

災害時を考慮したアンテナ指向性制御機能付き 移動中継ノードによる無線通信システムの構築

鈴木稔浩 柴田義孝

岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科

1 はじめに

我が国は島国であると同時に国土の7割以上を山地が占める山国であり、東日本大震災に代表されるように地震をはじめとする自然災害の多発国といえる。大規模な災害の発生時、特に中山間地において情報網の寸断により被災住民の完全な孤立が懸念されるためネットワーク設備の故障やケーブルの切断に対応できる応急的な通信手段を確保することが求められる。

災害発生後、被災地において迅速に展開可能なネットワーク形態としては、電源や可搬性の観点から機材を自動車に搭載して基地局とする車間通信が有効と考えられる。しかし中山間地の屋外で十分な通信品質と距離を確保する必要がある、本研究では指向性アンテナを使用する。しかし指向性アンテナを利用した場合、相手基地局を向いていないと通信が確立できないという問題点がある。

本研究では、上記の問題点をGPSによって取得した自位置と通信相手の位置情報を利用し、アンテナを搭載した電動のアクチュエータをソフトウェア制御することによって位置の調整を簡易化し災害時でも利用できるネットワーク構築を提案するとともに、プロトタイプシステムを実装し、その有効性を評価する。

2 システム概要

本システムは村役場・消防署・避難所など避難・復興の指示を出す組織と中山間地の集落の間で仮設のネットワークを形成し、コミュニケーションを取る場合を想定して設計された。本システムの概要図を図1に示す。

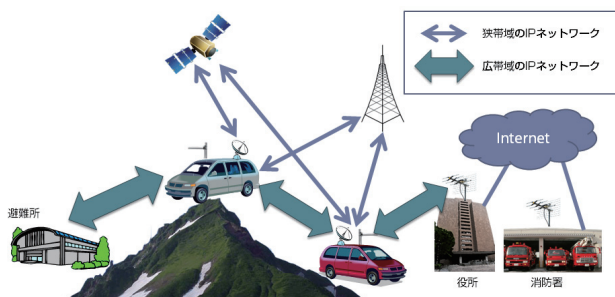


図1: システム構成概要

本システムによって構築されるネットワークは、災害対策本部等によって運用されると考えられる安否確認シ

テムや電子ハザードマップに利用されるほか、災害時においてもインターネット接続が維持されると考えられる役所や消防署を経由するアクセス回線としても利用できる。その他、IPネットワークの双方向性を生かしVoIPやテレビ電話としての活用も考えられる。

2.1 ネットワーク構成

本システムでは基地局間に2系統のネットワークが存在する。自位置情報と通信相手基地局の位置情報を交換するために利用される狭帯域なネットワークと、得られた位置情報を基に指向性アンテナの方向を調整し確立される広帯域なネットワークに大別される。

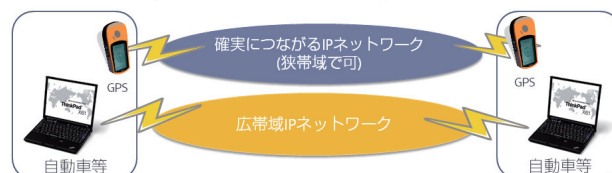


図2: ネットワーク構成図

座標情報を交換し、制御用のチャネルとして利用されるネットワークには確実な接続性と、無指向性が求められる。しかし伝送されるデータ量は多くないため、想定される通信方式としては3Gパケット通信や衛星通信が妥当と考えられる。

利用者トラフィックを伝搬するネットワークは、災害時に運用される各種支援システムや行政組織へのアクセス、IP電話への利用が考えられるため数百kbps～数Mbpsと比較的高速なものが求められる。加えて、有事の際の臨時のネットワークという性格上、免許・申請の不要な無線通信を検討すると2.4GHz帯の無線LANが想定される。

2.2 アプリケーションアーキテクチャ

本システムの各モジュールとデータの流れを図3に示した。本アプリケーションは各基地局に搭載される

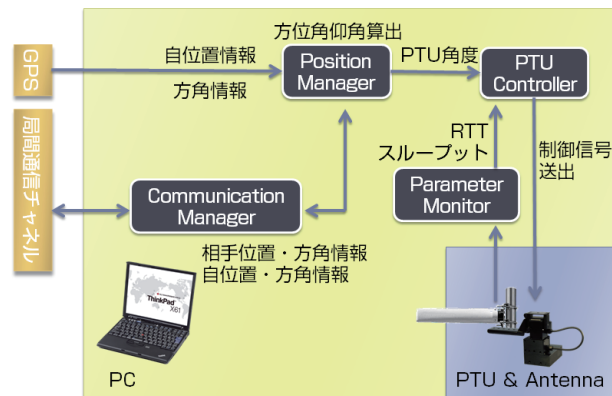


図3: アプリケーションアーキテクチャ

PC上で動作する。PCにはPan/Tilt Unit、GPS レシーバの他、無線 LAN アクセスポイントと複数の NIC が接続される。図中の 4 つのモジュールはそれぞれ下記のような機能を提供する。

- Position Manager
GPS の受信データから緯度、経度、方向角を取得
緯度、経度、方向角から Pan/Tilt 毎の position を算出
 - PTU Controller
算出された角度から PTU へ駆動コマンドを送出
 - Communication Manager
自 GPS データの送信、相手 GPS データの受信
 - Parameter Monitor
アンテナで受信中の電界強度、スループット、パケットロス率などをフィードバック
- なお、各モジュール同士は以下のように連携して動作する。Position Manager によって GPS レシーバから取得された自局の位置情報が Communication Manager を通じて相手局と交換される。双方の位置情報を利用し Position Manager によって指向性アンテナの方位角・仰角が算出され PTU Controller に伝えられる。PTU Controller は Pan/Tilt Unit の初期化等を行ったのち、方位角と仰角を PTU の動作コマンドへ変換し制御信号として送出一連の角度調整動作が完了する。

3 プロトタイプシステム

以上の考慮事項から、実運用が可能なプロトタイプシステムの実装を行った。図 4 にその形態と、表 1 に主要機器の一覧と詳細を示した。

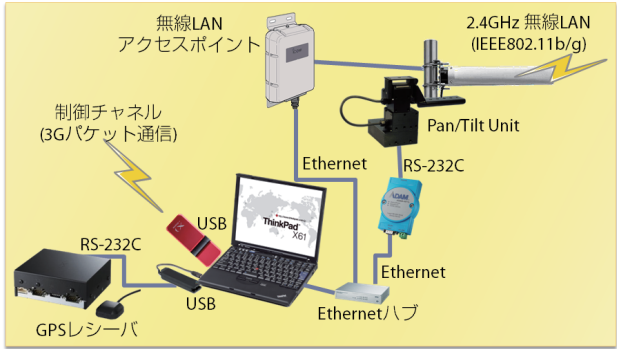


図 4: ネットワーク構成図

機器	仕様
Pan/Tilt ユニット	DirectedPerception 製 PTU-D47 搭載可能重量: 5.48kg Pan: +159° ~ -159° (最小可動単位: 0.0514°) Tilt: +31° ~ -47° (最小可動単位: 0.0129°)
GPS レシーバ	Pioneer Navicom 製 GPS-M1zz ジャイロセンサ / 3 軸加速度センサ搭載 出力: NMEA 0183 / 独自フォーマット
無線 LAN AP	アイコム製 SB-5100 アンテナ外部接続型屋外用ワイヤレス LAN AP 通信方式: 2.4GHz IEEE 802.11b/g
無線 LAN アンテナ	アイコム製 AH-150S 8 素子 八木式指向性アンテナ ゲイン: 12.0dBi, 50 Ω
3G データ通信カード	NTT ドコモ L-02C (LG Electronics 製) 通信方式: LTE/3G (HSPA/HSPA+)

表 1: プロトタイプ構成主要機器と諸元一覧

4 性能評価

先述したプロトタイプシステムを実際に屋外で稼働させ性能評価を行った。基地局が移動した場合において、指向性アンテナの追従性を測定し十分な方向調整能力を有するかについて測定した。本実験は、システムを稼働させアンテナの位置調整と通信を行いながら車載局を 50m 移動させ、その間の平均スループットとパケットロス率、ラウンドトリップ時間、通信開始位置について測定を行ったものである。なお、移動速度は時速 2.0/4.0/6.0/8.0km の 4 パターンで評価した。

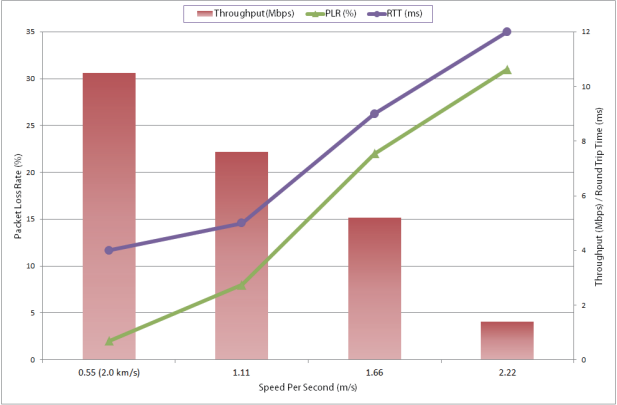


表 2: 速度ごとのネットワーク品質推移

各速度での評価すべてにおいて、50m 地点での通信は維持された状態にあり本システムによる角度調整の有用性が確認された。移動速度の上昇に伴い品質の悪化が引き起こされたが、アンテナ角度の調節によって移動中も指向性アンテナによる通信を確保できたといえる。

5 まとめ

本稿では、GPS レシーバによって取得された位置情報を用いて算出された角度へ指向性アンテナの方向を制御することで車載基地局の移動に即応し通信を維持できることを確認した。本システムにより、災害時に現地で迅速に長距離のネットワークを展開し、重要度が増す被災地での ICT 支援を提供することが可能となる。今後はさらに評価を実施し GPS 誤差の吸収や、より高い精度での位置調整、座標情報以外にもネットワーク品質ベースでの角度最適化を検討していく予定である。

6 参考文献

[1] 旭澤大輔, 柴田義孝: 災害時における無線通信長距離化のための指向性アンテナ制御システムの構築, 情報処理学会第 72 回全国大会. (2010.03)

[2] 佐藤剛至, 柴田義孝: 異種無線 LAN を用いた災害情報ネットワーク, マルチメディア通信と分散処理 (DPS), Vol.2009-DPS-139 No.9, pp.1-6, (2009.06).

[3] Giuseppe Bianchi, Fabrizio Formisano, Domenico Giustiniano, "802.11b/g Link Level Measurements for an Outdoor Wireless Campus Network", Proceedings of the 2006 International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM'06), 2006.