

災害時に有効な無線通信のための 指向性アンテナ制御法の検討

旭澤大輔[†] 佐藤剛至[†] 柴田義孝[†]

無線 LAN をはじめとした小電力無線通信は、機器が小型で使用しやすいが、通信距離が短いという欠点がある。このため、指向性アンテナを使用することにより通信距離の長距離化を図る必要があるが、常に通信相手局にアンテナを向けなければならない。本研究では、電界強度やパケットロス率やスループット等と GPS データを測定し、指向性アンテナの方向を動的に制御し、長距離通信を可能とする方法について検討する。

Examination of Directivity Antenna Control for Wireless Network in Disaster Situation

Daisuke Asahizawa[†], Goshi Sato[†] and Yoshitaka Shibata[†]

The equipment being small-sized, it is easy to use the small electrical radio communication which begins the wireless LAN, but, there is a fault that communication range is short. Therefore, it is necessary to assure the long distance of communication range by using the directivity antenna but, the antenna must always be directed to communication partner station. In this paper, electrical field intensity and packet loss ratio and throughput etc and it measures the GPS data, controls the direction of the directivity antenna dynamically, it examines concerning the method of making long distance communication possible.

1. はじめに

岩手県は、平成 20 年 6 月 14 日 8 時 43 分に発生した岩手・宮城内陸地震、平成 20 年 7 月 24 日 0 時 26 分に発生した岩手県沿岸北部地震とたびたび大きな地震に見舞われている。また、新潟県でも、近年たびたびの地震による被害が発生している。このような災害発生時において、国民の生命、身体および財産を保護するための手段として、情報通信手段を活用した応急対策が必要である。しかしながら、大きな災害が発生した際、従来の通信インフラは使用できなくなることが予想される。実際、過去の災害でも、加入電話や携帯電話は輻輳や停電、通信ケーブルの断線、通信機器の損傷といった要因で使用できなかったり、発信規制がかかったりしている。またその他有線インフラも同様のリスクを抱えており、災害発生時の利用はあまり期待できない。

災害発生時には、特に情報が求められる。一度に多数の相手に情報伝達が可能なテレビ・ラジオなどの放送では、情報の受信はできるが、発信はできない。このため、被災状況の把握や避難住民の安否確認、そして物資供給のための連絡手段として、既存の通信インフラに依存せず、情報の発信が可能な通信方法が必要とされている。

本稿では、災害により連絡手段が確保できない地域で、被災状況の把握や避難住民の安否確認、そして物資供給のための連絡手段を提供するために被災地や避難所等に構築する緊急用情報ネットワークを実現する上で、ノード間の通信距離を長距離化するために必要な指向性アンテナ制御法について、システム構成、アーキテクチャ、および本システムのプロトタイプシステムを検討したので、これを述べる。

2. 災害時の通信手段としての無線ネットワーク

2.1 無線ネットワークの特徴

一口に無線ネットワークといっても様々な通信方式があるが、災害時の使用に関しては、次のような特徴がある。まず、通信ノード間において、物理的なケーブルがないためにネットワークの断線がない。それは故障する個所が有線ネットワークに比較して少ないことになる。また、ケーブルがないため容易に移動可能なこと、IP パケットが送受信できる場合は IP 電話、映像の伝送といったリアルタイム性のある双方向通信が可能である。

一方、通信方式にもよるが、免許不要で使用できる無線通信方式は一般に通信距離が数百メートルから数キロメートル程度である。このため、長距離での通信には不向きである。また、それらの通信方式は数 GHz から数十 GHz の高周波帯を利用するため、伝搬特性は光のそれに近く、通信局同士は見通しがきくところに設置する必要がある。

[†] 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate school of software and information science, Iwate prefectural University.

ある。

2.2 通信方式比較

無線通信方式には種々あるが、求められる性能としては次のようになる。今回利用を想定しているアプリケーションは安否情報などを登録する広域災害情報共有システム(WIDIS)、IP電話、映像の送受信等であるから、スループットはおよそ数 Mbps 程度が必要である。また、車載にて運用可能なこと、中継せずに数 km 程度の通信可能距離をもつことが求められる。

おもな無線通信方式に、無線 LAN、アマチュア無線、衛星通信、光通信などが考えられるが、前述の条件を満たすものが無線 LAN(IEEE 802.11 b/g/n)である。

2.3 アンテナ比較

通信距離を左右する大きな要素の一つとして、アンテナの種類が挙げられる。図 1 にアンテナの種類を変えたときの通信距離に対するスループットの関係を示す。指向性がないコリニアアンテナの場合、500m 離れただけで通信ができなくなっているが、その他の有指向性アンテナでは 1.7km 付近まで通信ができていることが分かる。特に、八木アンテナ及びパッチアンテナのスループットの低下が低く、長距離通信に向いていることが分かる。以上より、指向性アンテナには八木アンテナやパッチアンテナを

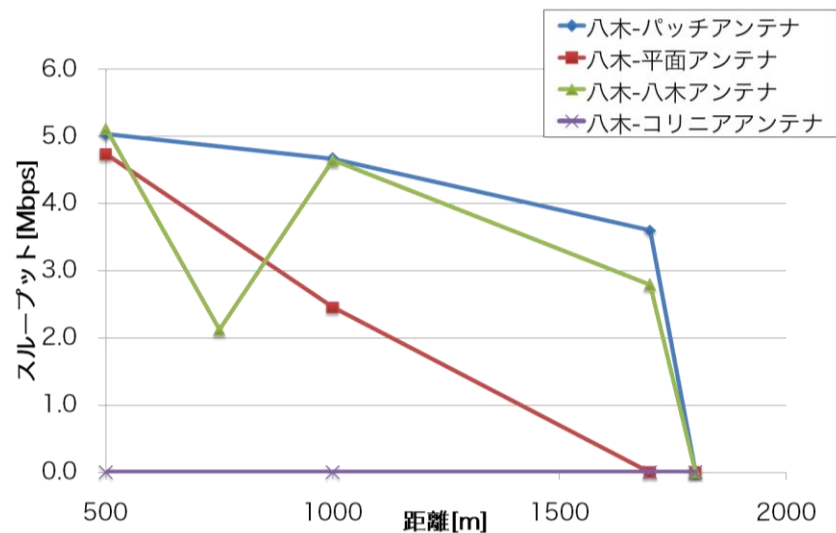


図 1 各種アンテナの距離とスループットの関係

用いることとする。なお、図 1 において、1.7km 付近でスループットの値が収束しているのは測定するロケーションによるものである。メーカーによると八木アンテナ同士ではおよそ 2km 程度での通信が可能とのことである。

2.4 通信距離の長距離化

本システムは、おもに避難所—災害対策本部間の通信を想定しているが、場所によりその距離は 10km 以上となることがある。このため、一か所の通信距離を長距離化することで中継局を減らし、故障率の低減、人的資源の削減、遅延の低減、ネットワーク構築の高速化を図る必要がある。

有指向性アンテナは、通信距離の長距離化に有効であるが、通信する際に相手局にアンテナを向ける必要がある。このため、自局や相手局が場所を移動すると再度のアンテナ位置合わせが必要となる。相手局へ迅速に指向性アンテナを向ける必要がある。

3. システム構成

前述のとおり、指向性アンテナを移動局で利用する際には、相手局へ迅速にアンテナを向ける必要がある。本システムでは図 2 に示すように、災害対策本部と避難所間の通信を想定しており、二種類のネットワークを使用している。ひとつは広帯域で音声や映像、安否情報などを登録する広域災害情報共有システム(WIDIS)といったデータを流すネットワーク、もうひとつはどこでもつながるネットワークで、おもに相手局の GPS 位置情報を送受信するためのネットワークである。広帯域ネットワークには無線 LAN(IEEE802.11g)を、どこでもつながるネットワークには衛星通信を利用する予定である。

GPS 位置情報を受信することで通信を行う相手局の方角、仰角を算出し、指向性アンテナを相手局に向けることができる。それにより、広帯域のネットワークが構築でき、通信が可能になる。広帯域ネットワークは耐故障性を考慮し、複数の経路を構築し、複数の中継ノードを経由することを想定している。

指向性アンテナを向ける際、同時に電界強度やスループット、パケットロス率といった異なるレイヤーのパラメータを取得する。利用するアプリケーションにより、度のパラメータを優先するかを決め、アンテナ位置合わせの際に考慮する。例えば、ビデオや音声といったリアルタイム性の高いアプリケーションの場合は、パケットロスよりもスループットを、重視し、データ通信の場合はスループットよりもパケットロス率を重視するといった具合である。この点についてはアーキテクチャの項で説明する。

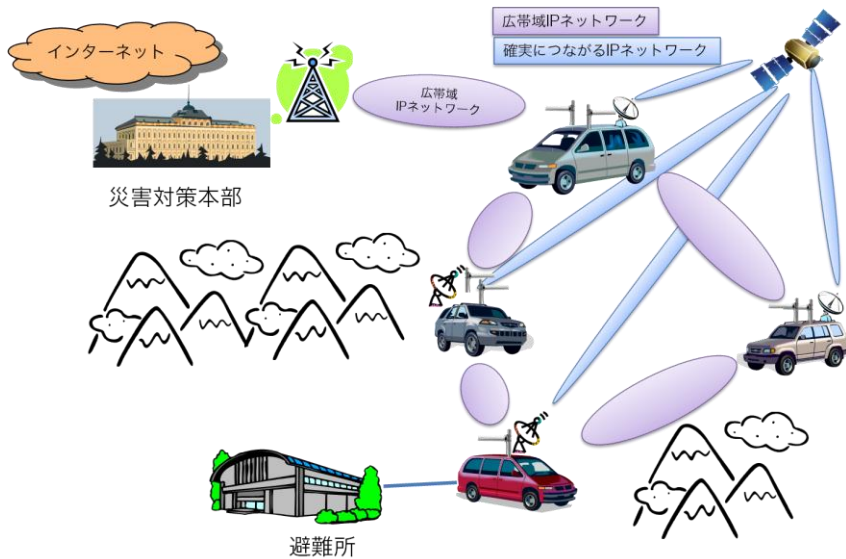


図 2 システム構成

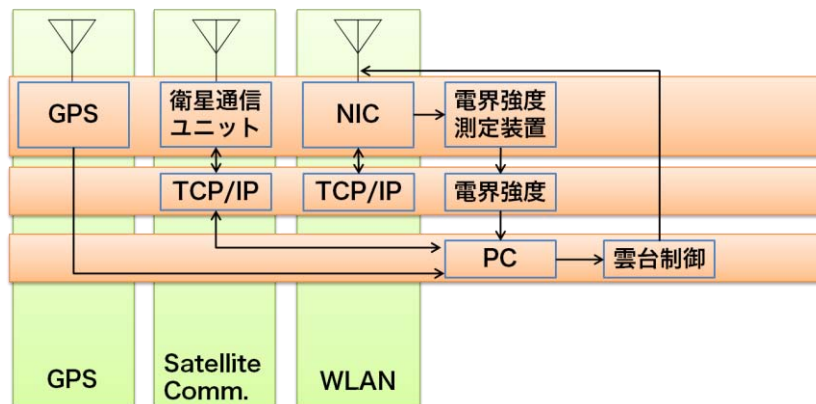


図 4 制御系アーキテクチャ概要

4. アーキテクチャ

4.1 制御系アーキテクチャ

図 4 に制御系アーキテクチャの概要を示す。これは GPS 部、衛星通信部、無線 LAN 部に分かれている。また、図の上方が低レイヤーとなっており、通常のレイヤー図とは逆になっていることに注意されたい。

まず、GPS にて算出された現在位置情報は PC に入力される。次に、衛星通信ユニットは他局の位置情報を受信し、それを PC へ入力。PC では自局の位置情報、他局の位置情報よりアンテナの方位角、仰角を算出し、電動雲台をその向きに駆動させる。

雲台制御の際に、NIC より電界強度を受信し、PC へ入力。PC は雲台を駆動させつつ、最も電界強度の強いところへアンテナを向ける。その後はパケットロス率やスループットを測定し、アプリケーションに合わせて調整を行う。

制御系のデータフロー図を図 3 に示す。Car A 内には PC があり、PC には GPS、電動雲台、衛星通信ユニットが接続されている。PC には他局からの位置情報が衛星通信を介して入力され、自局の位置も PC へ入力される。これを PC 内のアプリケーションで処理し、方位角、仰角を算出し、電動雲台へ伝えることにより、アンテナの制御が可能となる。

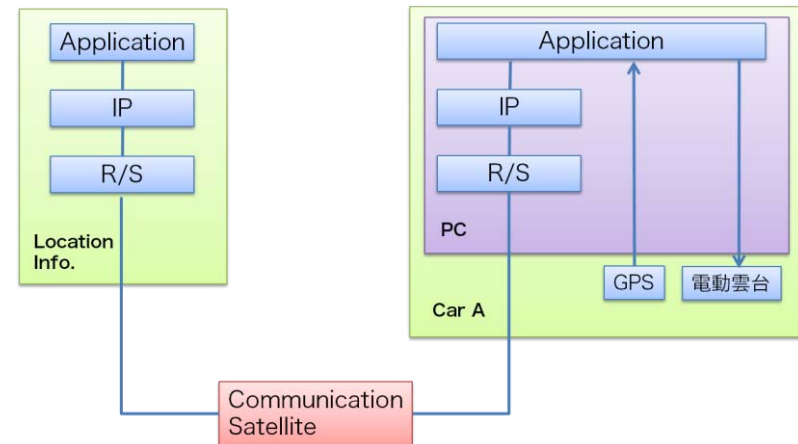


図 3 制御系データフロー図

4.2 通信系アーキテクチャ

図 5 に通信系のアーキテクチャの概要を示す。複数のノードでマルチホップしている場合を示している。すべてのノードは複数の NIC をもっており、それが IP レイヤーでつながっている。中継ノードは IP レイヤーで、両端のデータの送受信を行っているノードはアプリケーションレイヤー同士でつながっている。複数経路がある場合の経路制御も PC ルータを通して行う。

5. プロトタイプシステム

図 6 にプロトタイプシステムを示す。ノート PC に GPS、無線 LAN、電動雲台、衛星電話を接続したものであり、同様のものを相手局にも用意する。これを車に搭載する。現在検討している通信方式では、GPS データ通信に用いる衛星電話は 64kbps、広帯域データ通信には IEEE802.11g(最大 54Mbps) を使用する予定である。無線 LAN には各種のアンテナを取り付け可能であり、2 波同時通信が可能なものを用いる。衛星通信は、衛星電話機にデータ通信ユニットを接続し、64kbps でのパケット通信を行う。衛星電話機本体だけでは常にアンテナを衛星の方角に向けなければならないため、外部アンテナを接続することでアンテナの方角合わせを不要としている。

評価実験時の主な測定パラメータとしては電界強度、スループット、パケットロス率などを検討している。

6. おわりに

本論文では、GPS と電動雲台、二つのネットワークを利用することで移動局同士で指向性アンテナを利用した長距離通信を可能にするシステムを提案した。本システムを利用することで、ネットワーク構築時の一層の省力化、弾力的な運用が可能になる。今回は検討していないが、バルーンネットワークと協調させた利用も可能である。

今後は具体的な制御アルゴリズムや QoS 制御などを検討し、今年中の通信実験を検討している。

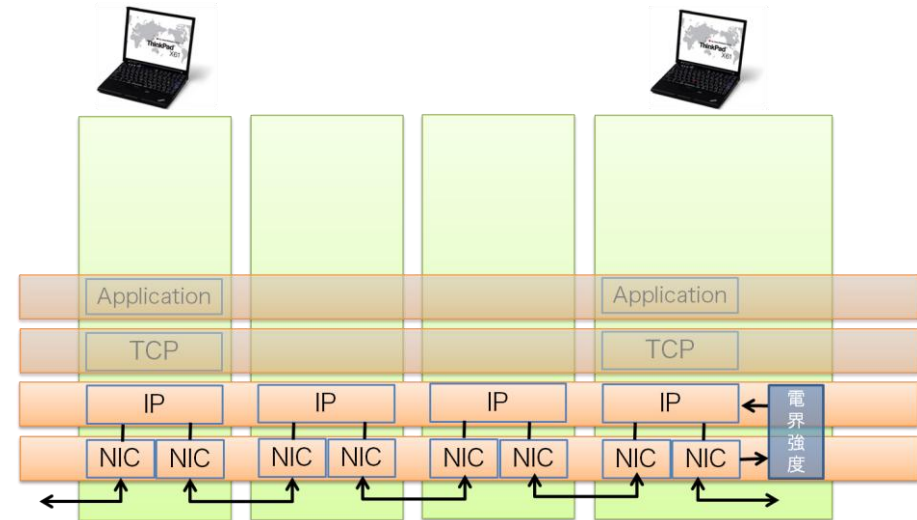


図 5 通信系アーキテクチャ概要

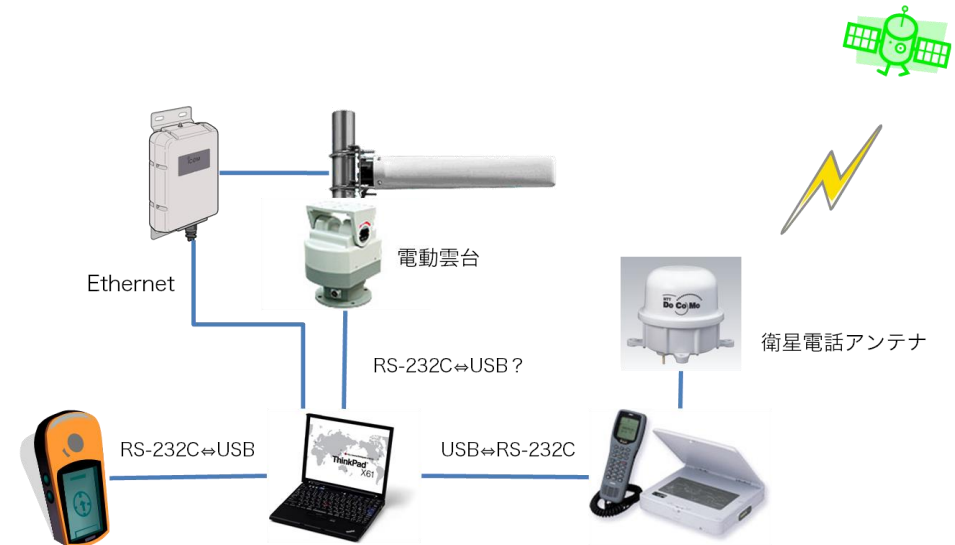


図 6 プロトタイプ

参考文献

- 1) 柴田義孝, 旭澤 大輔, 佐藤 洋介, 小笠原 弘樹, 千葉 豪, 高畑 一夫: 気球ワイヤレスアドホックネットワークを利用した災害情報システム, 日本災害情報学会第10回研究発表大会, pp.227~232(2008).
- 2) 旭澤大輔, 佐藤洋介, 谷津啓介, 佐藤剛至, 柴田義孝, 広岡淳二: 災害時に有効な気球ワイヤレスネットワークの構築および性能評価, 情報処理学会第71回全国大会, pp535-536, (2009)