

**モバイル回線利用による
交通管制システムの実証実験調査研究委員会
報告書**

令和2年3月

公益財団法人 日本交通管理技術協会

まえがき

交通管制システムの整備が始まってから、すでに40年以上が経過し、交通信号機は全国で約20万基も整備され、交通管制センターも幾度か高度化され、車両に直接信号情報を提供できるなど最先端のシステムとなっているものの、交通管制センターに接続されている約7万基の交通信号機の大半がアナログ専用線を利用している実態にある。

このような中で、技術的に成熟し、料金的にも安価とみられる無線通信（モバイル）回線を利用し、交通管制システムの基盤となっている通信網を見直すことは出来ないか、平成28年度から調査研究を始めた。

本調査研究により、技術的な可能性と経済的な可能性に加えて、実際のフィールドにおける利用の可能性についても確証が得られたと考えている。

約2年間に渡り、実際に稼働している交通信号機にモバイル回線を接続して実証実験の機会を与えていただいた秋田県警察と長野県警察には心から感謝申し上げ、その結果として、モバイル回線の特性を明らかにすることができ、交通管制システムでの活用が可能であると結論できた。

さらに、既存の信号制御機をそのまま使用できる本方式のモバイル回線は、全国の管制システムのほとんどの中央装置に接続できることも判明した。

本実証実験によるモバイル回線の評価は、現状における技術的・料金的環境からは時宜を得た課題であり、評価結果の意義は大きいものとする。

今後世界的に実用化が期待されている自動運転に関連する技術のひとつとして、「コネクテッド・カー」技術があり、これは、無線通信技術の信頼性向上によるものであり、さらに、安価な料金で通信を提供できるMVNO事業の制度化など、モバイル通信の環境は成熟してきており、今後頻発が想定される自然災害への対策のひとつの候補でもあり、また、5G通信技術のような新たな技術の活用による交通管制システムの高度化を進めるシーズとしても期待できる。

最後に、ご多忙中にもかかわらず、高知工科大学名誉教授熊谷靖彦委員長をはじめとする本調査研究委員会にご参加いただいた皆様方に厚く感謝の意を表する次第である。

令和2年3月

公益財団法人 日本交通管理技術協会
会長 小野正博

「モバイル回線利用による交通管制システム実証実験調査研究委員会」名簿
(平成30年度)

氏名等	所属等
委員長	熊谷 靖彦 高知工科大学 名誉教授
副委員長	内藤 伸悟 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 専務理事
オブザーバ	岡本 安志 警察庁 交通局交通規制課 交通管制技術室長
委員	伊藤 麻紀 警察庁 交通局交通規制課 専門官 (研究開発)
委員	吉川 真人 警察庁 交通局交通規制課 係長
委員	沢田 諭志 秋田県警察本部 交通規制課 交通管制官
委員	大槻 亮慈 秋田県警察本部 交通規制課 主幹
委員	平川 雄一朗 警視庁 交通部交通管制課 課長代理 (管制システム担当)
オブザーバ	小林 英樹 警視庁 交通部交通管制課 係長
委員	高橋 正春 埼玉県警察本部 交通部交通規制課 交通管制センター所長
委員	山崎 晃由 埼玉県警察本部 交通部交通規制課 主席調査官
委員	川崎 峰徳 千葉県警察本部 交通部交通規制課 管理官
委員	市川 正樹 長野県警察本部 交通部交通規制課 管理官
委員	砥綿 扇太郎 長野県警察本部 交通部交通規制課 交通管制官
オブザーバ	岡村 英雄 長野県警察本部 警務部情報管理課 課長補佐
オブザーバ	阿久津 飛規 長野県警察本部 交通部交通規制課 交通管制センター係長
委員	戸草内 浩一 静岡県警察本部 交通部交通規制課 管制管理官
委員	竹場 靖人 大阪府警察本部 交通部交通規制課 管理官
委員	瀬古 朋伸 沖縄県警察本部 交通部交通規制課 交通管制官
委員	川邊 俊一 (一般社団法人) UTMS協会 専務理事
委員	田中 好巳 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部長
委員	田畑 和久 オムロンソーシアルソリューションズ (株) 社会ソリューション事業本部 交通事業統括部 課長
委員	真鍋 文夫 (株) 京三製作所 交通機器事業部 技術部 部長
委員	後藤 悟 コイト電工 (株) システム技術部 参事
委員	大窪 秀司 コイト電工 (株) 販売促進部 課長
委員	濱野 徹 住友電気工業 (株) システム事業部システム営業部 部長
委員	中尾 博司 住友電気工業 (株) 自動車事業本部システム事業部新事業企画部製品規格グループ 主幹
委員	門松 秀一 パナソニック システムソリューションズジャパン (株) 公共システム本部 公共システムセンター 事業推進部 警察事業推進課 課長
委員	外山 雅一 パナソニック システムソリューションズジャパン (株) 公共システム本部 公共システムセンター ITS推進部 システム2課2係
委員	黒田 圭 (株) NTTドコモ IoTビジネス部 サービス推進 サービス支援担当課長
委員	千葉 匡春 (株) NTTドコモ IoTビジネス部 サービス推進 サービス支援課 主査
委員	青柳 裕三 UQコミュニケーションズ (株) 営業部門 ソリューション開発部 部長
委員	西島 良 UQコミュニケーションズ (株) 営業部門 ソリューション開発部 ソリューション開発グループマネージャ
委員	千木良 得光 UQコミュニケーションズ (株) 営業部門 ソリューション開発部 SEG 課長補佐
委員	石塚 史尊 UQコミュニケーションズ (株) 営業部門 ソリューション開発部 SEG 課長補佐
委員	伊野部 孝男 株式会社 東管 営業部長
オブザーバ	久保田 聡 日本信号 (株) 技術開発本部統括技術部スマートモビリティ技術部 部長
委員	岩崎 茂久 日本信号 (株) 営業本部 スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部 課長
委員	小牧 真廣 日本信号 (株) 営業本部 スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部
委員	伊藤 大輔 日本信号 (株) 営業本部 スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部
委員	小牧 幸伸 日本信号 (株) 営業本部 スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部
委員	飯泉 圭一 日本信号 (株) 技術開発本部統括技術部スマートモビリティ技術部 課長
委員	石川 英嗣 日本信号 (株) 技術開発本部統括技術部スマートモビリティ技術部 係長
委員	北田 裕己 日本信号 (株) 技術開発本部統括技術部スマートモビリティ技術部
事務局	小野 正博 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 会長
事務局	野田 素良 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課
事務局	梶原 和則 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課
事務局	椿 孝一 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課
事務局	末吉 信夫 (公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課

「モバイル回線利用による交通管制システム実証実験調査研究委員会」名簿

(令和元年度)

氏 名 等		所 属 等
委員長	熊谷 靖彦	高知工科大学 名誉教授
副委員長	内藤 伸悟	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 専務理事
オブザーバ	森田 正敏	警察庁 交通局交通規制課 交通管制技術室長
委員	伊藤 麻紀	警察庁 交通局交通規制課 専門官(研究開発)
委員	川下 智史	警察庁 交通局交通規制課 係長
委員	佐藤 博司	秋田県警察本部 交通規制課 交通管制官
委員	大槻 亮慈	秋田県警察本部 交通規制課 主幹
委員	瀬古 朋伸	警視庁 交通部交通管制課 課長代理(管制システム担当)
オブザーバ	吉川 真人	警視庁 交通部交通管制課 係長
委員	山崎 晃由	埼玉県警察本部 交通部交通規制課 交通管制センター所長
委員	川崎 峰徳	千葉県警察本部 交通部交通規制課 管理官
委員	市川 正樹	長野県警察本部 交通部交通規制課 広域技能指導官
委員	砥綿 扇太郎	長野県警察本部 交通部交通規制課 交通管制官
委員	戸草内 浩一	静岡県警察本部 交通部交通規制課 管制管理官
委員	竹場 靖人	大阪府警察本部 交通部交通規制課 管理官
委員	小林 英樹	沖縄県警察本部 交通部交通規制課 交通管制官
委員	川邊 俊一	(一般社団法人) UTMS協会 専務理事
委員	田中 好巳	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部長
委員	田畑 和久	オムロンソーシアルソリューションズ(株) 社会ソリューション事業本部 モビリティサービス事業統括部 担当部長
委員	汲田 浩一	オムロンソーシアルソリューションズ(株) 社会ソリューション事業本部 交通事業統括部 新規事業グループリーダー
委員	真鍋 文夫	(株) 京三製作所 交通機器事業部 技術部 部長
オブザーバ	中川原 啓太	(株) 京三製作所 交通機器事業部 技術部
委員	大窪 秀司	コイト電工(株) 販売推進部 課長
委員	後藤 悟	コイト電工(株) システム技術部 参事
委員	中尾 博司	住友電気工業(株) システム事業部 新事業企画部 主幹
委員	門松 秀一	パナソニック(株) コネクティッドソリューションズ社 イノベーションセンターマーケティング統括部マーケティング1部開発営業1課
委員	外山 雅一	パナソニック システムソリューションズジャパン(株) パブリックシステム事業本部システム開発本部ITSソリューション部S I 1課2係
オブザーバ	黒田 省吾	(株) NTTドコモ 法人ビジネス本部 第二法人営業部 第二営業 担当部長
委員	黒田 圭	(株) NTTドコモ IoTビジネス部 サービス推進 サービス支援担当課長
委員	千葉 匡春	(株) NTTドコモ IoTビジネス部 サービス推進 サービス支援課 主査
委員	青柳 裕三	UQコミュニケーションズ(株) 営業部門 ソリューション開発部 部長
委員	五十嵐 理	UQコミュニケーションズ(株) 営業部門 営業第2部 2グループグループマネージャ
委員	千木良 得光	UQコミュニケーションズ(株) 営業部門 ソリューション開発部 SEG 課長補佐
委員	石塚 史尊	UQコミュニケーションズ(株) 営業部門 ソリューション開発部 SEG 課長補佐
委員	伊藤 俊宏	UQコミュニケーションズ(株) 営業部門 営業第2部 2グループ
委員	伊野部 孝男	株式会社 東管 事業担当
オブザーバ	青木 芳憲	日本信号(株) 統括技術部スマートモビリティ技術部 部長
委員	岩崎 茂久	日本信号(株) スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部 課長
委員	深沢口 結衣	日本信号(株) スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部
委員	伊藤 大輔	日本信号(株) スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部
委員	小牧 幸伸	日本信号(株) スマートモビリティ事業部 スマートモビリティ営業部
委員	飯泉 圭一	日本信号(株) 統括技術部スマートモビリティ技術部 課長
委員	石川 英嗣	日本信号(株) 統括技術部スマートモビリティ技術部 係長
委員	北田 裕紀	日本信号(株) 統括技術部スマートモビリティ技術部 係長
事務局	小野 正博	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 会長
事務局	野田 素良	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課
事務局	梶原 和則	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課
事務局	椿 孝一	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課
事務局	宮田 晋	(公益財団法人) 日本交通管理技術協会 研究部 研究課

1	実証実験の調査研究	- 1 -
1.1	実証実験の主旨	- 1 -
1.2	実証実験の体制	- 1 -
1.3	実証実験の内容	- 1 -
1.4	実証実験の評価方法	- 1 -
1.5	本方式の全国展開の可能性の調査	- 1 -
2	実証実験のシステム概要	- 2 -
2.1	構成	- 2 -
2.1.1	既存の接続方式がUD形伝送方式の場合(秋田県警での実証実験)	- 2 -
2.1.2	既存の接続方式がU形伝送方式の場合(長野県警での実証実験)	- 2 -
2.2	使用する通信キャリア	- 3 -
2.3	暗号方式	- 3 -
2.4	伝送変換	- 3 -
2.5	その他の機器等	- 4 -
2.5.1	無線通信装置	- 4 -
2.5.2	データセンター(DC)	- 4 -
2.6	本方式のモバイル回線の特長	- 4 -
2.7	実証実験の実施	- 5 -
2.7.1	実証実験の日程	- 5 -
2.7.2	実証実験の実施状況	- 6 -
3	実証実験(本方式のモバイル回線)	- 7 -
3.1	実験項目	- 7 -
3.2	実験項目及び結果(一覧)	- 7 -
3.3	無線部性能	- 8 -
3.4	無線通信装置の適用性能	- 8 -
3.4.1	受信入力測定	- 8 -
3.4.2	使用するバンド(周波数帯)の切替確認	- 9 -
3.4.3	キャリア切替試験	- 10 -
3.5	ネットワークの品質	- 12 -
3.5.1	通信速度測定	- 12 -
3.5.2	伝送遅延時間測定	- 12 -
3.5.3	パケットロス率の測定	- 14 -
3.6	情報セキュリティ	- 16 -
3.6.1	大負荷通信データ試験	- 16 -
3.6.2	脆弱性診断	- 18 -
3.6.3	不正SIM挿入時の回線接続動作	- 20 -
3.7	筐体内温度記録	- 21 -

4	システム運用確認	- 22 -
4.1	運用確認	- 22 -
4.1.1	HMIによる信号制御確認	- 23 -
4.1.2	HMIによる交通情報確認	- 23 -
4.1.3	HMIによる稼働状況確認	- 23 -
4.1.4	UD形伝送方式における再送等の確認	- 23 -
5	全国展開に向けた調査等	- 26 -
5.1	情報セキュリティ要件	- 26 -
5.2	交通管制システムにおけるモバイル回線利用に関するアンケート調査	- 27 -
5.3	管制システムへのモバイル回線の導入可能性調査	- 29 -
5.3.1	UD形伝送方式	- 29 -
5.3.2	U形伝送方式	- 29 -
6	アナログ回線の回線品質調査について	- 30 -
6.1	調査結果の総括	- 30 -
6.2	回線異常の発生分布	- 31 -
6.2.1	時間帯別アナログ回線異常の発生の分布	- 31 -
6.2.2	日付別アナログ回線異常の発生の分布	- 31 -
6.2.3	アナログ回線異常の発生の分布	- 32 -
7	伝送方式	- 33 -
7.1	UD形伝送方式	- 33 -
7.2	4G(LTE)ネットワークを使った伝送	- 34 -
7.3	5Gネットワークを使った伝送	- 34 -
8	まとめ	- 35 -
8.1	結論	- 35 -
8.2	モバイル回線の要求仕様と実現性	- 35 -
8.3	システム運用上の確認	- 36 -
8.4	全国展開	- 37 -
8.5	課題	- 37 -
9	用語の解説	- 38 -

～ 別添資料目次 ～

	本文 参照頁	資料名	頁
別添資料 1	P4	無線通信装置仕様書	- 1 -
別添資料 2	P7	IP通信サービス規格	- 6 -
別添資料 3	P8	エリアテストによる電波環境測定結果および通信状況について	- 7 -
別添資料 4	P9	使用するバンド(周波数帯)の切替確認	- 13 -
別添資料 5	P11	無線回線切替動作の影響	- 15 -
別添資料 6	P16	脆弱性診断(負荷試験)報告書	- 17 -
別添資料 7	P19	オンサイト脆弱性診断結果報告書	- 20 -
別添資料 8	P22	U伝送/UD伝送における再送規定について	- 30 -
別添資料 9	P23	システム運用の確認方法	- 36 -
別添資料10	P24	実行制御情報等欠損要因	- 37 -
別添資料11	P26	MVNO実証実験における長野県警情報セキュリティ要件対応方針	- 41 -
別添資料12	P27	交通管制システムにおけるモバイル回線利用に関するアンケート	- 44 -
別添資料13	P29	下位装置等のモバイル回線利用条件調査結果	- 49 -
別添資料14	P30	アナログ回線の回線品質調査結果(まとめ)	- 69 -
別添資料15	P32	信号制御実行情報の伝送シミュレーション	- 75 -
別添資料16	P37	無線装置設置のガイドライン(案)	- 76 -
別添資料17		設置状況写真	- 77 -
別添資料18		構成機器・診断ツール	- 79 -

1 実証実験の調査研究

1.1 実証実験の主旨

本実証実験は、交通管制システムへのモバイル回線^(用語1)を利用することを目的としており、これまでに、①技術的課題と対応方法、②モバイル回線利用の具体的形態と成立条件、③実現可能性等については、平成28年度に設置した「モバイル回線利用による交通管制システムの高度化に関する調査研究委員会」により検討が行われており、概ね次の結果が報告書としてまとめられている。

- ・ 技術的な実現性
- ・ 経済的な優位性
- ・ 実証実験の必要性

交通管制機器の設置環境はきびしく、温度、電源変動、電波伝搬等に影響されず、継続して動作し続ける必要がある。また、調達上では互換性が求められ、中央装置も端末装置も新旧の機器が混在しているため、適用可能な組合せの明確化も必要である。

これらの解消のため、県警察本部の交通管制システムの通信回線をモバイル回線に置き換え、安定的な信号制御がなされることを確認するために実証実験を実施することとした。

1.2 実証実験の体制

実証実験の実施に当たり、実務にも詳しい学識経験者を委員長として、警察庁、都府県警察の管制システム担当者、携帯電話事業者、交通管制機器メーカー等を委員とした調査研究委員会を設置した。

1.3 実証実験の内容

実証実験は、秋田県警察と長野県警察の協力を得て、交通管制システムがアナログ回線で実際に稼働している信号制御機の回線をモバイル回線に変更するとともに、実証実験項目の検討、実証実験の結果の検証・評価を行った。

1.4 実証実験の評価方法

実証実験の評価に当たっては、①本方式のモバイル回線^(用語2)の機能・特性の評価、②交通管制システムで使用した場合の交通管制システムの性能の評価、比較対象として、③アナログ回線の回線品質等の評価を行った。

1.5 本方式の全国展開の可能性の調査

実証実験の方式を全国に展開していくために、適用できる回線がどの程度あるものか、また、下位装置等の中央装置^(用語3)の対応状況についても、都道府県警察や製造メーカーの協力を得て調査した。

さらに、都道府県警察の担当者からは、モバイル回線を導入するための課題等についてもアンケート調査した。

2 実証実験のシステム概要

2.1 構成

2.1.1 既存の接続方式が UD 形伝送方式^(用語4)の場合（秋田県警での実証実験）

実証実験の構成を図 2.1 に示すが、既存の構成を、本方式のモバイル回線に変更した場合、従来どおり UD 形伝送により信号制御等を行うため、システム全体に何らの変更の必要も無い。

- ・交差点にある信号制御機は従来と同じように無線通信装置とアナログ接続を行う。
- ・交通管制センターの端末対応装置Ⅱ^(用語6)への接続は、既存の LCU^(用語7)を使用せずに、信号制御 LAN にデジタルネットワーク回線の回線接続装置と LAN 接続する。（この設備も本方式の一部として設置する。）
- ・モバイル回線は、通常は docomo 回線^(用語8)を使用するが、異常発生等の場合には UQ 回線^(用語9)に自動的に切り替わる。

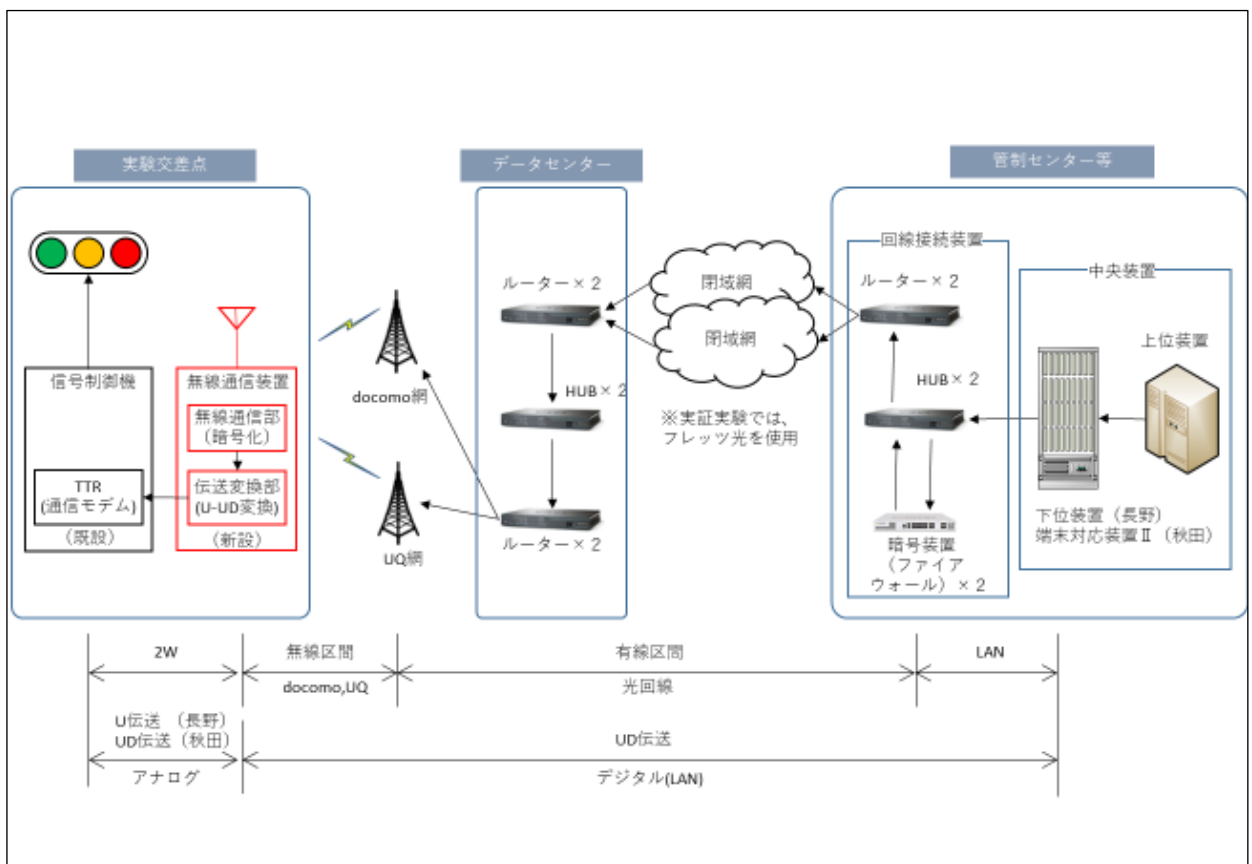


図 2.1 実証実験構成

2.1.2 既存の接続方式が U 形伝送方式^(用語5)の場合（長野県警での実証実験）

図 2.1 において、既存の構成を、本方式のモバイル回線に変更した場合、信号制御機は従来どおり U 形伝送により信号制御等を行うが、交通管制センターの下位装置は UD 形伝送に設定変更をしている。

- ・交差点にある信号制御機は従来と同じように U 形伝送で無線通信装置とアナログ接続を行う。
- ・管制センターの下位装置と無線通信装置との間は UD 形伝送で行い、無線通信装置で U 形伝送と UD 形伝送の変換を行う。

- ・交通管制センターの下位装置への接続は、既存の LCU を使用せずに、信号制御 LAN にデジタルネットワーク回線の回線接続装置と LAN 接続する。
- ・交通管制センターの下位装置は UD 形伝送対応に変更する必要があるが、基本的には UD 形伝送方式にも対応可能となっているため、設定変更で対応している。
- ・モバイル回線は、通常は docomo 回線を使用するが、異常発生等の場合には UQ 回線に自動的に切り替わる。

2.2 使用する通信キャリア

- ・使用する通信キャリアとしては、NTT docomo と、UQ コミュニケーションズを使用しており、表 2.1 の構成となっている。

表 2.1 使用する通信キャリア

項目	NTT docomo	UQ コミュニケーションズ
無線方式	周波数分割多重方式 (FDD-LTE)	時分割多重方式 (TD-LTE)
周波数	700MHz,800MHz,1.5GHz 1.7GHz,2GHz	2.5GHz
セキュリティ	暗号：AES128bit 認証システム：CHAP 暗号化 SIM：キャリアシステム間は DB 乱数による暗号化	暗号：AES128bit 認証システム：CHAP 暗号化 SIM：キャリアシステム間は DB 乱数による暗号化
ネットワーク構成	冗長化された閉域設備	冗長化された閉域設備

2.3 暗号方式

- ・本方式によるモバイル回線の伝送では図 2.2 のように、①通信キャリアによる無線通信区間と②無線通信装置～管制センター間の各々を暗号化している。
- ・無線区間は通信キャリアにより AES(128bit)で暗号化し、CHAP 方式^(用語 10)でユーザ認証している。
- ・無線通信装置～管制センター間は GRE over IPsec^(用語 11)により VPN を構成し、AES(128bit)で暗号化している。

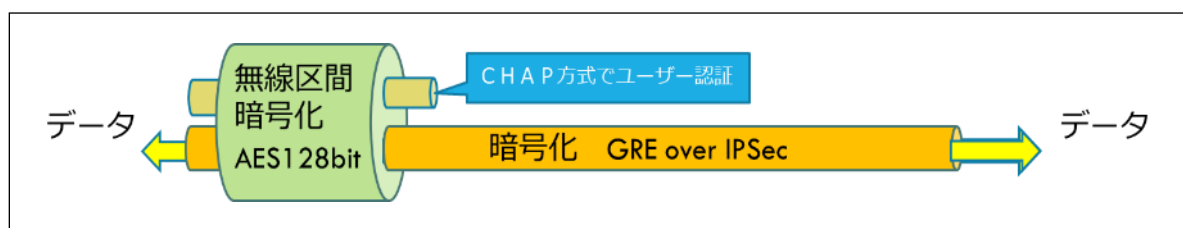


図 2.2 端末から管制センターまで暗号化

2.4 伝送変換

本方式のモバイル回線を利用するにあたっては、図 2.1 に示すように、U 形伝送の場合は信号制御機と無線通信装置の間は U 形伝送を行う。その後、無線通信装置で伝送方式の変換を行い、無線通信装置と下位装置との間は、UD 形伝送を行う。

伝送変換では、各区間における伝送処理は、個別に済ませ、伝送情報のみの受け渡しとなっている。

2.5 その他の機器等

2.5.1 無線通信装置（参考仕様：別添資料 1）

無線通信装置は、交差点に設置して、信号制御機とアナログ接続するとともに無線通信を行う装置であり、次の構成となっている。

- (1) 無線通信部：docomo、UQ 用無線モジュール、VPN、ルータ部、暗号部等を実装している。
- (2) 伝送変換部：U 形伝送方式と UD 形伝送方式のプロトコル変換をしている。

2.5.2 データセンター（DC）

データセンターは、両通信キャリアからのデータを集約し、そのデータを全国の交通管制センターへ配信する機能を持っている。従って、実証実験では 1 箇所を集約したが、実際のシステムでは二重化し安全性を高める必要がある。

2.6 本方式のモバイル回線の特長

アナログ回線のモバイル回線への変更には、一般的に次の特長がある。

(1) サブセンターの廃止

モバイル回線の利用により、距離に関わらず交通管制センターへ直接引き込めるため、サブセンターを廃止することができ、これにより更新費用や保守費用が削減できる。

(2) 耐災害性の向上

モバイル回線は、複数の基地局を利用し、災害時等にもいずれかの基地局が復旧すれば回線も復旧するので、耐災害性が向上する。

これらに加えて、本方式のモバイル回線では、次の特長が加わる。

(3) 既存の信号制御機の利用

信号制御機は、アナログ専用回線で使用していた U 形伝送または UD 形伝送のまま使用できるので、本方式のモバイル回線は信号制御機の更新を待たずに使用できる。

(4) 回線利用の信頼性の向上

本方式では、モバイル回線部分は複数の通信キャリアにより二重化されているため、ひとつの通信キャリアに比べて利用上の信頼性が高い。（通信キャリアの切替は、大規模な通信異常や設備の致命的なダメージ等の場合を想定している。）

2.7 実証実験の実施

2.7.1 実証実験の日程

実験開始 平成 30 年 11 月 12 日（長野県警）

平成 30 年 11 月 13 日（秋田県警）

平成 30 年度

H30年度		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
調査研究委員会	委員会	★ 実証実験 項目検討 (7/18)						★ 実験データ評価 目次案承認 (1/18)		★ 報告書 原案 承認
	作業部会		★ 実証実験 方法等確認 (8/31)				★ 実験データ検証 目次案評価 (12/5)		★ 実験データ 再検証 (2/25)	
実証実験	機器設置			ネットワーク 疎通等準備		両県警のNW機器、 無線部設置				
	脆弱性試験 大負荷試験					11/7、8 長野・脆弱性試験 大負荷試験				
	データ収集					実証実験開始(データ収集) 11/12 長野県警 11/13 秋田県警				

令和元年度

平成31年度 (令和元年度)		4月	令和元年 5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	令和2年 1月	2月	3月
調査研究委員会	委員会				7/2 実証実験 現状報告				12/10 実証実験 進捗報告			
	作業部会		5/31 実証実験 現状確認				10/9 実証実験 進捗確認	11/26 書面での 進捗報告				
	報告書						★ 報告書 原案作成		12/10 報告書 原案仮承認		★ 報告書(案) 完成	★ 報告書 配布
実証実験	秋田:実証実験 データ収集 (NTT-Me前交差 点:UD伝送)	docomo UQ		UQ単独運用			docomo UQ					
	長野:実証実験 データ収集 (借宿東交差点: U伝送)	docomo UQ										

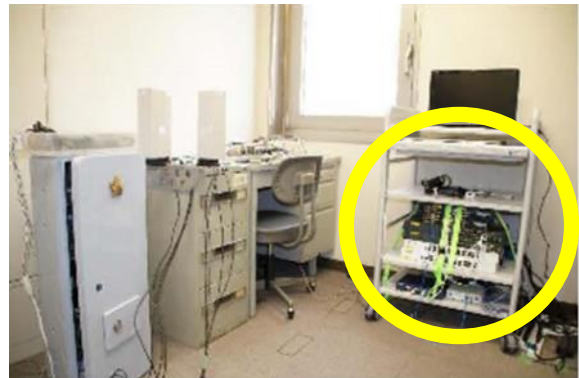
2.7.2 実証実験の実施状況

(1) 長野県警 借宿東交差点 (U 伝送)

アンテナと無線通信装置



軽井沢署の疑似信号機と VPN 装置

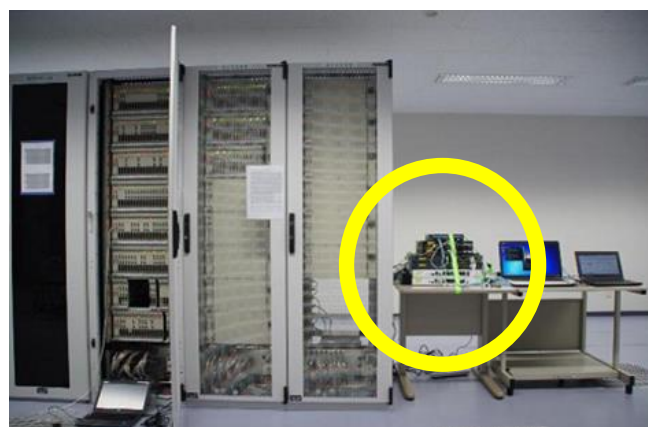


無線通信装置の扉を開いたところ



(2) 秋田県警 NTT・Me 交差点 (UD 伝送)

アンテナと無線通信装置



秋田端末対応装置Ⅱと VPN 装置

3 実証実験(本方式のモバイル回線)

3.1 実験項目

本方式のモバイル回線は、docomo と UQ の 2 種類の通信回線を利用しているが、通常は docomo 回線を使用し、必要に応じて UQ 回線に切り替える方式である。

ここでは、回線(単体)として動作する特性を確認することを目的として、次の項目について実験を行う。

- (1) 無線部性能
- (2) 無線通信装置の適用性能
- (3) ネットワークの品質
- (4) 情報セキュリティ
- (5) 筐体内温度

3.2 実験項目及び結果(一覧)

実験項目及び結果等は表 3.1 のとおりである。

表 3.1 実証実験結果一覧

項目	実験内容	実験方法	結果		
無線通信装置の適用性能	受信入力測定	エリアテストの計測値と無線モジュールの受信入力値を比較	秋田	適切な受信入力であることが確認された	
				docomo	-85.0~-59.0dBm
	UQ		-55dBm(11/13)		
	長野		適切な受信入力であることが確認された		
docomo		-95.0~-59.0dBm			
UQ	-91dBm(11/12)				
バンド(周波数帯)切替確認		秋田 長野	受信入力の最小値と最大値の傾向から、使用するバンドを切替えていたと推測できる		
キャリア切替試験	①ダミーアンテナにアルミ箔を巻き受信入力遮断状態 ②LANケーブルを抜きVPN切断	秋田 長野	docomo → UQ: 良好 docomo ← UQ: 良好		
ネットワークの品質	通信速度測定	大負荷通信データ試験時の最大通信速度	長野	docomo 3.5Mbps UQ —	
	伝送遅延時間 パケットロス率測定	下位装置側に設置したPCから、信号制御機または無線通信装置へのping試験 参考規格 IP通信サービスのパケットロス率の上限:0.1%(別添資料2)	伝送遅延時間	秋田	docomo 200~2,000ms UQ —
				長野	docomo 50~1,400ms UQ —
			パケットロス率	秋田	docomo 0.0340% UQ 0.0122%
				長野	docomo 0.0464% UQ —
	情報セキュリティ	大負荷通信データ試験	試験用PCから中央装置等に対し、大量の packets を送信して大きな負荷をかける	長野	5Mbps~20Mbpsはファイアウォールで遮断し、30MbpsでVPN切断され、いずれも中央装置への影響なし
脆弱性診断		特定のIPアドレス向けスキャン(第三者機関によるオンサイト診断)	長野	ネットワーク機器の脆弱性は認められず(ファイアウォールで遮断)	
不正SIM挿入		無線通信装置の正規SIMを外して、不正SIMを挿入しても、回線接続できないことを確認する	長野	回線接続できないことが確認された	
情報セキュリティの確保		警察情報セキュリティポリシーの準拠	長野	交通管制システムの情報は非開示情報に当たらず、機密性1(低)との解釈	
筐体内温度	筐体内温度測定	筐体内デジタル温度計設置(使用部品-20~+60°C)	秋田	平成30年11月~令和元年8月: 外気温:-5.6~36.8°C 筐体内:-2.1~48.7°C	
			長野	平成30年11月~令和元年9月: 外気温:-14.8~31.5°C 筐体内:-0.6~51.6°C	

3.3 無線部性能

(1) 目的

無線通信装置の無線部とアンテナの性能を確認する。

(2) 方法

無線部仕様、技適データ等から確認する。

(3) 結果

結果は表 3.2 に示す。

表 3.2 無線部、アンテナの性能

		docomo-LTE (3/4G)	UQ-WiMAX2+	備考
無線部	無線モジュール	HL7539	IML-M2300	
	通信規格	3G (CDMA方式) LTE (OFDM方式)	IEEE802.16m	
	アクセス方式	LTE-FDD	LTE-TDD	
	周波数帯域	LTE B19:800MHz LTE B21:1500MHz LTE B1 :2100MHz	BAND41: 2545~2655MHz	
	最大伝送速度	DL 150Mbps UL 50Mbps	DL 220Mbps UL 40Mbps	ベストエフォート値
	変調方式	QPSK/16QAM/64QAM の変調方式を自動切替	DSSS他	
	セキュリティ	認証:RADIUSベース 暗号化:AESベース	認証:AAAベース 暗号化:AESベース	共に独自の認証 セキュリティを持つ
	用途	モバイル通信	モバイル通信	
アンテナ	周波数帯域 ゲイン	815~890MHz 1920~2170MHz 3dBi以下	2400~2655MHz 2.14dBi	

3.4 無線通信装置の適用性能

3.4.1 受信入力測定

(1) 目的

無線通信装置の無線モジュールの受信入力適切であることを確認する。

(2) 方法

ア 実験用アンテナに近い環境にエリアテスト^(用語 12)を設置し、その計測結果から、電波環境を確認する。

イ 無線モジュールが出力する（通信に使用しているバンドの）受信入力値をログから集計して、その値が適切であることを確認する。

(3) 結果

ア エリアテストでの計測では、次のような電波環境であることが確認できた。

(詳細データは別添資料 3)

	docomo	UQ
秋田の受信入力	: -100.9dBm~-51.9dBm	-58.8dBm~-53.1dBm
長野の受信入力	: -115.8dBm~-58.1dBm	-92.5dBm~-83.3dBm

イ 無線モジュールの受信入力値は表 3.3 のようになり、どのバンドであるかは不明であるものの、無線モジュールが動作できる範囲内であるため、適切な受信入力で動作していると推定できる。

表 3.3 無線モジュールの受信入力値 (docomo)

秋田 NTT-ME前	無線モジュールdocomo電波				長野 借宿東	無線モジュールdocomo電波			
	回数	RSRP[dBm]				回数	RSRP[dBm]		
		最小	中央	最大			最小	中央	最大
2019/03/27	2,790	-67.00	-63.00	-61.00	2019/03/08	2,805	-87.00	-75.00	-59.00
2019/03/28	2,810	-65.00	-65.00	-63.00	2019/03/09	2,815	-87.00	-73.00	-59.00
2019/03/29	2,812	-65.00	-65.00	-61.00	2019/03/10	2,818	-87.00	-73.00	-63.00
2019/03/30	2,810	-67.00	-65.00	-59.00	2019/03/11	2,816	-95.00	-75.00	-63.00
2019/03/31	2,811	-79.00	-65.00	-61.00	2019/03/12	2,817	-91.00	-75.00	-61.00
2019/04/01	2,809	-65.00	-65.00	-61.00	2019/03/13	2,815	-87.00	-75.00	-59.00
2019/04/02	2,806	-65.00	-65.00	-63.00	2019/03/14	2,815	-87.00	-73.00	-59.00
2019/04/03	2,809	-65.00	-65.00	-61.00	2019/03/15	2,815	-85.00	-73.00	-59.00
2019/04/04	2,810	-65.00	-65.00	-61.00	2019/03/16	2,815	-87.00	-75.00	-59.00
2019/04/05	1,573	-85.00	-65.00	-61.00	2019/03/17	2,815	-85.00	-73.00	-59.00
					2019/03/18	2,814	-85.00	-75.00	-59.00
					2019/03/19	2,815	-83.00	-73.00	-61.00
					2019/03/20	2,815	-87.00	-81.00	-61.00
					2019/03/21	2,815	-87.00	-77.00	-59.00
					2019/03/22	1,233	-85.00	-75.00	-61.00

3.4.2 使用するバンド（周波数帯）の切替確認（長野・docomo）

(1) 目的

無線通信装置内の無線モジュールが通信に使用するバンドの傾向を確認する。

(2) 方法

無線モジュールが出力する受信入力値は、通信に使用しているバンドの受信入力であるので、その受信入力の値とエリアテストの計測値とを比較して、傾向を分析する。

(3) 結果

無線モジュールの受信入力値（最小、最大）と、エリアテストによる計測値の傾向から、時間帯によって使用するバンド（周波数帯）を切り替えて通信していたと推測できる。（詳細データは別添資料4）

3.4.3 キャリア切替試験

(1) 目的

- ア 受信入力がいきい値より低下した場合、通信キャリアが他方のキャリアに切替ることを確認する。
- イ それぞれの通信キャリア毎の VPN 網が喪失した場合に通信キャリアが正常に切替ることを確認する。

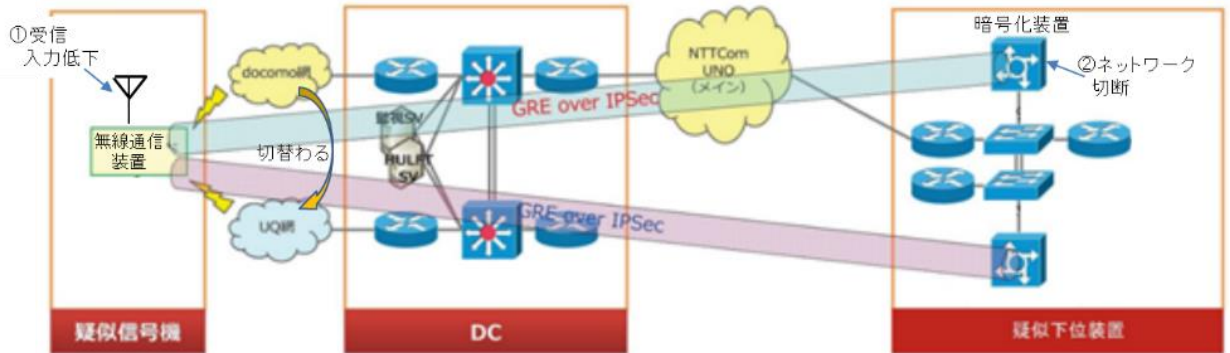


図 3.1 モバイル回線切替イメージ

(2) 方法

- ア 携帯電話基地局からの受信入力を測定しつつ、docomo 側アンテナをダミーアンテナに交換し、アルミ箔を巻き受信電波を遮断することにより、正常に UQ 側に切替ることを確認する。さらに、docomo 側ダミーアンテナのアルミ箔を取り外し、正常に docomo 側に戻ることを確認する。
- イ 暗号化装置の LAN ケーブルを抜きネットワークを強制的に切断することにより、docomo から UQ にキャリア切替が行われることを確認する。また、LAN ケーブルを戻し、UQ から docomo に戻ることを確認する。

(3) 結果

- ア 受信入力遮断による長野県警の結果を表 3.4、秋田県警の結果を表 3.5 に示す。
docomo の受信入力を-109dBm まで落とすと 60 秒前後で UQ に切り替わり受信入力を元に戻すと 10 秒前後で UQ から docomo に切り替わった。

表 3.4 長野県警におけるキャリア切替試験結果

	通常		docomo受信異常		docomo復旧	
	受信入力	選択状態	受信入力	選択状態	受信入力	選択状態
docomo	-63dBm	○	-109dBm	×	-63dBm	○
UQ	-91dBm	×	-91dBm	○	-91dBm	×

表 3.5 秋田県警におけるキャリア切替試験結果

	通常		docomo受信異常		docomo復旧	
	受信入力	選択状態	受信入力	選択状態	受信入力	選択状態
docomo	-63dBm	○	-109dBm	×	-63dBm	○
UQ	-55dBm	×	-55dBm	○	-55dBm	×

イ ネットワーク切断による長野県警の結果を表 3.6、秋田県警の結果を表 3.7 に示す。
 docomo の暗号化装置の LAN ケーブルを抜くと 40 秒前後で UQ に切り替わり、LAN ケーブル元に戻すと 10 秒前後で UQ から docomo に切り替わった。

表 3.6 長野県警におけるネットワーク切断による切替試験結果

	通常		docomo回線切断		docomo復旧	
	LAN	選択状態	LAN	選択状態	LAN	選択状態
docomo	接続	○	切断	×	接続	○
UQ	接続	×	接続	○	接続	×

表 3.7 秋田県警におけるネットワーク切断による切替試験結果

	通常		docomo回線切断		docomo復旧	
	LAN	選択状態	LAN	選択状態	LAN	選択状態
docomo	接続	○	切断	×	接続	○
UQ	接続	×	接続	○	接続	×

(4) 考察

Docomo 回線から UQ 回線への切替に 40~60 秒程度要しているが、これは ping 応答を 5 秒間隔で 5 回確認してから切替動作を行っているからであり、判定の改善により、切替までの時間を短くする余地が残っている。(切替シーケンス等は別添資料 5)

3.5 ネットワークの品質

3.5.1 通信速度測定

(1) 目的

本方式によるモバイル回線の品質の指標とするため、伝送速度を確認する。

(2) 方法

無線区間を含む回線全体の通信速度を測定する。

(3) 結果

長野における負荷試験時に 3.5Mbps 程度であることが確認された。

3.5.2 伝送遅延時間測定

(1) 目的

本方式によるモバイル回線の品質の指標とするため、伝送遅延時間を確認する。

(2) 方法

ア 図 3.2 に示すように、管制センターの端末対応装置Ⅱもしくは下位装置とルータの間にスニファ用 PC（パケットキャプチャ用 PC）を設置し、ping^(用語 13) 応答時間計測ソフト「ExPing」を使用して、ブロックサイズ 64 バイトの packets を 30 秒間隔で送出することにより、応答時間を測定する。

イ 信号制御機が U 形伝送（長野県警）は、変換ボードの IP アドレス宛の応答速度を測定し、信号制御機が UD 形伝送（秋田県警）は信号制御機（TTR）の IP アドレス宛の応答速度を測定した。

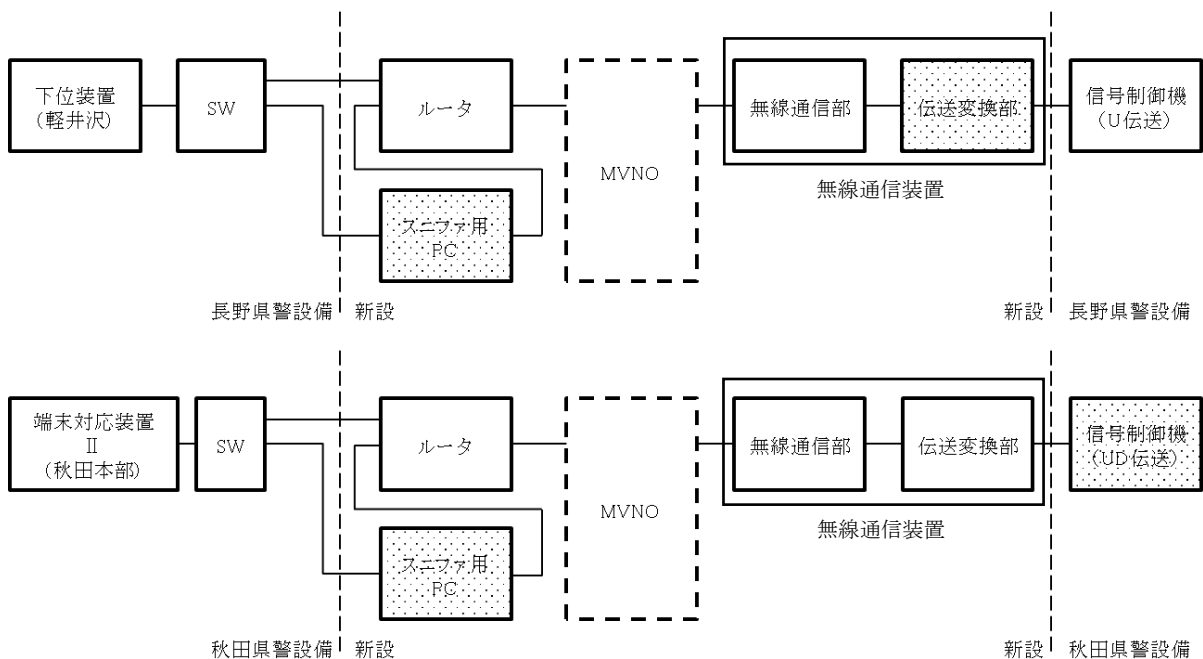


図 3.2 ping の応答時間測定系

(3) 結果

測定結果を図 3.3 および図 3.4 に示す。応答時間は、1600m秒以下（U 形伝送）および 2000m秒以下（UD 形伝送）であった。

(4) 考察

図 3.4 の信号制御機が UD 形伝送の場合、信号制御機 (TTR) の IP アドレスまでの応答時間を測定しているため、アナログ回線部分も含まれ、この区間の物理的な伝送速度は 9600bps であるため、全体的に応答時間が遅くなっている。

なお、いずれの場合でも、本方式のモバイル回線での伝送は UD 形伝送であるため、通信アプリケーションにより、5 秒以上の無返信の場合には 1 回だけ再送される。(実際の再送の確認は、「4 システム運用確認」で実施している。)

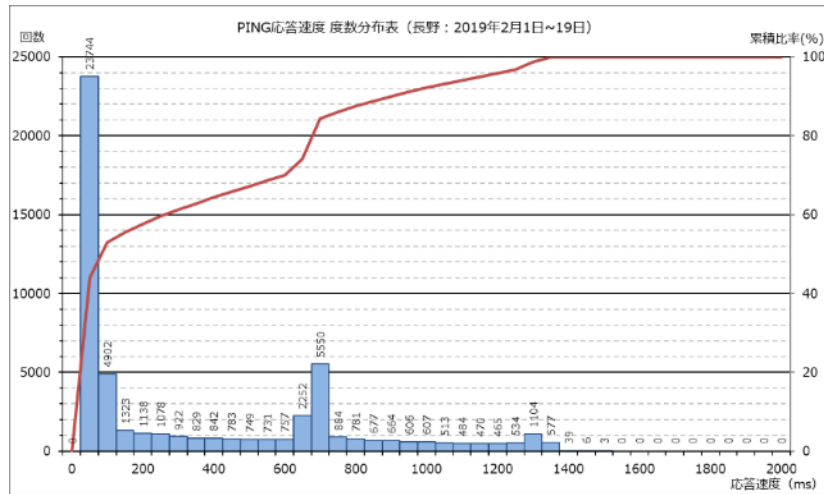


図 3.3 ping 応答時間 度数分布 (長野: U 形伝送)

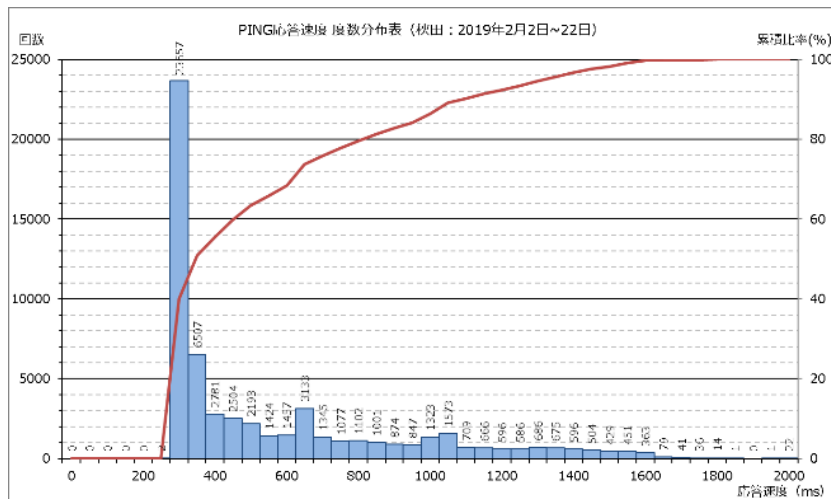


図 3.4 ping 応答時間 度数分布 (秋田: UD 形伝送)

3.5.3 パケットロス率の測定

(1) 目的

本方式によるモバイル回線の品質の指標とするため、パケットロス^(用語 14)の割合を確認する。

(2) 方法

図 3.2 の ping 応答時間計測系において、5 秒以内に応答が無い場合 (pingNG) をパケットのロス率として集計する。

(3) 結果

ア 月別のパケットロス率の結果を表 3.8～表 3.10 に示す。4 月から 11 月までの測定において、docomo 回線では、長野：0.0464%、秋田：0.0340%であった。

また、6 月から 8 月までの測定において、秋田の UQ 回線では、0.0122%であった。

イ 時間帯別、日別のパケットロス率の結果を表 3.11 および表 3.12 に示す。

ウ ping 送出時間間隔を 30 秒から 5 秒に変更し、パケットロス率のランダム性を測定した結果を表 3.13 に示す。5 秒間隔に変更したところ、長野：0.0394%、秋田：0.0304%となった。(別添資料 2 から、一般的な IP 回線のパケットロス率の上限は、0.1%)

(4) 考察

通信事業者の基地局や無線通信装置の設置環境により、パケットロス率に差が出ている。モバイル回線は、設置環境により品質に差が出るため注意が必要である。

表 3.8 長野におけるパケットロス率(pingNG 率) : docomo(信号制御機 : U 形伝送)

測定期間	ping区間	回線種類	試行回数	OK回数	NG回数	pingNG率 (パケットロス率)
4月	試験用 PC ~ 無線通信装置	有線 + docomo	168,790	168,726	64	0.0379%
5月			134,058	133,950	108	0.0806%
6月			168,570	168,465	105	0.0623%
7月			174,160	174,079	81	0.0465%
8月			174,071	173,970	101	0.0580%
9月			360,320	360,176	144	0.0400%
10月			489,234	489,052	182	0.0372%
11月			469,449	469,241	208	0.0443%
合計			2,138,652	2,137,659	993	0.0464%

表 3.9 秋田におけるパケットロス率(pingNG 率) : docomo(信号制御機 : UD 形伝送)

測定期間	ping区間	回線種類	試行回数	OK回数	NG回数	pingNG率 (パケットロス率)
4月	試験用 PC ~ 信号制御機 (TTR)	有線 + docomo	80,273	80,258	15	0.0187%
5月			87,402	87,366	36	0.0412%
6月			47,900	47,892	8	0.0167%
7月			—	—	—	—
8月			16,785	16,784	1	0.0060%
9月			293,943	293,852	91	0.0310%
10月			475,039	474,864	175	0.0368%
11月			451,962	451,794	168	0.0372%
合計			1,453,304	1,452,810	494	0.0340%

表 3.10 秋田におけるパケットロス率 (pingNG 率) : UQ (信号制御機 : UD 形伝送)

測定期間	ping区間	回線種類	試行回数	OK回数	NG回数	pingNG率 (パケットロス率)
6月	試験用 PC 信号制御機 (TTR)	有線 + UQ	62,431	62,423	8	0.0128%
7月			172,487	172,455	32	0.0186%
8月			157,872	157,864	8	0.0051%
合計			392,790	392,742	48	0.0122%

表 3.11 時間帯別パケットロス率 (pingNG) の推移

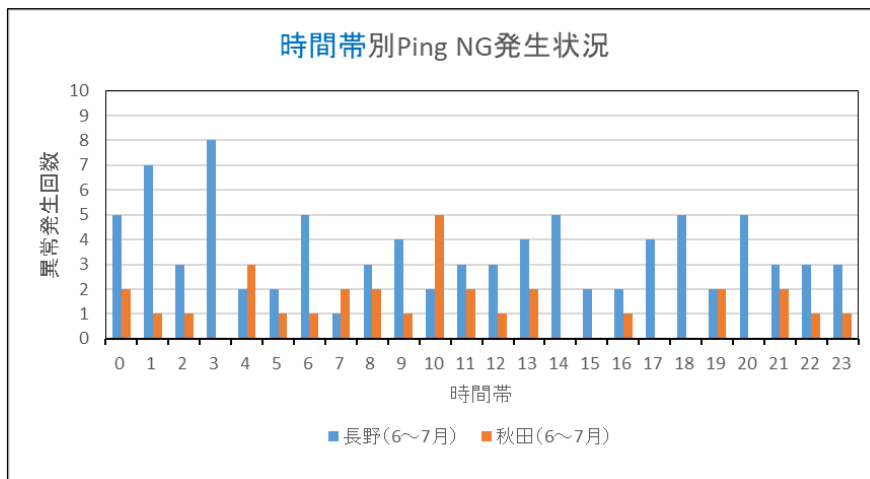


表 3.12 日別パケットロス率 (pingNG) の推移

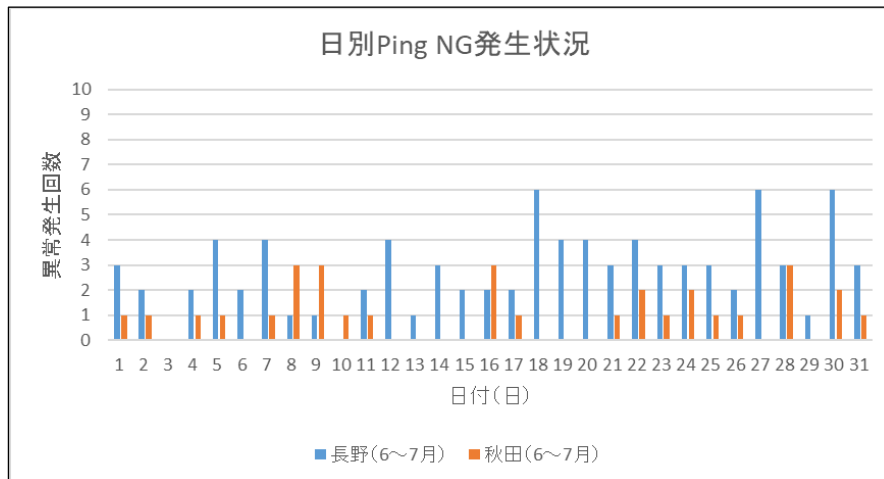


表 3.13 ランダム性の確認のためのパケットロス率測定

地域	区間	ping 間隔	監視期間	試行 回数	OK 回数	NG 回数	ping NG率
長野	PC~無線通信装置 (UD伝送)	5秒	9月11日~9月20日	144,592	144,535	57	0.0394%
秋田	PC~無線通信装置 (UD伝送)	5秒	9月17日~9月23日	101,985	101,954	31	0.0304%

3.6 情報セキュリティ

3.6.1 大負荷通信データ試験

(1) 目的

ネットワーク経由で負荷発生装置から中央装置に向け、大量の packets を送信し、高負荷をかけることにより、中央装置、無線通信装置等に対する影響を確認する。

(ソフトウェア版トラフィックジェネレータ使用。最大 200Mbps 程度の負荷可能。)
(DOS 耐性テスト)

(2) 方法

試験の構成を図 3.5 に示す。

無線通信装置内の変換ルータに負荷試験用 PC を接続し、トラフィックジェネレータにより、中央装置に向け大量の packets を送出する。その際、中央装置及び無線通信装置の動作に影響を与えないか確認する。

なお、パケットは暗号化され、中央装置まで届くことを想定している。

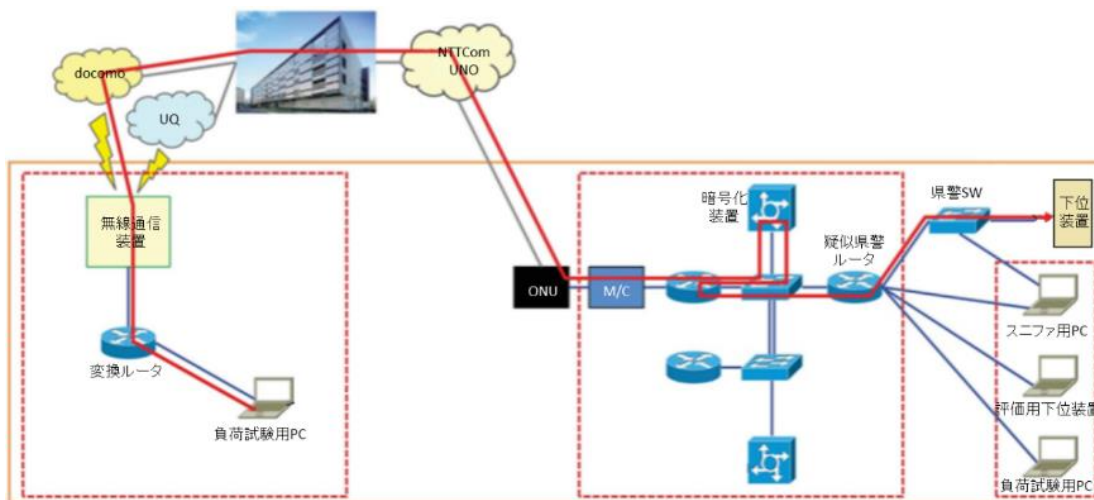


図 3.5 大負荷通信データ試験回線構成イメージ

負荷試験用 PC から、表 3.14 のとおり負荷をかけ、中央装置、無線通信装置及びファイアウォールにて挙動、ログを確認した。

表 3.14 大負荷通信データ試験諸元

回数	負荷	プロトコル/ポート		パケットサイズ
		送信元	宛先	
1	5Mbps	ランダム	UDP/10081	1024byte
2	10Mbps	ランダム	UDP/10081	1024byte
3	20Mbps	ランダム	UDP/10081	1024byte
4	30Mbps	ランダム	UDP/10081	1024byte

(3) 結果

試験結果を表 3.15 に示す。(負荷試験報告書は別添資料 6)

送信元 IP アドレスがランダムであったことから、ファイアウォールで遮断され大量の packets が流れ込む状態ではなく、中央装置への影響は認められなかった。

表 3.15 大負荷試験結果

回数	負荷	診断結果			備考
		中央装置	モバイル通信端末	ファイアウォール	
1	5Mbps	問題なし	問題なし	送信元がランダムであった為、通信をブロック	現地回線の品質上、3.5Mbps 以上は出なかった
2	10Mbps	問題なし	問題なし		
3	20Mbps	問題なし	問題なし		
4	30Mbps	問題なし	トンネル切断		

負荷が 30Mbps を超過した当たりで、無線通信装置側の能力限界に達したと想定されトンネル^(用語 15) が切断された。

このことから 30Mbps を超えるトラフィックが継続した場合、トンネルが切断され、中央装置側に負荷が及ぶことは無いと想定される。

(4) 考察

不正端末を無線通信装置に接続され、大量のパケットを送り込まれても、ファイアウォールで遮断され、中央装置まで到達せず、中央装置へ与える影響はないものと判断する。

また、万が一パケットが到達しても、回線速度が 3.5Mbps 程度である、負荷が一定以上になると回線が切断されることから、中央装置への影響は限定的であると考えられる。

3.6.2 脆弱性診断

(1) 目的

ネットワークの脆弱性を診断し、不正端末を無線通信装置に接続され、中央装置等に不正接続されないことを確認する。

(2) 方法

対象となるネットワーク構成機器に対して、サービスの脆弱性を診断する。

(長野県警のみ実施)

表 3.16 対象となるネットワーク機器

IP アドレス	用途
10.255.××.×××	IPsec Tunnel
10.255.××.×××	MVNO ルータ GW
10.255.××.×××	DC 疑似監視サーバ
10.255.××.×××	下位装置 (京三)

ア ポートスキャン

対象となるネットワーク構成機器のオープンポートを調査することにより、公開しているサービスを調査する。(使用ツール：nmap-7.70 版^(用語 16))

イ 脆弱性スキャン

ネットワーク構成機器に対して脆弱性スキャンを実施することにより、脆弱性の有無を調査する。(使用ツール：nessus-7.1.3 版^(用語 17))

(3) 構成

ア 診断端末を無線通信装置に直接接続

構成を図 3.6 に示す。

無線通信装置と変換ルータ間の配線を外し、無線通信装置に診断端末を接続し、下位装置に対してオンサイト脆弱性診断を行う。診断には、nessus を使用し、10 万件以上の項目に対し、診断を行う。診断の対象は IPsecTunnel、MVNO ルータ GW、DC サーバ、下位装置である。診断は、第三者機関が行った。

この接続構成の場合、ネットワークの設定で、戻りのルーティングが設定されていないため、正しく構成された場合、診断では、診断対象からの応答なしとなる構成である。

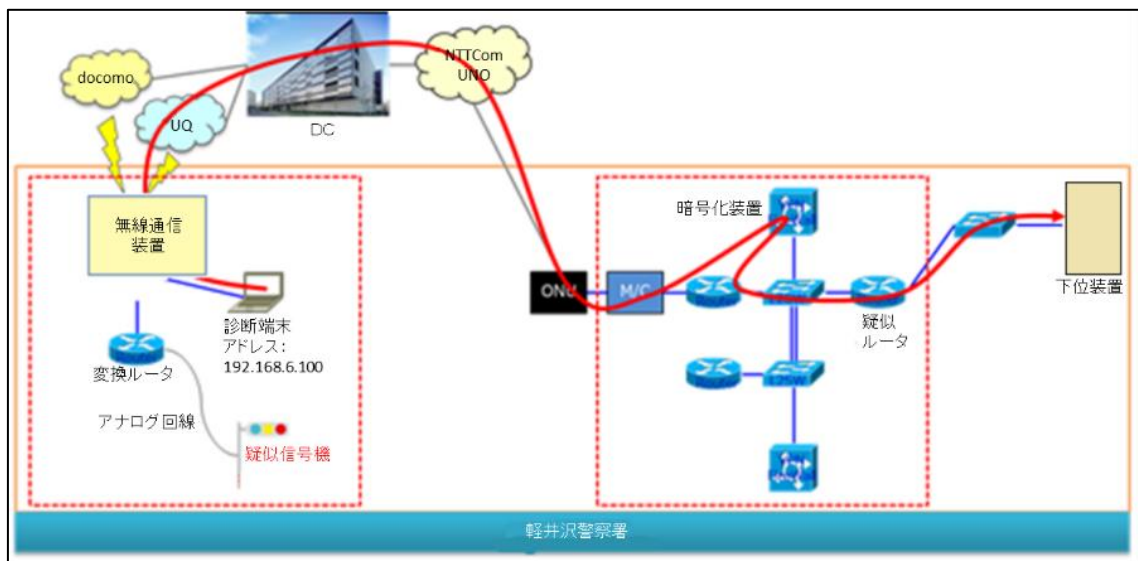


図 3.6 脆弱性診断ネットワーク構成 (直接接続)

イ 診断端末を変換用ルータ経由で信号機と同じ構成で接続構成を図 3.7 に示す。

変換ルータを模した疑似変換用ルータを介して診断端末を無線通信装置に接続する。

この構成では信号機と同じサブネットから無線通信装置と変換ルータ間の配線を外し、診断端末を接続した構成となる。アの構成とは異なり、信号機と同じサブネットに配置するため、下位装置との通信が可能となる構成である。

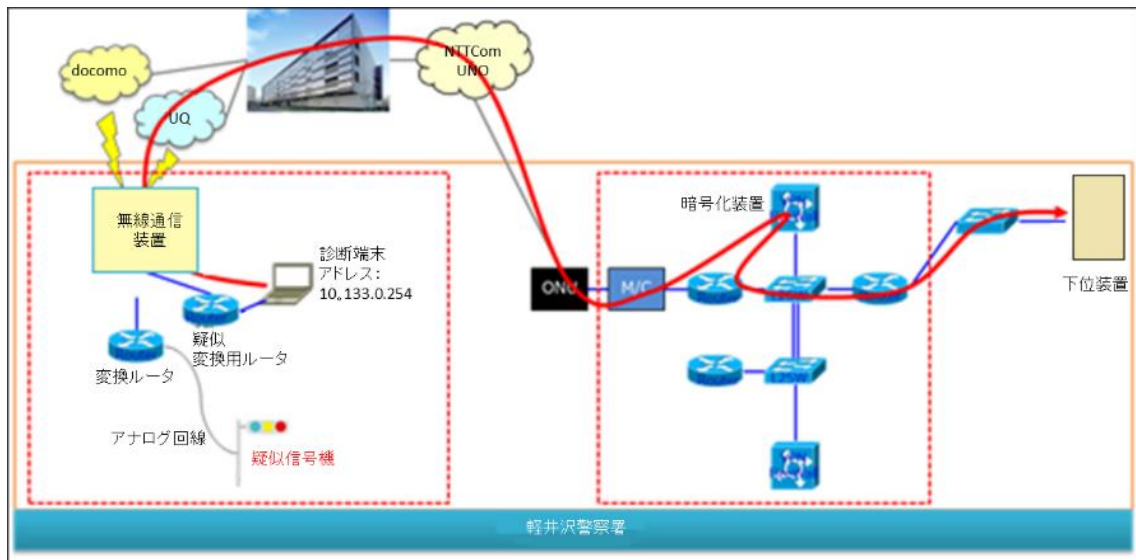


図3.7 脆弱性診断ネットワーク構成（ルータ経由接続）

※ nessus は、「情報セキュリティサービス基準」(経済産業省 平成 30 年 2 月 28 日)附則 2、脆弱性診断サービスに関する附則において、プラットフォーム脆弱性診断のツールとして挙げられている。

(4) 結果

脆弱性診断の結果を表 3.17 に示す。(診断結果報告書は別添資料 7) いずれも脆弱性は認められずセキュリティレベルは最高の AA であった。

表 3.17 脆弱性診断結果

IPアドレス	ア 制御ボードに直接接続			イ 変換ルータ経由で接続				
	セキュリ ティ レベル	発見された脆弱性			セキュリ ティ レベル	発見された脆弱性		
		高	中	低		高	中	低
10.255. xx.xxx (IPSec Tunnel IP)	AA	0	0	0	AA	0	0	0
10.255. xx.xxx (MVNOルータGW)	AA	0	0	0	AA	0	0	0
10.255. xx.xxx (DC疑似監視サーバ)	AA	0	0	0	AA	0	0	0
10.255. xx.xxx (下位装置)	AA	0	0	0	AA	0	0	0

(5) 考察

(1)アの構成時の下位装置及び(1)イ構成時の全機器において、ファイアウォールにおいて必要最小限のポート転送しか許可していなかったことから、脆弱性が検出されず、バージョン情報等の余分な情報も得ることができなかつたと考えられる。

3.6.3 不正 SIM 挿入時の回線接続動作

(1) 目的

無線通信装置の SIM (用語 18) を不正なものと交換した場合において、中央装置等に不正接続されないことを確認する。

(2) 方法

無線通信装置の正常な SIM を抜き、不正な SIM (SIM としての機能は正常であるが、本方式のモバイル回線に使用することが許可されていない SIM) を挿入し、回線接続を試みた。

(3) 結果

WAN-IP アドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイが判別できず接続されなかった。下図のとおり FDD (docomo 回線) が「down」となった。



図 3.8 不正 SIM 挿入時の回線接続動作
(平成 30 年 11 月 22 日、長野県警察軽井沢警察署内機械室にて試験実施)

3.7 筐体内温度記録

(1) 目的

デジタル温度計により、筐体内の温度変化を測定し、環境変化による無線通信装置の耐性を確認する。

(2) 方法

筐体内に温度計を設置し、24 時間温度測定する。

(3) 測定結果

測定結果を図 3.9、図 3.10 に示す

ア 秋田は、外気温-5.9～36.8℃に対し、筐体内温度は概ね 0～50℃であった。

(データ収集期間：2018 年 11 月 13 日～2019 年 8 月 16 日)

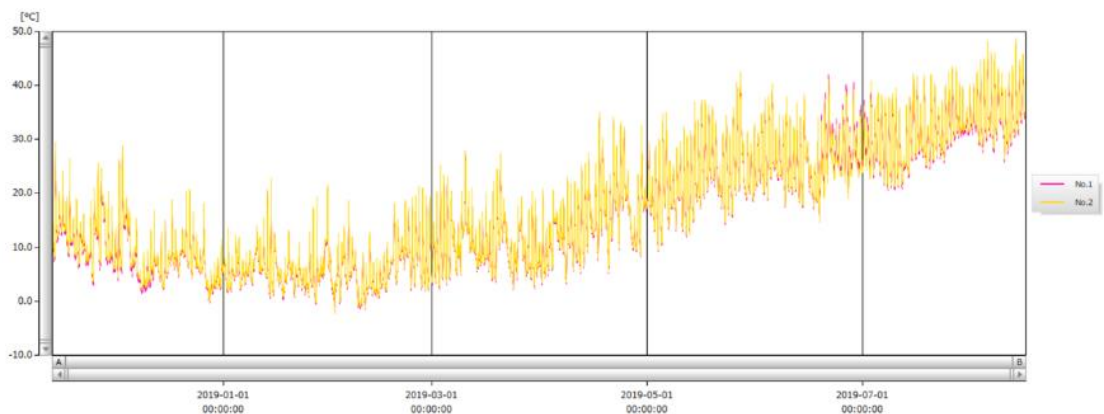


図 3.9 秋田県秋田市 NTT-ME 前交差点

イ 長野は、外気温-14.8～31.5℃に対し、筐体内温度は概ね 0～50℃であった。

(データ収集期間： 2018 年 11 月 12 日～2019 年 9 月 2 日)

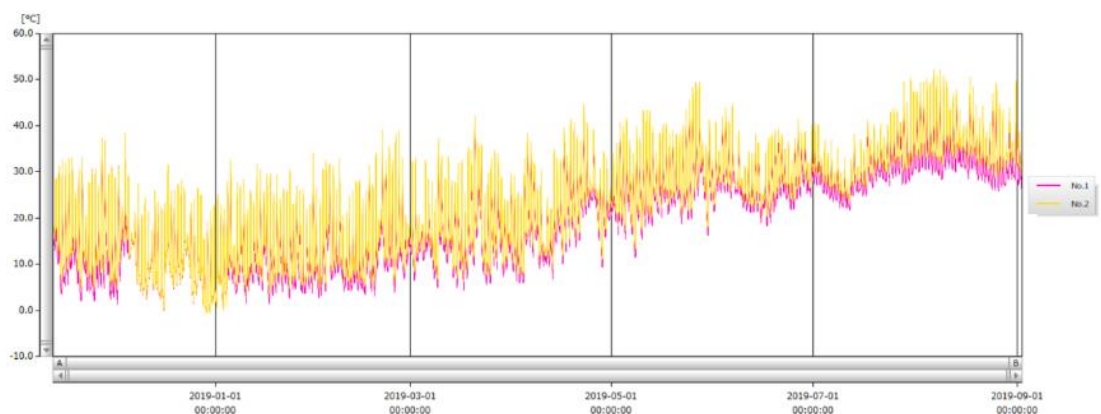


図 3.10 長野県軽井沢町 借宿東交差点

(4) 考察

筐体内温度は外気温に比べ、10～20℃程度高くなっているが、設計温度-20～60℃の間に収まっていた。

4 システム運用確認

4.1 運用確認

(1) 目的

本方式のモバイル回線を使用した交通管制システムが正常に動作しているかを確認する。

(2) 方法

ア HMI^(用語 19)による運用確認

交通管制センターからの信号制御の介入操作ができることの確認と共に、交通管制システムの上位装置に記録される信号制御結果等のデータや信号制御機の稼働状況の確認により、本方式のモバイル回線の運用状況を確認する。

イ UD形伝送方式における伝送データ等の確認

本方式のモバイル回線自体においては、パケットのロス (pingNG) が僅かではあるが、定常的に発生する (3.5.3 パケットロス率の測定) が、UD形伝送方式の再送機能等により、システムとしての正常動作を担保していることを確認する。(再送規定は別添資料 8)

(3) 確認内容および結果の概要 (一覧)

確認内容および結果の概要を表 4.1 に示す。

表 4.1 システム運用確認結果一覧

実験項目	実験内容		実験方法	結果		
HMI 運用確認	信号制御確認		信号制御介入	長野	サイクル変更を確認	
	交通情報確認		感知器情報照会		正常動作を確認	
			断面交通量照会	秋田	断面交通量情報を確認	
	信号機稼働状況確認		実行現示照会		実行結果に欠落が無いことを確認	
伝送データ の確認	下 位 装 置 ↓ 制 御 機	再送処理の 実施の確認	通信ログから 「感知器累積情報要求」 「信号制御指令」の 再送処理を抽出	秋田	9月～11月 調査	51回の再送を確認
				長野		86回の再送を確認 (再送を含めて全てのデータが伝送 されたことも確認)
		再送処理回数の 推定	pingNG率から推定される 再送回数を推定	秋田		推定回数 40.5～99.9回は、再送回数を 内包している
				長野		推定回数 43.2～93.7回は、再送回数を 内包している
	制 御 機 ↓ 下 位 装 置	データ欠損の 確認 (原因が不明なもの)	「感知器累積情報」の 欠損の調査	秋田	4月～11月 調査	制御用の感知器が収容されているが 調査不可
				長野		収容する4カ所の感知器の断面交通 量は欠損なし
			「信号制御実行情報」の 欠損の調査	秋田		欠損3回 (2回:パケットロスと推定、1回:伝 送されたが中央装置で欠損)
				長野		欠損5回 (全てパケットロスと推定)

4.1.1 HMIによる信号制御確認

(1) HMIにより、信号制御介入して、当該信号機のサイクルが変更されることを確認した。

4.1.2 HMIによる交通情報確認

(1) HMIにより、感知器情報照会ができることを確認した。

(2) HMIにより、断面交通量照会ができることを確認した。

4.1.3 HMIによる稼働状況確認

(1) HMIにより、実行現示照会において、「信号制御」→「信号機制御状況」→「サイクル・スプリット推移」を確認し、データ欠損のないことを確認した。

(2) HMIにより、回線障害等稼働状況を確認した。

4.1.4 UD形伝送方式における伝送データ等の確認（確認方法は別添資料9）

(1) 下りデータの伝送状況の確認

ア 下位装置から信号制御機への下りデータ情報である、①信号制御指令、②感知器累積情報要求を、ping試験用PCにおいて長期的に計測した通信ログから解析したところ、表4.2のように再送されていた。

表 4.2 下り情報（信号制御指令、感知器累積情報要求）の再送状況

（秋田：2019年9月1日～11月29日の91日間）

（長野：2019年9月1日～12月5日の96日間）

伝送方向	伝送データ	集計期間	再送発生回数	
			秋田(回)	長野(回)
中央装置 (下位装置) ↓ 信号制御機	信号制御指令	9月～11月	37 (78,933)	42 (60,947)
	感知器 累積情報要求		14 (163,599)	44 (55,289)
合計(約3ヶ月)			51 (242,532)	86 (116,236)

・()内は、伝送データの合計数である。

・信号制御指令は周期毎に伝送され、感知器累積情報要求は1分毎(秋田)および2.5分毎(長野)で伝送されている。

イ ここで、3.5.3表3.8及び表3.9のペケットロス率（pingNG率）の最小値および最大値から推定される表4.2の下り情報（信号制御指令、感知器累積情報要求）に係る再送発生回数は、表4.3のようになり、実際の再送回数を内包しているといえる（注1）。

表 4.3 下り情報の再送回数とペケットロス率から推定される再送回数

	推定最小 発生回数(回)	再送回数 (回)	推定最大 発生回数(回)
秋田	40.5	51	99.9
長野	43.2	86	93.7

(2) 上りデータの伝送状況の確認

信号制御機から下位装置への上りデータ情報である、①感知器累積情報、②信号制御実行情報を、長期間にわたり観測（注2）したところ、表 4.4 および表 4.5 に示すようになった。

（詳細データは別添資料 10）

表 4.4 上り情報（感知器累積情報）の欠損状況

伝送方向	伝送データ	調査期間	感知器情報欠損（長野）		
			発生（回）	原因確認（回）	原因不明（回）
中央装置 （下位装置） ↑ 信号制御機	感知器 累積情報	4月	4	4	0
		5月	1	1	0
		6月	2	2	0
		7月	5	5	0
		8月	2	2	0
		9月	3	3	0
		10月	4	4	0
		11月	2	2	0
合計（8ヶ月）			23	23	0

- ・中央装置の断面交通量が、4感知器同時に集計されていない場合を欠損とした。
- ・確認された原因は、中央装置の改修・不具合、実験装置のデータ収集・不具合等、確実に把握しているものである。
- ・原因不明な欠損がないため、本方式によるモバイル回線での伝送は確実に行われていると推定した。

表 4.5 上り情報（信号制御実行情報）の欠損状況

伝送方向	伝送データ	調査期間	信号制御情報 欠損					
			秋田			長野		
			発生（回）	原因確認（回）	原因不明（回）	発生（回）	原因確認（回）	原因不明（回）
中央装置 （下位装置） ↑ 信号制御機	信号制御 実行情報	4月	3	3	0	15	15	0
		5月	2	1	1	8	7	1
		6月	0	0	0	3	3	0
		7月	5	5	0	7	5	2
		8月	0	0	0	3	3	0
		9月	3	3	0	5	5	0
		10月	10	9	1（※）	6	4	2
		11月	9	8	1	2	2	0
合計（8ヶ月）			32	29	3	49	44	5

- ・中央装置の信号制御情報が集計されていない場合を欠損とした。
 - ・連続して複数周期に渡って欠測している場合も1回の欠損と集計した。
 - ・確認された原因は、中央装置の改修・不具合、実験装置のデータ収集・不具合等、確実に把握しているものである。
 - ・原因不明な場合の内、※印以外は、（通信ログの解析まで行っていないが）パケットロスと推定した。
- ※：一時的な伝送の乱れがあり、信号制御実行情報は伝送されたが中央装置が取り込めなかったことが判明している。

注1)

試行回数の少ない秋田の8月のpingNG率は使用しなかった。

pingのprotocolsとUD形伝送におけるprotocolsは異なるため、pingNG率が、必ずしもUD形伝送におけるパケットロス率を表しているわけではない。

しかしながら、表4.3の比較結果からは、相関性があると考えられる。

注2)

今回の実験システムでは、上り方向の伝送については、通信ログで直接調べることができないため、これらのデータを上位装置で集計した値(断面交通量、信号制御実行情報)の欠損を調べる方法とした。

なお、秋田の信号制御機には車両感知器が収容されており、定期的に感知器情報として収集されているが、断面交通量等の集計はしていないため、欠損状況の調査はできなかった。

(3) 考察

上記(1)からは、本方式のモバイル回線を交通管制システムで使用する場合には、パケットロス率から推定される伝送エラーが生じているものの、UD形伝送による再送処理により正しく伝送されている。

さらに、再送も欠損する確率が $2.15 \times 10^{-5}\%$ (0.0464%の2乗)であることを考慮すれば、システムとしては、ほぼデータ欠損することなく稼働しているといえる。

しかしながら、上記(2)の結果からは、信号制御機から中央装置(下位装置)への上りデータ情報は、稀に欠損する場合があります、その原因が明確になっていないところはあるものの、運用に支障を来すレベルではないといえる。

5 全国展開に向けた調査等

5.1 情報セキュリティ要件

本方式のモバイル回線では、実用化時には、交通管制センターから docomo および UQ の集約センターまでは二重化された専用イーサネットワークを構築して接続し、また、ファイアウォールについても、docomo および UQ に対応するよう 2 基設置することとしている。

さらに、データセンターについても、二重化する予定であるため、システムとしての情報セキュリティ性能は満たす事となる。

しかしながら、例えば、光ビーコン情報をモバイル回線で伝送した場合には、モバイル回線上の情報と上位装置等の情報と突き合わせるにより、FAST システム等の ID が特定される恐れがあるため、交通管制システムにおける機密情報の位置づけ、すなわち情報公開に当たっては、総合的に考えて、どの部分を公開するのかを都道府県警察で十分検討するべきとの見解もある。

これに対して、長野県警では、交通管制システムの情報は非公開情報には当たらず機密情報「低」という位置づけと解釈し、モバイル回線の利用は可能と判断している。

この点に関する解釈は、各都道府県警察がそれぞれで判断する必要があるが、参考として、実証実験における長野県警情報セキュリティ要件の対応方針を添付している。

(別添資料 11 参照)

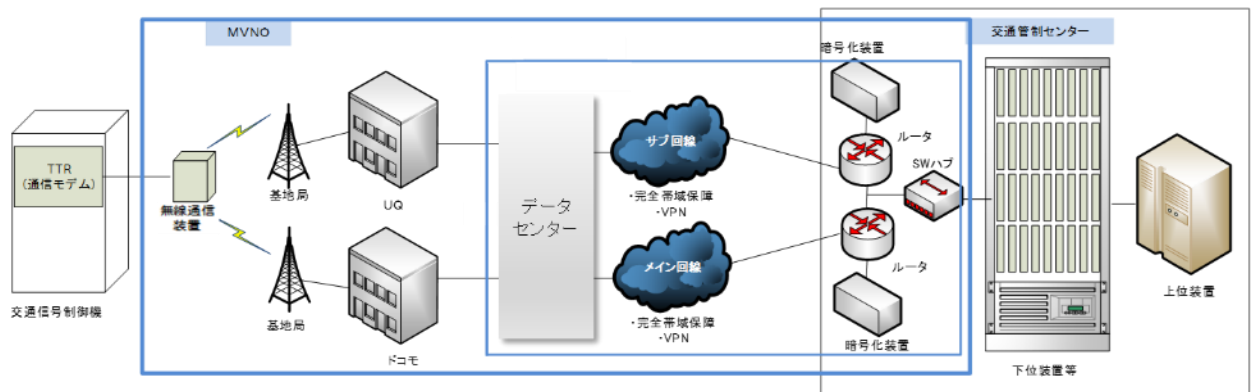


図 5.1 モバイル回線利用ネットワーク構成イメージ

- ・管制センターーキャリア間 警察専用ネットワーク 光閉域 VPN サービス
- ・管制センターー無線部間 ファイアウォール相互間で GRE over IPsec 構築
- ・無線区間 AES128bit で暗号化、認証システム CHAP 暗号化

5.2 交通管制システムにおけるモバイル回線利用に関するアンケート調査

都道府県警察（全 51 所属）の管制システム担当者に対して、モバイル回線の導入およびアナログ専用回線の現状に関するアンケート調査を実施した。（詳細は別添資料 12）

アンケートの集計は表 5.2 のとおりであるが、要点をまとめると次のようになる。

- (1) モバイル回線利用の調査研究が行われていることについては、41 所属（77.4%）が知っていた。
- (2) アナログ専用線の問題点については、31 所属（38.3%）が料金の高さ、23 所属（28.4%）が品質の悪さを挙げている。（複数回答あり）
- (3) アナログ専用線を変更することについては、既に 44 所属（84.6%）が何らかの検討・実施を進めている。
- (4) モバイル回線へ変更する場合の判断の要素としては、31 所属（26.1%）が料金の低減、26 所属（21.8%）が回線品質と料金の兼ね合い、21 所属（17.6%）が中央装置の更新に合わせることを挙げている。（複数回答あり）
- (5) 都道府県警察が信号制御に使用しているアナログ専用線についてまとめると表 5.1 のようになり、全国で約 37,000 回線（63.0%）に、本方式のモバイル回線の導入が可能である。

表 5.1 都道府県警察における信号制御回線の内訳（アンケート結果）

收容 伝送	本部センター 收容回線	サブセンター 收容回線	計 (回線)		備考
U形伝送	12,028	12,773	24,801	37,026	モバイル対応可
UD形伝送	7,128	5,097	12,225		
M形伝送	7,343	3,854	11,197	21,783	
その他	6,997	3,589	10,586		
計（回線）	33,496	25,313	58,809		

表 5.2 交通管制システムにおけるモバイル回線利用に関するアンケート（全国 51 所属）

交通管制システムにおけるモバイル回線利用に関するアンケート		11月29日時点		
部	質問事項	No	選択項目	合計
第1部	質問1-1 現在、当協会が交通管制システム用の回線としてモバイル回線（携帯電話網を使った回線）の研究をしていることを知っていましたか。（研究報告書を添付しました。）	3	モバイル回線の研究をしていることは聞いていたが、研究団体は知らなかった	21
		1	日本交通管理技術協会が研究していることを知っていた	20
		2	知らなかった	11
		4	その他	1
	質問1-2 現在信号制御に使用しているアナログ回線の問題点があれば、下記から選んでください。	3	料金が高い	31
		1	品質が悪い(瞬断の発生、レベル変動、エコーの発生等)	23
		4	サービスの継続性に課題がある	15
		5	特段の問題はない	5
		2	対応が悪い(故障時、異常時等)	4
		6	その他	3
	質問1-3 貴都道府県警察では、アナログ回線を他の種類の回線への変更を検討していますか。	4	変更を検討中	26
		1	一部変更済み	12
		5	何も考えていない	6
		3	変更計画策定中	4
		2	変更計画の策定が完了	2
		6	その他	2
	質問1-4 貴都道府県警察がアナログ回線をモバイル回線に変更する場合に、その判断の要素は何になると考えますか。	1	料金の低減	31
		3	回線品質と料金の兼ね合い	26
		5	中央装置や下位装置の更新	21
		6	警察庁の指導	16
		2	回線品質の向上	15
		7	その他	7
		4	他県の動向	3
		3	効果と料金の兼ね合いで採用する	28
	質問1-5 当協会の研究では、モバイル回線の品質を高くするために、通信キャリアを二種類使用することを考えていますが、これに対する意見を聞かせてください。	1	交通管制システムで使用するために安定性は必須である	23
		5	現段階では何とも言えない	12
		4	シングル通信キャリアで、(多少の回線断があっても)安価な方がよい	5
		7	その他	2
6		モバイル回線を使用する気はない	1	
2		効果が高ければ、(料金に関係なく)採用する	0	
第2部	質問2-1 当協会の検討では、U伝送、UD伝送を対象として、既設の管制システム設備の変更は行わず、下位装置の設定で変更する方式を考えています。貴都道府県(方面)警察交通管制システムでの、この方式によるモバイル回線の使用の可否について調査したいのですが、調査に当たっての条件設定等が必要なため、当協会が、調査研究委員会に参加しているシステム納入メーカーに問い合わせることを考えています。これについて、ご対応の方針等を選んでください。	2	問い合わせせて、その結果は都道府県(方面)名を明示して報告書に載せてもよい	18
		3	問い合わせせて、その結果は都道府県(方面)名を伏せて報告書に載せてもよい	15
		1	問い合わせせて、結果を個別に知らせて欲しい	15
		4	独自に問い合わせる(協会から問い合わせる必要は無い)	3
		5	調べる必要は無い	1
		6	その他	0
	質問2-2 モバイル回線への変更について、当協会からの説明を聞きたいですか。(1-3の回答をされた場合には、後日当協会から連絡いたします。)	3	日程等の条件次第では説明を聞きたい	25
		2	ついでがあれば説明を聞きたい	8
		1	ぜひ説明を聞きたい	6
		5	既に説明を受けている	6
		4	説明は不要である	4
		7	その他	3
		6	答えたくない	0
		第3部	質問3-1 ◎システムの更新計画を教えてください。(予算の裏付けの必要はありません)。	①上位装置更新
2020年度	9			
2021年度	7			
②下位装置更新・撤去	2022年度			10
	2023年度			13
	2019年度			85
質問3-2 ◎端末対応装置Ⅰ、Ⅱの導入予定を教えてください。(予算の裏付けの必要はありません)。	③端末対応装置Ⅰ導入		2020年度	94
			2021年度	79
			2022年度	78
	④端末対応装置Ⅱ導入		2023年度	99
			2019年度	40
			2020年度	49
質問3-3 ◎現在使用しているアナログ回線数を教えてください。(情報板、光ビーコン専用を除く)	⑤本部センター(アナログ回線)		2021年度	39
			2022年度	3
			2023年度	17
	⑥サブセンター(アナログ回線)		2019年度	114
			2020年度	99
			2021年度	63
		2022年度	87	
		2023年度	98	
		U伝送	12,028	
		UD伝送	7,128	
		M伝送	7,343	
		その他	6,997	
		U伝送	12,773	
		UD伝送	5,097	
		M伝送	3,854	
		その他	3,589	
			回線合計	58,809

5.3 管制システムへのモバイル回線の導入可能性調査

各都道府県管制システムにおいて、本方式のモバイル回線を使用する場合における下位装置等の対応の可否等について調査した結果を表 5.3 に示す。(詳細は別添資料 13)

これによれば、旧型の U 形下位装置以外は、ほとんど対応可能であることがわかる。

なお、調査および本報告書への記載については、各都道府県警察の意向に基づいている。

5.3.1 UD 形伝送方式での制御の場合

現在、アナログ専用回線を使用し、UD 形伝送方式で制御している場合、下位装置等で本方式のモバイル回線の利用が可能かを調査している。

具体的には、①UD 形通信を下位装置等から LAN 経由で L3SW に出力できるか、②ハードウェア、ソフトウェアの追加、改修あるいはルーティング等の設定変更などの条件はあるかを調査した。

なお、本方式のモバイル回線の場合は、信号制御機の改修や変更は必要ない。

表 5.3 下位装置等ごとのモバイル回線利用条件調査について

県警等名	U下位装置			UC下位装置Ver1			UC下位装置Ver2			UC下位装置Ver3			端末対応装置II			端末対応装置I			その他		
	L3SW出力	条件	台数(基)	L3SW出力	条件	台数(基)	L3SW出力	条件	台数(基)	L3SW出力	条件	台数(基)	L3SW出力	条件	台数(基)	L3SW出力	条件	台数(基)	L3SW出力	条件	台数(基)
青森	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	0~4				可	有	15~19	可	有	0~5			
岩手				可	有	3	可	有	1				可	有	6						
秋田				可	有	3				可	有	2	可	有	5						
埼玉	不可		6	可	有	19							可	有	7						
千葉				可	有	1				可	有	1									
	不可		20~24	可	有	0~4	可	有	25~29				可	有	0~4	可	有	0~4			
神奈川	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	60~64				可	有	20~24	可	有	0~4			
山梨				可	有	7							可	有	2						
				可	有	1	可	有	2												
長野										可	有	3									
	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	0~4				可	有	0~4	可	有	0~4			
静岡	不可		12	可	有	7	可	有	5						3	可	有	1			
岐阜	不可		2	可	有	13							可	有	7						
				可	有	10							可	有	3						
三重	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	0~4				可	有	0~4	可	有	0~4			
大阪				可	有	18							可	有	24	可	有	1			
兵庫	不可		4	可	有	30							可	有	15						
愛媛				可	有	10							可	有	1						
高知	不可		2				可	有	2				可	有	1				可	有	1
福岡	不可		7	可	有	37							可	有	28						
熊本				可	有	1				可	有	5	可	有	13	可	有	1			
大分										可	有	10									
A				可	有	8	不可		1												
							可	有	5				可	有	45						
B							可	有	1	可	有	2	可	有	2						
C										可	有	5									
D				可	有	1				可	有	10	可	有	10	可	有	1			
E	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	10~14				可	有	10~14	可	有	0~4			
							可	有	2												
F	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	0~4				可	有	0~4	可	有	0~4			
G	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	5~9				可	有	5~9	可	有	0~4			
H				可	有	1				可	有	8	可	有	9						
										可	有	2	可	有	13						
I	不可		0~4	可	有	0~4	可	有	0~4				可	有	0~4	可	有	0~4			
J				可	有	9															
K				可	有	13							可	有	20						
L	不可		2	可	有	11							可	有	4						
M										可	有	6	可	有	16						
N				可	有	10							可	有	4						

※ アンケート結果により、「個別に知らせて欲しい」、「独自に調査する」、「調べる必要はない」、「その他」の所属については本表には掲載していない。
 は結果は都道府県名を明示して報告書に載せてもよい。(アンケート結果) その他について
 は結果は都道府県名を伏せて報告書に載せてもよい。(アンケート結果) 高知:信号制御下位装置

5.3.2 U 形伝送方式での制御の場合

現在、アナログ専用回線を使用し、U 形伝送方式で制御している場合において、本方式のモバイル回線を使用するためには、下位装置が UD 形伝送方式に変更できれば良いため、上記の 5.3.1 と同じ結果となる。

なお、本方式のモバイル回線の場合は、信号制御機の改修や変更は必要ない。

6 アナログ回線の回線品質調査

都道府県警察の交通管制システムのアナログ回線について、中央装置で検出した①回線異常、および、②回線異常により生じた信号制御実行情報の欠損を調査し解析することによりアナログ回線の回線品質を明らかにした。(詳細は別添資料 14)

なお、調査は 6 府県警等の協力を得て下位装置等の製造メーカーが収集した。

6.1 調査結果の総括

1 か月間の調査結果は表 6.1 のようになり、簡単にまとめると次のようになる。

- (1) **44%** (85/194 回線) の回線に月に 1 回以上の回線異常が発生する。
- (2) **33%** (64/194 回線) の回線に月に 1 回以上の欠損を生じており、その発生頻度は 1 回線当り、月に **1.3**回 (249 回/194 回線) 生じている。

表 6.1 アナログ回線の回線品質調査結果

項目 / 地域		6地域		A県	B県	C県	D県	E県	F県	
1	調査	開始	各約30日間		6/1	6/10	5/26	6/1	7/1	6/1
2		期間			30	30	30	30	30	28
3		回線数	194	回線	16	45	100	8	5	20
4	回線異常発生	回線数	85	回線	8	10	55	6	5	1
5		回数	738	回	77	349	276	14	21	1
6		平均異常時間	20.1	秒/回		14.2	28.3			
7	欠損発生	回線数	64	回線	6	5	46	4	3	0
8		回数	249	回	61	42	135	4	7	0

注：本調査では、中央装置（下位装置）等で判断した「回線異常」を回線断とみなして集計しているため、必ずしも回線断ではない場合が含まれていたり、正確な回線断の継続時間ではない可能性もある。

6.2 回線異常の発生分布

6.2.1 時間帯別アナログ回線異常の発生の分布

回線異常の発生の分布を時間帯別に集計すると、表 6.1 のようになり、特段の規則性は無いと判断できる。

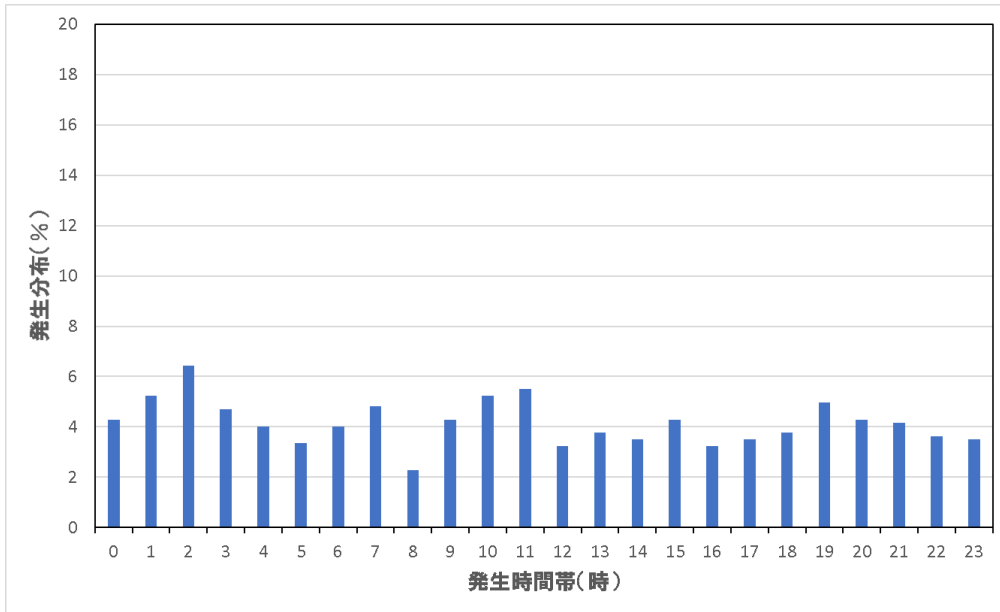


図 6.1 時間帯別アナログ回線異常の発生の分布

6.2.2 日付別アナログ回線異常の発生の分布

回線異常の発生の分布を日付別に集計すると、表 6.2 のようになり、特段の規則性は無いと判断できる。

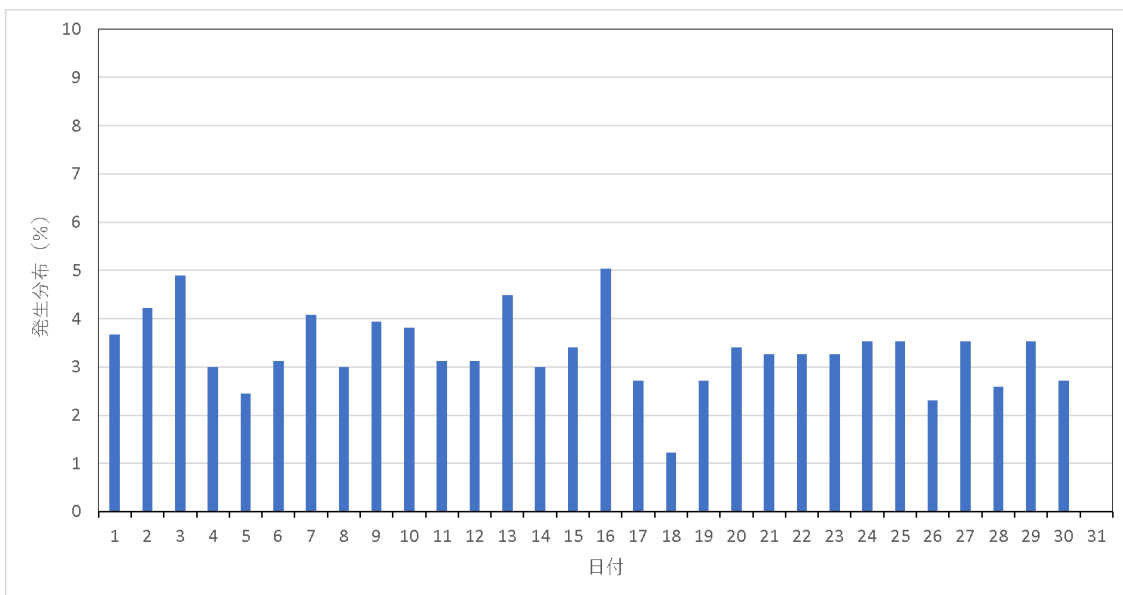


図 6.2 日付別アナログ回線異常の発生の分布

6.2.3 アナログ回線異常の発生の分布

回線異常になった時間の分布を、①回線異常が発生したが何らの影響も無かった場合（「欠損なし」）と、②回線異常により信号制御実行情報が欠損した場合（「欠損あり」）に分けて示すと、図 6.3 のようになる。

図 6.3 のようになる理由は、シミュレーション（別添資料 15）により説明できるが、注目すべき点は、回線異常（断）時間は 8 秒以上であり、UD 形伝送により再送する 5 秒より長いこと、つまり、再送の仕組みがあっても、回線異常により情報が伝送されずに欠損となる可能性があることである。

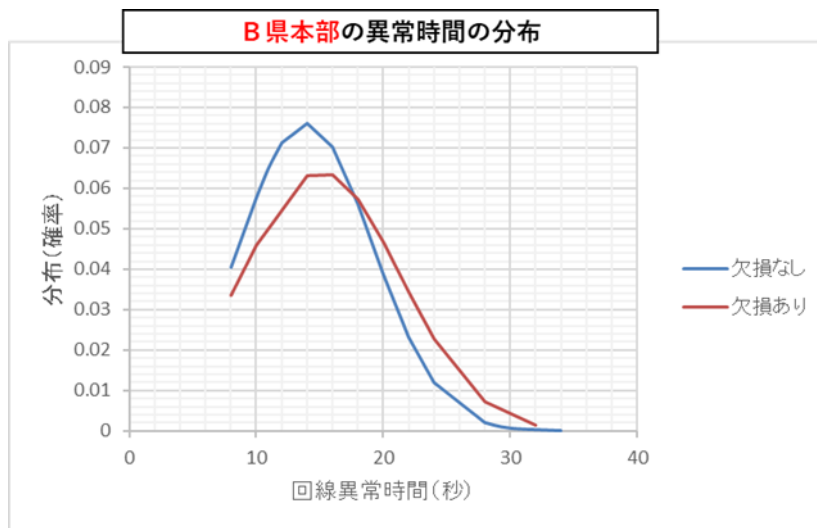


図 6.3 アナログ回線の異常時間の分布 (B 県)

7 伝送方式

実証実験使用している UD 形伝送の説明をするとともに、現在使用している 4G(LTE)ネットワークの位置づけおよび 5G ネットワークの使用の検討を行った。

7.1 UD 形伝送

UD 形伝送は、インターネットの普及、低コストで高速な通信メディアの登場、国際標準プロトコルへの準拠の必要性の高まり等を背景に、インターネットプロトコル (IP) をベースとした伝送方式として、2002 年 (平成 14 年) に仕様化された。

その後、2012 年 (平成 24 年) の改訂で、光ファイバを用いた専用回線 (広域イーサネットサービス) にも対応している。

(1) 通信階層モデル

この伝送方式は、OSI の通信階層モデルに準拠し、図 7.1 に示すようにレイヤ毎にプロトコルが定義されている。

さらに、物理層は表 7.1 に示すように、アナログ専用回線 (9,600bit/s)、デジタル専用回線 (64kbit/s) 及び広域イーサネット回線が定義されている。また、端末装置相互間接続インタフェースとして、EIA-422-A 準拠の 4 線式自営回線 (64kbit/s) によるインタフェース (S9 形) も定義されている。

これら物理層の上には、PPP プロトコルにより IP 層が構築され、上位層には物理層の種類が影響しない設計となっている。したがって原理的には、IP 通信可能な通信網上であれば物理的メディアを問わず利用可能である。今後の技術革新に追従できるオープンな仕様と汎用性を持ち、今後開発されるさまざまなアプリケーションにも対応可能となっている。

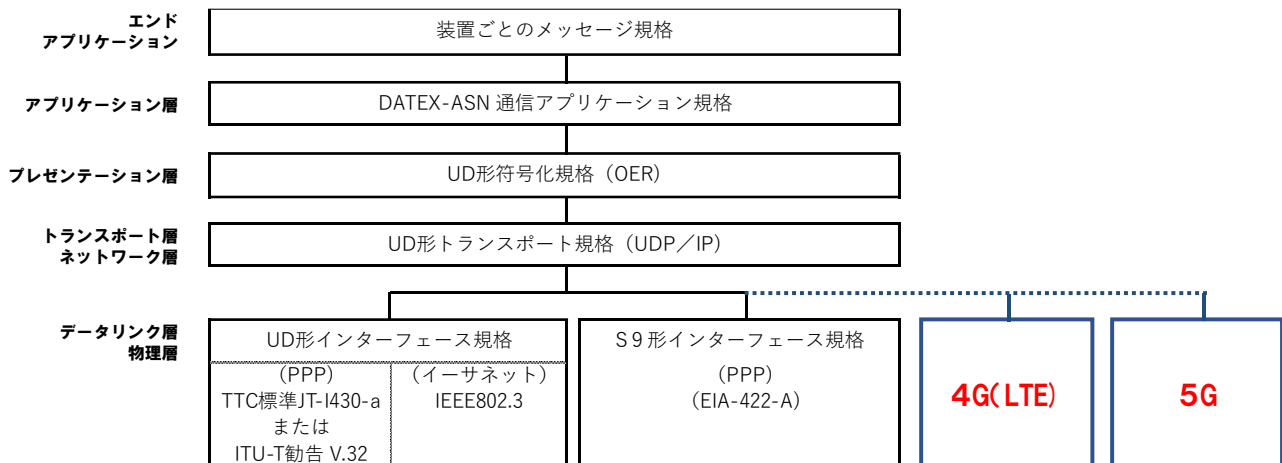


図 7.1 UD 形伝送プロトコルスタック

(出典: (一財) UTMS 協会「UD 形伝送規格」に追記)

表 7.1 UD 形伝送の概要 (出典:(一財)UTMS 協会「UD 形伝送規格」)

用途	集約回線			端末相互回線
インターフェース	UD形			S9形
	アナログ	デジタル	イーサネット	シリアル
通信回線	2線式専用回線		10BASE-T	4線式自営線
	3.4kHz	DA64	100BASE-TX	
適用規格	ITU-T V.32	JT-I430-a	IEEE802.3	EIA-422-A
伝送速度	9,600bit/s	64kbit/s	最大100Mbit/s	64kbit/s
データリンク層	PPP (Point to Point Protocol)			

(2) アプリケーションプロトコル

アプリケーション層では、ISO 国際標準である DATEX-ASN プロトコルが使用されている。

DATEX-ASN は、セッションによるコネクション型通信であり、サーバ・クライアントの関係を構築して情報交換を行う。また、端末装置毎に定義されるエンドアプリケーションメッセージの仕様定義は、抽象構文記法 ASN.1 により記述され、汎用性を高めている。

ASN.1 で記載されたメッセージ定義と、実際に送受信されるデータとの相互変換（符号化）規格としては、NTCIP 1102 で定義された OER 符号化を採用している。

7.2 4G (LTE) ネットワークを使った伝送

UD 形伝送方式は、OSI の通信階層モデルに準拠し、図 7.1 に示すように、物理層の上には、PPP プロトコルにより IP 層が構築され、上位層には物理層の種類が影響しない設計となっている。

今回の実証実験の構成においては、4G(LTE)ネットワークを主として使用し、IP 通信を可能としている。

7.3 5G ネットワークを使った伝送

UD 形伝送方式は、OSI の通信階層モデルに準拠し、図 7.1 に示すように、物理層の上には、PPP プロトコルにより IP 層が構築され、上位層には物理層の種類が影響しない設計となっている。

したがって、今後、5G ネットワーク等を使用する場合であっても IP 通信可能ネットワークであれば、原理的には利用可能である。

また、今回の実証実験の構成における「無線通信装置」では、無線通信部分に各通信事業者用の既製のモジュール基板を使用しているため、この部分の交換等により 5G 等へも比較的容易に対応が可能と考えられる。

8 まとめ

8.1 結論

- (1) 既存の交通管制システムにおいて、本方式のモバイル回線を使用した運用ができることを実証し、また、2回線ではあるが、長期的な運用もできることが確認できた。
- (2) 本方式のモバイル回線は、基本的にはパケットレベルの伝送エラーは生じるところではあるが、UD形伝送方式における再送処理機能により補われ、運用には支障を生じない程度となる。したがって、運用上における総合的な品質としては、アナログ専用回線を使用する場合と比較して同等以上であると考えられる。
- (3) 本方式のモバイル回線は、必要とする情報セキュリティ性能を満足している。
- (4) 本方式のモバイル回線は、全国の交通管制システムのほとんどに適用可能である。

8.2 モバイル回線の要求仕様と実現性

本方式によるモバイル回線に求められる要求仕様と本実証実験において確認された実現状況をまとめると表 8.1 のようになり、総合的に要求仕様を満足している。

表 8.1 本方式によるモバイル回線の要求仕様と実証実験における実現状況

項目 構成		要求仕様		実証実験実現状況			
		構成1(U形伝送:長野)	構成2(UD形伝送:秋田)	構成1 (U形伝送:長野)	構成2 (UD形伝送:秋田)		
1	インタフェース	端末側	U形インタフェース規格	UD形インタフェース規格 (アナログ専用線)	○	○	
		上位側	UD形インタフェース規格(広域イーサネット回線)		○(上りの再送は未確認)		
2	プロトコル変換	端末側	U形通信アプリケーション規格	—	○	—	
		上位側	DATEX-ASN通信アプリケーション規格	—	○ (上りの再送は未確認)	—	
3	通信品質	伝送遅延	往復 4秒以下 (UD形伝送の再送処理にならないこと)		○(pingによる試験方法)		
		パケットロス率	0.1%以下 (ITU-T-Y.1541準用)		○(0.0122%~0.0464%) (pingによる試験方法)		
4	情報セキュリティ	試験	通信負荷	一般的に使用されるツールによる試験に合格すること	○		
		オープンポート			○		
		脆弱性			○		
		暗号化	電子政府推奨暗号リストにある方式を使用すること	○			
5	ネットワーク機能	冗長化	モバイル回線と地上回線を含めて冗長化を図ること		モバイル回線:○、地上回線:シングル構成		
		セキュリティ	専用の閉域網とすること		実験用はフレッツ網使用		
		回線	同一キャリア	UD形伝送の再送処理ができること(5秒未満)		○	
			キャリア切替	切替に伴う通信断(30秒程度)も可とする(切替頻度が小さいため)		切替時通信断発生	
		切替	キャリア監視	電波強度監視、ping監視		○	
地上回線	常時2ルート化または無瞬断切替		実験用はシングル構成				
6	温度特性	筐体内温度	使用部品の補償温度範囲内であること		実験用は、-20 ~ +60℃		
					○	○	

8.3 システム運用上の確認

本方式のモバイル回線のシステム運用確認（4項）の結果をまとめると、表 8.2 に示すようになる。

すなわち、UD 形伝送では、回線品質のひとつであるパケットロス率（pingNG 率）からほぼ推定できる回数の再送処理が行われている。

さらに、この再送処理も含めて、基本的には、本来伝送すべきデータは全て伝送されていると考えられるが、稀ではあるが、パケットロスと考えられるデータ欠損を生じるものの、その程度は、交通管制システムの運用に支障を生じるようなレベルではない。

表 8.2 本方式のモバイル回線の確認内容

伝送方向	確認内容	確認場所	
		秋田	長野
下り方向伝送	・pingNG から推定される再送回数を確認した。	○	○
	・感知器(断面交通量)情報の欠損が無いことから、 下り・上り方向ともに確実な伝送が行われたことを確認した。(※1)	—	○
上り方向伝送		・信号制御実行情報は、8回の欠損を確認した。(※2)	—
	○		○

※1: 中央装置で感知器情報から集計する断面交通量が、4感知器同時に集計されていない場合を欠損とした。

※1: 感知器情報の収集は、中央装置からの「感知器累積情報要求」(下り伝送)に対して、制御機が「感知器累積情報送信」(上り伝送)を行うことにより行われる。
したがって、感知器情報の欠損が無いこと(=断面交通量情報の欠損が無いこと)から明らかな内容である。

※2: 中央装置の信号制御実行情報が集計されていない場合を欠損とし、さらに、中央装置の改修・不具合、実験装置のデータ収集・不具合等、確実に把握している原因を除外したものである。

一方で、アナログ専用回線においては、UD 形伝送方式による再送処理が機能するものの、回線異常時間が 5 秒を超える事が多いため、再送データも到達することができずにデータ欠損となることが多いと想定できる。

ここで、アナログ専用回線と本方式のモバイル回線を使用した場合を、信号制御実行情報(上り情報)の欠損で比較すると、表 8.3 のように本方式のモバイル回線の方が優位となる。

表 8.3 管制システムにおける伝送回線の違いによるのデータ欠損の頻度例

	管制システムでのデータ欠損発生(1回線あたり)
モバイル回線	平均して月に0.5回 (※1)
アナログ専用線	平均して月に1.3回 (※2)

※1: 表 4.5 の上り情報の欠損状況の合計を再掲

※2: 表 6.1 の回線品質調査結果の 欠損回数/調査回線数 から計算

8.4 全国展開

本方式によるモバイル回線の全国の交通管制システムへの展開の可能性については、全国の都道府県警察へのアンケート（5.2 項）の結果をまとめると図 8.1 に示すようになり、全国展開への期待は大きい。

すなわち、全国で交通信号機制御に使用している回線数約 59,000 回線の内、約 37,000 回線（全国の約 63%の回線数）に適用可能であり、また、信号制御機を接続する下位装置等についても現在使用中のものはほとんど対応可能（6.3 項）である。

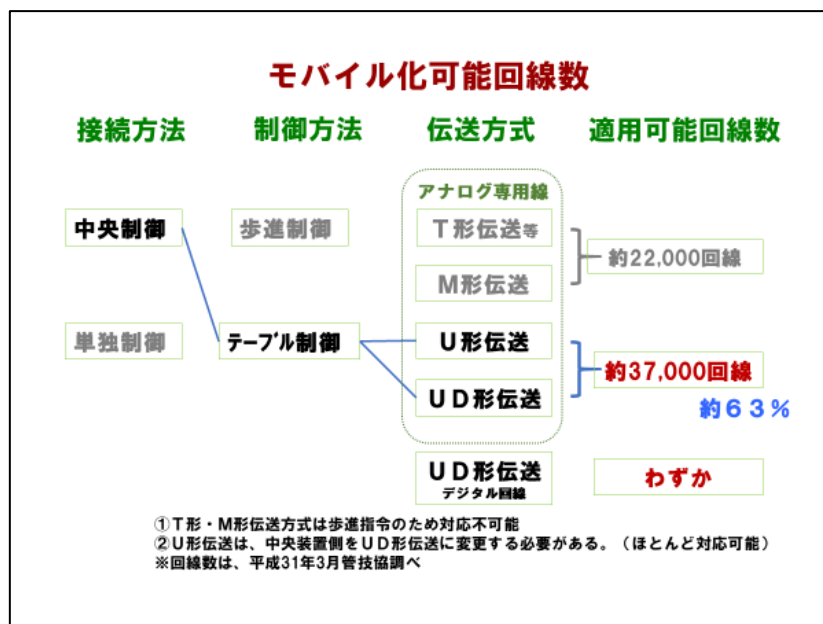


図 8.1 モバイル回線の適用可能範囲

8.5 課題

- (1) 設置環境による影響が考えられるため、設置場所の選定に関する検討も課題である。
(ガイドライン（案）：別添資料 16)
- (2) M形伝送とT形伝送への適用には、新たな技術開発が待たれる。
- (3) 情報板などへの応用についても検討が望まれる。
- (4) シングルキャリアでの運用の可否について、料金体系を含めた検討が望まれる。

9 用語の解説

表 9.1 用語の解説（1）

番号	記載頁	用語	内容
1	1	モバイル回線	携帯電話やスマートフォンなどに利用されている移動体無線通信を使用した交通管制システム用の回線のことであり、片端はデジタル有線回線（光ファイバー回線を含む）で交通管制システムへ接続されることを想定している。利用に当たっては、自ら通信設備を持たないMVNO事業者（Mobile Virtual Network Operator）の役割とすることを想定しているが、実際に本方式で使用する回線は、移動体通信設備を持つ事業者（MNO: Mobile Network Operator）の回線である。
2	1	本方式のモバイル回線	上記の「モバイル回線」の構成を基本として、本文2頁図2.1に示す構成のことである。つまり、複数の異なる移動体通信事業者の移動体通信回線を使用し、移動体側では、直接交通信号制御機に接続できるインターフェイス装置を有して、既存の伝送方式がUD形伝送またはU形伝送に特化した回線のことであり、通常使用する移動体通信事業者の通信回線が使用できない場合には、自動的に他方の移動体通信事業者の通信回線に切替る。
3	1	中央装置	交通管制センターやサブセンターに設置され、サーバー等の情報処理機器や情報蓄積機器等を備え、同時に複数の信号制御機等をコントロールする装置のことで、大きく上位装置と下位装置に分かれる。
4	2	UD形伝送方式	交通管制システムにおいて、信号制御機等の端末装置と交通管制センターの間でデータの送受信を行う交通管制システムに特化した伝送方式のひとつである。詳細は本文32頁に解説してあるが、原理的にはIP通信可能な通信網であれば物理的メディアの制限はないため、MVNO回線を使用した本方式のモバイル回線においても、UD形伝送方式を使用している。
5	2	U形伝送方式	交通管制システムにおいて、信号制御機等の端末装置と交通管制センターの間でデータの送受信を行う交通管制システムに特化した伝送方式のひとつである。物理メディアとしては、アナログ専用回線に限定されている。本方式のモバイル回線では、インターフェイス装置（無線通信装置）でUD形伝送方式にプロトコルを変換している。
6	2	端末対応装置Ⅱ	交通管制システム上位装置の端末制御ブロックにLAN接続し、最大16の信号制御機や光ビーコン等の各種端末装置と接続し、UD形伝送及びU形伝送により、端末通信制御データを送受信する機能を有している。アナログ専用線を利用する場合には、各伝送方式に対応する回線対応ユニット（LCU）が必要となる。
7	2	LCU	端末対応ユニット（Line Control Unit）の略で、交通管制システムにおける下位装置や端末対応装置Ⅱに設置され、アナログ専用回線を使用して、交通信号機等の端末装置と各種伝送方式による伝送を行うのである。

表 9.2 用語の解説 (2)

番号	記載頁	用語	内容
8	2	docomo回線	移動体通信事業者である(株)NTTドコモが提供する通信回線のことであるが、本方式のモバイル回線においては、MVNO事業者の役務となる。
9	2	UQ回線	移動体通信事業者であるUQコミュニケーションズ株式会社が提供する通信回線のことであるが、本方式のモバイル回線においては、MVNO事業者の役務となる。
10	3	CHAP方式	Challenge Handshake Authentication Protocol の略であり、移動体通信における端末の認証方法である。途中経路で盗聴されてもその内容が第三者にわからずパスワードを保護できる方式である。
11	3	GRE over Ipsec	IPsec上でGRE (Generic Routing Encapsulation : トンネルプロトコル) を動作させる技術のことで、LAN-to-LAN接続の行われたネットワークにおいて、その拠点間の経路情報をダイナミックルーティングでやり取りするために使用する方法のことである。
12	8	エリアテスタ	無線基地局の建設・保守用に使用する測定器のことで、各種通信方式用のハードウェアユニット、ソフトウェアを搭載しており、基地局サービスエリア内の無線通信品質を評価できる。
13	12	ping	ネットワーク疎通を確認したいホストに対してIPパケットを発行し、そのパケットが正しく届いて返答が行われるかを確認するためのコマンドのことである。この ping コマンドが正常に実行できれば、通常はホスト間のネットワークは正常であると判断できる。また統計値を表示することで、基本的なネットワーク性能を簡易に計測することもできる。
14	14	パケットロス	ある通信主体から発信されたパケットが、ネットワークの伝送経路の途上で喪失し、宛先に指定された相手方まで届かないことである。経路上にある通信回線や中継・転送装置などの過負荷や故障、無線電波などの回線状態の悪化による信号の喪失などが原因で生じる。
15	17	トンネル	ネットワーク技術におけるトンネル (トンネリング) とは、なんらかのネットワークで接続されている、物理的または論理的に離れた2点間を、仮想の回線 (トンネル) によりあたかも同一点であるかのように扱えるようにすることである。
16	18	nmap-7.70	ポートスキャンを行う代表的なツールである。
17	18	nessus-7.1.3	コンピュータセキュリティに関して開発された包括的な脆弱性検知ツールであり、システム上の潜在的な脆弱性を検知する。世界で最も使われている脆弱性検知スキャナといわれている。
18	20	SIM	SIMカード (Subscriber Identity Module Card) のことであり、携帯電話等で使われ、加入者を特定するためのID番号が記録されたICカードである。
19	22	HMI	Human Machine Interfaceの略であり、本来は、人間が機械や装置を操作したり、人と装置との間で情報をやり取りするための手段や道具のことであるが、ここでは、交通管制システムにおける運用操作端末装置のことである。