

首都直下地震への対応に資する 無線アクセススポットの検討

山口 知記

関東地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

関東地方整備局管内において、首都直下地震が想定されており、対策について検討・実施が急ぎ求められているところである。

首都直下地震の備えとして、災害時に現地の被災状況が災害対策本部に円滑な情報伝達ができるようにするために、無線アクセススポットの整備が望まれている。今回、現場で実験を行い、今後の整備に必要な仕様案及び整備要領を作成した。

キーワード 無線アクセススポット、無線LAN、災害時の情報伝達

1. はじめに

日本は地理的、地形的、気象的条件等から地震や大雨などの自然災害に見舞われてきたが、特に近年自然災害が激甚化している。関東地方においても、30年以内に70%の確率で発生すると言われているマグニチュード7クラスの大規模な直下型地震（首都直下地震）を想定した備えが必要とされ、迅速かつ効率的な対策が求められている。首都直下地震の初動対応においては、大規模な通信障害が想定される中で、被災状況の災害対策本部等への速やかな情報伝達が重要である。

現状の情報伝達は、現地で被災状況の写真や動画を撮影し、近隣の事務所や出張所に持ち込み、災害対策本部等へ送信する手法を採っているが、この方法では被災状況の把握の他、被害の拡大防止や応急復旧など必要な対応に多大な時間を要することが想定される。

国土交通省においては、河川の堤防や道路などに光ファイバによる通信網を整備し、河川や道路などの管理に活用してきた。そこで、大規模災害時に、自営の通信回線を用いて現地から情報伝達を行うものとして、国土交通省のネットワークに容易にアクセス可能な無線通信設備の整備が望まれ、2023年6月に災害対応の迅速化・効率化の事務連絡が国土交通省道路局より発出された。

国土交通省では、CCTVカメラや道路情報表示板等を整備しており、既存の通信回線が利用できることから、無線でアクセス可能な通信設備を無線アクセススポットと称し、必要な設備等について検討を行った。また、首都直下地震の想定される震源地に近い東京周辺においては多種多様な電波の影響を受けることから、現場で実験を行い、通信可能な範囲を検討し、今後の整備に必要な仕様案及び整備要領を作成した。

2. 無線アクセススポットの検討

(1)検討・実験の条件

無線アクセススポットを検討するにあたって、次の点を条件とした。

- ①事業者回線が停止しても使用可能であること。
- ②災害の状況調査を行う職員が収集した情報を事務所や出張所などの災害対策の拠点に伝達すること。
- ③災害の状況調査を行う職員が使用する端末は一般的な携帯端末とする。
- ④災害の状況調査を行う職員が現地で容易に国土交通省ネットワークにアクセス可能であること。
- ⑤国土交通省職員等関係者以外の第三者がアクセスできないようなセキュリティを確保すること。

また、実験については、雑音や混信等の周囲の電波環境における調査を実施した上で、河川で1箇所、道路で1箇所において実験を行った。

(2)無線アクセススポットに必要な技術の検討

a)端末が接続する無線設備について

前節における条件①及び③を踏まえ、一般に普及され市販の携帯端末で使用可能な無線LANを無線アクセススポットの無線設備として採用した。周波数帯としては、2.4GHz帯と5.6GHz帯の2種類がある。

b)無線LANのセキュリティについて

無線LANにおいて、条件④及び⑤を考慮したセキュリティが保てる接続方式について検討を行った。

一般にはWPA2/WPA3といった暗号化方式が用いられることが多いが、悪意ある第三者が電波を傍受して不正アクセスを行うというリスクがある。そのため、今回は無線LANを利用する端末（クライアント）を認証するための認証サーバを用いた、IEEE802.1x/EAP認証方式と呼ばれる方式を採用し検討を行った。（図-1）そのうち、

一般的に良く用いられるTLSとPEAPという方式で比較を行った。（表-2）

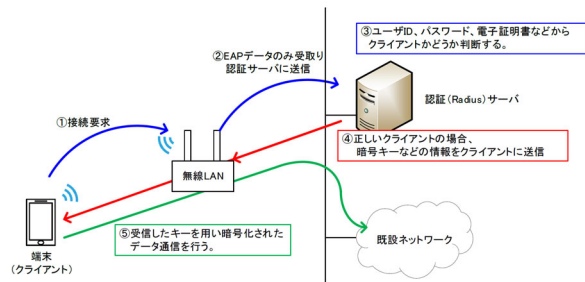


図-1 IEEE802.1x/EAP認証方式

表-2 IEEE802.1x/EAP認証方式の比較

認証方式	クライアント認証	サーバ認証	特徴
TLS	証明書	証明書	・ Windows PC で標準搭載 ・ 最もセキュリティレベルの高い方式
PEAP	ユーザー名／パスワード	証明書	・ Windows PC で標準搭載 ・ ユーザIDと証明書のハイブリッド認証

比較の結果、認証の方法に違いはあるものの両方式ともに条件④を満たしている。条件⑤を踏まえると、最もセキュリティレベルの高いTLSが適切であると判断し、TLSを採用する。

c)国土交通省の有線ネットワークにおけるセキュリティについて

CCTVカメラや道路情報表示板は主に光ファイバによる有線ネットワークに接続しており、それに対するセキュリティも検討した。代表的な手法として3つ挙げられ、それぞれについて比較整理を行った。（表-3）セキュリティ面では光ファイバ空き心利用及びVPNトンネルが適切であるが、一概に一方が良いとは言い切れないため、両方を採用する。なお、VLAN設定においては、セキュリティが不十分であるため、ファイアウォールなど別途セキュリティ対策が必要となる。

d)実験における構成について

無線アクセススポットに必要な技術の検討結果を基に実験における構成及び必要な設備について検討を行った。無線LANのセキュリティにおいて選定した方式を実現するために、必要な設備として認証サーバが必要である。また、有線ネットワークのセキュリティにおいて、実験にあたって、必要なセキュリティの確保や設置や撤去に掛かる期間や設備等を考慮し、VPNトンネルを採用した。それらを無線アクセススポットの構成案としてとりまとめた。（図-4）

表-3 有線ネットワークのセキュリティ

項目	光ファイバ空き心利用	既存ネットワーク直結（VLAN設定）	VPNトンネル
セキュリティ	国土交通省ネットワークと物理的に分離可能	専用の設定が必要で完全な分離は不可	拠点間の認証、暗号化により安全な通信が可能
実現性	空き心線の調査、工事が必要	各ネットワークスイッチに設定が必要	国土交通省ネットワークと別体系のネットワークを構築
必要な設備	専用のネットワーク機器（ネットワーク設計も必要）	追加設備無し	VPN装置

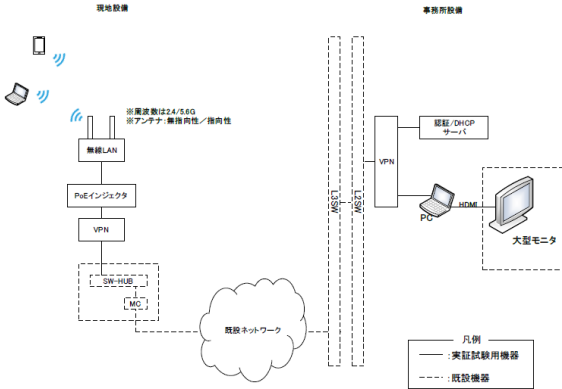


図-4 無線アクセススポットの構成（案）

3. 混信調査

今回、実験を実施するにあたり、雑音や混信等の周囲の電波環境における調査を実施した上で実験箇所を選定した。

(1)電波の特徴について

今回、実験を行う2.4GHz/5.6GHz帯は、フリーWi-Fi、家庭用Wi-Fi、家電（電子レンジ等）や医療機器等広く一般的に使用されており、特に都市部では空きチャンネルが枯渇している傾向にある。

a)2.4GHz帯

2.4GHz帯は、チャンネルが重なり合う構造になっているため、2.4GHz帯を利用する場合、他の無線LANシステムとの干渉による影響を軽減させるため使用するチャンネルはCH1、CH6、CH11の3チャンネルとなる。

(図-5)

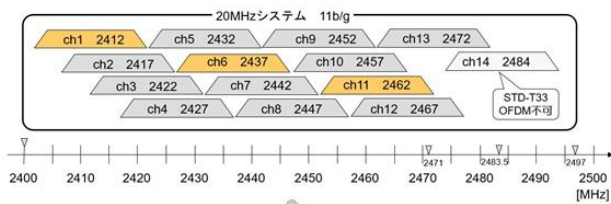


図-5 2.4GHz帯のチャンネル

b) 5.6GHz帯

使用できるチャンネルは11chあり、周波数は隣接チャンネルと被っていない。(図-6)

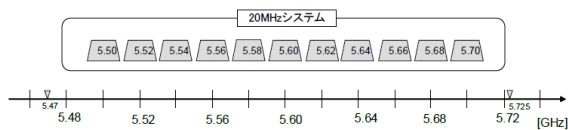


図-6 5.6GHz帯のチャンネル

(2) 評価の基準

a) 周囲の障害物の状況

今回使用する2.4GHz帯及び5.6GHz帯は、見通しが良いほど、電波の到達距離が長くなるが、都市部での状況を把握するために悪条件下における伝搬距離を把握する必要がある。そのため、送信部分が遮蔽されるような状況で無ければ「可」とした。

b) 受信電界強度

2.4GHz帯及び5.6GHz帯について、使用されている周波数(チャンネル)の使用状況の確認と受信電界強度を測定し、空き又は所定の受信電界強度以下であれば「可」とした。2.4GHz帯の最低受信感度が-87dBm、5.6GHz帯の最低受信感度が-83dBmであり、経験値から10dBをマージンとして、2.4GHzの場合-77dBm、5.6GHzの場合-73dBmを干渉が起こりうる所定の受信電界強度とした。また、2.4GHz帯においては、隣接チャンネルの干渉を考慮し隣接チャンネルも所定の受信電界強度以下であることを条件とした。

(3) 混信調査

実験を行う候補地として、河川及び道路で4箇所ずつ選定した。

a) 河川の候補地

- ① 荒川下流河川事務所屋上
- ② 川口緊急用船着場
- ③ 浮間防災ステーション
- ④ 岩淵水位観測所

b) 道路の候補地

- ① 高井戸局

② 駒沢局

③ 志村局

④ 春日町交差点局

(4) 混信調査結果

河川の候補地での結果を表-7にて示す。

表-7 河川の候補地での混信調査結果

項目	①	②	③	④
周囲環境	周囲は開け、堤防天端より高い位置	周囲は開け、堤防天端より低い位置	周囲は開け、堤防天端より高い位置	周囲は開け、堤防天端より低い位置 近くにバーベキュー場あり
2.4GHz帯	空き1ch 隣接チャンネル×	空き無し	空き無し	空き1ch 隣接チャンネル×
5.6GHz帯	空き5ch	空き10ch	空き8ch	空き10ch

道路の候補地での結果を表-8にて示す。

表-8 道路の候補地での混信調査結果

項目	①	②	③	④
周囲環境	首都高速道路高架、歩道橋、ビル等が隣接している	首都高速道路高架、歩道橋、ビル等が隣接している	ビル等は散在しているが、周囲は開けている	ビル等は隣接しているが、道路上は開けている
2.4GHz帯	空き無し	空き無し	空き無し	空き無し
5.6GHz帯	空き2ch	空き4ch	空き4ch	空き1ch

(5) 実験箇所の選定

混信調査の結果、河川・道路共に2.4GHz帯の無線LANは使用できないことが分かった。そのため、実験では5.6GHz帯の無線LANを使用する。また、実験箇所の選定においては、都市部での無線アクセススポットの整備に必要な事項を検討するため、悪条件の箇所を選定した。

a) 河川の実験箇所

周囲の見通しが比較的悪く、近くにバーベキュー場のある④を選定した。

b) 道路の実験箇所

周囲の見通しが悪く、空きチャンネルが少ない①を選定した。

(6) 想定通信可能距離

選定した5.6GHz帯において、想定される通信可能距離を算出した。算出の際の条件は次の通りとした。

a) 無線アクセススポット側

送信出力 : 14dBm (100m以上) 、
11dBm (100m未満)
アンテナ利得 : 5dBi
ケーブル減衰量 : 0.85dB

b) 端末側

アンテナ利得 : -2dBi
ケーブル減衰量 : 無し

c) マージン

机上検討の経験値として9dBとした。

d) 計算条件、計算式

自由空間損失（空中で失われる電界強度）は、一般的な $20\log(4\pi r/\lambda)$ を用いた。ただし、 r は通信距離、 λ は波長とする。

受信電界強度は、送信出力-送信側ケーブル減衰量+送信側アンテナ利得-自由空間損失+受信アンテナ利得-受信側ケーブル減衰量-マージンとして算出した。

e) 計算結果

最低受信電界強度は-83.0dBmであり、距離が長いと電界強度は小さくなる。計算結果は130m地点では-82.5dBm、140m地点では-83.2dBmとなった。そのため、想定通信可能距離としては130mとなる。

4. 実証実験

(1) 実証実験内容

実験においては、無線LANの無線機を設置した箇所から河川であれば上流側及び下流側、道路であれば上り側（新宿方面）及び下り側（調布方面）に10mずつ移動し、通信可能かデータ伝送にて確認を行うことで、通信可能な距離を確認した。なお、実験の準備と併せて試験前日にも通信可能距離を調べた。

また、河川においては、今後ドローンの使用が見込まれるため、上空における2.4GHz帯における電波の使用状況も調査した。

(2) 実証実験結果

実験の結果得られた通信可能距離を表-9に示す。

表-9 実験結果

	河川		道路	
	上流	下流	上り	下り
当日	490m	590m	230m	290m
前日	510m	570m	270m	230m

また、河川におけるドローンでの調査においては、地上50mで最も無線LANの電波干渉が強く、地上100mを超えると無線LANの電波干渉が弱くなる結果となった。

(3) 考察

実験の結果、机上検討より大幅に通信可能距離が伸びていた。その要因としては次の3つが考えられる。

- ①干渉が少ない周波数であったこと。
- ②道路において、ビルや高速道路など周囲の構造物による電波の反射があったこと。
- ③端末のスペックが、公開されていない情報であり、過小評価していたこと。

(4) 今後の検討における注意点

今回の実験の結果及び考察などから得られた事項は次の通りである。

- ①5.6GHz帯は羽田空港などの空港や東京港などの港といった、航空レーダー、船舶レーダーが使用されている地域の近隣では使用出来ない。
- ②道路の交通量や停車車両など周囲の環境の変化によって通信可能距離が変化すること。
- ③端末と無線アクセススポットの装置との見通しをとること。
- ④無線アクセススポットに接続する際は、ある程度まで近づかないと接続ができない。接続すれば遠ざかっても通信可能距離までは通信可能。
- ⑤場所によって周囲環境が異なるため、設置前には混信調査や通信可能距離の調査を行う必要がある。
- ⑥運用方法によっては、現場から事務所、本局までのネットワークを一体的に設計する必要がある。

(5) 仕様案

今回の実験を基に、採用した技術を取りまとめ仕様案を作成するとともに、整備に際して必要な設備や必要な調査設計について整備要領として取りまとめた。

5. 今後の展開

今回の実験によって、都市部においても無線アクセススポットが実際に利用できることが明らかになった。また、道路が無線アクセススポットのきっかけではあるが、河川においても実験を行い、河川にも応用が利くことが分かった。設置に際しては混信調査やネットワーク設計などが必要ではあるが、今後は河川・道路両方において幅広く展開され、災害対応の迅速化・効率化に繋がると考えている。また、河川においてはドローンの活用にも活かされることが考えられる。

さらに、無線アクセススポットは、平常時にも河川・道路の現場から事務所等に情報伝達可能なため、災害対応に限らず河川・道路の管理の効率化にも有効であると考えている。