

## 無線通信の長距離化のための指向性アンテナ制御法 Directivity Antenna Control for Long Distance Wireless Communication

旭澤 大輔<sup>†</sup> 佐藤 剛至<sup>†</sup> 柴田 義孝<sup>†</sup>  
Daisuke Asahizawa<sup>†</sup>, Goshi Sato<sup>†</sup> and Yoshitaka Shibata<sup>†</sup>

### 1. はじめに

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。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報告する。

### 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

無線ネットワークといっても様々な通信規格や方式があるが、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、通信規格にもよるが、免許不要で使用できる無線ネットワーク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。

#### 2.2 通信方式比較

おもな無線ネットワークを表 1 に示す。Wi-MAX や無線 LAN(IEEE802.11a/b/g/j/n)などの利用が考えられるが、免許が不要で誰にでも使用でき、車載にて運用可能な無線 LAN(IEEE 802.11 b/g)を利用する。今回利用を想定しているアプリケーションの広域災害情報共有システム(WIDIS)、IP 電話、映像の送受信等には十分なスループットが得られる。

#### 2.3 通信距離

通信距離を左右する大きな要素の一つとして、アンテナ

<sup>†</sup> 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

表 1 災害時に有効な無線ネットワーク

システム	無線LAN	高速無線LAN	Wi-MAX
主な通信規格	IEEE802.11a IEEE 802.11b/g	IEEE802.11j IEEE802.11n	IEEE802.16e IEEE802.16-2004
利用シーン	無線スポット ラストワンマイル	基幹回線 ラストワンマイル	
伝搬距離	200m-5km程度	200m-8km程度	16e:2-3km程度 16-2004:10km程度
伝送速度	10-50Mbps程度	100Mbps程度	20-75Mbps
機動性	固定・静止～中速移動		固定～中速
周波数	2.4/4.9/5.03/5GHz帯		2.5GHz帯
周波数利用	共用		専用
送信出力	10mW以下	50mW程度	数100mW
免許制度	免許不要 (屋内に限る)	登録(包括免許)	免許(事業免許)
その他	・最大帯域幅: 20MHz	・最大帯域幅: 40MHz ・MIMOによる空 間多重分割伝送	・固定系と移動系 ・地域事業者割当 の帯域幅:10MHz ・MIMOも利用可能

の種類が挙げられる。アンテナの種類により通信距離は大きく異なり、指向性がないコリニアアンテナでは、500m 離れただけで通信ができなくなっている場合でも、八木アンテナや平面アンテナといった有指向性アンテナでは 1.7km 程度まで通信ができているという実験結果がある[2]。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、これは長距離通信に向いている。

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用いることとした。

#### 2.4 通信距離の長距離化

本システムは、おもに避難所一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ことが必要である。

### 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 1 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 位置情報やネットワークトポロジなどを送受信するためのネットワークである。広帯域ネ

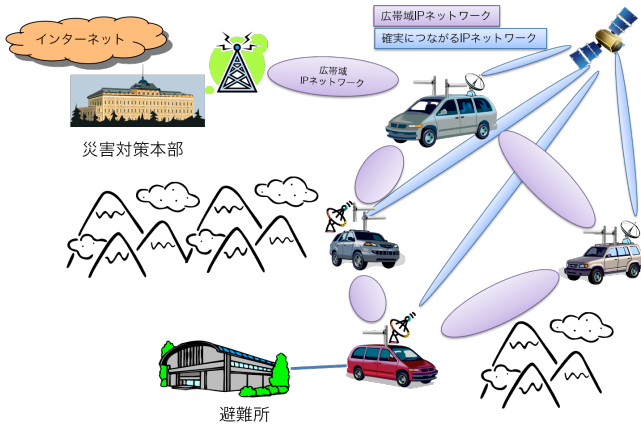


図1 システム構成図

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、ど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。

#### 4. アーキテクチャ

##### 4.1 制御系アーキテクチャ

図2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。

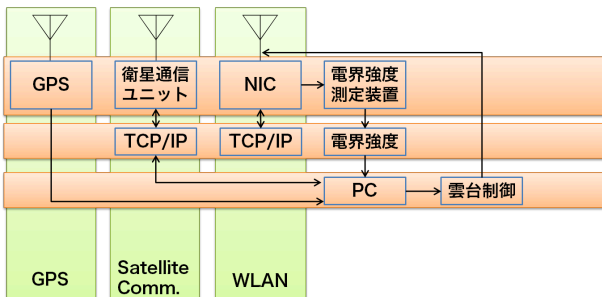


図2 制御系アーキテクチャ概要

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。

##### 4.2 通信系アーキテクチャ

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3にプロトタイプシステムを示す。移動局と固定局の二つに分かれており、移動局にはPCにGPS、無線LAN、八木アンテナ、電動雲台を接続したものを用意し車に搭載する。固定局にはコリニアアンテナ、無線LAN、PCを用意する。現在検討している通信方式では、広帯域データ通信にはIEEE802.11b/g(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る。

評価実験時の測定項目としては電界強度、スループット、パケットロス率、追従試験などを行う。

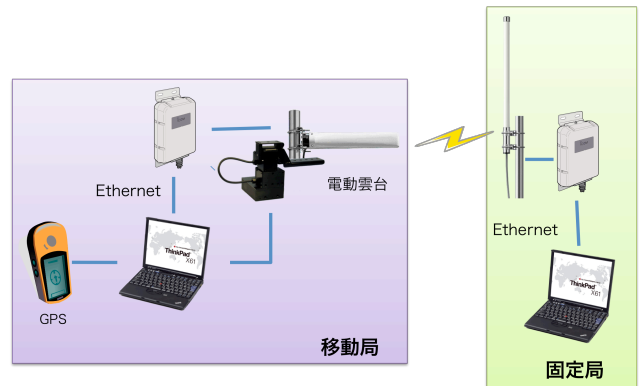


図3 プロトタイプシステム

#### 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2局間の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。また、今回は検討していないが、パル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、通信実験を予定している。

##### 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)