

平成19年度及び平成20年度
「公共・公益分野における移動無線システムのブロードバンド
化等に関する調査検討」における検討状況

平成21年6月18日(木)
(独)情報通信研究機構

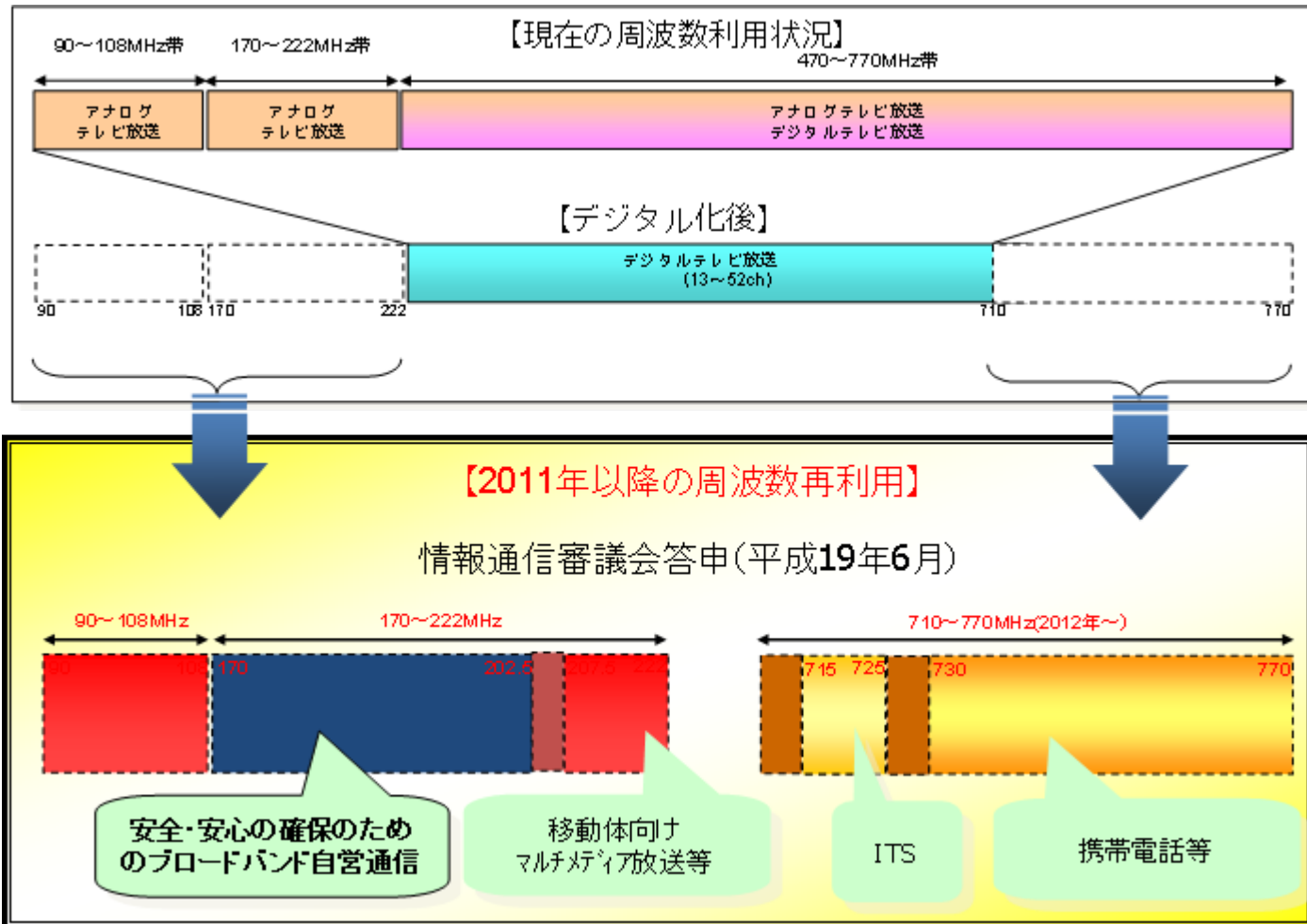
本資料の概要

- 概要
 - 経緯

- 調査検討結果
 - 公共ブロードバンドシステムの要求条件等(案)
 - 公共ブロードバンドシステムの無線伝送方式(案)
 - 携帯端末向けマルチメディア放送との干渉

- 試験結果
 - 屋外伝搬特性取得試験
 - RSSI, 遅延プロファイル, 広帯域フェージング特性等のデータ取得および解析
 - 室内伝送特性取得試験
 - 無線アクセス物理層仕様の検証, ハンドオーバー特性データ取得
 - プライオリティコントロール・マルチキャストに関する機能・性能の検証

経緯



(独)情報通信研究機構では、平成19年度及び平成20年度「公共・公益分野における移動無線システムのブロードバンド化等に関する調査検討」を総務省より請負い、実施

調査検討結果

想定されるユーザーに対するアンケート調査、ヒアリング、映像品質のデモ等を実施し、要求条件を整理

•アプリケーション

- ✓ 端末に接続したカメラで撮影した映像(+付随音声、位置情報)を本部等まで伝送
- ✓ 複数のカメラを設置し、3ch程度同時使用することがある

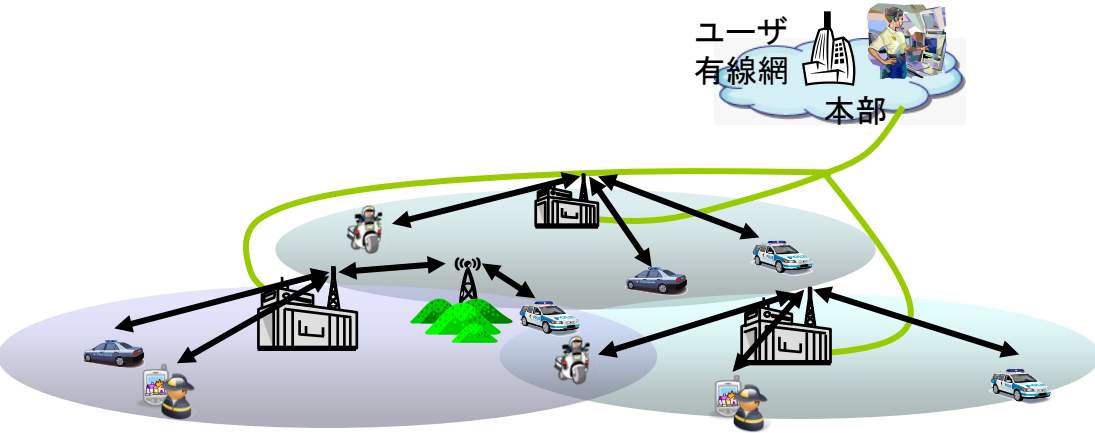
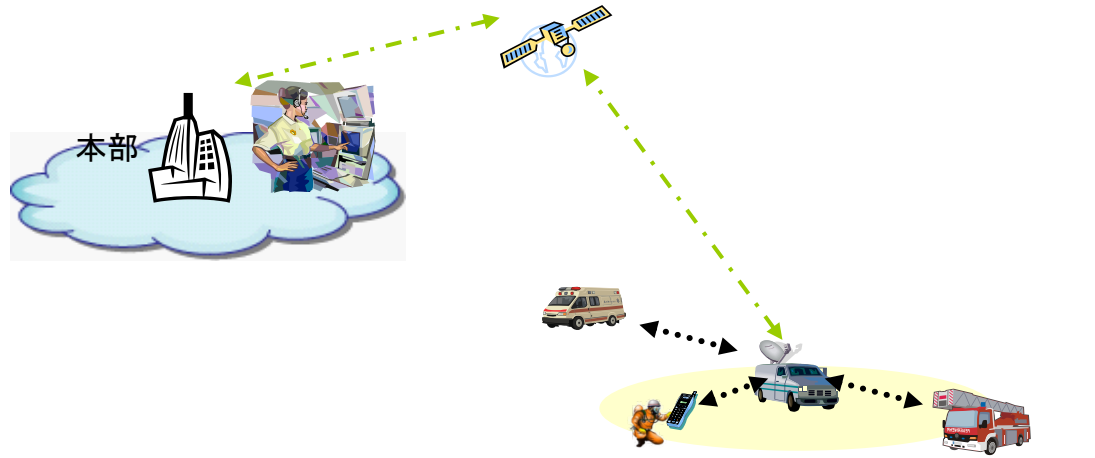
•要求条件

- ✓ 通信速度 : セルエッジにおいても、NTSC程度の映像伝送のため数百k~1Mbps程度を確実に確保することが必要
- ✓ 遅延 : 一般的に蓄積型でなければ多少の遅延は許容され得るが、事案によっては許容されない場合も存在する
- ✓ 可搬局(基地局・端末ともに)
 - 大きさ・重さ : カメラやバッテリーを含め、10kg未満でリュックサックに收容可能が望ましい
 - 連続使用時間 : 2~3時間連続送信できるバッテリーが必要

公共ブロードバンドシステムの要求条件等(案)(2/2)

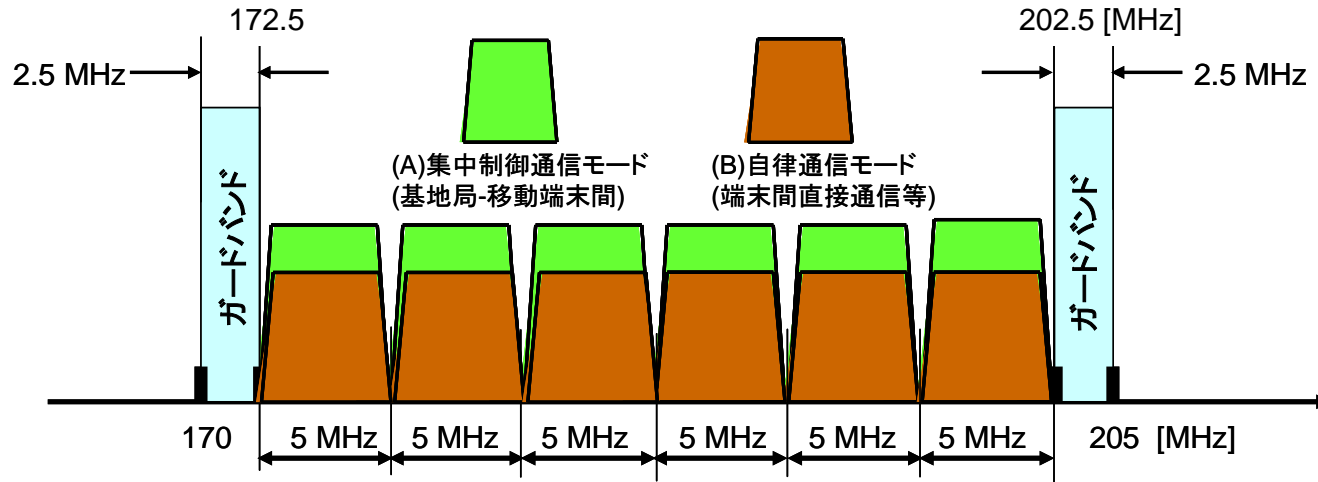
•通信形態

- ✓ 「集中制御通信モード」のほか、「自律通信モード」が必要

	定義	イメージ
<p>集中制御通信モード(基地局-移動端末間通信システム)</p>	<p>集中制御により统一的に管理されている基地局(中継局)と移動端末間の通信形態。</p>	
<p>自律通信モード(可搬基地局による臨时无線アクセス)</p>	<p>自律的に動作する機能を有する。通信範囲が可搬型通信モード内で閉じている場合と何らかの手段(衛星、有線接続等)でバックボーンに接続している場合がある。</p>	

公共ブロードバンドシステムの無線伝送方式(案)(1/2)

物理層: OFDM 複信方式: TDD、占有周波数帯幅: 5MHz の方向で検討



□ 考え方

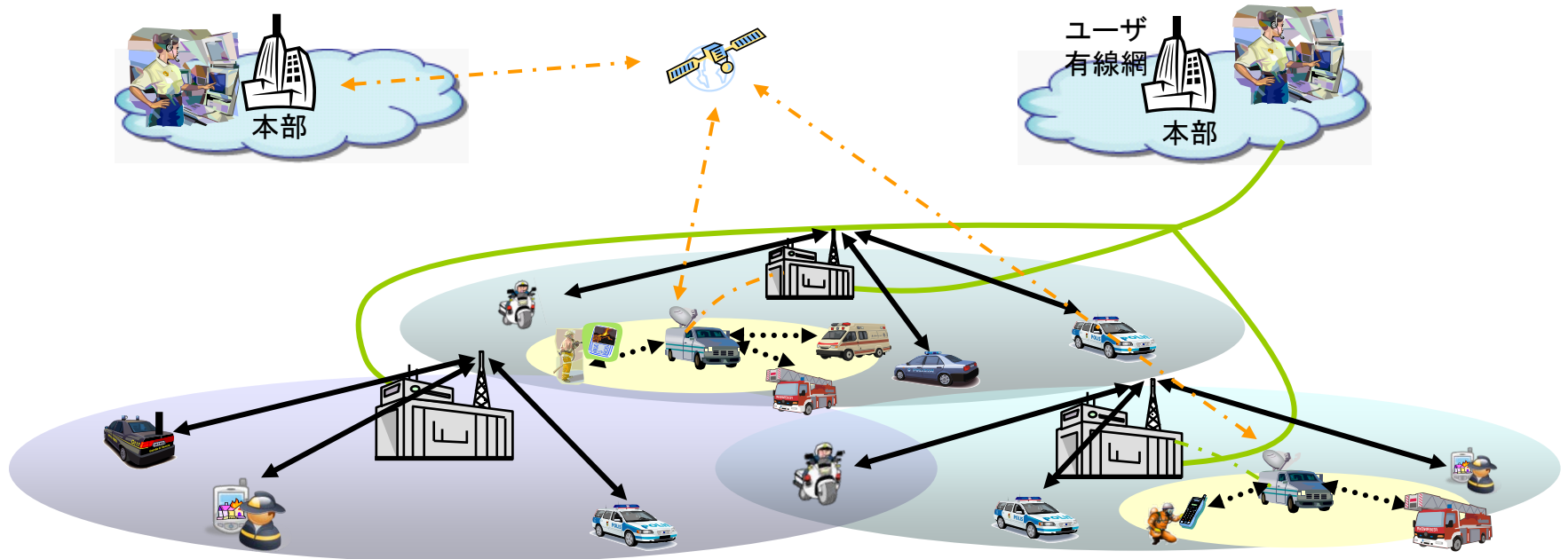
- 170-205MHzの内側に確保するガードバンドは各2.5MHz程度と考えられ、実際に通信に使用できる帯域は30MHz程度
- 割当て可能な周波数がアンペアバンドであることを踏まえると、周波数資源の有効利用の観点から、上下間のガードバンドが不要なTDD方式が有力
- 災害等現場の映像伝送を主な目的としたシステムであり、上り回線と下り回線の伝送レート比率の変更が比較的容易なTDD方式のメリットが活かし易い
- 要求要件を踏まえ、セルエッジでのNTSC相当の映像伝送を可能にするには5MHz/1ch程度必要
- 集中制御通信モードにおける周波数繰り返しのため、集中制御通信モードで使用可能なチャンネルは3ch以上必要
- 要求要件を踏まえ、可搬型基地局等を実現するための自律通信モードが必要であり、複数カメラの使用を考慮すると、自律通信モードで使用可能なチャンネルは3ch以上必要

無線伝送方式(案)(2/2) ~集中制御通信モードと自律通信モードの共存~

前提: 集中制御通信モード及び自律通信モードの方式は共通(OFDMA/TDD方式)

自律通信モードが具備すべき機能の例

- ・周波数利用状況を知る機能(キャリアセンシング、データベースに接続して周辺状況の情報を得る等)
- ・他の基地局と同期を取るための機能(GPS受信、有線接続、他基地局の信号受信等)
- ・集中制御通信モードのネットワーク(制御局)に接続する機能
⇒ 自律通信モードは集中制御通信モードとともにリソーススケジューリング
- ・自律通信モード基地局からのビーコンの受信機能
- ・自律通信モード使用時に、周波数利用状況等を集中制御通信モードに知らせる機能 等



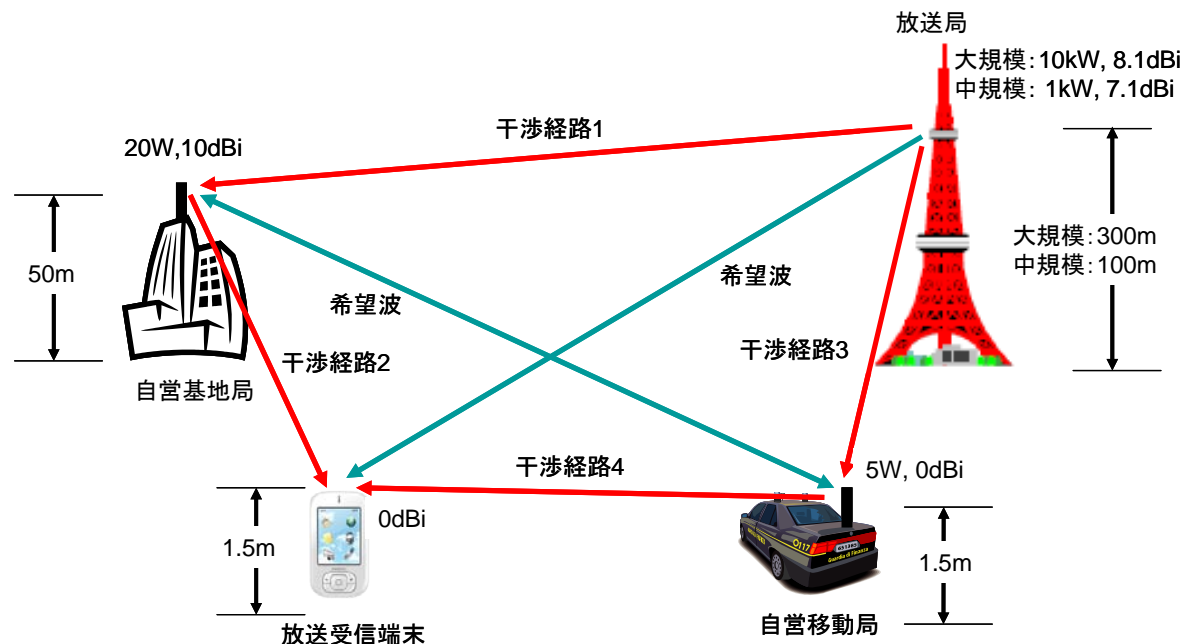
携帯端末向けマルチメディア放送との干渉検討

「自営通信(公共ブロードバンドシステム)の無線伝送方式(案)に基づく想定モデル」と
「テレビジョン以外の放送(携帯端末向けマルチメディア放送)」の干渉条件を検討

「自営通信」と上隣接周波数帯を使用する「テレビジョン以外の放送」の周波数配置

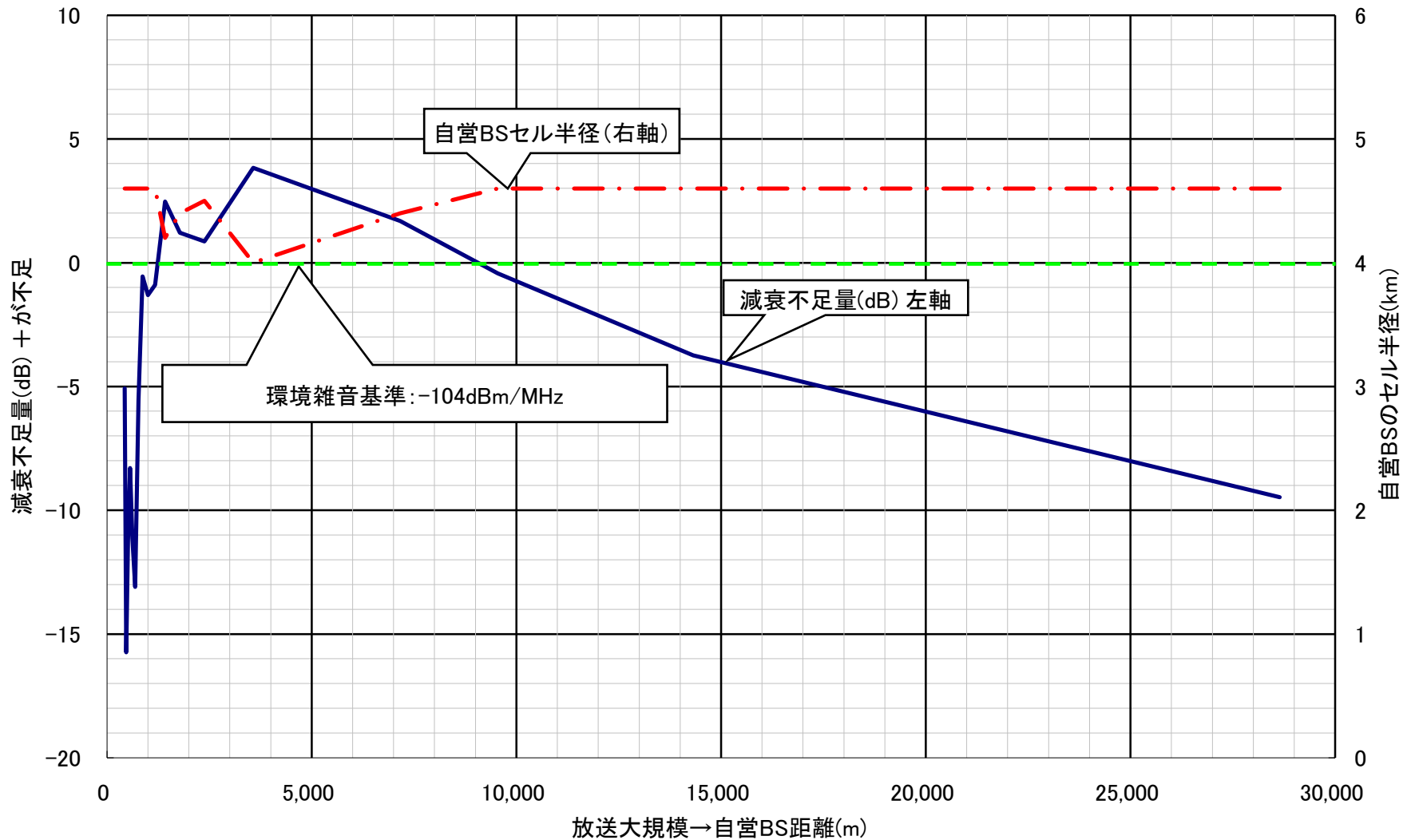


干渉経路(4経路)

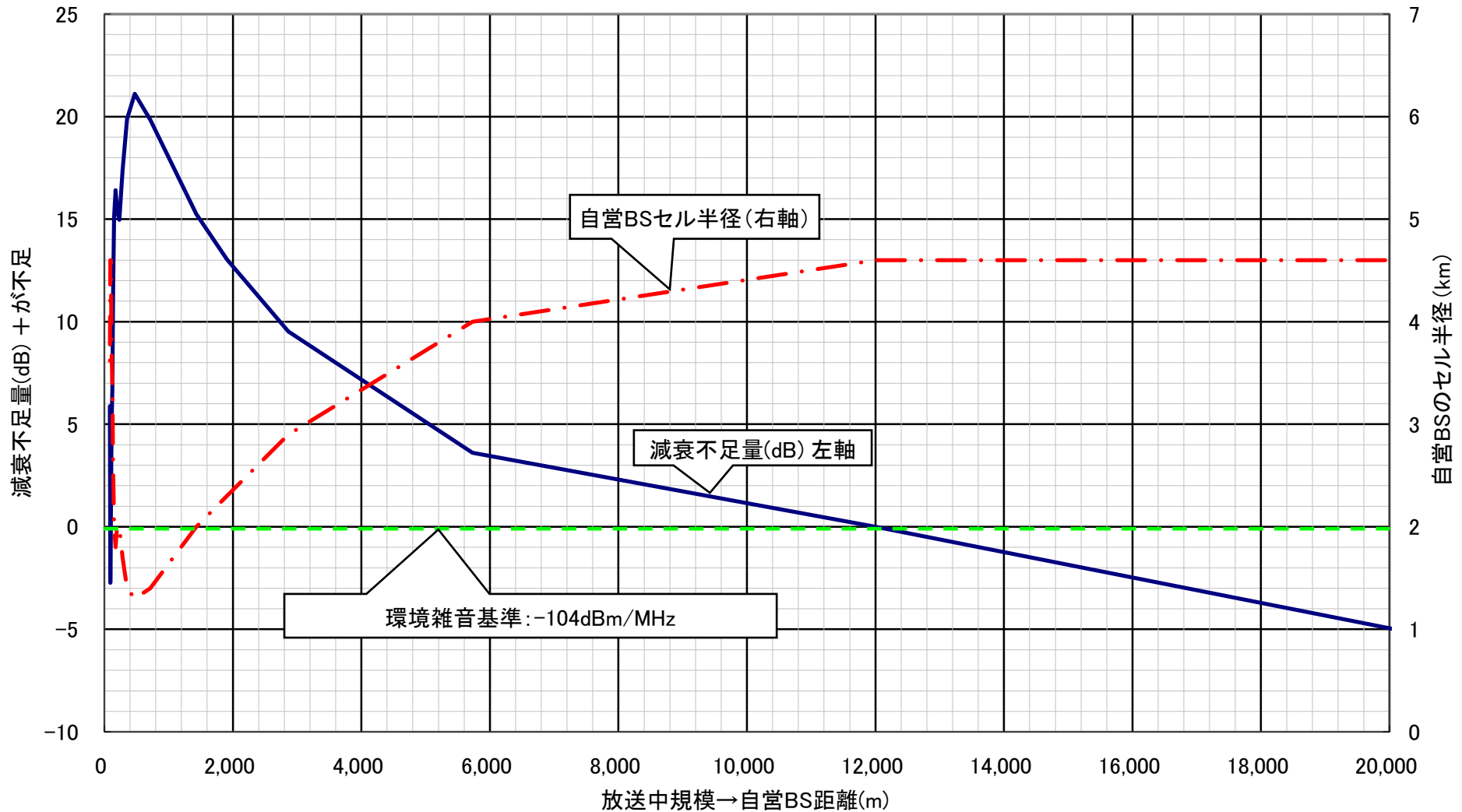


- 干渉経路1 : 放送局から自営基地局の干渉
⇒干渉軽減のための対策が必要(次ページ以降参照)
- 干渉経路2~4 : 移動局を含む経路
⇒シミュレーションの結果、干渉発生確率は、十分に低い値

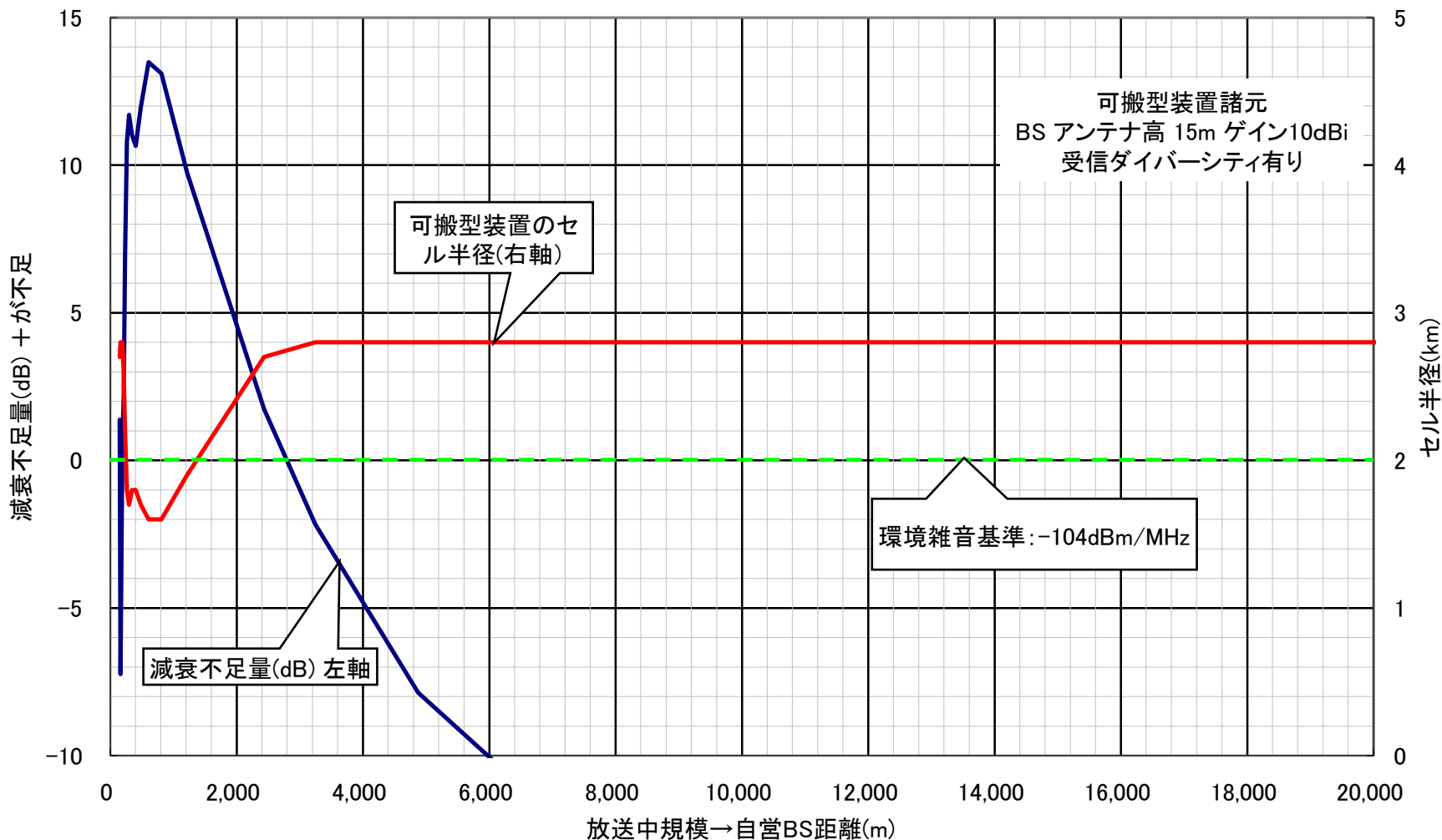
大規模放送局から自営基地局への干渉



中規模放送局から自営基地局への干渉



中規模放送局から自営可搬基地局への干渉



試験結果

- 屋外伝搬特性取得試験 -

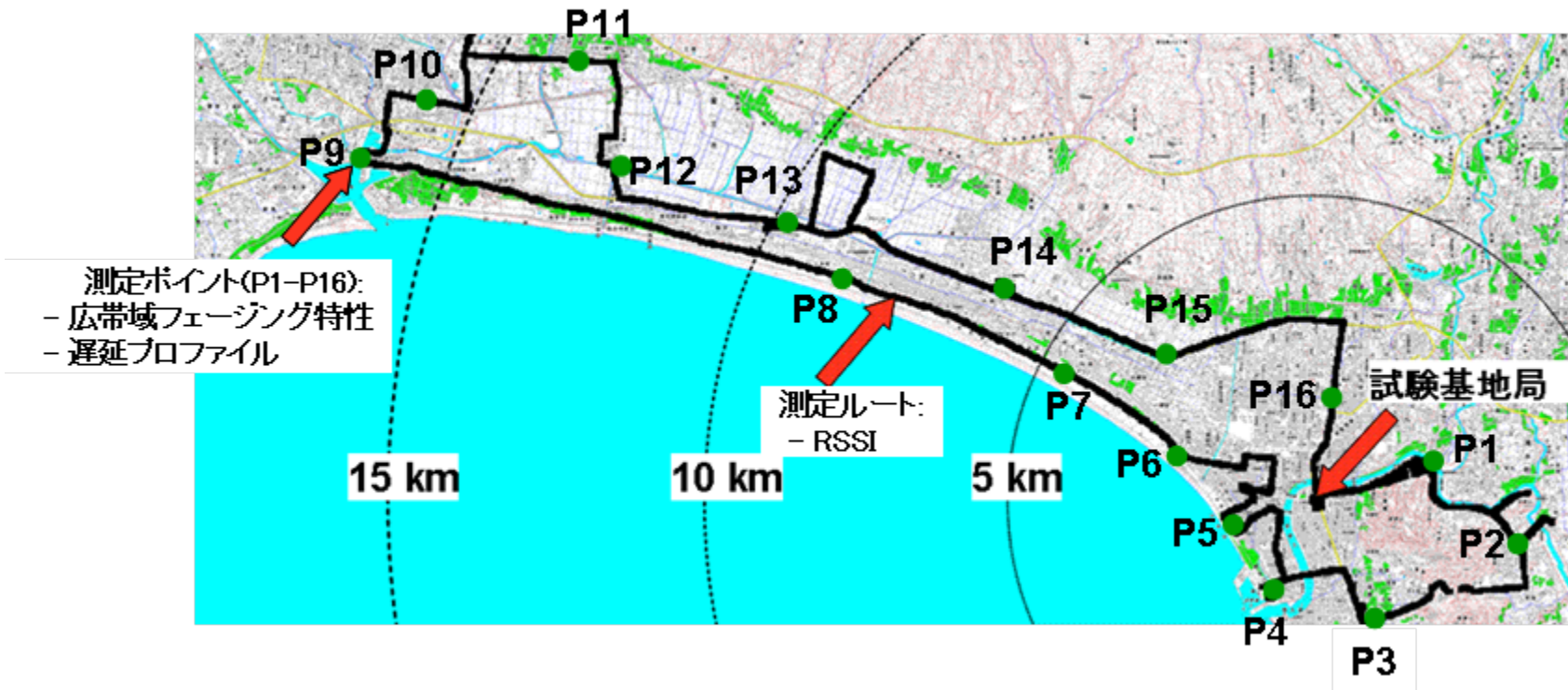
屋外伝搬特性取得試験 (1/5)

□ 実験場所

- 基地局設置場所: 静岡県沼津市 沼津市役所屋上
- 移動局設置場所: NICT所有の測定車上
- 測定ルートおよび測定ポイント: 下図(基地局から最大16 km)

□ 実験項目

- 伝搬距離特性, 広帯域フェージング特性, 遅延プロファイル, アンテナ空間相関 等

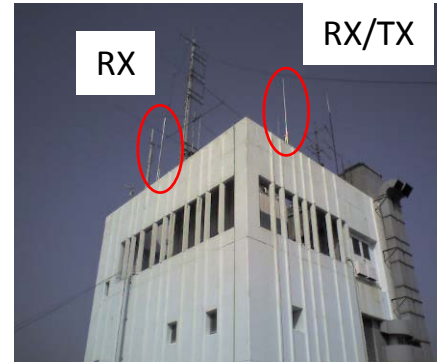


屋外伝搬特性取得試験 (2/5)

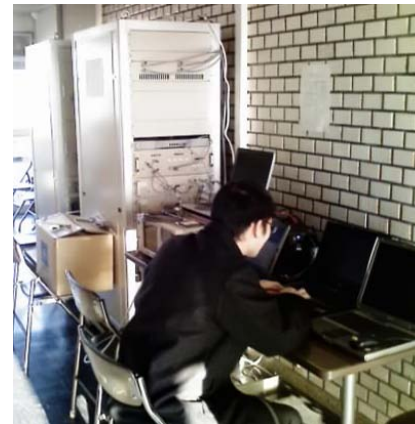
実験局諸元

	基地局	移動局(車載)
使用信号		
- 中心周波数	190 MHz	
- 占有帯域幅	最大10 MHz(185-195 MHz)	
- 送信出力	20 W	5 W
アンテナ		
- タイプ	3段コリニア アンテナ	ホイップ アンテナ
- 利得(実測)	6 dBi	2.4 dBi
- アンテナ長	3.9 m	40 cm
- アンテナ高	45 m	2 m
- 受信アンテナ間隔	約 5 m	約 1.5 m
信号処理		
- サンプル周波数	44.8 MHz	
- A/D分解能	14 bit	

基地局

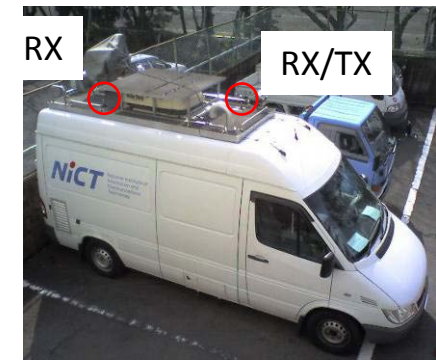


基地局アンテナ



基地局無線機

移動局



移動局アンテナ



移動局無線機

屋外伝搬特性取得試験 (3/5)

RSSI測定条件

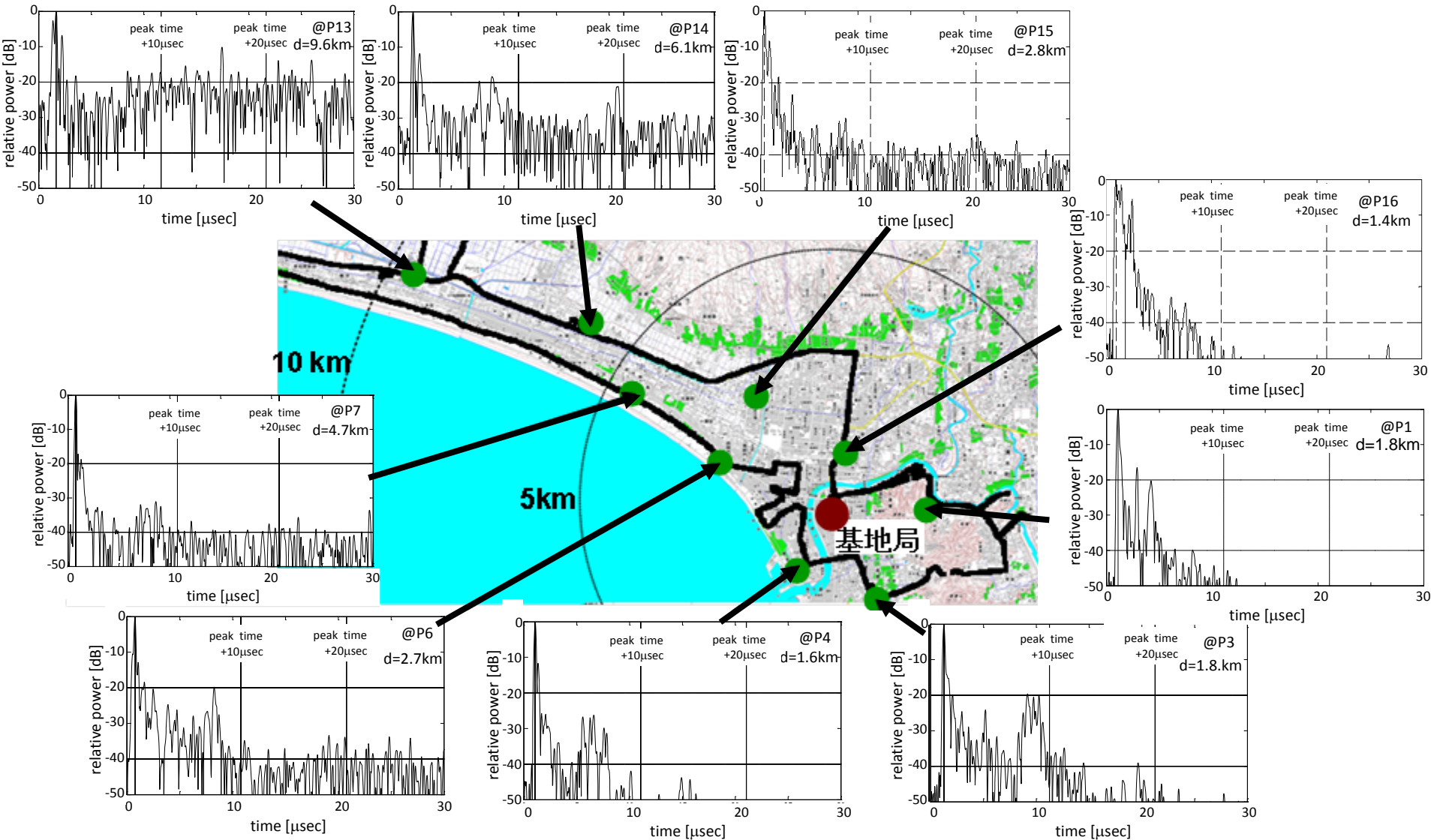
- 送信出力: 20W
- 送信アンテナ高: 45m
- 受信アンテナ高: 2m
- 送信信号: 無変調OFDM信号 (185.35-194.65 MHz, 各サブキャリアの初期位相をランダムに設定)
サブキャリア間隔: 約11kHz



この結果を基にUPLINKの場合についても推定すると、半径5km程度が通信エリアとして想定できる

屋外伝搬特性取得試験 (4/5)

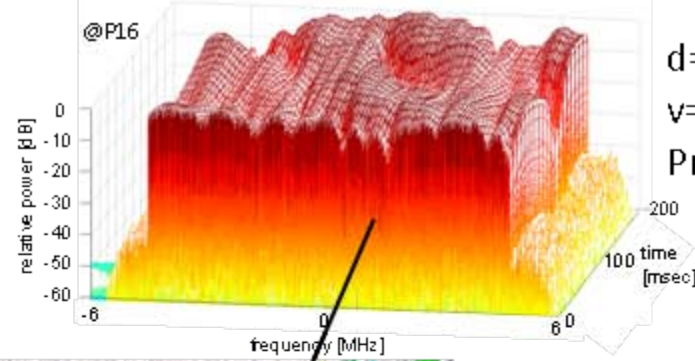
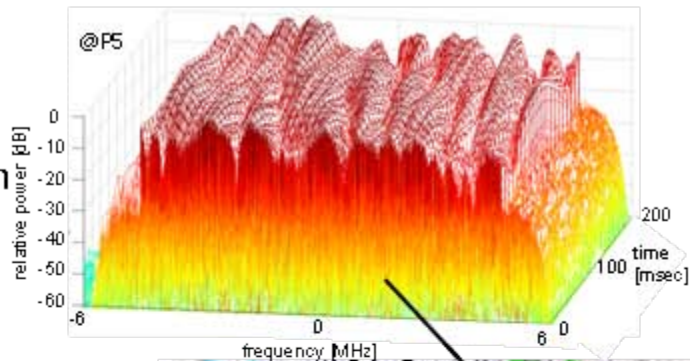
基地局からの距離5km以内の場合、10 μ 秒以内に主波から-40dB程度減衰



屋外伝搬特性取得試験(5/5)

時間的な変動は比較的緩慢

d=1.5km
v=30km/h
Pr= -63dBm

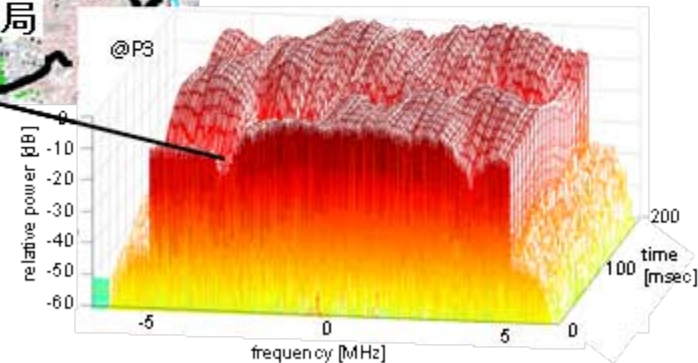
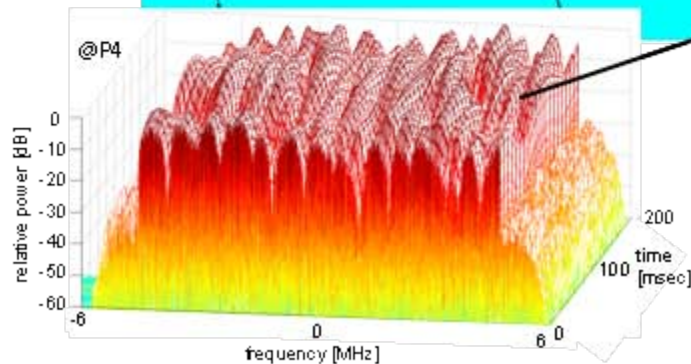


d=1.4km
v=30km/h
Pr= -54dBm



d=1.8km
v=40km/h
Pr= -58dBm

d=1.6km
v=40km/h
Pr= -56dBm



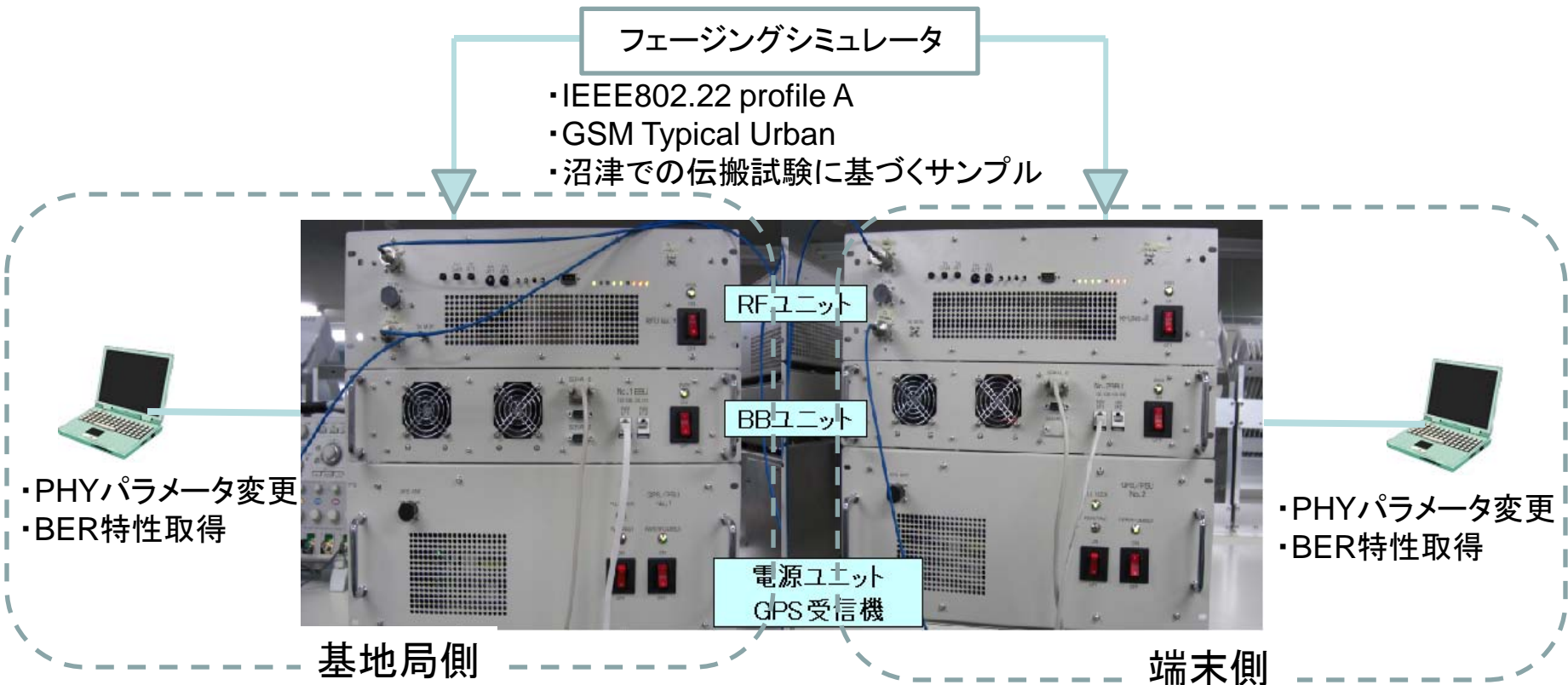
試驗結果②

- 室内伝送特性試験 -

室内伝送特性試験

- ① VHF帯ブロードバンド移動通信用無線アクセス基礎試験
 - 公共ブロードバンドシステムにおけるサービスエリア、伝送速度等の検証のため、無線アクセス物理層パラメータを変更可能な装置により、様々な物理層パラメータ、伝搬モデルに対して伝送特性データを取得
- ② VHF帯ブロードバンド移動通信用ハンドオーバー試験
 - 2つの基地局間をまたがるハンドオーバー特性検証のための特性データを取得
- ③ プライオリティコントロール機能試験
 - 優先制御機能・性能の検証のためのデータ取得
- ④ マルチキャスト機能試験
 - マルチキャスト機能・性能の検証のためのデータ取得

①VHF帯ブロードバンド移動通信用無線アクセス基礎試験(1/3)



PHYパラメータ(中心周波数: 200 MHz)

- ・Mode1 (帯域幅: 5MHz, FFTサイズ: 512)
- ・Mode2 (帯域幅: 5MHz, サブキャリア間隔: Mode1の1/2, FFTサイズ: 1024)
- ・Mode3 (Mode2のパイロットシンボル配置変更版, 帯域幅: 5MHz, FFTサイズ: 1024)

上記のモードそれぞれで以下を実装

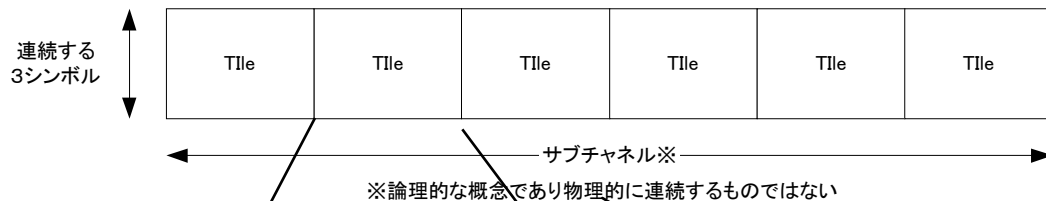
【上り回線】 誤り訂正方式: CC (Convolutional Code), CTC (Convolutional Turbo Code) を選択可能

1次変調方式: QPSK (R=1/2, 3/4), 16QAM (R=1/2, 3/4) を選択可能

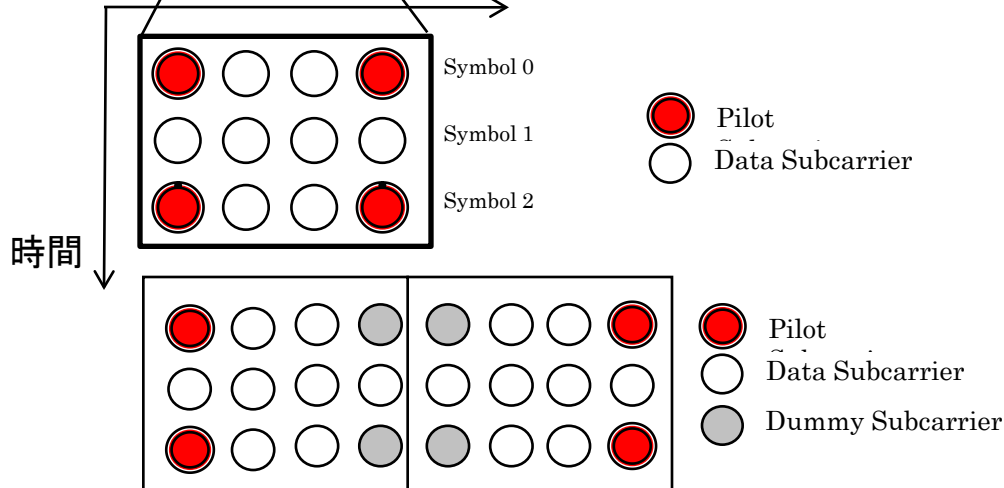
【下り回線】 誤り訂正方式: CCのみ実装

1次変調方式: QPSK (R=1/2, 3/4), 16QAM (R=1/2, 3/4), 64QAM (R=2/3, 3/4)

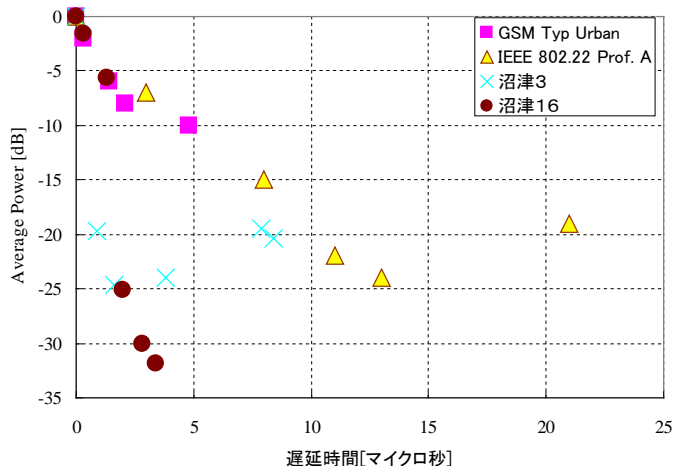
①VHF帯ブロードバンド移動通信用無線アクセス基礎試験(2/3)



Mode1,2のパイロットシンボル配置
(パイロット占有率:33.3%)



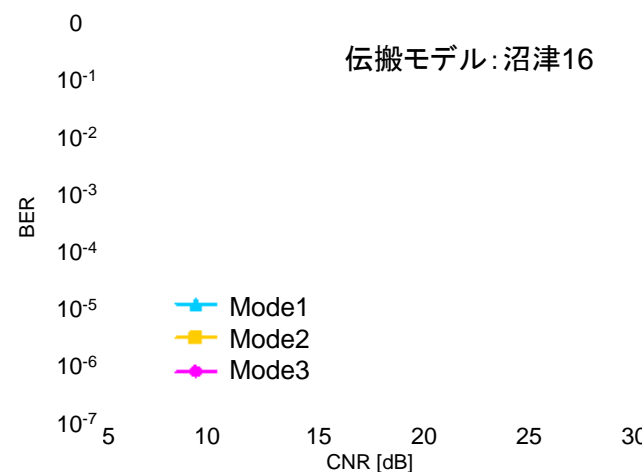
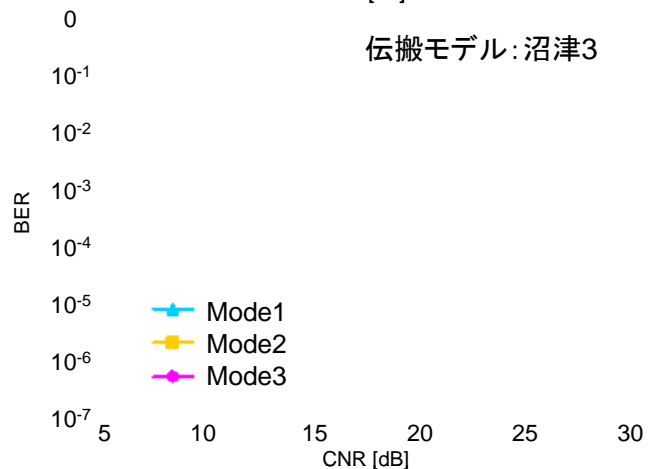
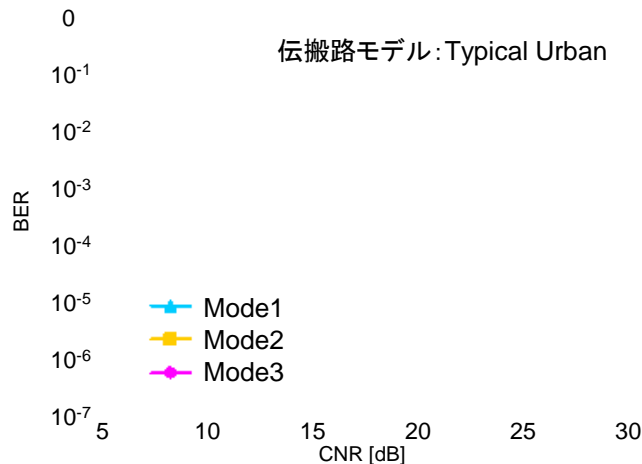
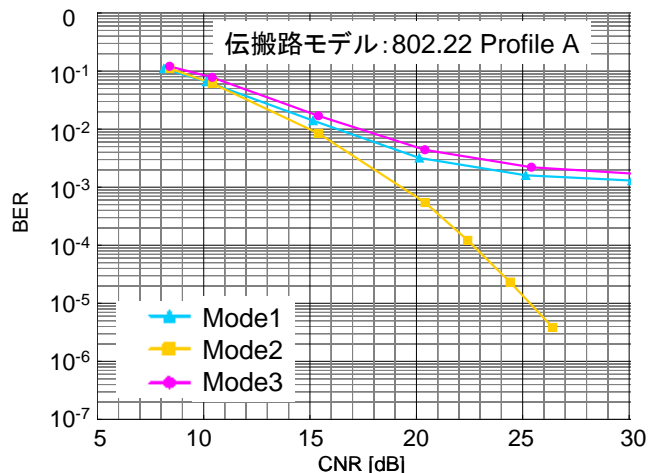
Mode3のパイロットシンボル配置
(パイロット占有率:16.7%)
⇒スループット向上が期待できる



伝送特性試験用チャンネルモデル

①VHF帯ブロードバンド移動通信用無線アクセス基礎試験(3/3)

サブキャリア間隔約5kHz(ガードインターバル長:約20 μ 秒)のMode2が、遅延量が大きくなる広いサービスエリア(IEEE 802.22 Profile Aモデル)に対応可能であることを確認
 遅延の少ない伝搬環境(Typical Urbanモデル、沼津試験の2サンプル)ではパイロットシンボル率を減少させても、伝送特性が劣化しないことを確認



測定条件
 - 上り回線
 - 1次変調: QPSK,
 符号化率: r=1/2
 - 誤り訂正: CTC
 (Convolutional Turbo Code)

②VHF帯ブロードバンド移動通信用ハンドオーバー試験(1/3)

試験用ネットワーク
(ルーター・ハブ・NW用PC)

無線アクセスNW制御装置→

ルーター →

BPF (中心周波数196.5MHz,
帯域5MHz)→

PA/LNA (20W送信機・
低雑音受信アンプ)→

PA/LNA用電源→

RF ユニット1→

RF ユニット2→

ベースバンドユニット→

GPSユニット→

ACブレーカー盤→

基地局1

(無線アクセスNW制御装置含む)

疑似空間

ステップATTにより
レベル変化(10dB)

結合・分配

←無線アクセスNW制御装置

←BPF (中心周波数
196.5MHz, 帯域5MHz)

←PA/LNA (20W送信機・
低雑音受信アンプ)

←PA/LNA用電源

←RF ユニット1

←RF ユニット2

←ベースバンドユニット

←GPSユニット

←ACブレーカー盤

基地局2

(無線アクセスNW制御装置含む)

←端末局用制御部

←RF/ベースバンド

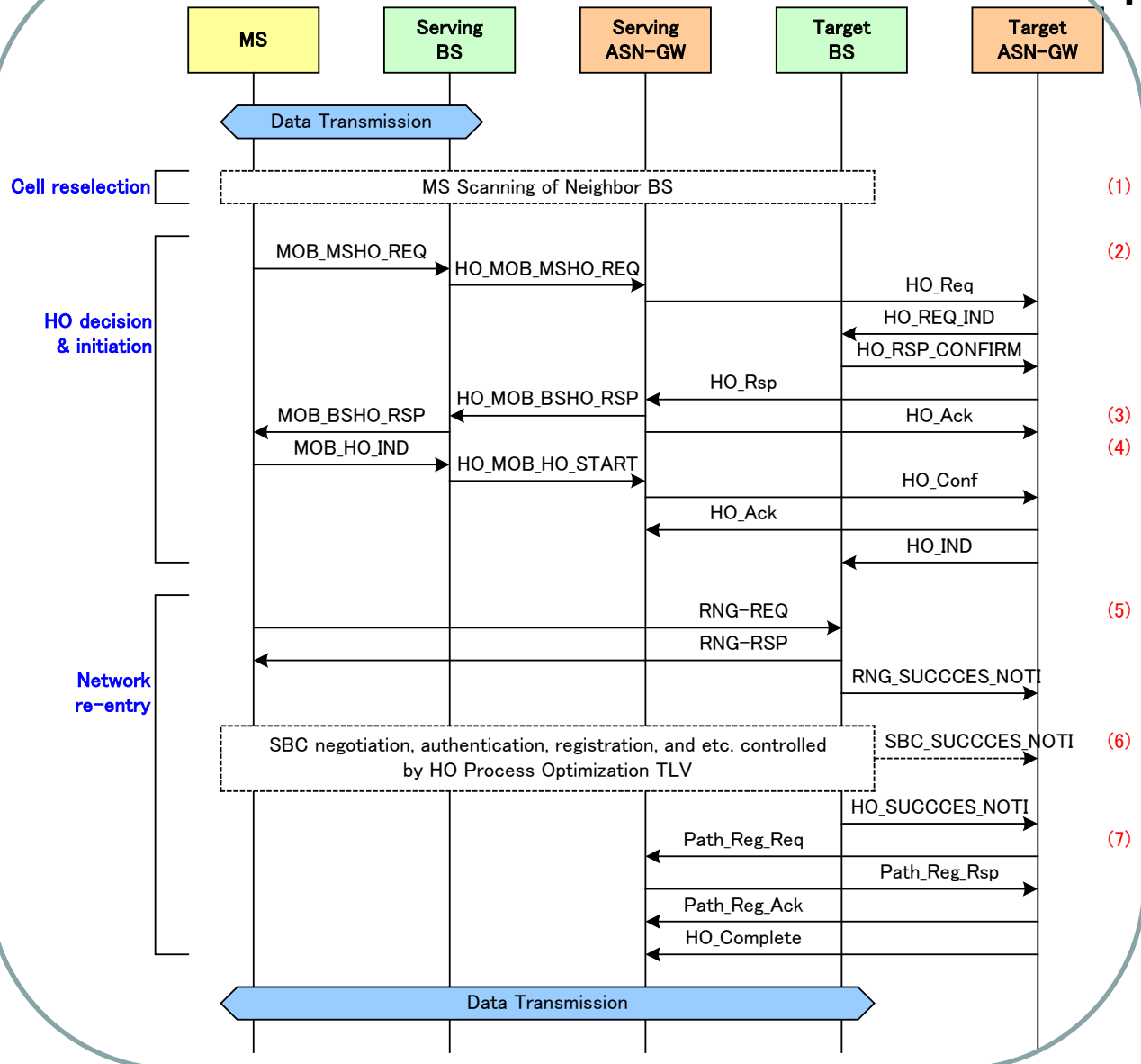
←MS用PA/LNA

(5W送信機・低雑音受信アンプ)

端末局
24

②VHF帯ブロードバンド移動通信用ハンドオーバー試験(2/3)

ハンドオーバーシーケンス



- ・端末主導ハードハンドオーバー
- ・トリガー条件: 周辺BSのCINRがserving BSのCINR+0.5dB以上

- (1) 周辺BSのスキャン
- (2) トリガー条件を満たせばハンドオーバー要求 ((1)の測定結果を通知)
- (3) ハンドオーバー先候補 (Target BS)の通知
- (4) ハンドオーバーの実行開始
- (5) Target BSにNetwork re-entry開始
- (6) メッセージのやりとり
- (7) バックボーンやりとり (データパスの切替など)。

②VHF帯ブロードバンド移動通信用ハンドオーバー試験(3/3)

TDD方式で実運用システムに比較的近いと考えられる基地局間ハンドオーバーシーケンスを使用した場合のデータ瞬断時間、制御プレーン切替え時間等を確認

データ瞬断時間： 200m秒程度

下り回線データ瞬断時間

回目	方向	切断 [sec]	再接続 [sec]	瞬断時間 [msec]	HO Sync [msec]
1	BS1→BS2	20.18	20.61	430	105
2	BS2→BS1	30.18	30.39	210	100
3	BS1→BS2	40.20	40.91	710	105
4	BS2→BS1	50.19	50.39	200	100
5	BS1→BS2	60.19	60.42	230	105
6	BS2→BS1	70.18	70.37	190	100
7	BS1→BS2	80.19	80.89	700	105
8	BS2→BS1	90.17	90.37	200	100
9	BS1→BS2	100.21	100.91	700	105
10	BS2→BS1	110.17	110.38	210	100
			平均	378	
			1, 3, 7, 9回目を除いた平均	207	

上り回線データ瞬断時間

回目	方向	切断 [sec]	再接続 [sec]	瞬断時間 [msec]	HO Sync [msec]
1	BS1→BS2	16.17	16.35	180	105
2	BS2→BS1	26.14	26.33	190	100
3	BS1→BS2	36.15	36.33	180	105
4	BS2→BS1	46.16	46.34	180	100
5	BS1→BS2	56.16	56.35	190	105
6	BS2→BS1	66.15	66.34	190	100
7	BS1→BS2	76.17	76.84	670	105
8	BS2→BS1	86.14	86.32	180	100
9	BS1→BS2	96.17	96.84	670	105
10	BS2→BS1	106.16	106.34	180	100
			平均	281	
			7, 9回目を除いた平均	184	

制御プレーン切替時間

サービング基地局側： 50m秒程度

ターゲット基地局側： 100m秒程度

制御プレーン切り替え時間

回目	HO方向	BSログ									MSログ HO Sync [msec]	制御 プレーン 切り替え 時間 [msec]
		SBS			TBS							
		MOB_ MSHO_ REQ	MOB_ HO_ IND	SBS切替 時間 [msec]	CDMA HO code	BW request	TBS切替 時間 [msec]	RNG-RSP (2個目)	BW request	HO Sync の後 [msec]		
1	BS1→BS2	5FC6	5FD0	50	62B0	62C6	110	62B6	62C6	80	730	860
2	BS2→BS1	69F3	69FE	55	67B0	67C5	105	67B6	67C5	75	100	230
3	BS1→BS2	6F6D	6F76	45	71D9	71EE	105	71DF	71EE	75	105	225
4	BS2→BS1	7996	799F	45	7751	7765	100	7757	7765	70	100	215
5	BS1→BS2	7F0D	7F17	50	817A	818F	105	8180	818F	75	105	230
6	BS2→BS1	8934	893D	45	86EF	8703	100	86F5	8703	70	100	215
7	BS1→BS2	8EAB	8EB5	50	9118	912C	100	911E	912C	70	105	225
8	BS2→BS1	98D4	98DE	50	96B9	96CD	100	96BF	96CD	70	305	425
9	BS1→BS2	9E4B	9E56	55	A0B9	A0CF	110	A0BF	A0CF	80	105	240
10	BS2→BS1	A874	A87F	55	A631	A647	110	A637	A647	80	100	235
			平均	50								

SBS切替時間 – Serving BS側の制御
プレーン切り替え時間

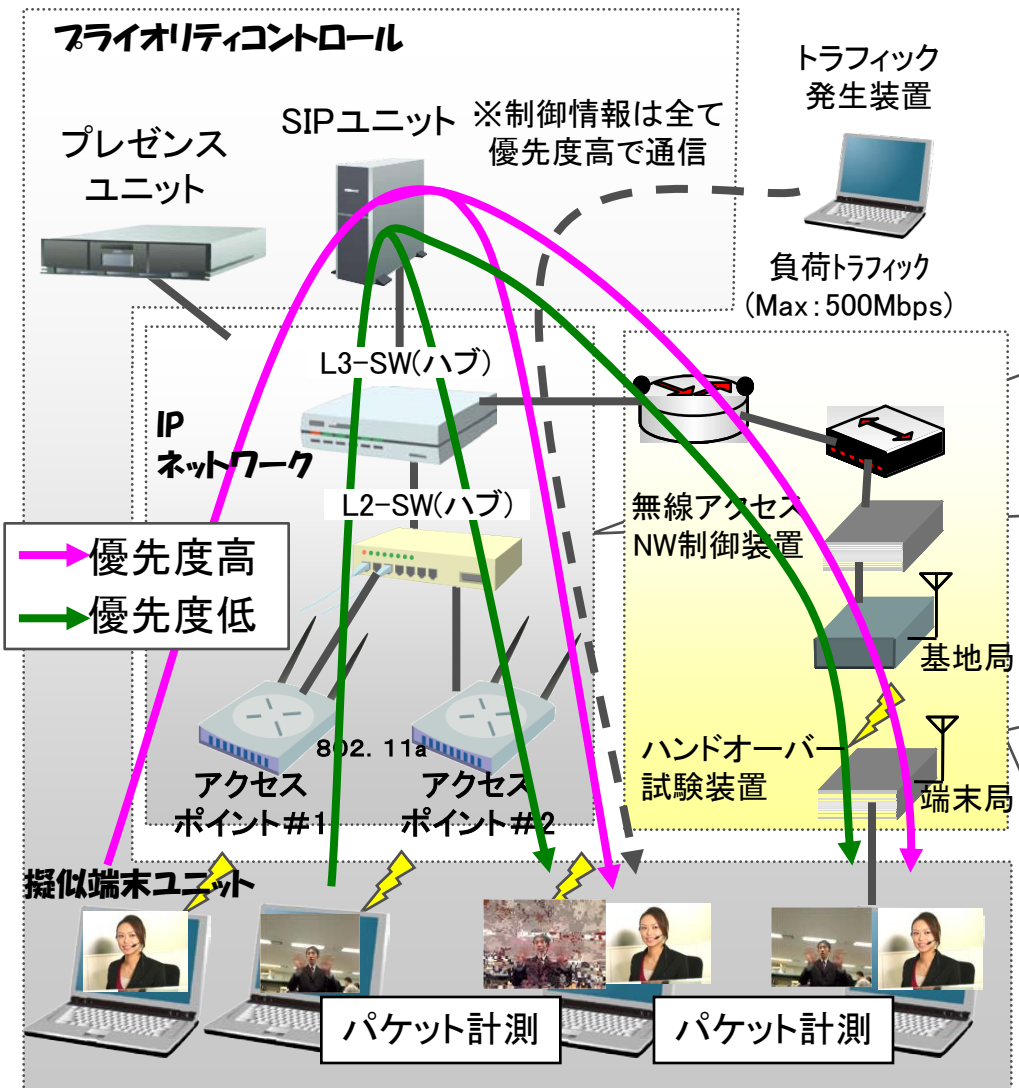
TBS切替時間 – Target BS側の制御
プレーン切り替え時間

HO Syncの後 – RNG-RSP(2個目)から
BW requestまで

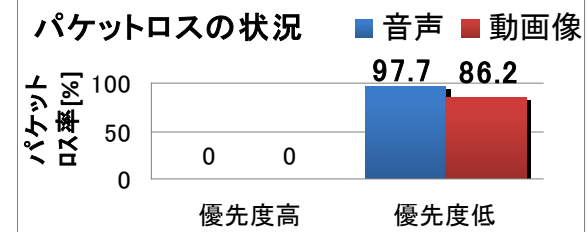
③プライオリティコントロール機能試験

単体試験：優先度の違う2グループでトラフィック負荷時における品質維持を確認

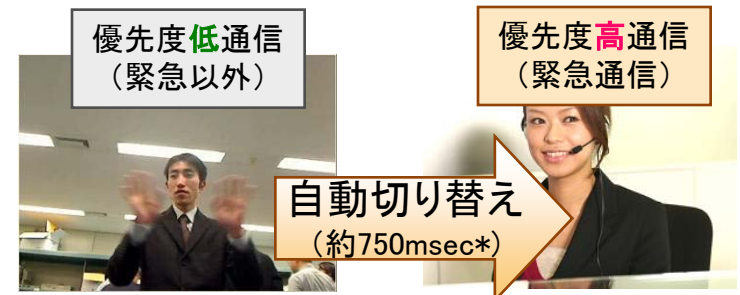
無線統合試験：優先度高のグループ通信発生時の優先度強制切替機能を確認



(単体試験)優先度の違う2つのグループ通信で
トラフィック負荷時も優先度高側は品質維持



(無線統合試験)無線アクセス網上でグループ通信中に
優先度高のグループ通信発生時は強制切替を確認



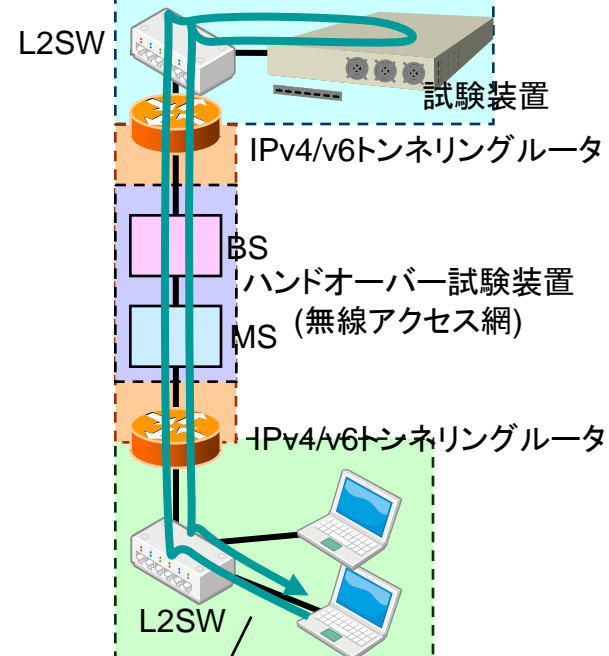
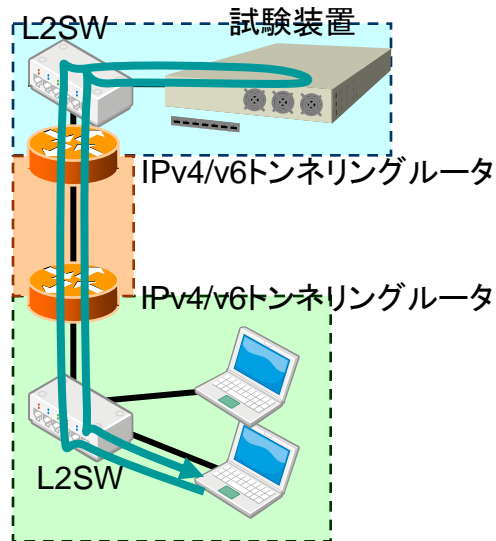
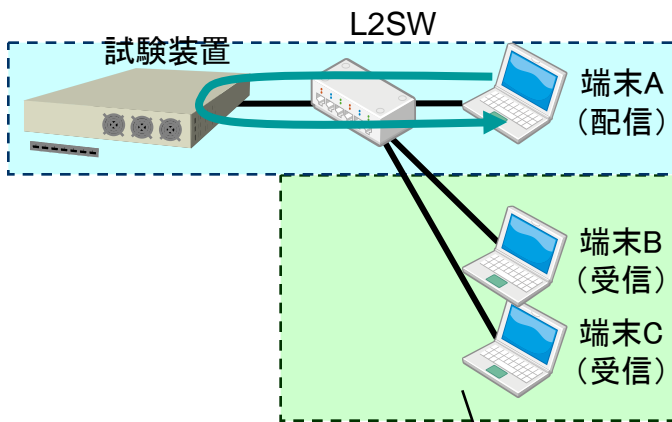
*WLAN利用時は500msec以下で切り替え

サーバでグループ通信毎にIPネットワーク優先度設定
高: DSCP値-EF、その他: DSCP値-0 制御情報: 高

④マルチキャスト機能試験

単体、トンネリングルータ接続、無線アクセス網接続の各形態において、パケットの伝送遅延時間を確認

マルチキャストグループを構成するメンバー、グループのデータベース管理と専用H/WICによるパケット処理を実現



プロトコル	単体試験		トンネリングルータ接続		無線アクセス網接続試験	
	送信/受信 レート(Mbps)	遅延時間 (ミリ秒)	送信/受信 レート(Mbps)	遅延 (ミリ秒)	送信/受信 レート(Mbps)	遅延 (ミリ秒)
UDP	50/50	0.228	1/1	1.307	0.2/0.2	92.794
UDP	100/100	0.219	10/10	1.440	0.3/0.3	92.245
UDP	500/500	1.005	25/22.9	342.82	0.4/0.4	92.568
UDP	1000/540	1.175		18.110	0.45/0.354	353.577
TCP	317	0.425	14.7	1.307		294.259

その他、マルチキャストを実施する場合に必要なデータベース登録、グループへの参加等の機能は、すべての接続形態において確認(単体試験以外の試験における伝送速度及び遅延の性能が極端に悪化しているのは、マルチキャスト機能試験装置とトンネリングルータ、無線アクセス網との相性等によるものと考えられる。)

<構成員>

明治大学 教授(平成19年度のみ、平成19年度主査)

茨城大学 教授(平成20年度主査)

東京工業大学 教授

電気通信大学 准教授

東京理科大学 講師

株式会社日立国際電気

日本無線株式会社

パナソニック株式会社

三菱電機株式会社

日本電気株式会社

富士通株式会社(平成20年度のみ)

全国移動無線センター協議会

総務省 消防庁

警察庁

国土交通省

<オブザーバー>

総務省 総合通信基盤局 電波部 基幹通信課 重要無線室

<事務局・受託研究機関>

独立行政法人情報通信研究機構

注:個人名は割愛しています。