

災害時において救助隊と被災者の迅速な通信を可能とする方法の提案

大西 鈴花

災害発生時には、建造物の崩壊や安否確認による過剰なトラヒック等により通信が困難になることが報告されており、ネットワークを迅速に復旧させることは重要である。また、救助活動において素早く被災者のいる位置を知り、通信する手段は有用である。本稿では、携帯電話に将来無線 LAN が搭載されることを予想し、無線メッシュネットワークの一方式である WAPL(Wireless Access Point Link)を用いて被災者の携帯電話の位置を測定し、さらに、共通のアプリケーションを持っていれば、即時に通信を開始できる方式を提案する。

Proposal of quick communication between rescuers and victims in a time of disaster

Reika Onishi

At the time of disaster, it is reported that communication becomes difficult by collapse of buildings, and the excess traffic of safety confirmation, etc. It is important to recover the network quickly. It is also useful to locate victims quickly in the area. In this paper, we propose a system that calculates victims in the disaster area applying WAPL(Wireless Access Point Link), assuming that wireless LAN functions are expected to be held in all cell phones in future.

1. はじめに

災害発生時には、安否確認等のために過剰なトラヒックにより通信が困難になることや、通信のインフラが崩壊することにより通信が行えなくなることが報告されている。そのためネットワークを迅速に復旧させることは重要である。また、災害により建造物が崩壊したとき、救助を必要としている人を探すことは困難である。救助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。さらに、被災者と通信することは、救助活動において役立つ手段である。

一方、近年無線 LAN が普及してきており、大学、企業、地下鉄等でも使用されている。無線 LAN は高速通信が可能であり、携帯電話にも次第に搭載されるようになってきている。携帯電話は、ほとんどの日本人が持っていると思定できる。

そこで、本稿では、携帯電話に将来無線 LAN が搭載されることを予想し、携帯電話の位置を

特定することにより被災者のいる場所を推定する方法を提案する。具体的には、無線メッシュネットワークの一方式 WAPL(Wireless Access Point Link)[1]を用いて被災者の携帯電話の位置を特定する。被災者と救助隊が共通のアプリケーションを持っていれば、即時に通信を開始することもできる。

2. 提案方式で使用する技術

2.1 WAPL

WAPL とは、AP(Access Point)間をアドホックネットワークで接続した無線メッシュネットワークを実現する一方式である。WAPL における AP を WAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。WAP 間はアドホックネットワークで接続される。アドホックネットワークとは、AP を介さずに端末同士が直接通信を行うことができるネットワークである。WAP/端末間はインフラストラクチャモードで接続される。インフラストラクチャモードとは、AP を介して端末が通

信を行うモードで一般のユーザはこのモードで無線 LAN に接続する。

通信を行いたい地域に WAP を配置していただくだけで、無線メッシュネットワークが構築される。そこで、被災により通信が困難になった地域に WAP を設置することにより、被災者同士、あるいは外部の人と通信を再開することができる。また、通信を行う地域の規模も WAP の数を増減することにより変更できる。そのため、WAPL は被災地における臨時の通信インフラとして有効に活用することができる。

2.2 RTS/CTS

RTS/CTS(Request To Send/Clear To Send)は 802.11 に代表される CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)方式の無線 LAN において電波の届かない端末同士が、同時にデータを送信してフレームが衝突してしまう隠れ端末問題の発生を防ぐために導入された方式である。図 1 に RTS/CTS の動作例を示す。端末 A が AP を介してデータを送信する場合、データの送信前に AP に RTS を送信する。RTS を受信した AP はデータを受信できる状態なら、CTS を端末 A 宛に返信する。端末 B は端末 A からの電波は届かないが AP からの電波は届くため、CTS を傍受したらデータの送信を延期することができる。

今回の研究では、RTS/CTS を端末と WAP 間の電波強度を取得するために使用する。

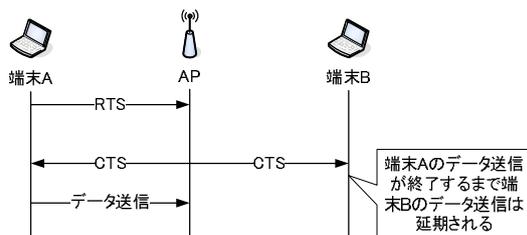


図 1 : RTS/CTS の動作

3. 提案方式

3.1 WAPL の導入

被災地の通信インフラが破壊され、通信が行えない地域に WAPL を導入する。WAP には自分の位置がわかるように GPS を保持させる。WAP のインフラストラクチャ側は同一のチャネルを使用する。これは、端末が移動しても通信を継続できるようにするためである。救助隊の持つ端末には被災者の位置を表示させるアプリケーションを搭載する。

3.2 端末が IP アドレスを取得するまで

本提案では、携帯電話が TCP/IP 端末として動作するため、以後の説明では携帯電話を単に端末と呼ぶ。図 2 に端末が IP アドレスを取得するまでのシーケンスを示す。

まず、端末は周辺の AP を探すためにプローブ要求を送信する。これを受信した WAP は端末にプローブ応答を返す。端末と WAP は認証要求・認証応答、アソシエーション要求・アソシエーション応答のメッセージ交換を行い、無線 LAN としてのアソシエーションを確立する。次に端末は上記 WAP を介して DHCP により、IP アドレスを取得する。このとき WAP は端末の IP アドレスと MAC アドレスを対応づけ記録しておく。

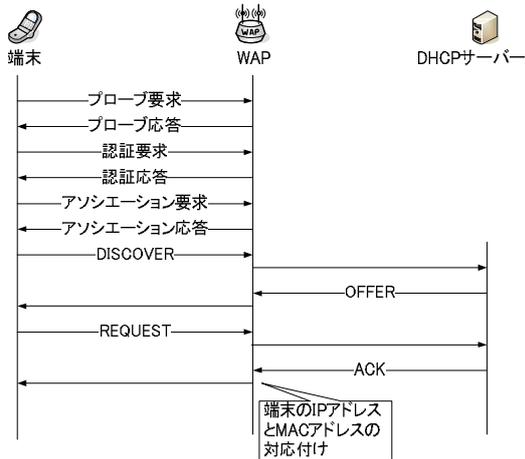
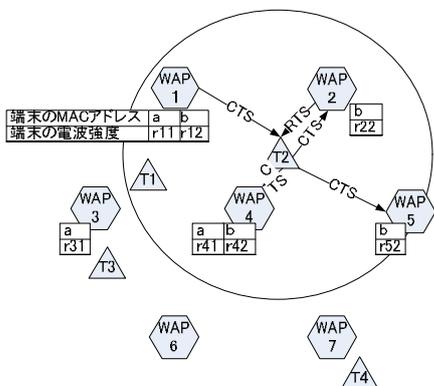


図 2：端末が IP アドレスを取得するまでのシーケンス

3.3 位置推定に必要な情報の集め方

図 3 に端末の電波強度取得の方法を示す。図 3 は WAP2 と端末 T2 が接続関係を確立しており、T2 の電波強度を周辺の WAP が取得する様子を示している。端末の電波強度を取得するために、WAP2 は自分の配下の端末 T2 宛に定期的に RTS を送信する。RTS を受信した端末 T2 は、RTS/CTS の規定に従って WAP2 へ CTS を返す。このとき、端末 T2 の電波を受信できる範囲にある WAP1,2,4,5 が CTS を受信する。CTS を受信した WAP は CTS から端末の MAC アドレスと電波強度を記録する。



(注) r_{ij} : WAP i と端末 j の電波強度

図 3：端末の電波強度取得の方法

次に、位置推定に必要な情報を WAP 同士で共有する。そのために、WAP の IP アドレス・WAP の位置情報・端末の MAC アドレス・端末の IP アドレス・端末からの電波強度の情報をまとめて、近隣の WAP へ 1 ホップブロードキャストで送信する。図 4 に WAP4 の情報が周辺の WAP に伝えられる様子を示す。WAP4 から受信した情報を自分が持っている情報に追加する。この動作を繰り返すことにより、すべての WAP が同様の情報を持つことになる。最終的に WAP が保持する情報の例を図 5 に示す。

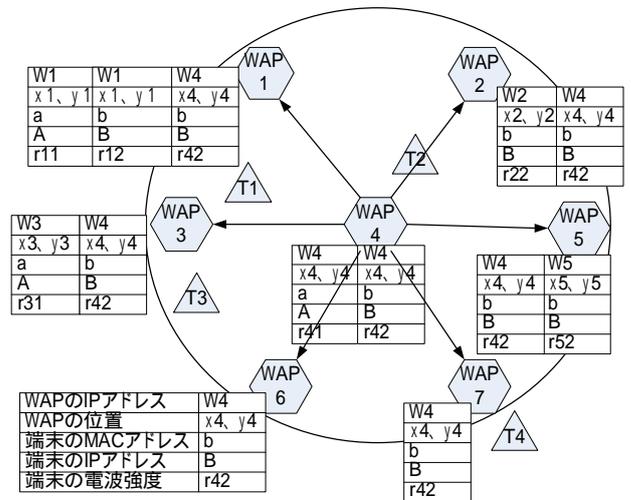


図 4：情報が周辺 WAP に伝えられる様子

	WAP1	WAP2	WAP3	WAP4	WAP5	WAP6	WAP7
T1	r11		r31	r41		r61	
T2	r12	r22		r42	r52		r72
T3	r13		r33	r43		r63	
T4				r44	r54	r64	r74

図 5：WAP が保持する情報の例

図 5 の情報は図 4 のように集めた情報から端末の IP アドレスと WAP の位置情報とそれぞれの WAP が取得した電波強度をまとめたものである。端末 T1 に対して位置を推定したいときには、図 5 の T1 の行を参照する。端末 T1 の

電波を受信できる範囲にある WAP が受信した電波強度が記録されている。この電波強度を用いて、以下のように位置を推定する方法を次に示す。

3.4 位置の計算方法

位置を推定するためにアポロニウスの円を用いることができる。図6にアポロニウスの円を示す。3点ABCがあり、 $AC : BC = m : n$ の比となっている。 $AC : BC = m : n$ の比を保ちながら点Cを移動していくと、図6に示すような円が描ける。この円をアポロニウスの円と言う。図6のように集めた情報から、電波強度を比にして用いることによって、アポロニウスの円を複数個生成し、円の交点から、位置推定を行うことができる。

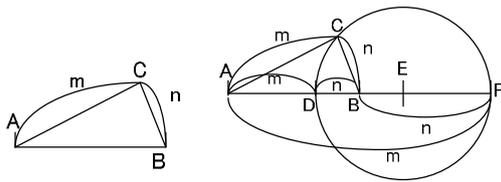


図6：アポロニウスの円

図5のように集めた情報から同一の端末で異なるWAPが受け取った電波強度を任意に2点選択する。選択された2点のWAPの位置座標をそれぞれ (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) とする。位置を推定したい端末の位置座標は未知で (x, y) とする。そして、電波強度の比を用いることによって図6のような円を生成することができる。この時電波強度の比を $a:b$ とすると、アポロニウスの円の式は以下ようになる。

$$\left(x - \frac{a^2x_2 - b^2x_1}{a^2 - b^2}\right)^2 + \left(y - \frac{a^2y_2 - b^2y_1}{a^2 - b^2}\right)^2 = \frac{a^2b^2}{(a^2 - b^2)^2} \left\{ (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \right\}$$

そして、先ほど選択した2点とは異なる2点を選択し、同様に円を作る。これを同一の端末に対する電波強度の値がなくなるまで繰り返し行う。そうすると複数円を描くことができ、円同士の交点がいくつかできる。図7にその例を示す。円同士の交点は2点ずつ求まり、1点は求めたい端末の位置に近い値となるが、もう1点は求めたい端末から離れた位置の値となる。求めたい端末の位置付近には円の交点が集まって求められる。この集中している交点の座標の平均を求め、求めたい端末の位置座標とする。こうすることで、求めたい端末の位置により近い位置を求めることができる。

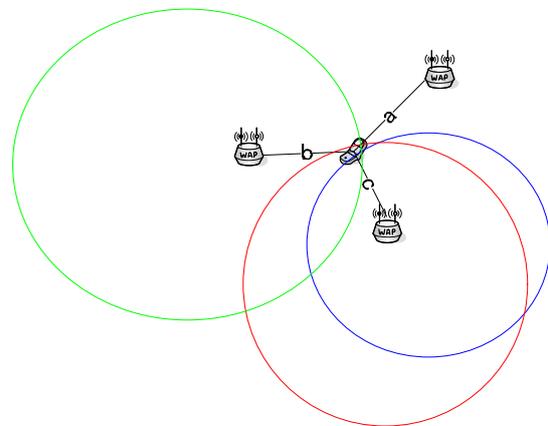


図7：複数円を描いたときの例

端末の位置座標を求める計算は、それぞれのWAPが行い、すべてのWAPが位置情報を持つ。この結果を救助隊がWAPへ問い合わせ、端末の位置情報と端末のIPアドレスを知る。この情報が救助隊の画面に表示されるので、被災者端末の位置を確認し、救助活動に役立てることができる。また、被災者端末のIPアドレスを知ることが出来るので、救助隊の端末と被災者の端末が同一のアプリケーションを搭載していれば、IP電話等の通信を行うことが出来る。通信を行うことで、安否確認や被災者が

いる場所の状況等を知ることができるので、救助活動に役立つと考えられる。

4．おわりに

災害が発生した時に、被災者の携帯電話の位置を特定し、救助隊と通信を行う方法を提案した。この提案方式を使用することによって、被災者側の端末には特別な機能を付加する必要や、携帯電話を変更する必要がなく、被災者の端末位置を推定することが出来る。そのため、救助活動には有効に使用できると考えられる。今回の検討では、被災地の瓦礫などによる電波の跳ね返りなどは考慮していない。これらの影響については、今後の検討課題とする。

5．参考文献

- [1] 伊藤将志, 鹿間敏弘, 渡邊晃: 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.1859-1871(2008)
- [2] 片桐誉裕他: 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)