

災害発生時に被災者を迅速に発見する方法の提案

河合 辰夫

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が有用である。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 rapid discovery method of victims at the time of disaster

TATSUO KAWAI

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が有用である。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、人を捜すのではなく携帯電話を捜す方法を提案する。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。

文献(1)では、WAPL(Wireless Access Point Link)と呼ぶ無線メッシュネットワークを用い、無線 LAN を備えた携帯電話の位置を、電波強度を用いて推定する方法を提案している。無線メッシュネットワークとは、無線 LAN における AP(Access Point)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 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。さらに、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に被災者の位置を推定する。

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。

2. 関連技術

関連技術として無線メッシュネットワークを用いた方式の詳細とその課題を示す。また、各携帯電話会社で GPS を用いた位置測位サービスがあるが、それらとの違いを示す。

2.1 無線メッシュネットワークを用いる方法

文献(1)では、WAPL と呼ぶ無線メッシュネットワークを用い、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、端末と 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、携帯電話の位置測位を推定する。

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立していると、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。

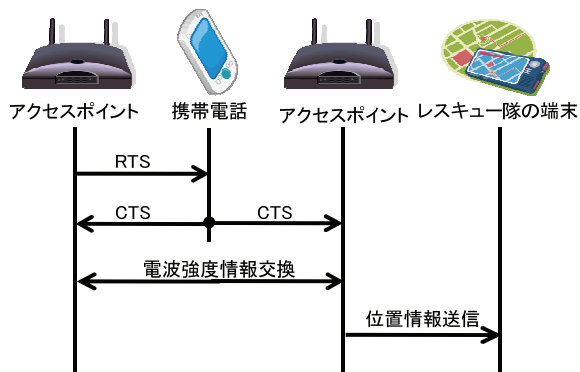


図 1 関連技術のシーケンス図

2.2 携帯電話会社の位置測位サービスを用いる方法

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。

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情報として用いる。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。位置登録の電波は、携帯電話の通信が圏外の場合であ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を持つ 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。各 AP は指向性アンテナを複数保持し、各方向の電波強度を同時に調べる。

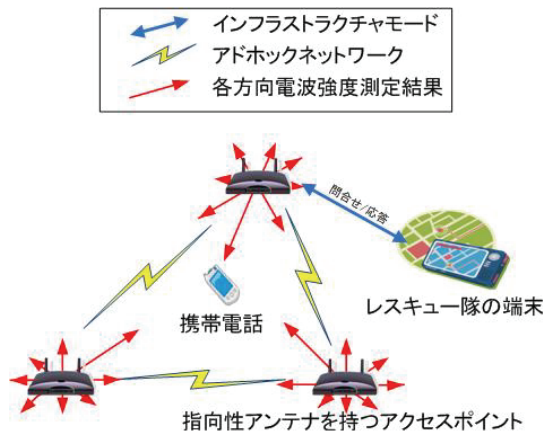


図 2 提案システムの概要

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する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、自身の位置と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。

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、各アンテナがどれだけの電波強度であったのかを示す。

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 8 個とすると 45° ずつ方向の異なる情報を同時に収集することになる。

表 1 収集情報

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)	2009/12/31/23:59:59.99
方位 (度)	359
電波強度 (dB)	-20,-25,-32,-53,-60,-44,-36,-24

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 番号が含まれており、これを元に複数の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。

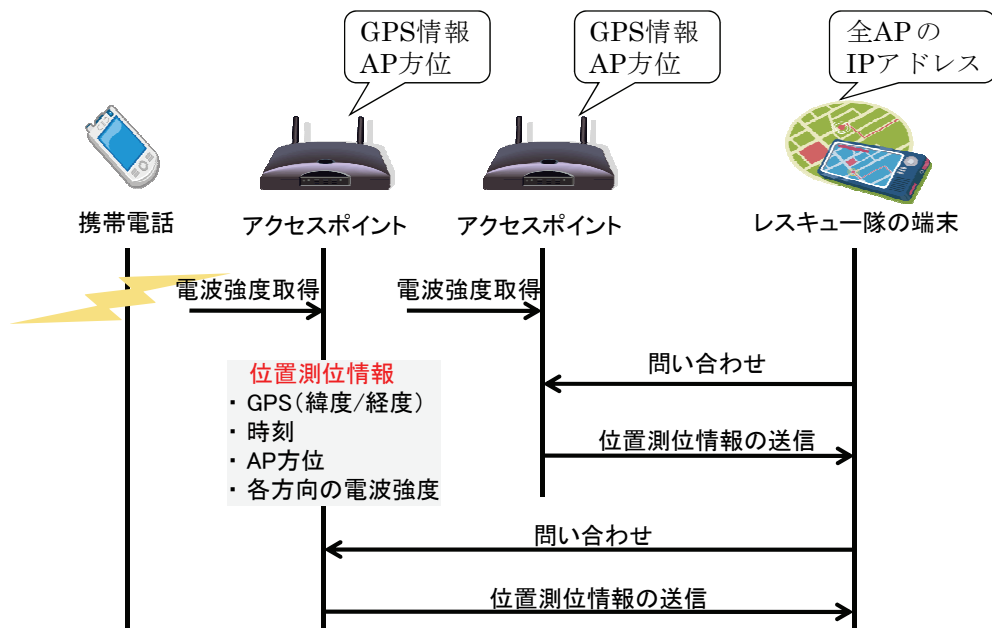


図3 提案システムのシーケンス図

4. 電波強度測定の実験

4.1 実験目的

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した。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した。

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 の通信の一つである IEEE802.11g を使用した。

図 4 に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° ずつ指向性があり、合計 60° 測ることができる。

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 回プローブクエストを送信し、AP の電波強度を取得する。

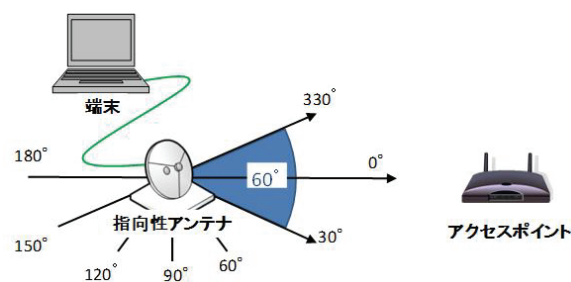


図4 システムの構成

4.3 実験結果

測定場所は見通しの良い場所とし、距離を 10m、指向性アンテナを 0° から 45° ずつ変えていき、それぞれ 20 秒間測定し平均を求めた。さらに、被災者が瓦礫に埋まることを想定し、電波を出す AP の前に人を立たせ、同様の実験を行った。

図 5、図 6 に距離 10m 時の電波強度を示す。図 5 は障壁がない場合。図 6 は障壁がある場合を示す。

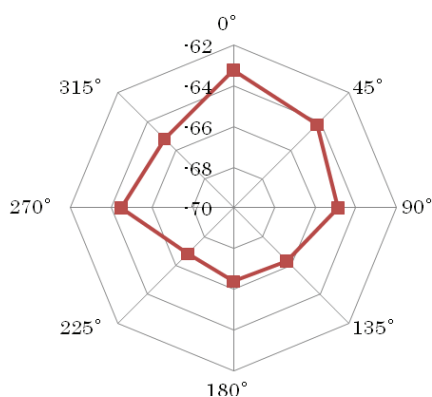


図5 距離 10m の電波強度[dB]

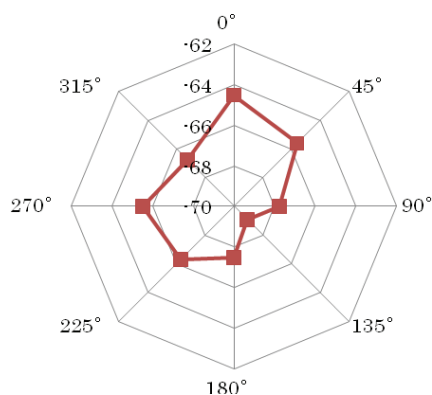


図6 障壁あり距離 10m の電波強度[dB]

4.4 考察

測定結果からわかるように方向によって電波強度に違いが出た。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、AP 方向の反対側でも電波強度が強い。これは、建物などからのマルチパスの影響と電波強度が 0dB のときはログに残らないためだと考えられる。これらの問題を解決するために、測定ソフトの変更、距離や障壁を変えた測定と、他の場所での測定をすべきである。

5. 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。

今後の検討課題として、瓦礫などの影響により、電波強度がどう変わるか。指向性アンテナの指向性はどうか。指向性アンテナをいくつ配置すべきかが挙げられる。

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] 佐藤弘和：指向性アンテナを用いた無線 LAN アクセスポイント位置測定手法，電子情報通信学会論文誌，pp.1634-1647，(2005)
- [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)
- [4] 佐藤弘和：無線 LAN の受信電波強度分布間類似度による方向推定手法，情報処理学会論文誌，pp.51-62，(2006)
- [5] 清水達也：携帯型電波到来方向探知機と無線公衆インフラを用いた簡易な無線位置追跡(Fox Hunting)システムの一提案，電子情報通信学会技術研究報告，pp.91-96，(2004)
- [6] 大平孝：携帯型電波到来方向探知機，電子情報通信学会技術研究報告，pp.87-90，(2000)
- [7] 古樋知重：腕時計型マイクロビーコンと携帯型電波到来方向探知機の雪中実験，電子情報通信学会技術研究報告，pp.87-90，(2000)
- [8] 片桐誉裕：位置情報を使った近くの端末との直感的アドホック通信ソフトウェア，情報処理学会第 47 回プログラミング・シンポジウム報告書，pp.199-202，(2006)
- [9] ラジオライブ電子工作研究会：本気の電子工作，pp.104-107，三オブックス(2006)
- [10] docomo イマドコサーチ
http://www.nttdocomo.co.jp/service/information/imadoco_kantan/index.html
- [11] FURUNO GPS 機器
<http://www.furuno.jp/product/gps/receiver/gt80.html>
- [12] vistumbler
<http://www.vistumbler.net/>