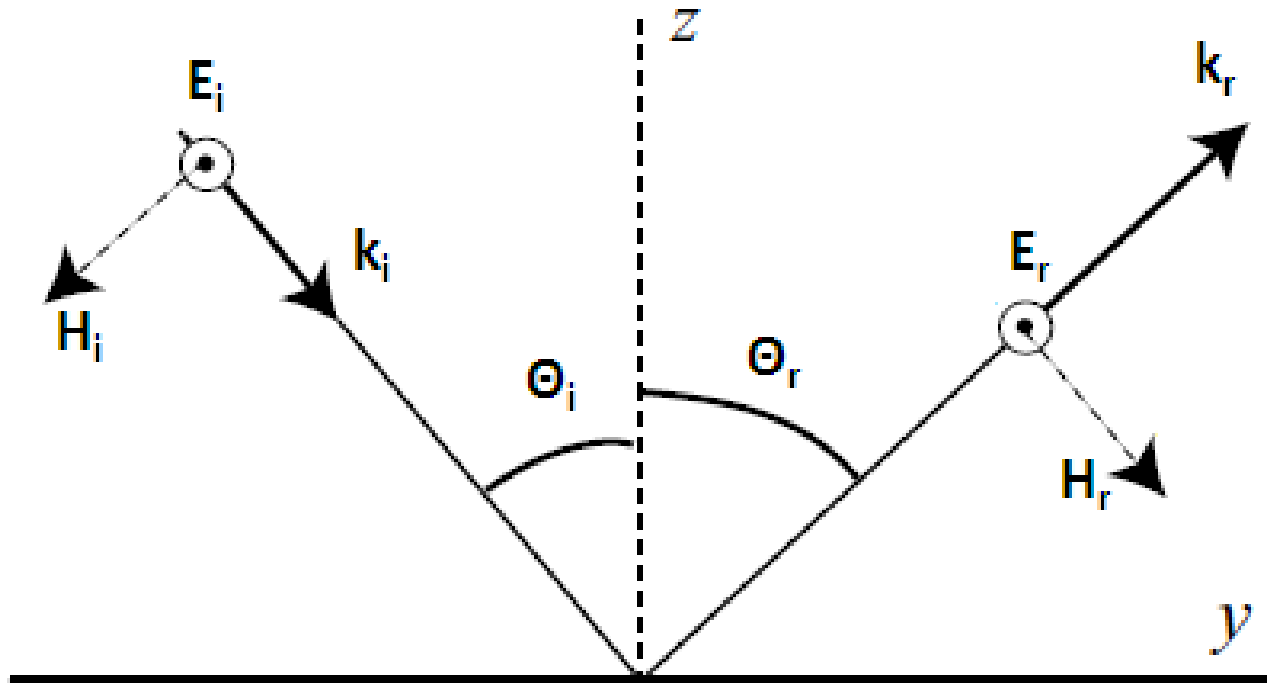
k_0 : 波数ベクトル

TE, および, TM電磁波の金属(参考資料2)



(<http://www.eto.titech.ac.jp/contents/sub04/chapter07.html>)

・光の電磁波の金属反射(鏡面による全反射)



Willebrord Snellの屈折の法則

ダイポール・エレメントによる位相シフト

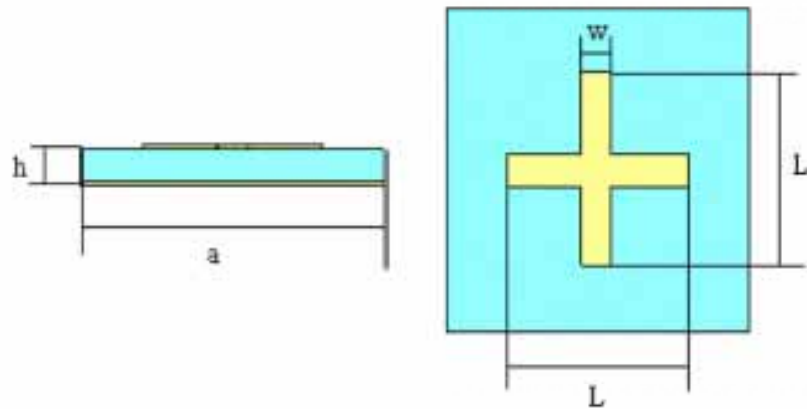


Fig. 1(a) structure of crossed-dipole

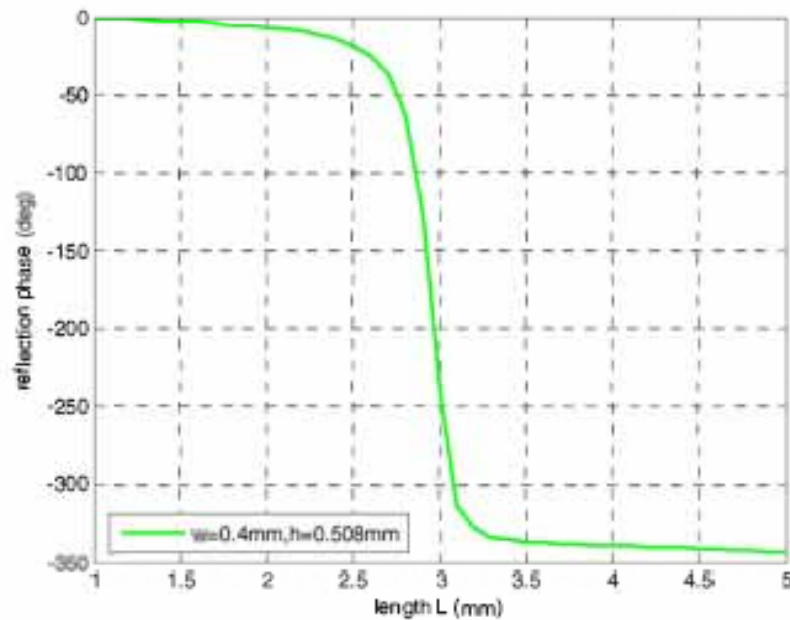


Fig. 1(b) phase response of crossed-dipole

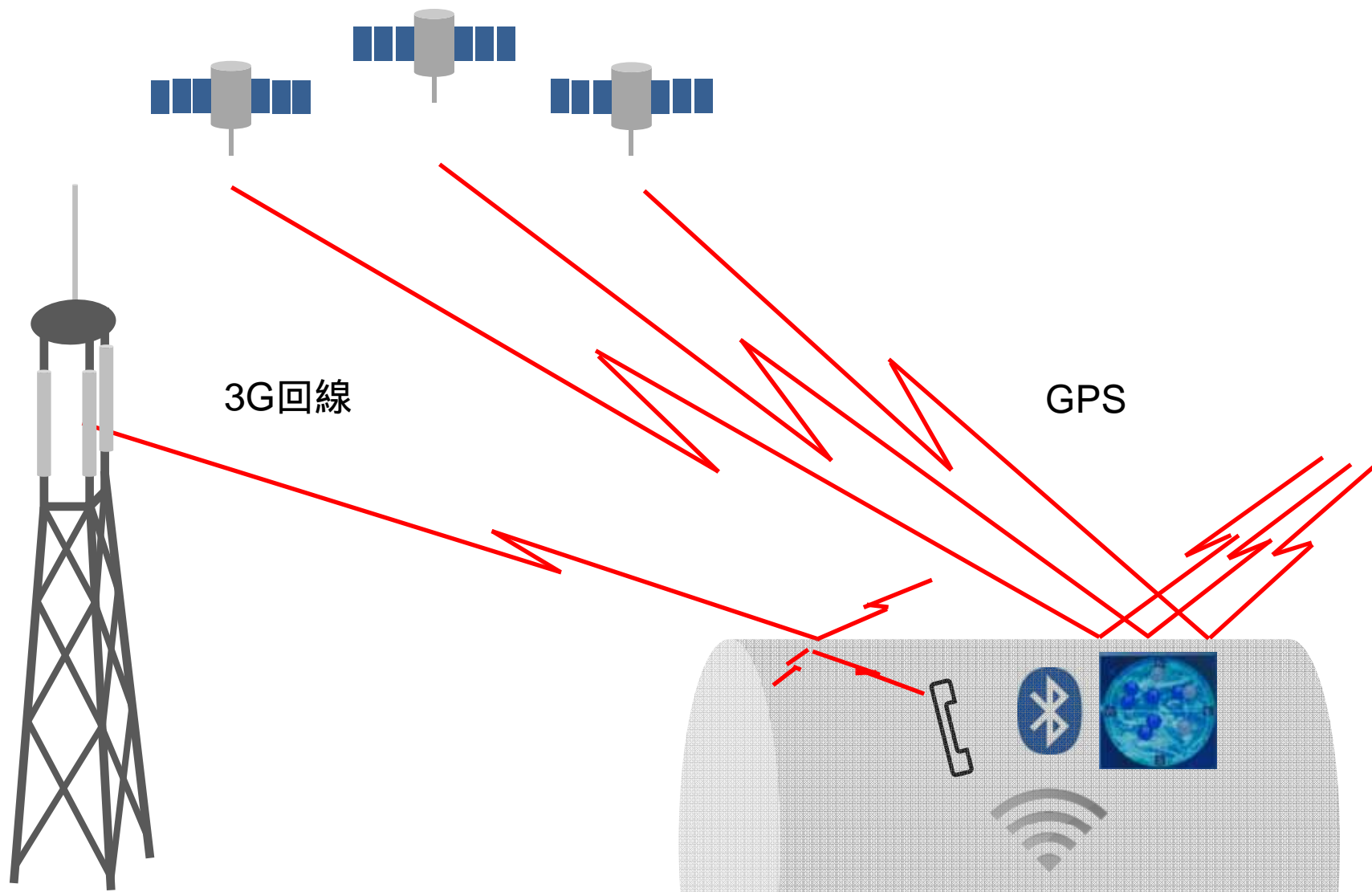
Xu Hai-peng et al.: 2010 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, 2010

3 . 提案手法

本提案概要

電波障害物によって通信困難となっている場所に用いて、電波の障害を改善するため**電波の方向制御デバイス**の提案を行う。

電波の方向制御デバイスを移動させ適正な角度に接地するための**小型エージェント**を提案する。

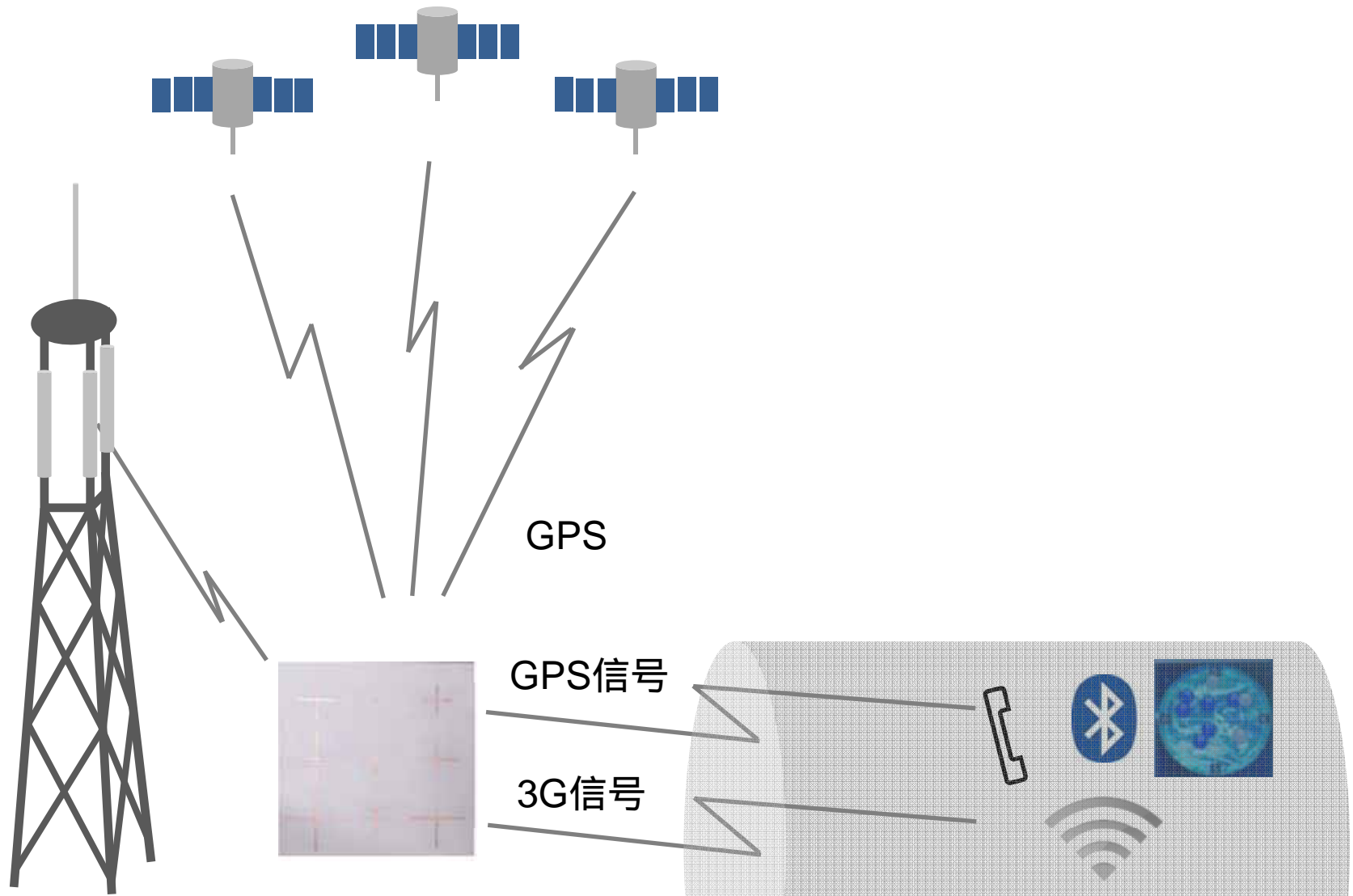


3G回線

GPS

電波ブラインド領域

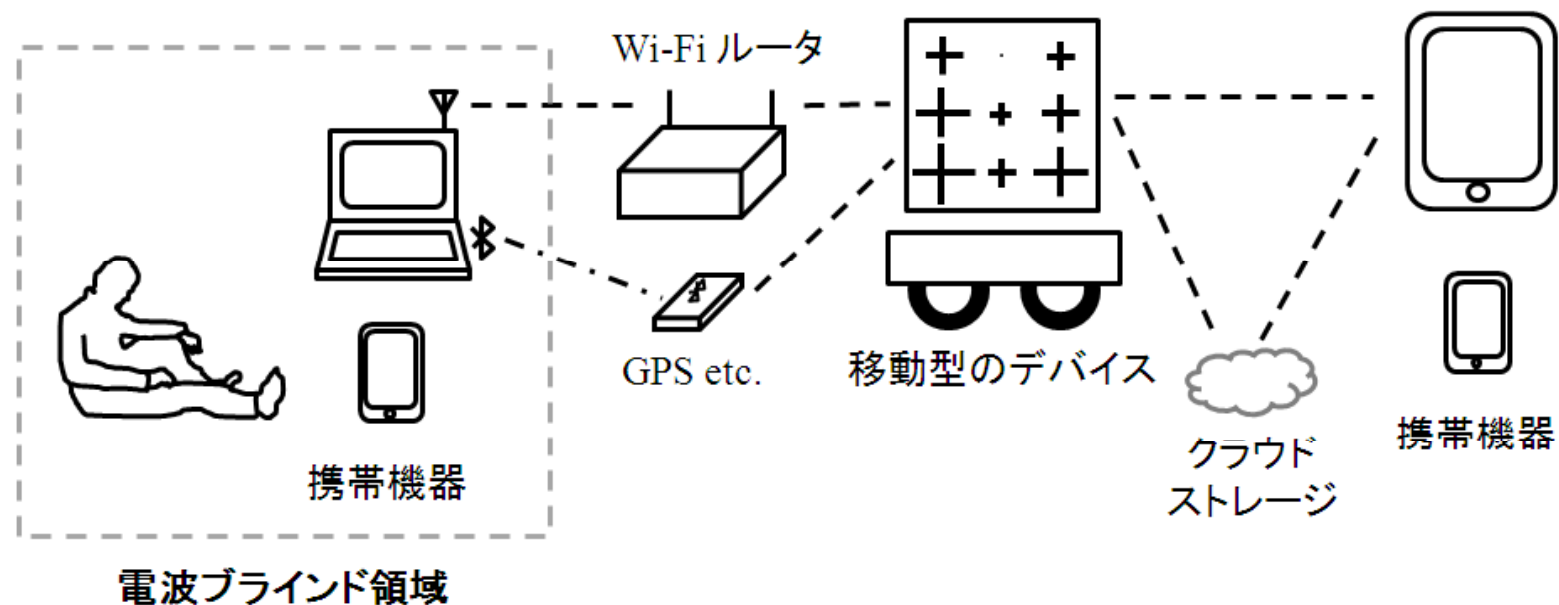
今までの通信状況



電波ブラインド領域

提案の通信サービス

- (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、彼の鞆には、今回提案の平面移動型のデバイスが常時入っている。
- (4) この移動デバイスには、電波の方向制御機能が搭載されている。
- 彼は、この移動デバイスを鞆から取り出し、路側分離の白線か中央分離の黄色線に置く。
- (5) この平面移動型のデバイスは、分離線上を走行し、トンネルの出口で停止する。
- (6) GPS機能は信号を受信することが可能となる。モバイルWi-Fiルータ機能もトンネルの外の電波の方向制御リフレクト・アレーの作用により、トンネル内部から外部の携帯電話回線が使用できる状態となる。
- (7) トンネル内の人は、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。
- (8) このメールはトンネル内の携帯機器よりモバイルWi-Fiルータに送られ、電波の方向制御リフレクト・アレーを介して携帯電話網により外部の救出関係者に送られる。



4 . 概念実証実験

4.1. 概念実証実験の手順

(1) 電波ブラインド領域の電波状態の確認実験

- ・実在トンネル内で、3G回線のRSSIを確認する。
- ・実在トンネル内で、GPSのRSSIを確認する。

(2) リフレクタレー・デバイスの概念実証実験

- ・リフレクタレー・デバイスを遮蔽物を迂回できるように設置する。
- ・レベル・センサを使いアクセス・ポイントの電波の強度を観る。
- ・レーザを用い完全反射による方向の軸合わせを行い、その結果によってリフレクタレー・デバイスの微調整を行う。
- ・無線LANアクセス・ポイント: ルータ機能を備えたIEEE802.11g/bの規格からの電波をリフレクタレーで反射しRSSIを測定する。(3G回線に近い周波数のIEEE802.11で実験)

4.2. 使用機器



Eee-PC



GPS



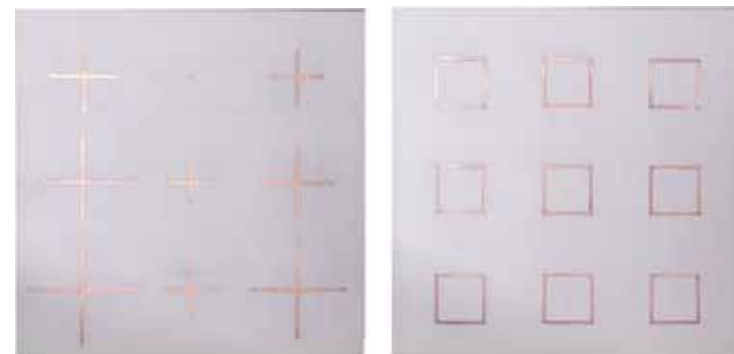
Wi-Fi Router



AR Drone

各デバイスと飛行体の外形, 重量, および, 通信方式

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) [↵]
AR Drone [↵] (屋外用 ハル) [↵]	450×290 [↵]	380 [↵]	・ Wi-Fi(802.11 b/g) [↵]
GPS [↵]	44×26×15 [↵]	18 [↵]	・ GPS : 1575.42MHz [↵] ・ Bluetooth [↵]
Pocket WiFi [↵] ルータ [↵] [↵]	95.5×48.6×14.1 [↵]	50 [↵]	・ Wi-Fi(802.11 b/g) [↵] ・ 3G(W-CDMA / HSDPA / HSUPA, 2100 / 1800 / 1700 / 1900) [↵]



(表)

(裏)

リフレクトアレー

4.3. 電波ブラインド領域の電波強度検証

電波のブラインド領域としては、神奈川県の森林地帯にあるトンネルを選択した。



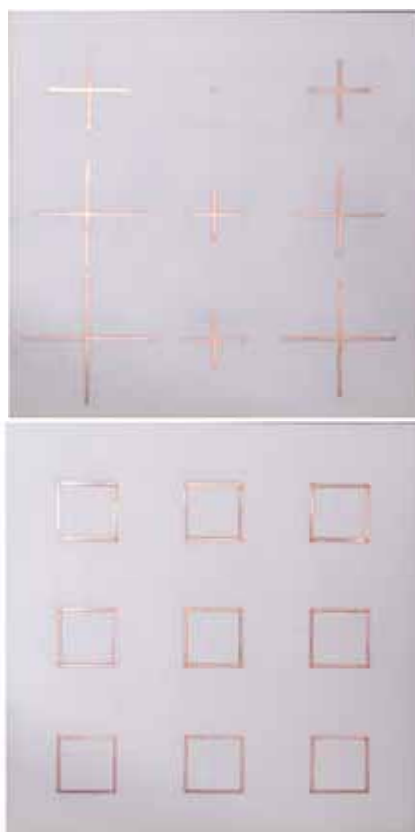
携帯電話信号
トンネル内 トンネルの外



GPS信号
トンネル内

4.4. リフレクトアレー概念実証に用いた機器

1. 無線LANアクセス・ポイント: ルータ機能を備えたIEEE802.11g/bの規格対応, 搬送波の周波数帯域は2.412から2.472GHz, アンテナはスリーブ型のダイポール・アンテナ.
2. 方向制御デバイス: 反射板と360度回転可能な可動部が両端に供えられたクリップ型の固定器具



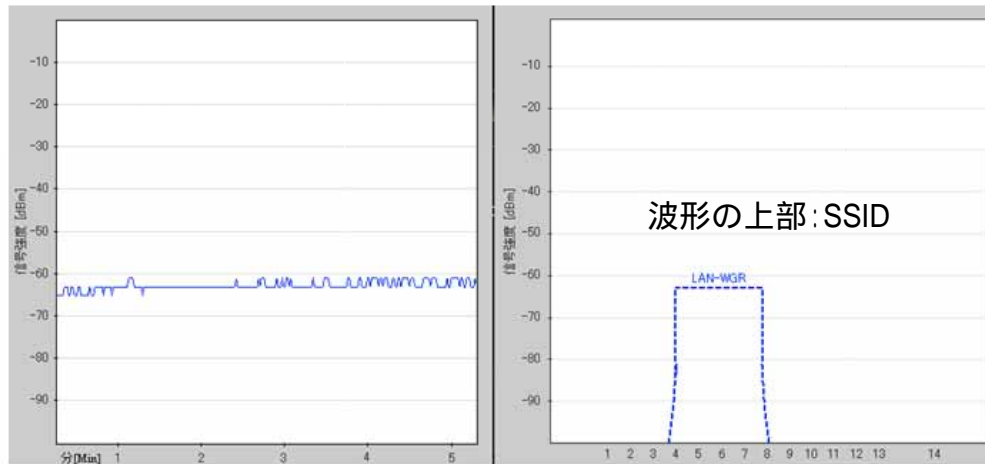
リフレクトアレー



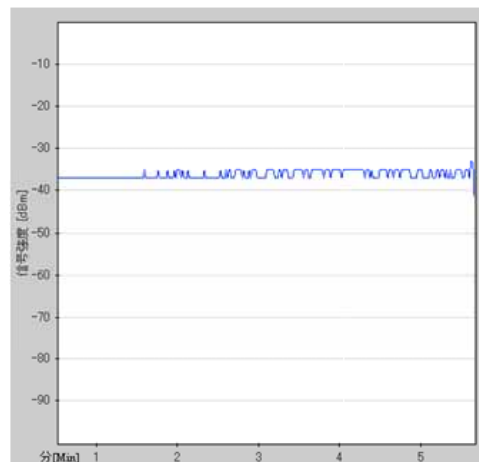
無線LANアクセス・ポイント, クリップ型の固定器具など

4.5. 実験結果

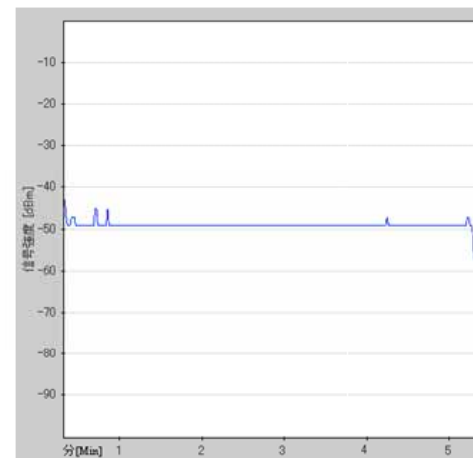
- ・リフレクトアレー・デバイス無し: 略-65dB
- ・金属方向制御デバイスあり: 略-37dB (参考)
- ・リフレクト・アレー・デバイスあり: 略-50dB



(a) 方向制御デバイスなし



(b) 金属方向制御デバイス



(c) リフレクト・アレー方向制御デバイス

横軸: 時間 [min]
縦軸: 電波強度 [dB]

5 . サービスの提案

5.1. 提案するサービスのシナリオ

リフレクト・アレーを搭載した, エージェント・デバイスとポータブル・ネットブックPC, GPS, および, Wi-Fi ルータ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.

電源を投入したエージェント・デバイスを路上に置く.

エージェント・デバイスを出口に向かって飛行させる.

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, および, GPSを使って位置情報を取得する.

取得した位置情報を添付したメールを作成する.

ネットブックPC, および, Wi-Fi ルータからアクセスし, メールを外部へ送信する.

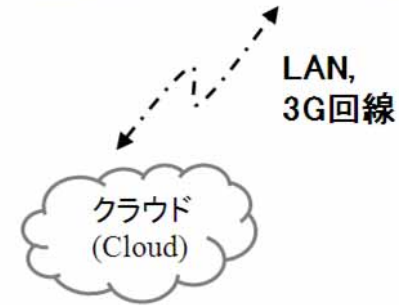
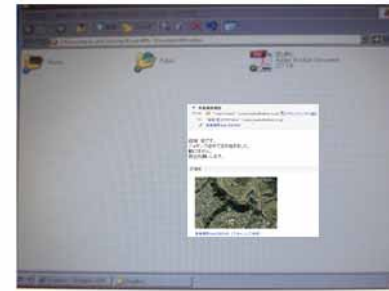
5.2. 提案サービスの期待する結果



結城 修です。
ジョギング途中で足を挫きました。
動けません。
救出をお願いします。



(a) 位置情報添付メール



(b) クラウドでの情報共有

携帯電話回線



GPS回線

電波の方向制御・移動エージェント・デバイスによる通信回復

5. まとめ

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、電磁波の特性を利用し、電波の方向制御機能を搭載した移動デバイスとそのサービスを提案した。このエージェント・デバイスは電波の方向制御機能と仰角方向の角度調整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できるモデルの提案を行った。また、電波ブラインド内で所持しているGPSやWi-Fiルータ機能から電波の方向制御をおこなうデバイスへ情報を送ることによって、位置情報、周囲状況、および、文など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。個人レベルで常時携帯できるような2次元平面移動体に搭載した簡易なエージェント・デバイス・モデルを提案し、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可能性を示した。また、3次元空間移動型のエージェント・デバイスの提案により、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、情報の入出力ができる可能性を示した。

今後は、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でも、ワイヤレス通信を回復する事ができる用途の電波の方向制御移動デバイスの提案も行っていく。

6 . ビデオ





ご清聴ありがとうございました !!!