

災害発生時に電波の方向により被災者を迅速に発見する 方式の提案

三輪 亮太

地震などの災害が発生した場合、建造物の崩壊や土砂崩れなどにより、被災者が動けなくなることがある。そのため救済活動において、素早く被災者のいる位置を知ることは有用である。携帯電話は誰もが持っており、携帯電話を探すことにより、被災者を探すことが可能と考えられる。本稿では、無線メッシュネットワークを用い携帯電話が発する電波の方向をもとに被災者の位置を推定する方法を提案する。

Proposal of a Discovery Method of Victims at the Time of Disaster detecting the direction of radio waves

RYOTA MIWA

When the disasters such as earthquakes occurred, there is the thing that a victim cannot move by landslide or collapse of the building. Therefore, in relief activity, it is useful to get to know the victims position quickly. Anyone has the cellular phone, and it is thought that can look for victims by looking for a cellular phone. In this paper, suggest a method to estimate the position of victims based on the direction of cellular phone emits electric wave with a wireless mesh network.

1. まえがき

地震などの災害が発生したとき、携帯電話基地局の配線が切断されるなど通信インフラが使えなくなる場合がある。また、建造物の崩壊や土砂崩れなどにより、被災者が動けなくなることがある。そのため救済活動において、素早く被災者のいる位置を知ることは有用である。一般的手法として、超音波探知機や救助犬を用いる方法がある。しかし、これらの方法は、特殊な免許や人材が必要である。そこで本稿では、人を探すのではなく携帯電話を探す方法を提案する。携帯電話は誰もが持っており、携帯電話を探すことにより、被災者を探すことが可能と考えられる。

最近の携帯電話会社では、GPS を用いた位置測位サービスを行っている。しかし、本サービスは携帯電話を持つ本人が自身の位置を知るものであり、他の人が被災者の位置を知るには、被災者の携帯電話番号を知っている必要がある。さらに、被災者の位置を知る場合、被災者側の許可を取るための操作が必要である。被災者が操作できない場合や、気付かない場合は、位置測位することはできず、被災者の発見を目的とするには適していない。また、このように通信インフラに頼る方法であると、災害時に通信インフラ自体が破壊された場合に使えなくなる。

インフラストラクチャモードとは、AP(Access Point)間を有線接続し、端末は AP を介して通信を行う方式である。アドホックモードは、端末が AP を介さずに端末同士が直接通信を行う方

式である。無線メッシュネットワークとは、無線 LAN における AP 間の通信をアドホックネットワークでメッシュ状に接続したものである。AP と端末間はインフラストラクチャモードで接続されるため、一般端末で利用できる。

無線メッシュネットワークの特徴として、AP を設置するだけで即座にネットワークインフラを構築できることが挙げられる。つまり、災害現場に無線メッシュネットワーク機能を備えた AP を配置するだけで、ネットワークインフラを構築でき、AP で収集した情報を共有できる。

文献(1)では、我々が提案している WAPL(Wireless Access Point Link)と呼ぶ無線メッシュネットワークを用い、携帯電話の位置を推定する方法を提案している。レスキュー隊などの第三者は、AP から GPS 位置情報、時刻情報、電波強度の情報を収集し、AP に対して携帯電話はどの方向にあるのか推測する。文献(1)では AP が携帯電話からの無線 LAN 信号の強度を測定し、携帯電話の位置を測定する。この方法では被災者の携帯電話に無線 LAN 機能が搭載されてなければならないことや、無線 LAN をオフにしていると電波強度が測定できないなどの課題がある。また、電波強度のみによる推定方法では被災者が建造物の崩壊により埋まっていると、瓦礫などの影響で、正確な位置推定が困難になると予想される。

そこで本稿では、文献(1)の課題を解決するために、無線 LAN 信号を使わずに携帯電話そのものの電波を調べることにする。また、瓦礫の影響を受ける可能性が低い電波の到来方向をもと

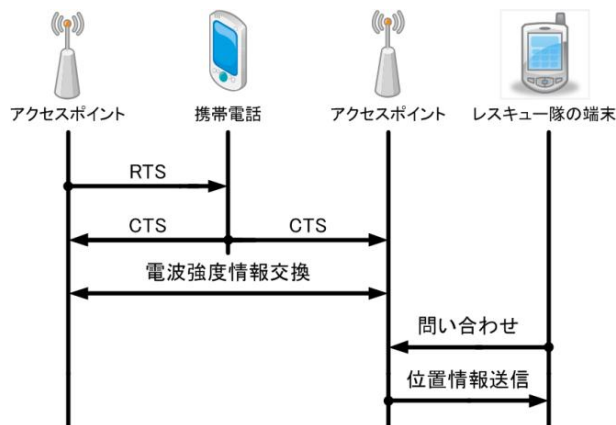


図1 電波強度測定シーケンス図

に被災者の位置を推定する。さらに、電波強度測定の実験やシミュレーションプログラムを利用して障害物の影響がどのように出るのかを調べた。

2. 既存技術

既存技術として無線メッシュネットワークを用いて電波強度を用いる方式の詳細とその課題を示す。文献(1)では、WAPLを用い、無線LANを備えた携帯電話の電波強度を測定する。具体的には、図1に示すようにAP側から携帯電話に向けてRTS(Request To Send)を送信し、端末にCTS(Clear To Send)の送信を促す。周囲のAPはCTSを監視し、携帯電話とAP間の電波強度を取得する。さらにAP間で電波強度の情報を交換し、携帯電話の位置を推定する。

しかし、この方法は携帯電話に無線LAN機能が搭載されていることが前提である。携帯電話の無線LANがオフになっていると利用できない。位置測位をする際に、携帯電話が他のAPと既に接続関係を確認していると、RTSに応答しない。さらに瓦礫などがあると電波強度が変わるため、APと端末の距離が正確に計測できないなど、様々な課題がある。

3. 提案方式

3.1 提案方式の概要

本稿では携帯電話が自発的に発信する電波を位置測定の信号として用いる。携帯電話には自身の位置情報を定期的に携帯電話網のホームメモリ局へ登録する仕組みがある。ホームメモリ局へ登録するために、携帯電話は基地局へ自身の携帯電話情報の電波を送信する。そこで、APがこの電波を指向性アンテナで受信することにより、APに対する携帯電話の方向を知ることができる。電波の方向を見て携帯電話の位置を推定するため、電波強度から位置を推定するよりも正確に位置を推定することができる。位置登録の電波は、携帯電話の通信が圏外の場合であ

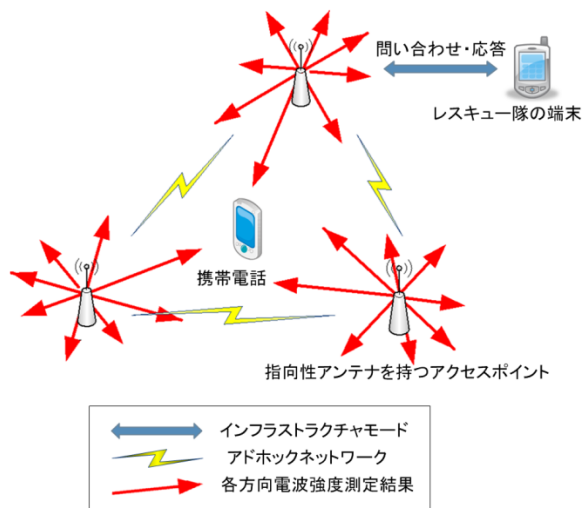


図2 提案システムの概要

っても定期的に送信されるので、災害時通信インフラが破壊された場合でも電波を取得できる。

図2に提案システムの概要を示す。災害現場にレスキュー隊やボランティアが指向性アンテナを搭載したAPを配置する。AP間はアドホックネットワークで繋がれ無線メッシュネットワークを構築する。指向性アンテナは複数保持し、各方向の電波強度を同時に調べる。

一つの指向性アンテナを回転させ、各方向からの電波強度を測定していく方法も考えられるが、同時に測定しないと電波強度が変わる可能性があるため、各方位に複数の指向性アンテナを配置することとした。

レスキュー隊の端末は、配置したAPのIPアドレスを知っている必要がある。そして近隣のAPに電波強度の情報を問い合わせることにより各APが取得した電波強度の情報を取得する。

各APにはGPSが搭載されており、APの位置と電波取得時刻を知ることができる。さらにAPに設置してある指向性アンテナがどの方位を向いているか知るために磁気センサを備えているものとする。

図3に提案システムの通信シーケンスを示す。APは携帯電話からの位置登録電波を受信し、各方向における電波強度と、受信時刻を保存する。APはレスキュー隊の端末からの問い合わせに対し、GPS情報(緯度/経度)、電波受信時間、基準方位、方位ごとの電波強度を返す。レスキュー隊の端末は全てのAPから上記の情報を収集し、特定の携帯電話の位置を推測する。

3.2 収集情報

APから収集する情報の例を表1に示す。GPS情報(緯度/経度)はAP自身の位置を示すものである。電波受信時刻は、携帯電話が複数存在したときに他の携帯電話と区別するためのものである。電波強度は、基準アンテナから始めて、

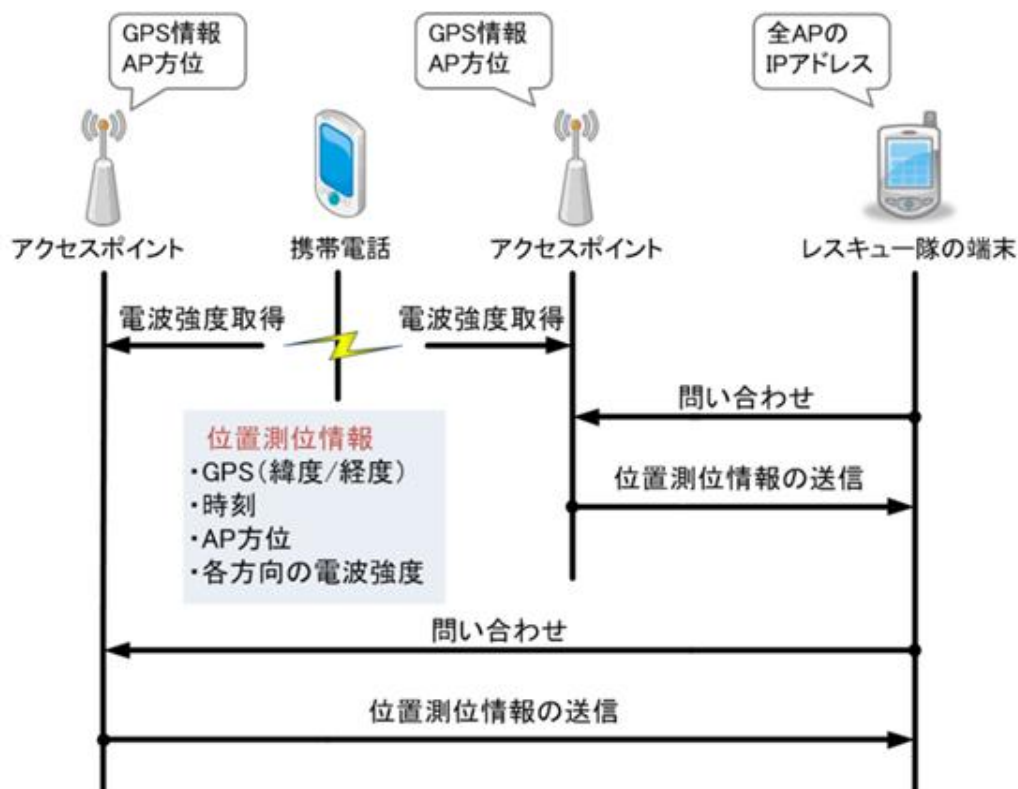


図 3 提案システムのシーケンス図

各アンテナがどれだけの電波強度であったのか示す。

方位は、基準アンテナが北に対してずれている角度を示す。アンテナの数が 12 とすると 30° ずつ 12 方向の異なる情報を同時に収集することになる。

3.3 携帯電話が複数存在したときの処理

携帯電話が位置登録する際の電波の情報には、携帯電話各々の ID 番号が含まれているので、これを元に携帯電話を識別するのが望ましい。しかし、携帯電話の情報はキャリアに委ねられており、一般には公開されていない。そこで、同じ時刻に受信した電波を、同一の携帯電話からのものと判断する。AP は GPS を搭載しているため、 $\pm 1 \mu \text{ sec}$ 程度の高い精度で時刻同期させることが可能である。

表 1 収集情報の例

名前	内容
GPS 情報 (緯度/経度)	35.132796 / 136.973905
電波受信時刻 (年/月/時/分/秒)	2010/12/31/23:59:59.99
方位 (度)	359
電波強度 (dB)	-23,-25,-26,-29,-30,-32,-32,-29,-28,-27,-25,-24

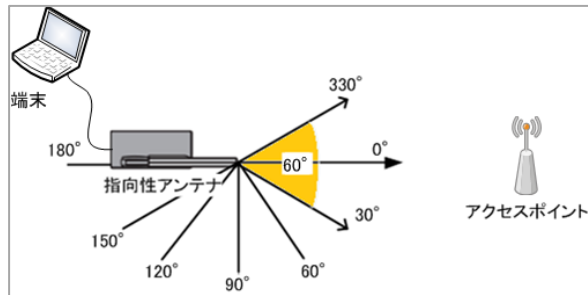


図4 測定システムの構成

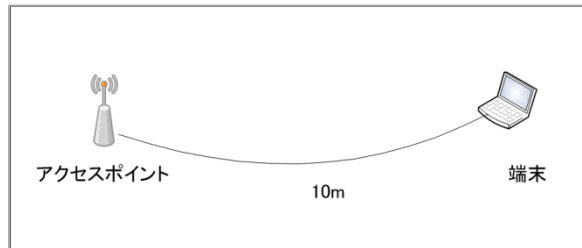


図5 障害物なし(10m)

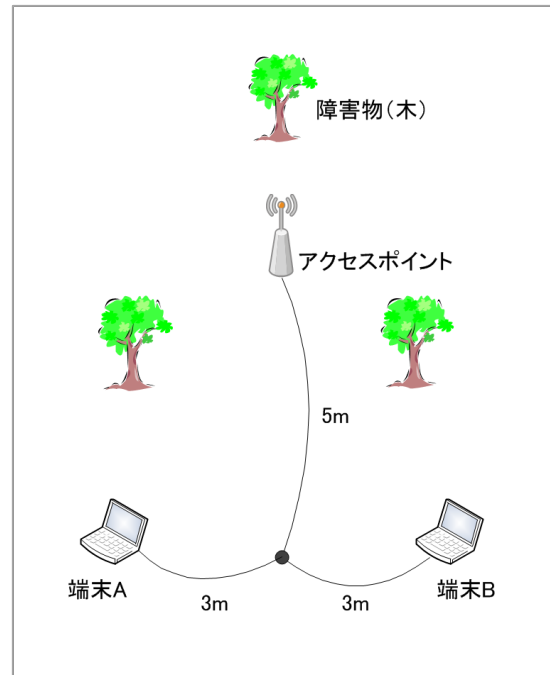


図6 障害物あり(端末 A, B)

4. 実験

4.1 目的

指向性アンテナを用いて、方向が特定できるかどうかを調査する。これにより、指向性アンテナをいくつ配置すればよいか、また AP と携帯電話の間に障壁があった場合の影響を調査する。

4.2 実験方法

AP を携帯電話と見立てて実験を行った。携帯電話には 800MHz 帯と 2.0GHz 帯があり、一般的には 2.0GHz 帯が広く使われている。そこで 2.0GHz 帯に近い無線 LAN 規格の一つである IEEE802.11g を使用した。

図4に測定システムの構成を示す。PC 端末に指向性アンテナである BUFFALO の WLE-MYG を使用した。AP から出る電波を携帯電話の電波と見立てて指向性アンテナで強度を調べた。このアンテナはアンテナ直進方向の左右 30° ずつに指向性があり、合計 60° の範囲の電波を測定することができる。電波強度測定には強度を可視化できる Vistumbler^[12]を使用した。このソフトは約 1 秒に 1 回プローブリクエストを送信し、AP が返信するプローブレスポンスの電波強度を取得する。

測定は障害物がない見通しの良い場所と、障害物の影響を調べるために木などの障害物のある場所の 2 ヶ所で行った。

指向性アンテナを 0° から 30° ずつ変えていき、それぞれの角度の電波強度を求め、約 1 秒周期で表示される値を 10 回求め、平均を求めた。電波強度は最高値が 0m の距離とし、そこでの値との差を dB 値で求めた。

図5、図6は実験の環境を簡略化した図である。図5では障害物がない名城大学近くの公園で実験を行った。図6では名城大学近くの公園の木が多くある場所でどのような影響が出るのかを調べた。

4.3 実験結果

図8~図10に実験の結果を示す。角度ごとに電波強度に違いが出た。図8では、AP に対して 0° の方向の電波強度が強いという結果となり、指向性アンテナにより電波発信源の方向が推定できることがわかる。しかし、障害物がある場所で行った実験の結果である図9、図10では AP に対して電波強度が強い方向が障害物側にずれる傾向が見られた。

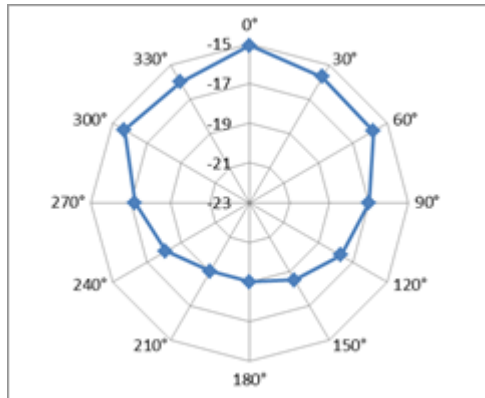


図 7 障害物なし(10m)の電波強度[dB]

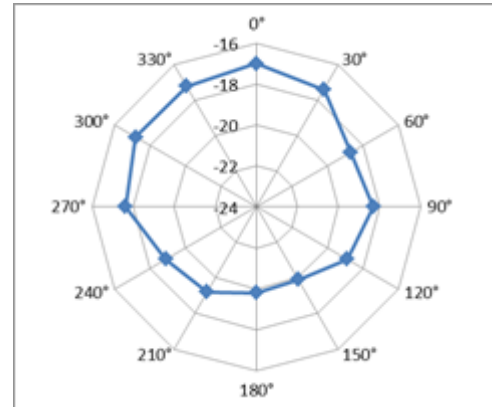


図 9 障害物あり(端末 B) の電波強度[dB]

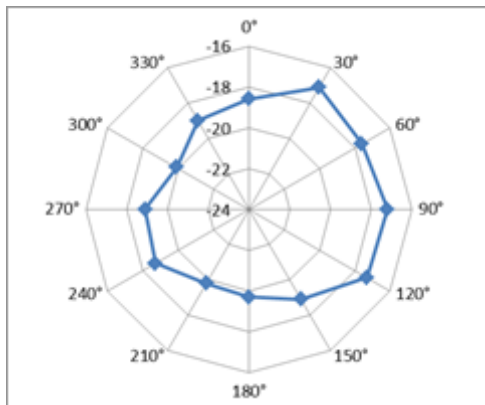


図 8 障害物あり(端末 A) の電波強度[dB]

5. シミュレーション

5.1 シミュレーションプログラムの仕様

障害物の影響を調べるために、シミュレーションプログラムを上村研と共同で開発した。本プログラムの仕様は以下の通りである。

- ・アクセスポイントの位置を設定できる
- ・周波数を設定できる
- ・障害物を複数置くことができる
- ・障害物の大きさを決めることができる。ただし、形は四角形に限定される
- ・障害物の反射率は 100%である。
- ・受信機の位置を決めると、一番電波強度の強い方向を矢印で示す

5.2 シミュレーション結果

図 11 は 4 章の実験環境と同じ条件で実行させたシミュレーションの実行結果である。黒い四角形が障害物、障害物の真ん中にあるのがアクセスポイントである。図では受信地点において一番強い方向を矢印で示している。矢印の指す方向は、場所によってばらつきがあるが、アクセスポイントより内側を示しているものが多い。実験と似た結果が出ている。

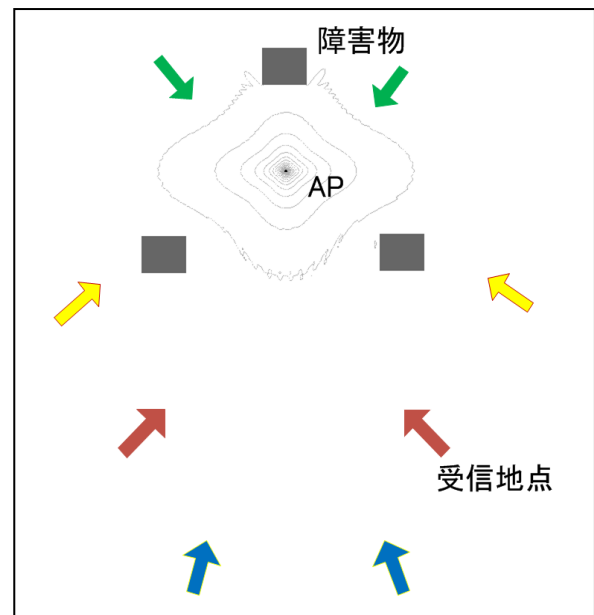


図 10 シミュレーションの実行結果

5.3 考察

実験とシミュレーションでは、以下のように異なる点がある。

- ・シミュレーションは二次元である
- ・障害物の形が違う
- ・シミュレーションでは障害物の反射率が 100%である
- ・実験では各方向のごとに電波を測る時間が同時ではない

このように、実験とシミュレーションでは違いがあるが、電波の方向は障害物の影響を受けることがわかった。よって、被災地に配置するアクセスポイントの数が少ないほど被災者の位置を正しく推測することが難しいと考えられる。したがって、被災地にはできるだけ多くのアクセスポイントを配置することが望まれる。また、電波強度による位置推測と併用することも考えられる。

6. おわりに

災害が発生したときに、被災地に無線メッシュネットワークを配置して被災者が持つ携帯電話からの電波の方向を調べ、被災者の位置を推定する方法を示した。指向性アンテナを AP に設置させることによりレスキュー隊は携帯電話を所持する被災者の方向を知り、位置を推測することができる。実験とシミュレーションの結果より、被災者の位置をある程度推測できることを示した。

参考文献

- [1] 大西鈴花：災害時において救助者と被災者の迅速な通信を可能とする方法の提案，2008 年度東海支部大会論文集，pp. - (2008)
- [2] 河合辰夫：災害発生時に被災者を迅速に発見する方式の提案，2009 年度東海支部大会論文集，pp. - (2009)
- [3] 伊藤将志：無線メッシュネットワーク“WAPL”の提案とシミュレーション評価，情報処理学会論文誌，pp.1234-1246, (2008)