

参考資料

- 参考資料 1 MVNO に関する調査
- 参考資料 2 MBTDD Wideband の技術的な特徴
- 参考資料 3 MBTDD 625k-MC の技術的な特徴
- 参考資料 4 次世代 PHS の技術的な特徴
- 参考資料 5 MBTDD-Wideband のフェアネス評価に関する資料
- 参考資料 6 MBTDD-Wideband モビリティサービスのためのネットワーク構成
- 参考資料 7 MBTDD-Wideband 接続の状態におけるハンドオフ
- 参考資料 8 BWA システム各方式の諸元
(送信電力、給電線損失、アンテナ利得、許容干渉レベル、アンテナパターン、送信電力マスク)
- 参考資料 9 N-Star の諸元
(送信 EIRP 密度、アンテナ利得、許容干渉レベル、許容感度抑圧レベル、アンテナパターン、送信マスク)
- 参考資料 10 モバイル放送の諸元
(送信 EIRP 密度、アンテナ利得、許容干渉レベル、許容感度抑圧レベル、アンテナパターン、送信マスク)
- 参考資料 11 SEAMCAT によるモンテカルロ・シミュレーション条件
- 参考資料 12 モンテカルロ・シミュレーションにおける伝搬モデル
- 参考資料 13 N-Star 端末に対する干渉への場所率的影響評価
- 参考資料 14 BWA 基地局が干渉を及ぼす範囲の平面的な広がりに関する検討

MVNO に関する調査

MVNO (Mobile Virtual Network Operator: 仮想移動体通信事業者) とは、移動通信サービスを提供するための無線局を自ら開設せず、無線設備を運用する他の MNO (Mobile Network Operator: 移動通信事業者) から借り受け、利用することにより、独自の無線通信サービスを提供する事業者である。

広帯域移動無線アクセスシステムに MVNO が導入される場合、MVNO 事業者により、広帯域移動無線アクセスシステムの技術特性を踏まえ、利用者ニーズにきめ細かく対応した付加価値の高い多様なサービスが提供されることが考えられる。

本章では、広帯域移動無線アクセスシステムに対する MVNO について、技術的な観点からの調査結果を示す。

1 MVNO のネットワーク構成

(1) ネットワーク構成の分類

MVNO は、移動通信ネットワークのユーザ認証及び移動管理等の顧客管理系設備に着目した場合、大まかに以下の 2 つのケースに分類される。

ケース 1 顧客管理系設備の設置、運用を MNO に委託する場合

ケース 2 顧客管理系設備のネットワーク設備の一部について、MVNO が自ら設置、あるいは第三者に委託運用する場合

国際的には、欧米で携帯電話網を利用した MVNO サービスの普及が進展しているが、英国における T-モバイルのネットワークを利用したヴァージン・モバイル、あるいは米国におけるスプリントのネットワークを利用した SKT といった大手 MVNO、さらにはスーパーマーケット等の異業種から参入している MVNO などでは、顧客管理システム等の設置運用を MNO に委託する形態が主流となってきた。一方、我が国における携帯電話、PHS ネットワークを利用した MVNO の場合、現在のところ、ユーザ認証装置等の顧客管理システムの一部について、MVNO が自ら設置し運用する形態も採用されている。

(2) ネットワーク構成例

MVNO サービスを具現化するネットワーク構成は、MVNO 顧客管理やサービス利用者のネットワーク接続の接続管理を行う機能を MNO、MVNO いずれのネットワークに配置するかにより、大まかな分類が可能である。以下

に典型的な2つのケースを示す。

【ケース1：ネットワーク設備の全てをMNOに委託する場合】

本構成は、ユーザ認証装置（AAA）、移動管理装置（HA）等の管理機能をMNOが設置・運用してMVNOに提供する構成である。なお、料金請求や業務支援システムは、MVNOがMNOへ委託する形態と、MVNOで独自に構築・運用する両方があり得る。

本構成では、MVNOが自らのネットワーク設備を一切持たないことが可能となることから、MVNO側の設備投資と運用コストを抑えることが可能となる。

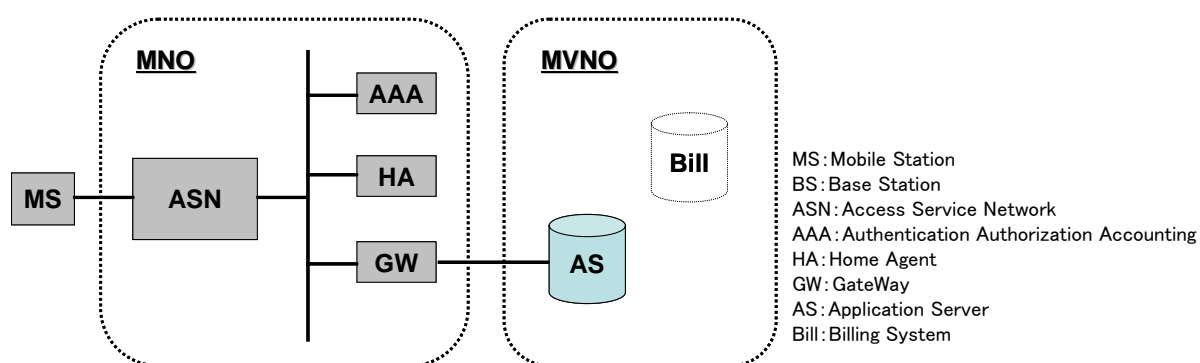


図1 ネットワーク設備を全てMNO側に委託する場合の構成図

- ① ネットワーク接続に関する設備／運用はMNOで実施。
- ② 利用者の加入登録／削除など、ネットワークアクセスに関する運用／制御はMNOの介在が必要。

【ケース2：顧客管理系のネットワーク設備をMVNO側で構築する場合】

本構成は、ユーザ認証装置（AAA）と移動管理装置（HA）などの管理機能をMVNOが独自に設置・運用してMVNOサービスを実施する構成である。料金請求や業務支援システムは、ケース1同様、MVNOがMNOへ委託する形態と、MVNOで独自に構築・運用する両方があり得る。

本構成では、MVNOが一部のネットワーク設備を自ら保有するため、設備構築やネットワーク運用費用のほか、運用ノウハウが必要となる。

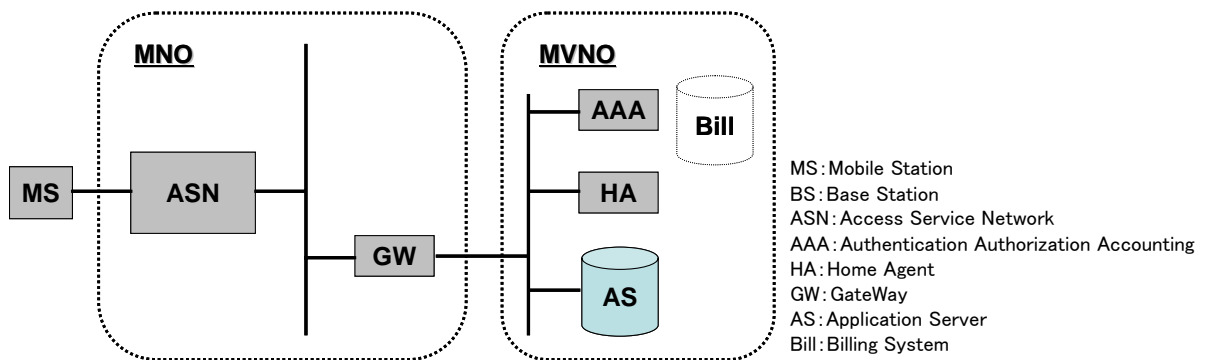


図2 顧客管理系設備をMVNO側で構築する場合

- ① 利用者管理のネットワーク設備の一部をMVNOで設置／運用
- ② 利用者の加入登録／削除など、ネットワークアクセスに関する運用／制御はMNOの介在なく実施可能
- ③ 利用者ごとのアクセス情報をMNOの介在なく入手可能

(3) 端末の分類

広帯域移動無線アクセスシステムのMNO及びMVNOにおいて利用可能な端末（MS）については、端末機器の開発、提供者に着目した場合、大まかに以下の3つのケースに分類される。なお、以下の端末は、上記のケース1、ケース2のいずれのネットワーク構成においても対応可能である。

- ① MNOが端末又はモジュールをMVNOに渡し、MVNOが自社ブランドで再販するケース
- ② MVNOがMNO側のネットワークインタフェースに対応する端末を独自に開発し販売するケース
- ③ メーカーが標準化された仕様を元に端末を製造し、市場に流通させるケース（PC等に組み込まれるWi-Fiチップがこの例に該当）。

なお、上記の3ケースの端末の流通形態をセキュアに実現するためには、端末認証機能（デバイスID）を管理することにより、端末紛失、不正端末、料金延滞などの識別を実施する端末プロビジョニングを準備することが必要である。

2 提供可能なサービス

- (1) ケース1のネットワーク構成による提供サービスの特徴
ネットワーク管理をMVNOがMNO側に全て委託する場合、ユーザへの

サービス提供の際に、ユーザ単位の運用、利用状況の随時の把握ができないことから、利用者への迅速な対応、柔軟な料金体系の提供などが困難となる。

しかしながら、その反面、設備投資、運用コストを抑えることができることから、諸外国の事例のように、異業種も含めた幅広い分野からの MVNO 参入が容易となることから、多様なサービスの提供が期待できる。

(2) ケース2のネットワーク構成による提供サービスの特徴

顧客管理系のネットワーク設備を管理する場合、費用、運用ノウハウが求められることから、一般的には、ISP などの通信事業者向けの接続構成であり、このネットワーク構成を用いた MVNO として参入事業者は限定的となることが考えられる。

しかしながら、その反面、ユーザ単位での運用、利用状況の随時の把握が可能となることから、MVNO 事業者による料金体系の差別化、ワンタイム利用、従量課金など、きめ細かいサービス提供の提供と、それによるサービスの付加価値の向上が可能となる。

(3) インターネット、ブロードバンド関連サービス

インターネットのアドレス付与、管理については、端末に対し、DHCP Relay によるアドレス割当てや Mobile IP によるトンネル技術などの適用が可能であることから、ケース1、ケース2のネットワーク構成に係わらず、MNO のネットワーク設計に依存することなく、MVNO 事業者が管理、設計するアドレスの割当てが可能である。

また、映像系コンテンツをはじめとする大容量のブロードバンドアプリケーションとその品質についても、ベストエフォート環境であることを条件として、ケース1、ケース2のネットワーク構成に依存することなく提供可能である。

なお、広帯域移動無線アクセスシステムでは、大容量データ通信のほか、VoIP など一定の通信品質の安定提供が求められるリアルタイム型通信などの提供が予想されるが、無線周波数リソースは有限であることから、局所的に MNO と MVNO 間で無線周波数リソースの競合が著しくなる場合には、MNO と MVNO 間において、無線周波数リソースの割当て及び制御について一定のルールを定めることにより、利用者の通信品質への影響を回避することが適当である。

3 国際標準化機関における検討状況

図3に WiMAX フォーラムにおいて定義されている、WiMAX 事業者 (MVO 及び MVNO)、ネットワークの各管理機能及びこれらの相互の接

続点（インタフェース）を規定した参照モデルの一例を示す。

本参照モデルでは、モバイル WiMAX 無線通信インフラを運用する事業者を NAP（Network Access Provider）、ローミングアグリゲーターのほか利用者の加入管理及びネットワークへの接続管理を行う事業者を NSP（Network Service Provider）と定義している。この場合、NAP 及び Visited NSP が MNO、またサービス提供形態に応じて、図中の ASP（前項ケース 1 の場合）、あるいは Home NSP（前項ケース 2 の場合）がそれぞれ MVNO に該当する。

WiMAX において、ケース 1 の場合、MVNO は、ユーザの加入管理、接続管理を MNO に依存し、アプリケーション及びコンテンツ提供機能に特化するものである。この場合、MVNO は、ASP としての接続形態をとり、接続インタフェースは IETF 標準で規定される一般的に利用可能なプロトコル、又はアプリケーションレイヤで規定するプロトコルにより、MVNO サービスを提供するものである。

一方、ケース 2 の場合、MVNO は、利用者の加入管理及び接続管理の機能を提供する NSP としての接続形態をとり、端末-サーバ間の認証プロトコルを規定した R2 インタフェース及び NSP 間のシグナリングプロトコル等を規定した R5 インタフェースによって、MNO との相互接続を実現する。

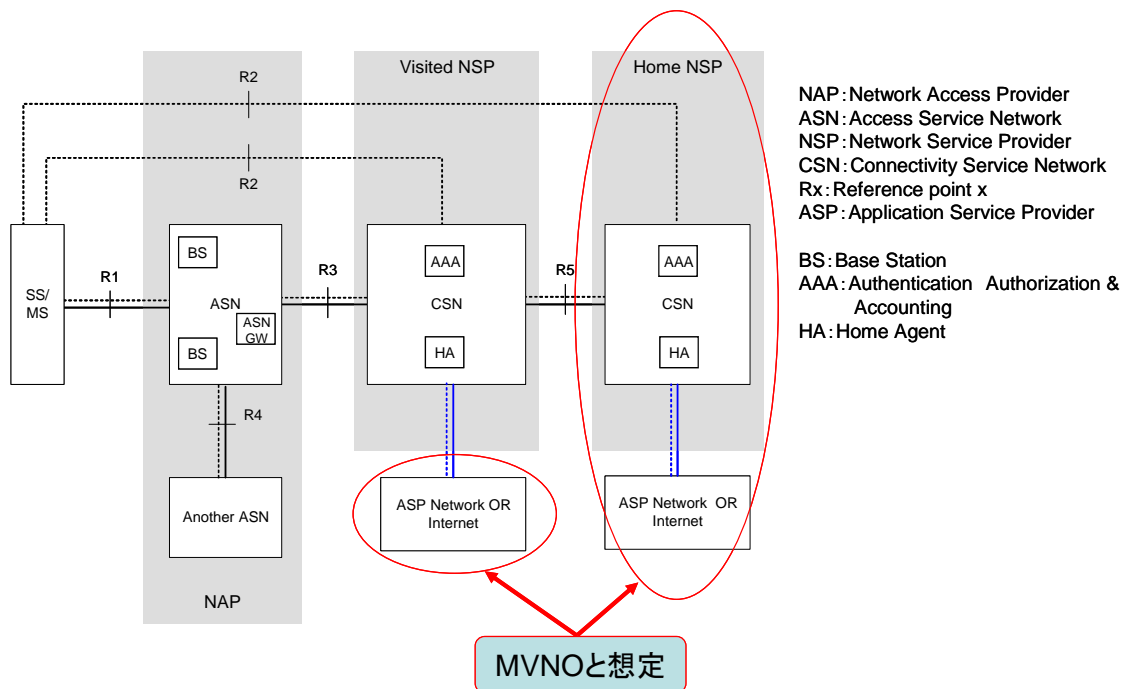


図3 WiMAX フォーラムで定義されるネットワーク参照モデル例

MBTDD Wideband の技術的な特徴

(1) フレキシブルな動作モード

MBTDD-Wideband は、5MHz、10MHz、20MHz 帯域を基本動作モードとし、隣接システムとの運用条件に応じて柔軟なキャリア配置が可能。また、下り／上りリンクの時間比率を DL:UL=1:1 又は 2:1 を基本としつつ、その他の DL と UL の時間割合にも柔軟に対応可能。

(2) 周波数ホッピング

周波数ホッピングにより、効率的な帯域運用と電力運用を可能とし、リンクバジェットを向上。また、MIMO 技術を用いる場合の最適な干渉制御も可能。

(3) 耐干渉性と大容量化を両立した制御チャンネル

UL の制御チャンネルのベースバンド信号に最大 1024 値の Walsh 符号を用いた CDMA 多重化を使うとともに、CDMA に適用されている高速電力制御アルゴリズムを採用することにより、UL 制御チャンネルの大容量化と高い耐干渉能力を両立。

(4) 干渉制御

移動局と基地局の運用キャリア帯域内で、サブバンド単位で周波数再利用を行うセル・セクタ間干渉制御とトラヒックチャンネル送信電力制御を併用し、干渉の影響を最小限化。

(5) リンクバジェット

上記の干渉制御方式の採用により、セル境界においても 10MHz 当たり約 2Mbps の DL スループットを確保。

(7) スケジューリング

フェージングの厳しい帯域を回避する周波数軸でのスケジューリングを

行い、周波数選択フェージング環境でのマルチユーザダイバシチ効果を得ることにより、各端末の QoS 確保とユーザ間のフェアネス（セル全体のユーザにチャンネル状態に応じた一定基準の公平性を持ってデータを配分する機会を与えること）の確保を容易化。

(8) MIMO と SDMA による利得の向上

MBTDD-Wideband は、基地局と移動局との間で固有値制御を用いて送受信機間でアンテナを制御するビームフォーミング MIMO 技術を搭載可能であり、また UL 制御チャンネル情報を用いて SDMA（空間分割多重アクセス技術）も適用できることから、セクタの容量増加が可能。

(9) 実証技術を基礎としたプロトコル構成

MAC レイヤに EV-DO Rev.A で実証された技術を基礎として、広帯域移動無線アクセスに対応したプロトコルを構築し、移動環境におけるマルチレベル QoS 提供やハンドオフなどの移動管理プロトコルを具備。

(10) QoS サポート

EV-DO Rev.A を基礎とし、広帯域サービス用にチューニングされた 16 レベル無線 QoS プロトコルを有し、音声（VoIP）や動画像伝送など、低遅延要求や帯域保証伝送を必要とするサービスに対応可能。

MBTDD 625k-MC の技術的な特徴

(1) アダプティブアレーアンテナ技術

アダプティブアレーアンテナ技術の採用により、安定した通信品質と高い周波数利用効率及びエリアカバーを実現する。この技術を採用する事により、面カバーを実施するにあたり周波数繰返し=1 での置局設計を可能としている。

(2) 空間多重技術

空間多重技術（SDMA 技術）の採用により、セル容量（基地局容量）の向上を図り、高いレベルでの周波数利用効率の実現を可能としている。

MBTDD 625k-MC モードでは、アダプティブアレーアンテナ技術を含めた SDMA 技術の能力向上により空間多重数の向上を図っている。

(3) 適応変調、電力制御技術

適応変調技術（リンクアダプテーション）、電力制御（パワーコントロール）技術の採用により無線環境に応じた最適な変調方式、電力を選択し、高効率かつ安定した通信状態を維持する。

MBTDD 625k-MC モードでは、多値化した変調方式に加え、更なる最適化されたリンクアダプテーション、パワーコントロールにより高効率の伝送路を提供する。

(4) QoS 制御

ネットワークと連携した QoS 制御により、アプリケーションに適したエンドツーエンドの通信路を提供する。

QoS 制御は、フェアネス MAC 及び ARQ と連携した形で、CoS のクラスに応じた優先制御を提供している。これにより、ベストエフォートによるフェアネスなリソースシェアリングの概念と VoIP やストリーミングに必要な優先制御を両立させる事を可能とし、かつ ARQ とも連携した制御方法を採用することによりアプリケーションに適応した QoS コントロールを提供する。

(5) 移動環境を想定した IP ネットワークとの親和性

3GPP2 の A10,11 インターフェースを採用することにより、既存 IP 網への接続を容易とし、既存の運用システム流用可能としている。このことにより早期かつローコストでのシステム導入が実現可能である。また、BCMCS 機能や IPV6 対応などユビキタスネットワークに対応した機能も搭載し、移動環境における対応（ハンドオーバー等）を含む有無線の統合された IP ネットワーク環境を提供する。

(6) 実用技術を基礎としたプロトコル構成

PHY、MAC、LLC レイヤに HC-SDMA で実用化されている広帯域移動無線アクセスシステムに対応したプロトコル/技術の 80%をベースにして、上位互換性を維持しながら、残り 20%において MBTDD 625K-MC モードの性能改善を行っている。

次世代 PHS の技術的な特徴

- (1) OFDMA/TDMA方式の採用により、周波数の直交性を利用してサブキャリアを極限まで搭載して使用するため、周波数利用効率を向上させるとともにフェージングやマルチパスへの耐性の強化が可能となっている。
また、接続する複数の端末に対して周波数軸上、時間軸上の双方に多元接続が可能であり、状況に応じた対応が可能である。
- (2) アダプティブアレイアンテナを採用することで、端末方向へのアンテナ指向性の生成及び不要波方向へのアンテナヌル点の生成が適応的に可能となり、周波数の利用効率が改善される。
- (3) SDMA技術及びMIMO技術の採用により、同一セル内、同一タイミングでの同一周波数の再利用が図れ、周波数の繰り返し頻度が上がることから周波数利用効率が向上する。
- (4) 自律分散制御方式の採用により、厳密なセル設計プランの作成が不要であり、結果として半径100m以下のマイクロセルでのエリア構築が可能となる。
- (5) マイクロセルの利用をベースとすることで、一定面積当たりのセルがより多く配置されることになり、周波数利用効率を高めたシステムとなっている。

MBTDD-Wideband のフェアネス評価に関する資料

周波数利用効率評価における“フェアネス”(公正公平性)の基準

異なるシステム提案の周波数利用効率を公正公平な視点で比較するにあたっては、全てのユーザが最小限のレベルのスループットを享受できているという前提が必要である。つまり条件の良いユーザに対してのみデータ伝送が行われるのであれば、それは公正公平な評価とはいえない。この移動通信における周波数利用効率評価の公正公平性をここでは“フェアネス”と呼ぶこととする。

常に送信するデータがある条件下(full buffer throughput simulation)でのフェアネスはユーザスループットの正規化累積分布関数 (CDF) で評価されなければならない。ベストエフォート以外のアプリケーションについて、アプリケーション特有の機能停止と考えるべき基準を考えることが適切である。ここで $T_{\text{put}}[k]$ をユーザ k のスループットとする。ユーザ k に対する平均ユーザスループットの観点から、正規化スループットは次式で与えられる：

$$\tilde{T}_{\text{put}}[k] = \frac{T_{\text{put}}[k]}{\text{avg}_i T_{\text{put}}[i]}$$

正規化スループットの CDF は平均ユーザスループットの観点から決定される。CDF は Table1 に示される曲線の右側にプロットされなければならない。

Table 1 フェアネスの基準となる CDF

平均ユーザスループットによる正規化スループット	CDF
0.1	0.1
0.2	0.2
0.5	0.5

シミュレーション条件

常に送信するデータがある条件下における 10MHz MBTDD-W のシミュレーションを行った。郊外型マクロセルラモデルと PedB, VehB 及び VehA をマルチパスのプロファイルとして用いた。シミュレーション条件を Table2、3 に示す。

Table 2 システムシミュレーションパラメータ (I)

		DL Evaluation	UL Evaluation
Network Topology		Hexagonal Grid, 19 cells with wrap around.	Hexagonal Grid, 19 cells with wrap around.
TDD Mode		1:1 (DL:UL)	1:1 (DL:UL)
Site-to-Site distance		1km, 2.5km	1km, 2.5km
Sectorization		3 sectors/cell	3 sectors/cell
Horizontal Antenna Pattern		70 deg@3dB bandwidth, 20dB maximum attenuation.	70 deg@3dB bandwidth, 20dB maximum attenuation.
Vertical Antenna Pattern		None	None
Propagation model.		Suburban macro $31.5 + 35\log_{10}(d \text{ in m})\text{dB}$	Suburban macro $31.5 + 35\log_{10}(d \text{ in m})\text{dB}$
BTS Minimum Separation		35m	35m
BTS Ant Height		32m (macro)	32m(macro)
AT Ant Height		1.5m	1.5m
Carrier Frequency		1.9GHz	1.9GHz
Bandwidth		10MHz	10MHz
Admission Control		None	None
Log-normal Shadowing		10dB	10dB
Site-to-site shadow correlation coefficient		0.5	0.5
Thermal Noise Density		-174dBm/Hz	-174dBm/Hz
Noise Figure		10dB	5dB
Max Transmit Power		43dBm/MHz	27dBm
Peak base-station antenna gain with cable loss		17dBi-3dB = 14dBi	17dBi-3dB=14dBi
Penetration Loss		10dB(Veh)	10dB(Veh)
MS Antenna Gain		0dBi	0dBi
Body Losses		3dB	3dB
Maximum C/I achievable per antenna		30dB	30dB
BTS Antennas		1, 4 transmitter antennas	2, 4 receiver antennas
AT Antennas		2, 4 receiver antennas	1 transmitter antenna
ITU Channels		Suburban macro, pedB@3km/h, VehA, VehB@120km/h	Suburban macro, pedB@3km/h, VehA, VehB@120km/h
AT	Ant. Spacing	0.5λ	0.5λ
	Correlation	SCM suburban macro	SCM suburban macro
BTS	Ant. Spacing	10λ	10λ

		DL Evaluation	UL Evaluation
	Correlation	SCM suburban macro	SCM suburban macro
Fairness		DV fairness (0.1, 0.1), (0.5, 0.5) normalized throughput line.	DV fairness (0.1, 0.1), (0.5, 0.5) normalized throughput line.
Traffic		Full Buffer	Full Buffer
Receiver Combining		MMSE	MMSE

Table 3 システムシミュレーションパラメータ (II)

Transmission Bandwidth	10MHz
Subcarrier Spacing	9.6kHz
Sampling Frequency	9.8304MHz
FFT Size	1024
Guard Carriers	32
Cyclic Prefix Length	6.51 μ s
Windowing Duration	3.26 μ s
OFDM Symbol Duration	113 μ s
Number of OFDM Symbols Per Frame	8

10MHz 周波数ブロック割当あたりの DL、UL の平均セクタスループットと周波数利用効率を,Table4 と Table5 に示す。全てのシミュレーションにおけるフェアネスの評価結果を Fig6-1 から Fig6-5 に示す。これらから全てのシミュレーションがフェアネス基準に合っていることがわかる。

Table 4 DL 平均セクタスループット

Sector Throughput(Kbps)		1x2	1x4	4x4
1km BS to BS	pedB 3km/h	5775	7409	10544
	vehA 120km/h	5366	6801	9262
	vehB 120km/h	3096	4613	6599
2.5km BS to BS	pedB 3km/h	5659	7152	9119
	vehA 120km/h	5048	6765	7784
	vehB 120km/h	2944	4300	5354

Table 5 DL 周波数利用効率

Spectral Efficiency (b/s/Hz/sector)		1x2	1x4	4x4
1km BS to BS	pedB 3km/h	1.16	1.48	2.11
	vehA 120km/h	1.07	1.36	1.85
	vehB 120km/h	0.62	0.92	1.32
	PedB(3km/h) 60%; VehA (120km/h) 40%	1.124	1.432	2.006
2.5km BS to BS	pedB 3km/h	1.13	1.43	1.82
	vehA 120km/h	1.01	1.35	1.56
	vehB 120km/h	0.59	0.86	1.07
	PedB(3km/h) 60%; VehA (120km/h) 40%	1.082	1.398	1.716

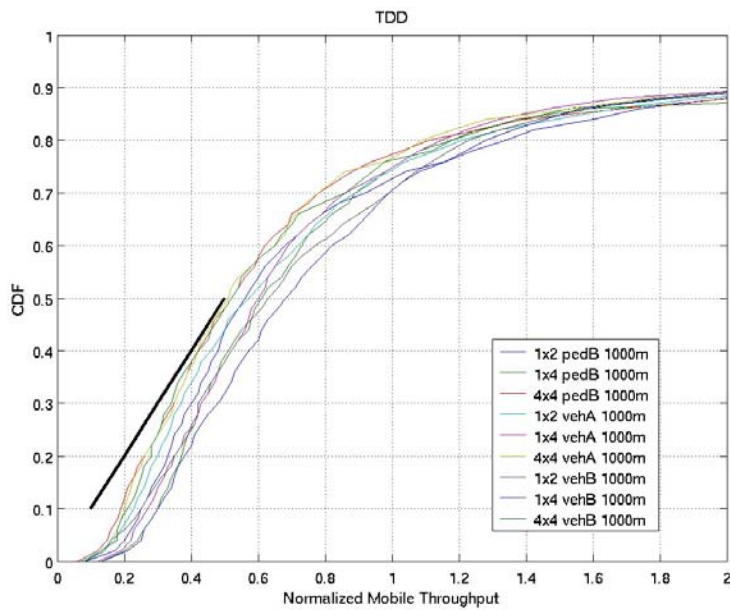


Figure6-1 フェアネス評価(DL, 4x4, pedB,vehA,vehB, 1000m site to site)

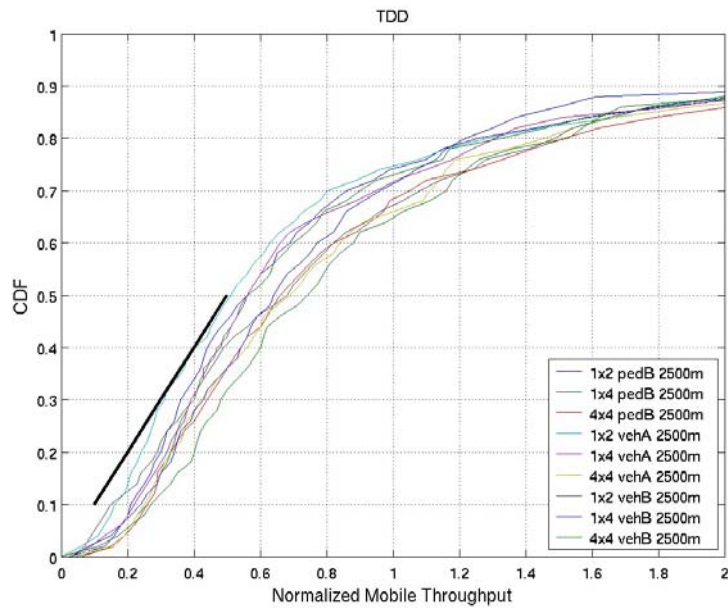


Figure 6-エラー! 指定したスタイルは使われていません。 フェアネス評価 (DL, pedB,vehA,vehB, 2500m site to site)

UL シミュレーションはパケットフォーマット 0 から 8 を用いており (付録参照)、スループットの計算結果は控えめの値となっている。

Table7 UL 平均セクタスループット

Sector Throughput(Kbps)		1x2	1x4
1km BS to BS	pedB 3km/h	3938	6341
	vehA 120km/h	3387	5746
	vehB 120km/h	2788	4926
2.5km BS to BS 16 users/sector	pedB 3km/h	3140	4900
	vehA 120km/h	2516	4341
	vehB 120km/h	2656	3881
2.5km BS to BS 32 users/sector	pedB 3km/h	2324	3591
	vehA 120km/h	2196	3460
	vehB 120km/h	1773	2574

Table8 UL 周波数利用効率

Spectral Efficiency (b/s/Hz/sector)		1x2	1x4
1km BS to BS	pedB 3km/h	0.79	1.27
	vehA 120km/h	0.68	1.15
	vehB 120km/h	0.56	0.99
	PedB(3km/h) 60%; VehA (120km/h) 40%	0.746	1.222
2.5km BS to BS 16 users/sector	pedB 3km/h	0.63	0.98
	vehA 120km/h	0.5	0.87
	vehB 120km/h	0.53	0.78
	PedB(3km/h) 60%; VehA (120km/h) 40%	0.578	0.936
2.5km BS to BS 32 users/sector	pedB 3km/h	0.46	0.72
	vehA 120km/h	0.44	0.69
	vehB 120km/h	0.35	0.51
	PedB(3km/h) 60%; VehA (120km/h) 40%	0.452	0.708

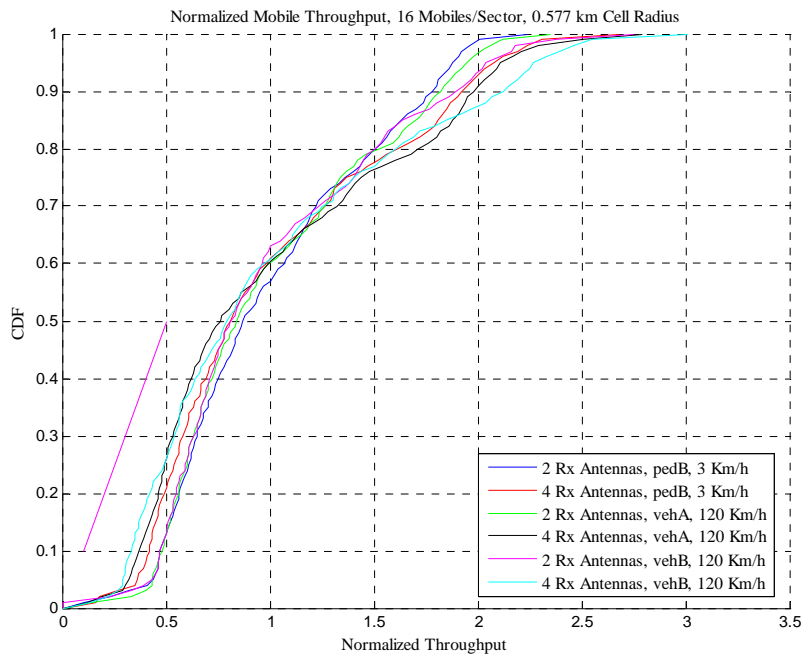


Figure 6-1 Fairness 評価 (UL, 1000m Site-to-Site Distance)

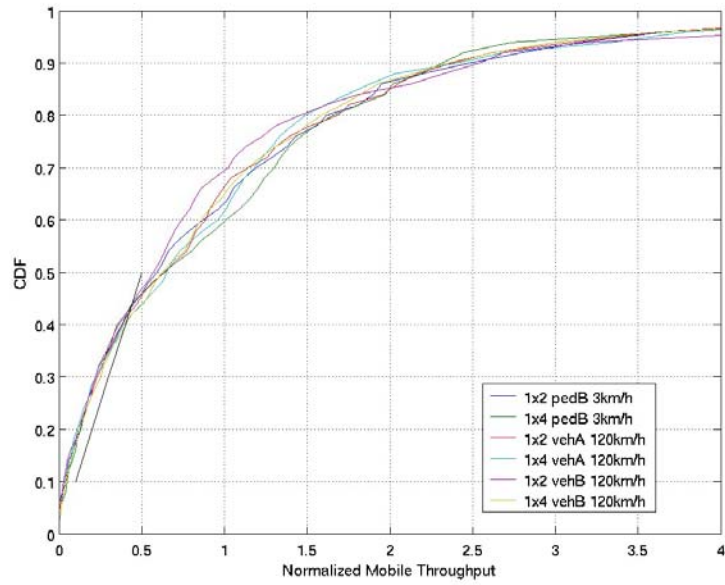


Figure6-4 フェアネス評価(UL, 2500m Site-to-Site Distance, 16 users per sector)

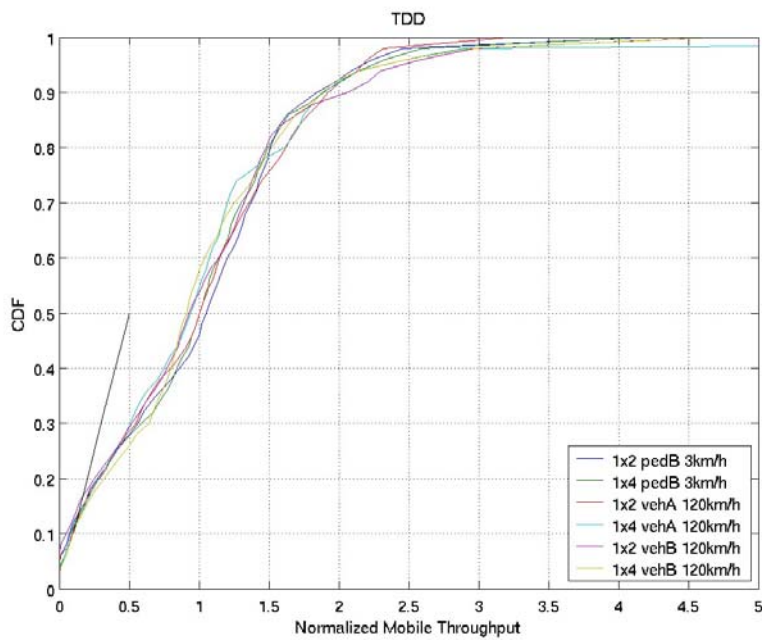


Figure 6-2 フェアネス評価(UL, 2500m Site-toSite Distance, 32 users per sector)

MBTDD-Wideband のモビリティサービスのための ネットワーク構成

アクセスネットワーク(AN)の構成を Fig2-0 に示す。AN は Anchor Access Point と Serving Access Point が構成される。Anchor Access Point は Home Agent と接続されているとともに、Serving Access Point と接続されている。Serving Access Point と Serving Access Point の各セクタは Serving Sector として AT と接続する。

物理レイヤ、MAC レイヤにおけるハンドオフ切替をそれぞれ Layer1 ハンドオフ、Layer2 ハンドオフと呼んでいる。Layer1、Layer2 ハンドオフは通常同時に発生する。Anchor Access Point が切り替わるハンドオフを Layer3 ハンドオフと呼んでいる。

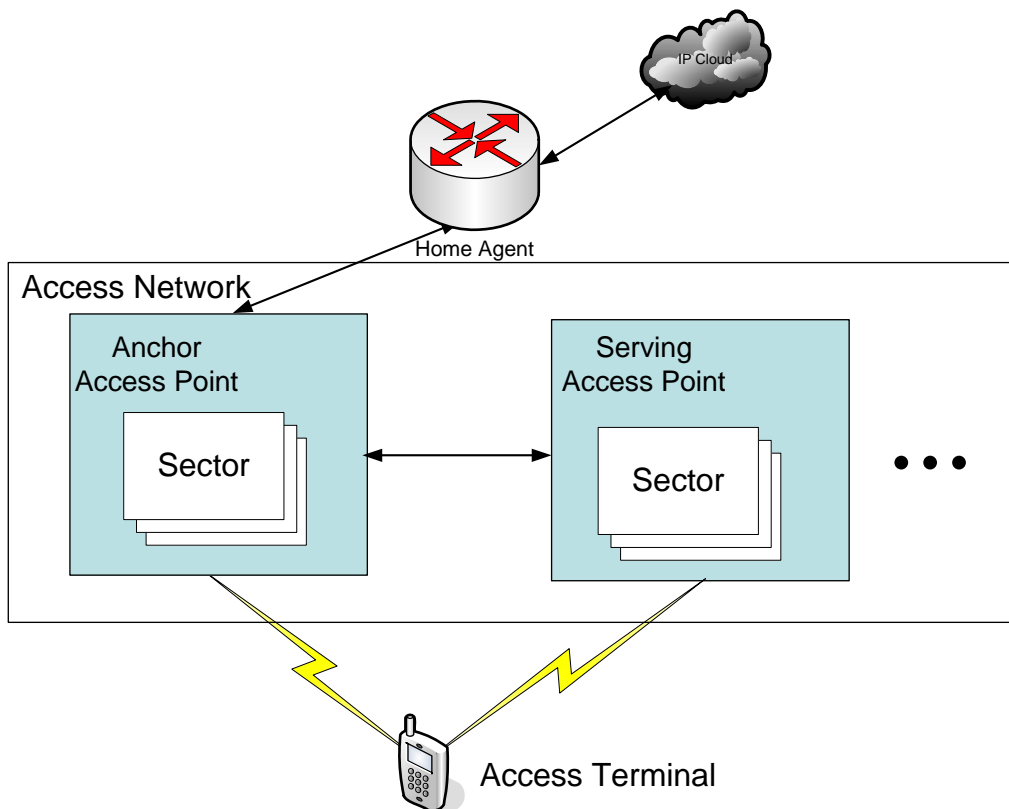


Fig2-0 アクセスネットワーク(AN)

MBTDD-Wideband 接続の状態におけるハンドオフ

DL と UL のハンドオフ制御フローを Fig.2-1、Fig.2-2 に示す。DL と UL のハンドオフは各々独立して実行される。すなわち、DL と UL の Serving Sector は同一である必要はなく、各々で最適なセクタが選ばれる。ハンドオフの起動は AT により行われる。ハンドオフの要点を以下に示す：

- DLハンドオフ:ATは、常に複数セクタのパイロットをモニタし最適なDLのServingSectorを選択する。
- ULハンドオフ:ATがULで送信しているR-CQICHが正しくServingSectorで受信されているか否かを示す信号消去指標 (erasure indicator)をDLでモニタし、最適なULのServingSectorを選択する。
- DL,ULともにハンドオフ候補を常にアップデートし高速セクタ切り替えを可能にする
- DLとULにおいてハンドオフは同時に起こる必要はない。
- DLとULにおいてServing Sectorが同一である必要はない
- ハンドオフは、以下のようにして指示される:
 - ◇ DL:ATは、希望のDL Serving Sector をR-CQICHにより指示。
 - ◇ UL:ATは、希望のUL Serving SectorをR-REQCH (ULトラヒックリソースの割当要求チャンネル(Request Channel))により指示
- ハンドオフは、ATが新しいセクタからの割当を受信することで完了する。

ハンドオフ起動はATで決定され、ATはハンドオフ要求を所望のServingSectorへ送信する。現在接続しているServingSectorは、ハンドオフ要求がANで受領され、Layer2切替プロセスの一部期間までATとの通信を継続する。この結果、MBTDD-Wではデータ伝送が途切れる期間はLayer2切替プロセスでのごく一部分でのみ生じる。セクタ間ハンドオフにおいてはLayer1,Layer2の切替がハンドオフ遅延時間となる。DLのセル間ハンドオフにおいては片道分のバックホール（セル間を接続する回線）をデータが転送されるための時間が追加される。そのためセクタ間のハンドオフ時間は比較的短くなる。

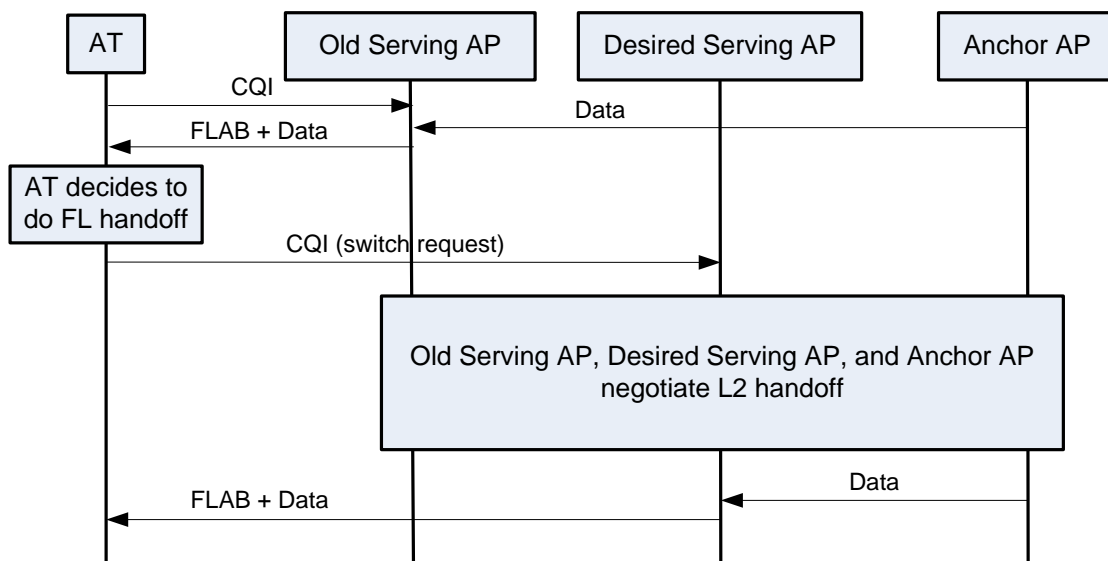


Figure 2.1 DL ハンドオフの制御フロー

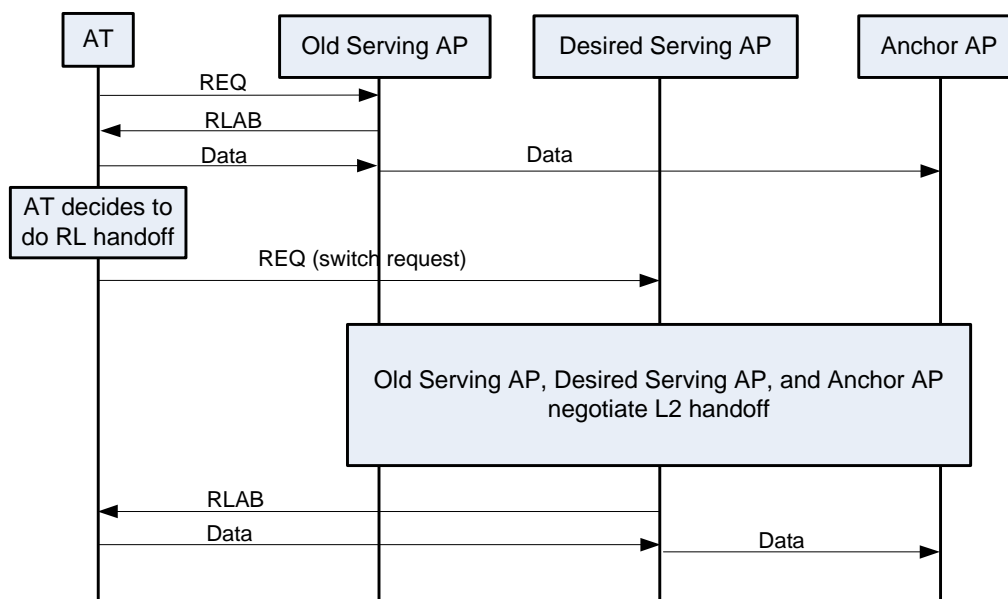


Figure 2.2 UL ハンドオフの制御フロー

図 2-3 にセル間ハンドオフの場合のデータを伝送できない時間(Outage Period)の分布を示す。バックホール遅延は 802.20 評価方法として承認されたパラメータ[1] (1, 2.5, 7.5 msec) に基づいている。平均の Outage Period は 10 ms である。DL のセクタ間ハンドオフならびに UL ハンドオフではこの Outage Period はかなり短くなる。

一般にはこの **Outage Period** がサービス継続に支障を来たす程度に長くなった場合（たとえば秒のオーダーでデータが伝送できなくなった場合）に接続断と考えてよいが、この確率は実質的にゼロと考えてよい。

OutagePeriod と接続断の確率はバックホール遅延にのみ依存する。したがって後述の無線区間を議論するモビリティモデル[1]においては直接関係しない。

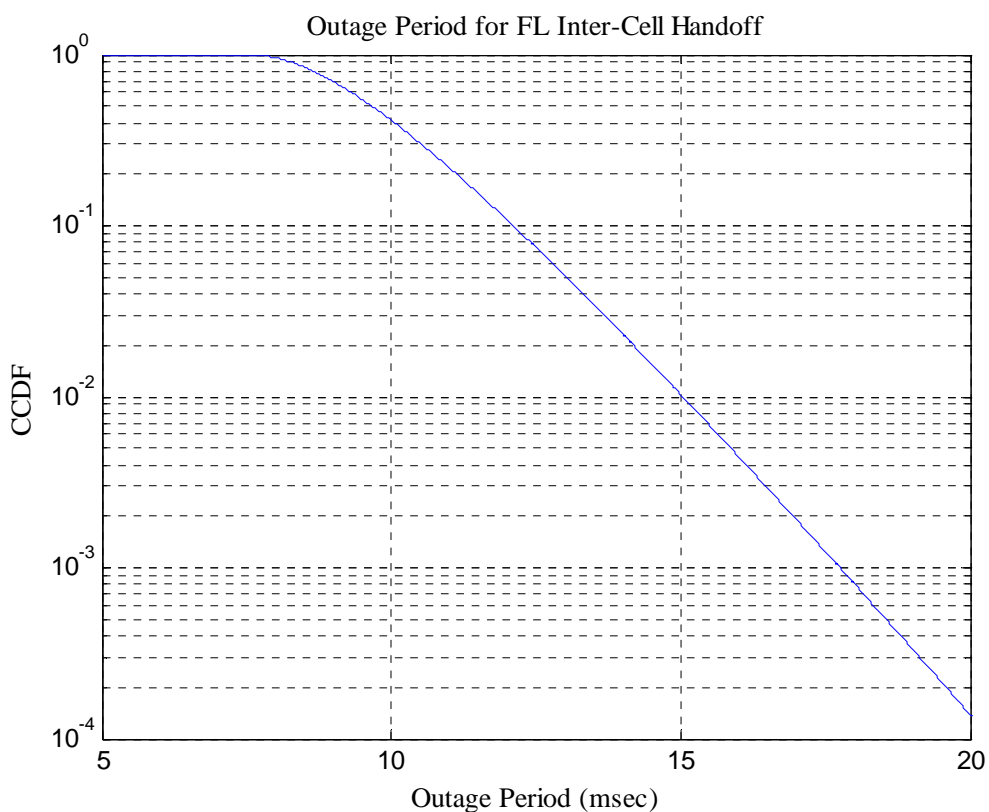


Figure 2.3 DLセル間ハンドオフにおける Outage period（データ送信できない時間）の分布

BWA システム各方式の諸元

(1) WiMAX

WiMAX 基地局及び端末の主なシステム諸元を表 1 に、WiMAX 基地局のアンテナパターンを図 2 に、WiMAX 基地局送信マスクを図 3 に、WiMAX 端末送信マスクを図 4 に示す。

表 1 WiMAX 基地局／端末の主な諸元

		基地局 (BS)	端末 (MS)
送信電力	dBm/BW	43.0	23
給電線損失	dB	5.0	0
アンテナ利得	dBi	17.0	2.0
許容干渉レベル	dBm/MHz	-113.8	-111.8

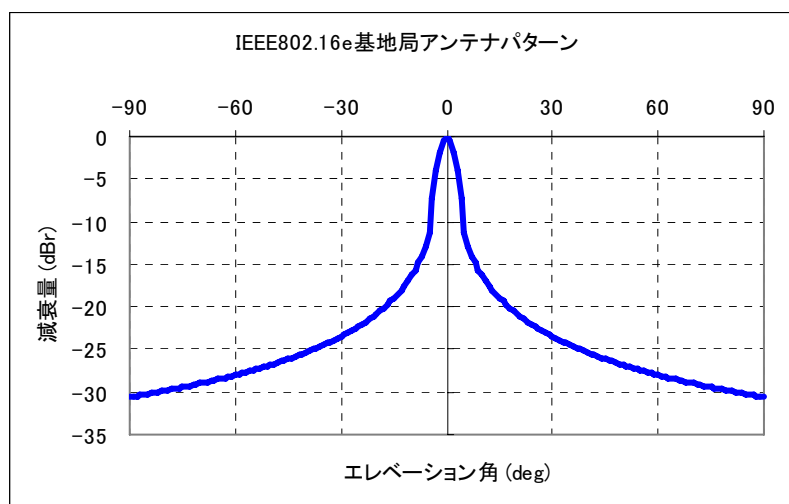


図 2 WiMAX 基地局のアンテナパターン

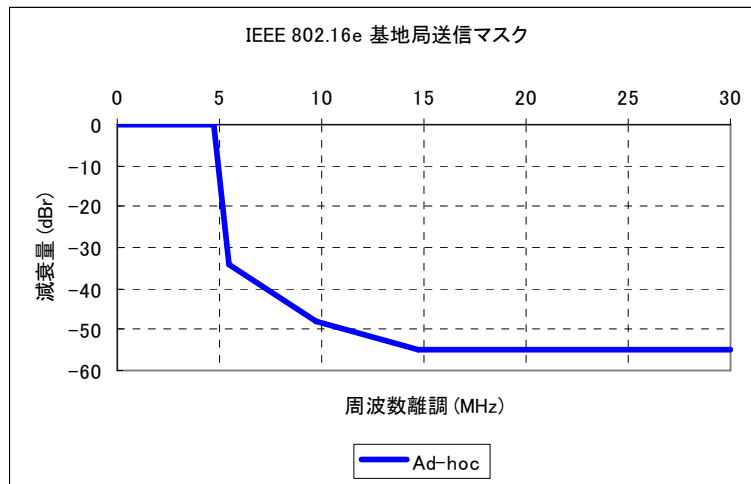


図3 WiMAX 基地局送信マスク

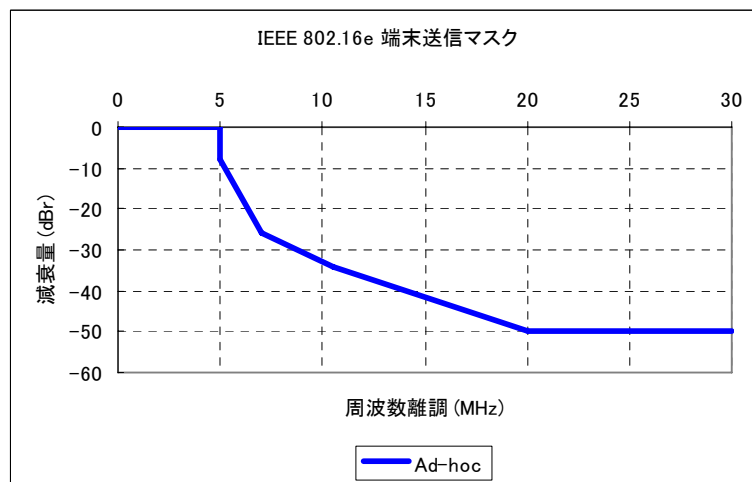


図4 WiMAX 端末送信マスク

(2) MBTDD-Wideband

MBTDD-Wideband 基地局及び端末の主なシステム諸元を表5に、MBTDD-Wideband 基地局のアンテナパターンを図6に、MBTDD-Wideband 基地局送信マスクを図7に、MBTDD-Wideband 端末送信マスクを図8に示す。

図5 MBTDD-Wideband 基地局及び端末の主なシステム諸元

		基地局 (BS)	端末 (MS)
送信電力	dBm/BW	43.0	23.0
給電線損失	dB	3.0	0.0
アンテナ利得	dBi	17.0	0.0
許容干渉レベル	dBm/MHz	-114.8	-111.1

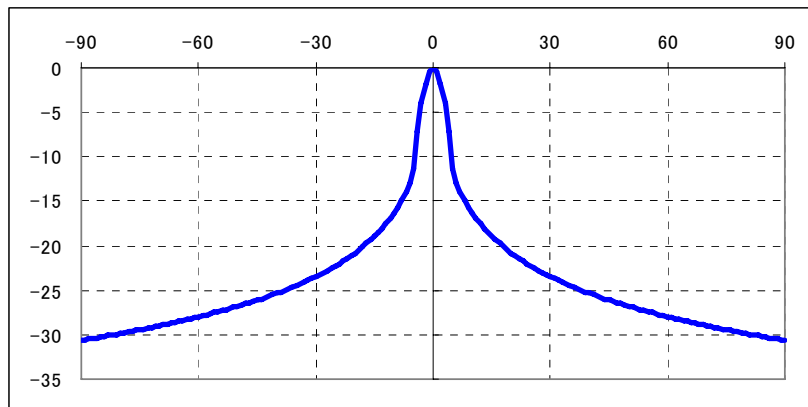


図6 MBTDD-Wideband 基地局のアンテナパターン

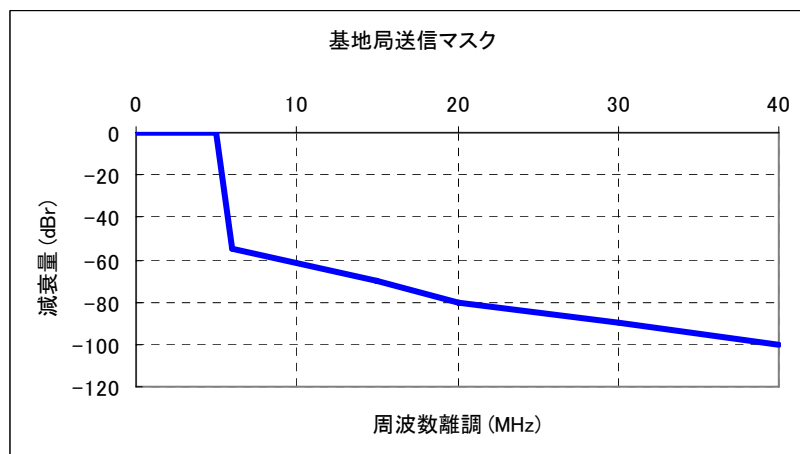


図7 MBTDD-Wideband 基地局送信マスク

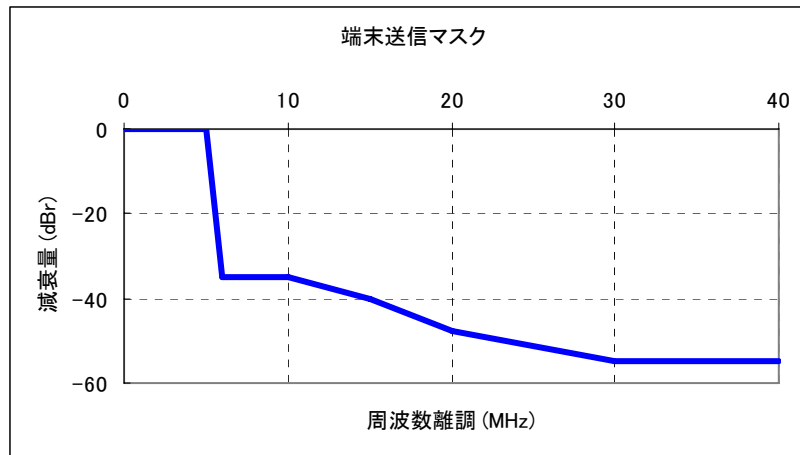


図8 MBTDD-Wideband 端末送信マスク

(3) MBTDD-625k MC

MBTDD-625k MC mode 基地局及び端末の主なシステム諸元を表9に、MBTDD-625k MC mode 基地局のアンテナパターンを図10に、MBTDD-625k MC mode 基地局送信マスクを図11に、MBTDD-625k MC mode 端末送信マスクを図12に示す。

表9 MBTDD-625k MC mode 基地局及び端末の主なシステム諸元

		基地局 (BS)	端末 (MS)
送信電力	dBm/BW	45.8/10M	22.0/500k
給電線損失	dB	2.0	0.0
アンテナ利得	dBi	11.0	2.0
許容干渉レベル	dBm/MHz	-98.0	-87.0

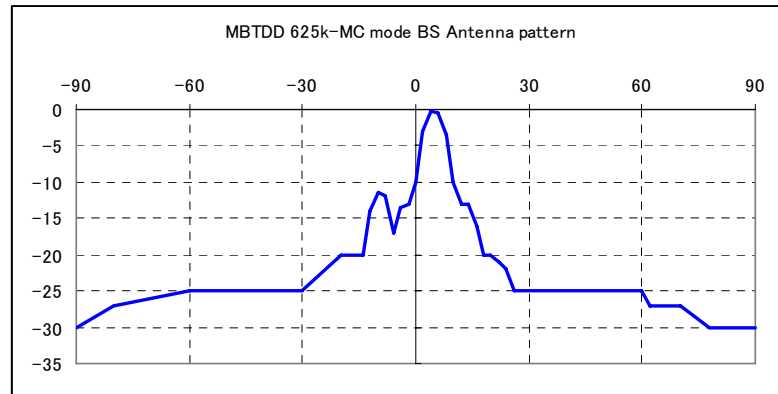


図 10 MBTDD-625k MC mode 基地局のアンテナパターン

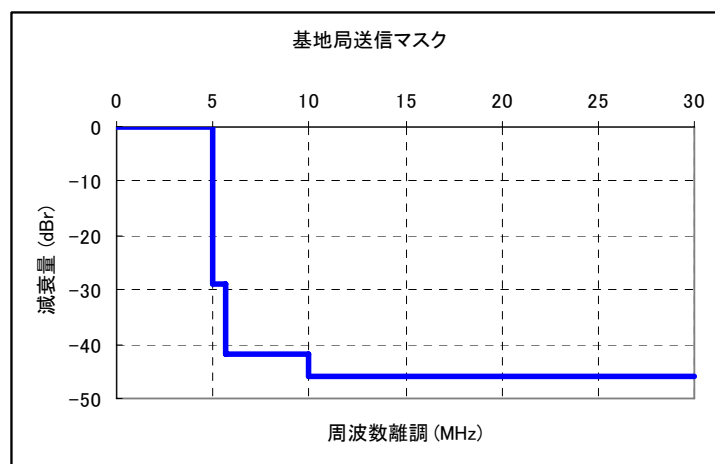


図 11 MBTDD-625k MC mode 基地局の送信マスク

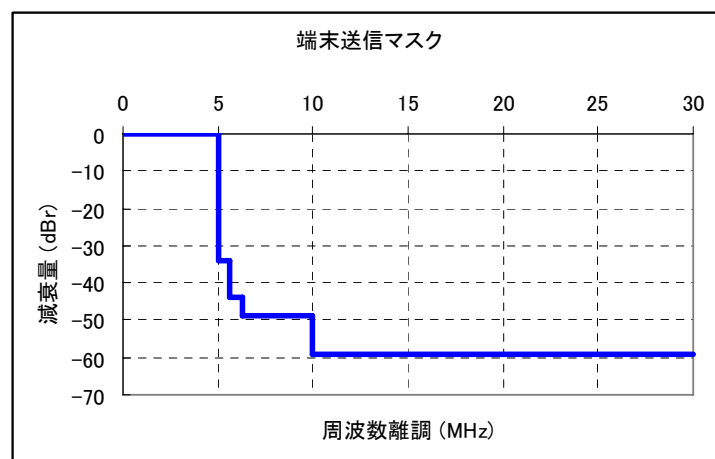


図 12 MBTDD-625k MC mode 端末の送信マスク

(4) 次世代 PHS

次世代 PHS 基地局及び端末の主なシステム諸元を表 13 に、次世代 PHS 基地局のアンテナパターンを図 14 に、次世代 PHS 基地局送信マスクを図 15 に、次世代 PHS 端末送信マスクを図 16 に示す e。

表 13 次世代 PHS 基地局及び端末の主なシステム諸元

		基地局 (BS)	端末 (MS)
送信電力	dBm/BW	40.0	23.0
給電線損失	dB	2.0	0.0
アンテナ利得	dBi	12.0	4.0
許容干渉レベル	dBm/MHz	-114.0	-112.0

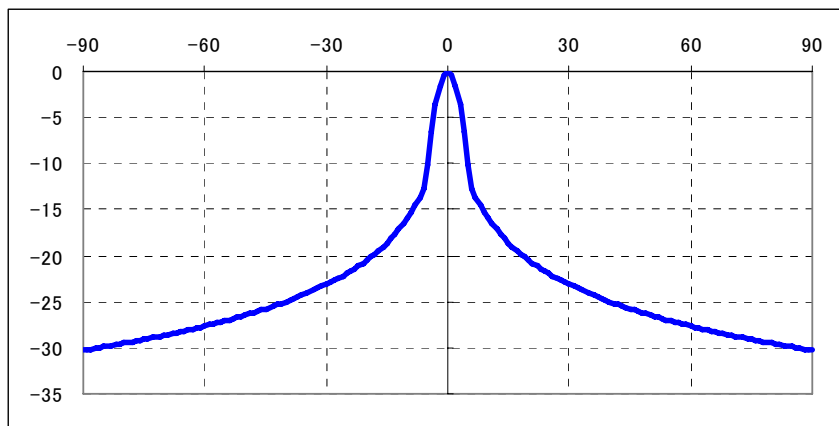


図 14 次世代 PHS 基地局のアンテナパターン

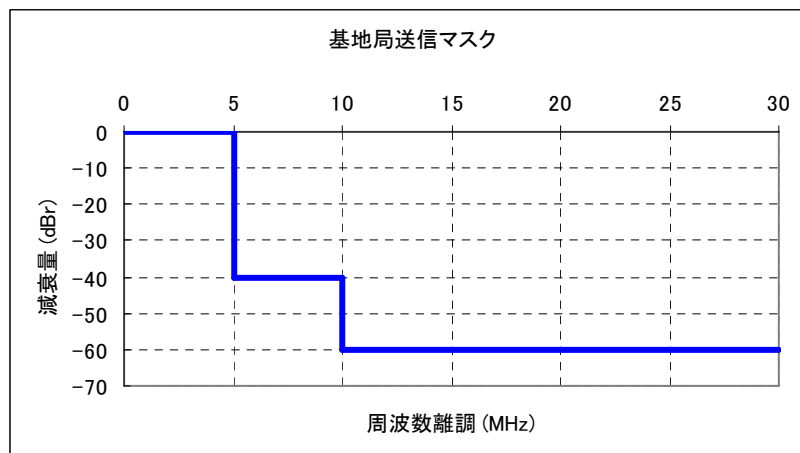


図 15 次世代 PHS 基地局の送信マスク

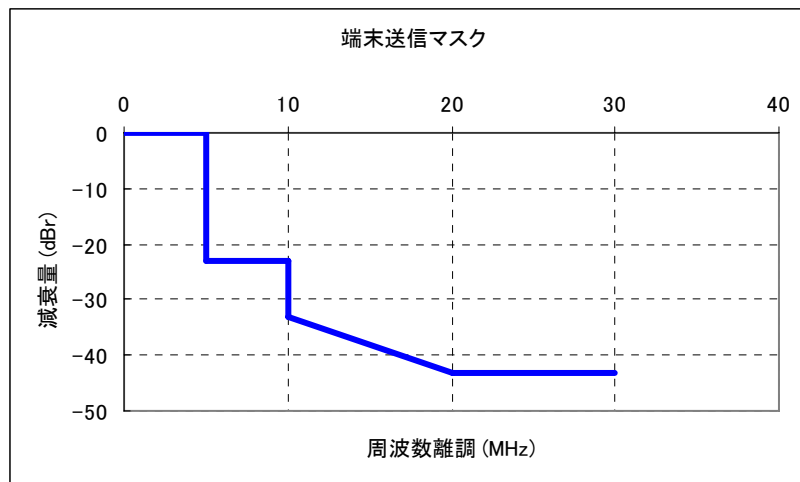


図 16 次世代 PHS 端末の送信マスク

N-Star の諸元

N-Star 衛星及び端末の主なシステム諸元を表 1 に、N-Star 端末のアンテナパターンを図 2 に、N-Star 衛星の送信マスクを図 3 に示す。

表 1 N-Star 衛星及び端末の主なシステム諸元

		衛星	端末
送信 EIRP 密度	dBm/MHz	93.0	-
アンテナ利得	dBi	-	12.6
許容干渉レベル	dBm/MHz	-	-124.9

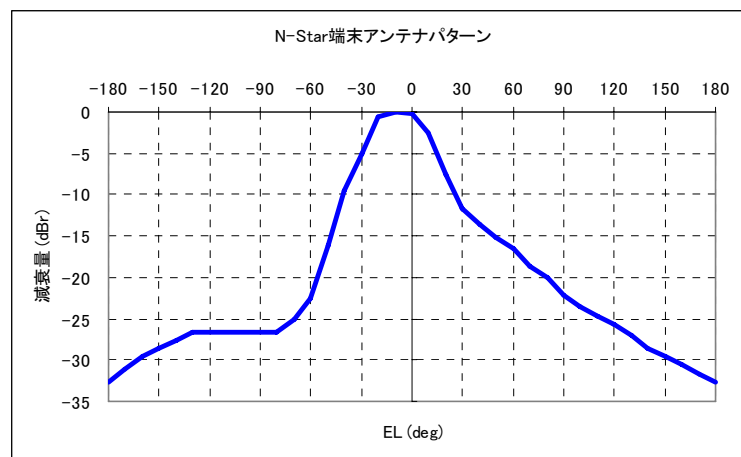


図 2 N-Star 端末のアンテナパターン

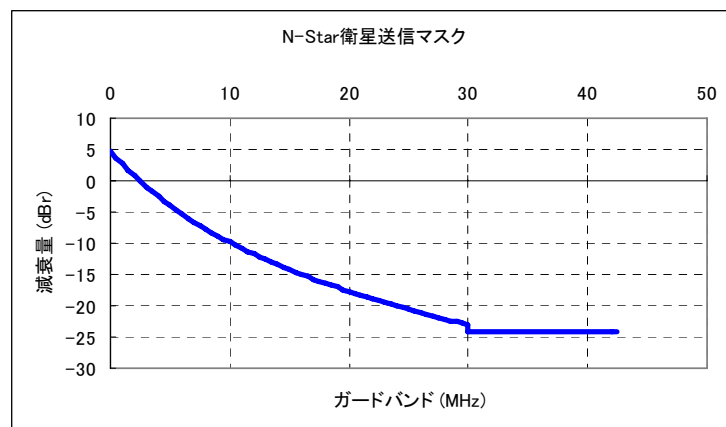


図 3 N-Star 衛星の送信マスク

モバイル放送の諸元

モバイル放送衛星、端末及びギャップフィルターの主な諸元を表 1 に、モバイル放送衛星送信マスクを図 2 に、ギャップフィルターのアンテナパターンを図 3 に、ギャップフィルターの送信マスクを図 4 に示す。

表 1 モバイル放送衛星、端末及びギャップフィルターの主な諸元

		衛星	端末	ギャップ フィルター(GF)
送信 EIRP 密度	dBm/MHz	86.1	-	40.0
アンテナ利得	dBi	-	2.5	-
許容干渉レベル	dBm/MHz	-	-126.5	-

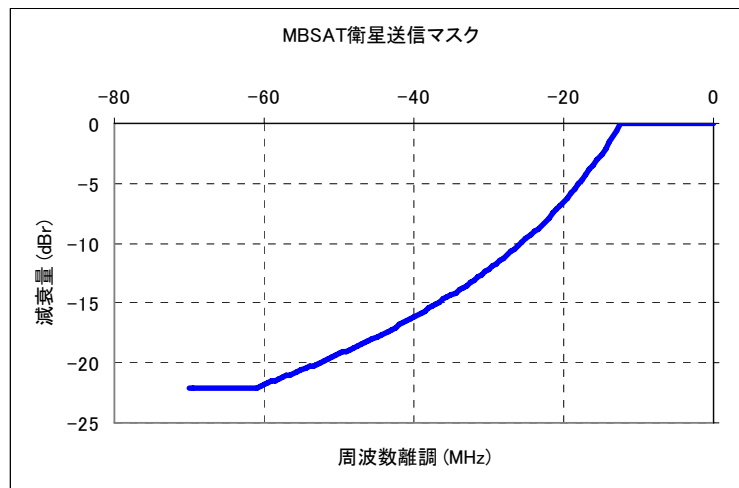


図 2 モバイル放送衛星送信マスク

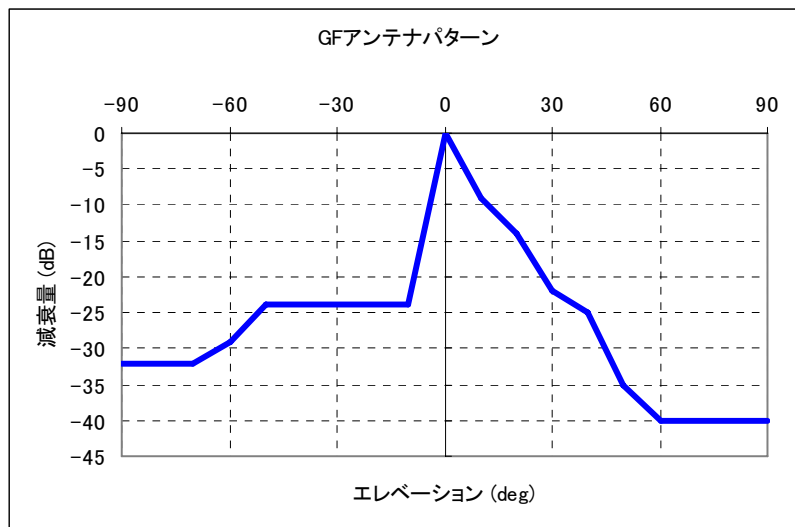


図3 ギャップフィルターのアンテナパターン

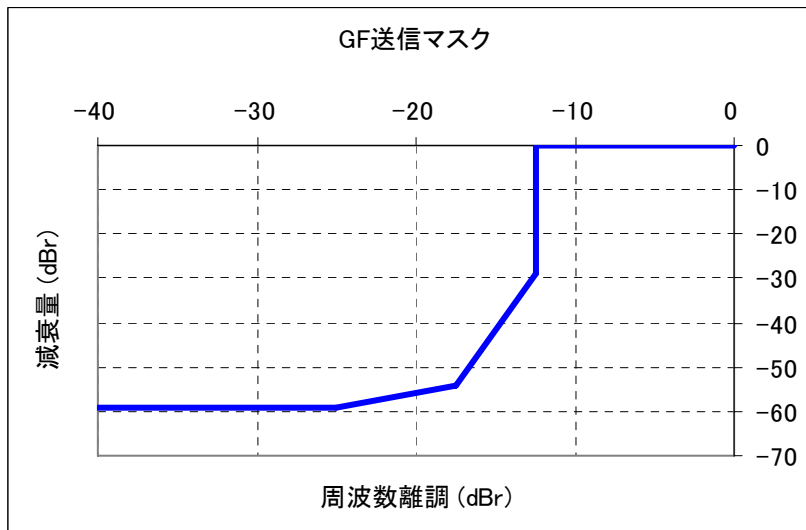


図4 ギャップフィルターの送信マスク

SEAMCAT によるモンテカルロ・シミュレーション条件

SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool) による与干渉局および被干渉局のシミュレーション条件を以下に示す。

SEAMCAT では、任意の端末に注目して、その端末が受ける干渉の発生確率を計算していることから、被干渉の端末密度については考慮しない。

与干渉パラメータ

			WiMAX	MBTDD- Wideband	MBTDD 625k-MC	次世代 PHS
共通	セル半径	km	1	1	1	0.6
基地局	空中線電力	dBm	43	43	45.8	40
	最大アンテナ利得	dBi	17	17	11	12
	基地局密度	1/km ²	0.318	0.318	0.318	1.07
端末	空中線電力	dBm	23	23	22	23
	最大アンテナ利得	dBi	2	0	0	4
	端末密度	1/km ²	40.4	40.4	18.5	34.2

被干渉パラメータ

		N-Star 端末	モバイル放 送端末(衛星 受信環境)	モバイル放 送端末(GF 受信環境)
Noise Floor	dBm	-131.2	-102	-102
Sensitivity	dBm	-125.2	-93.5	-93.5
Reception Bandwidth	kHz	14	17000	17000
最大アンテナ利得	dBi	12.6	2.5	2.5
許容レベル(I/N)	dB	-12.2	-12.2	5.4
許容レベル(C/I)	dB	-	-	3.1

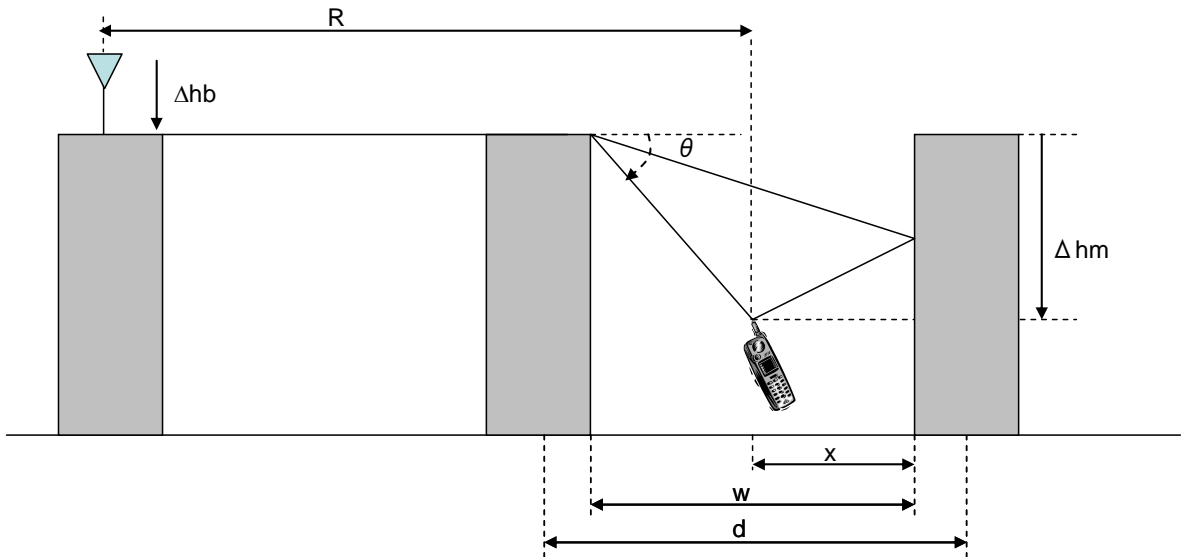
モンテカルロ・シミュレーションにおける伝搬モデル

第4章及び第5章にて実施したシミュレーションでは、以下の伝搬モデルを適用した。

1. MS-BS 間伝搬モデル

(1) 伝搬モデル

BS-MS 間の伝搬では、以下の図に示すモデルを想定する。



本検討でのシミュレーション条件は以下の通りである。

- d 平均ビル間隔 (典型的な値 : 80 m);
- R 与干渉送信機と被干渉受信機の距離 ($R > 5$ m);
- Δh_m 平均ビル高と端末アンテナ高の差 (典型的な値 : 22.5 m);
- x 端末と回折の始まるエッジとの水平距離 (典型的な値 : 15 m);
- Δh_b 平均ビル高と基地局アンテナ高の差 (本シミュレーションの値 : 16m)
- w 平均道路幅 (典型的な値 : 30m)

(2) 伝搬式

ITU-R M.1225 より、以下の式を引用してシミュレーションに用いた。

$$L_{ms-bs} = -10 \log_{10} \left[\left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \right] - 10 \log_{10} \left[\frac{\lambda}{2\pi^2 r} \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi + \theta} \right)^2 \right] - 10 \log_{10} \left[(2.35)^2 \left(\Delta h_b \sqrt{\frac{d}{\lambda}} \right)^{1.8} / R^{2(1-4 \times 10^{-3} \Delta h_b)} \right]$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{|\Delta h_m|}{x}\right)$$

$$r = \sqrt{(\Delta h_m)^2 + x^2}$$

(3) LOS/NLOS の選択方法

MS と BS の距離が 30m 以内の場合は、LOS として計算を行った。

MS と BS の距離が 30m から 80m の間では、LOS となる確率が以下の式で表されるように、LOS と NLOS をランダムに選択する。LOS となる確立 $P(\text{LoS})$ は、端末間の距離が大きくなるにつれて減少する。

$$P(\text{LoS}) = \begin{cases} 1 & R \leq R_1 \\ \frac{R_2 - R}{R_2 - R_1} & R_1 < R < R_2 \\ 0 & R \geq R_2 \end{cases}$$

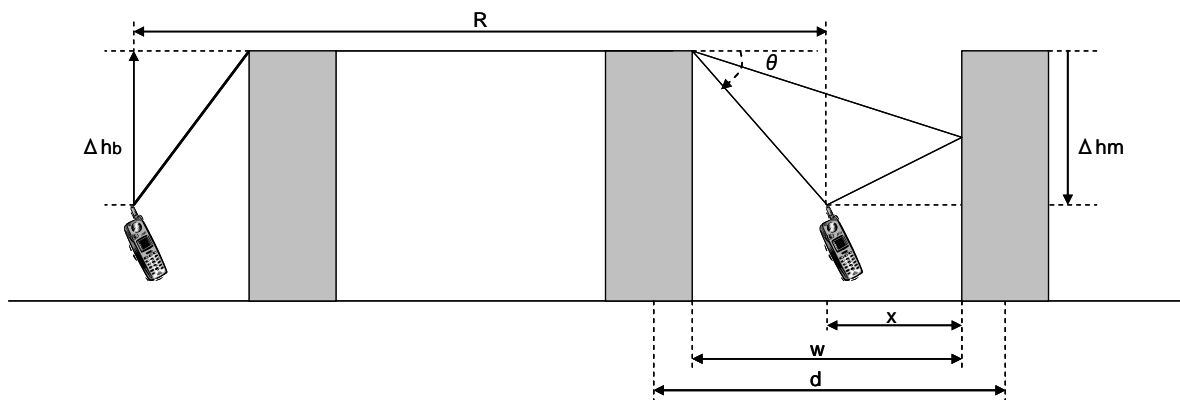
ここで、 $R_1=30\text{m}$ 、 $R_2=80\text{m}$ である。

MS と BS の距離が 80m を超える場合は全て NLOS として計算した。

2. MS-MS 間伝搬モデル

(1) 伝搬モデル

MS-MS 間の伝搬では、以下の図に示すモデルを想定する。



本検討でのシミュレーション条件は以下の通りである。

- d 平均ビル間隔 (典型的な値 : 80 m);
- R 与干渉送信機と被干渉受信機の距離 ($R > 1\text{m}$);
- Δh_m 平均ビル高と端末アンテナ高の差 (典型的な値 : 22.5 m);
- x 端末と回折の始まるエッジとの水平距離 (典型的な値 : 15 m);
- w 平均道路幅 (典型的な値 : 30m)

(2) 伝搬式

MS-MS 相互間に適用する伝搬式は以下の式を参考文献から引用した。

$$L_{ms-ms} = -10\log\left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 - 10\log\left[\frac{\lambda}{2\pi^2 r}\left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi + \theta}\right)^2\right] - 10\log\left[\left(\frac{d}{2\pi R}\right)^2 \frac{\lambda}{\sqrt{(\Delta h_m)^2 + d^2}}\left(\frac{1}{\phi} - \frac{1}{2\pi + \phi}\right)^2\right],$$

$$r = \sqrt{(\Delta h_m)^2 + x^2};$$

$$\theta = \tan^{-1}(|\Delta h_m|/x);$$

$$\phi = \tan^{-1}(|\Delta h_m|/d)$$

λ 波長

(3) LOS/NLOS の選択方法

MS 間距離が 1m 以内の場合には、自由空間損失として計算を行う。MS 間の距離が 1m から 50m の範囲の場合には、LOS となる確率が以下の式で表されるように、LOS と NLOS をランダムに選択する。LOS となる確立 $P(\text{LOS})$ は、端末間の距離が大きくなるにつれて減少する。

$$P(\text{LoS}) = \begin{cases} 1 & R \leq R_1 \\ \frac{R_2 - R}{R_2 - R_1} & R_1 < R < R_2 \\ 0 & R \geq R_2 \end{cases}$$

ここで、 R_1 、 R_2 はそれぞれ 1m、50m である。

また、NLOS の式を適用する際には、シャドウイングとして 10dB を付加する。

参考文献：

- [1] ITU-R Doc 8F/914 "WORKING DOCUMENT TOWARDS A PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT ON SHARING STUDIES IN THE 2 500-2 690 MHz BAND BETWEEN IMT-2000 AND MOBILE BROADBAND WIRELESS ACCESS (MBWA) SYSTEMS IN THE SAME GEOGRAPHICAL AREA", WiMAX Forum, 3 Aug. 2006
- [2] 3GPP, "RF System Scenarios", 3GPP TS 25.942 Version 6.3.0, June 2004.
- [3] Siemens, "Coupling loss analysis for UTRA TDD – Additional results II including micro cell results", ETSI STC SMG2 UMTS L1#10, Tdoc 41/98, Espoo, Finland, December 18-20, 1999.
- [4] Maio, Q, Wang, W, Yang, D, and Wang, D, "An investigation of interference between UTRA-TDD and FDD system"

N-Star 端末に対する干渉への場所率的影響評価

ここでは、BWA 基地局から N-Star 端末への干渉を評価する上で、N-Star の利用場所における BWA 基地局の見通し率（場所率）を推定し、干渉評価で用いる伝搬条件を評価する。

一般的に、N-Star 端末が利用される場所は、①地表面、②ビル屋上面、③ビル南側壁面（南面窓側、ベランダなど）に分類される。

ここで、水平面である地表面と屋上面及び垂直面であるビル南面の2つのケースに分けて、それぞれモデル化と幾何的な解析を行い、N-Star 端末から見た N-Star 衛星と BWA 基地局それぞれの見通し率を推定し、両者の重なりを干渉発生エリアと考えることにより、従来 N-Star が利用できている場所に対して、新たに BWA 基地局が干渉源となる場所率を推定した。表 1 に都市部として新宿をモデルとした計算結果（地表面、屋上面、ビル南面に分類した見通し率）、また、大都市部以外のサンプルとして、愛知県蒲郡市及び兵庫県川西市をモデルとした計算結果を示す。

表 1 干渉エリアの面積率算出結果

	サンプリング面積 (m ²)	BWAが見通しとなる面積 (m ²)	N-Starが見通しとなる面積 (m ²)	干渉比率 (%)
地表面	91044.2	3389.2	57474.8	5.9
屋上面	21673.2	3812.8	20217.0	18.9
南面壁面	22852.4	2556.0	22852.4	11.2
合計	135560.8	9758.0	100544.3	9.7

	サンプリング面積 (m ²)	BWAが見通しとなる面積 (m ²)	N-Starが見通しとなる面積 (m ²)	干渉比率 (%)
蒲郡市	135569.8	83789.1	111867.1	74.9
川西市	135569.8	82221.9	111925.1	73.5

これによると、従来 N-Star 端末が利用できていた面積に対して、都市部において 10%弱、その他の地域においては 75%前後が BWA 基地局から新たに干渉を受けることとなる。なお、この場所率の差は土地利用形態の違いから生じるものであり、今回の想定以外でも、例えば都市の港湾部

や新都心など比較的広大な土地に建物等が点在するケースにおいて、見通し率は、地方の場合と同様に高くなると予想される。

上記の結果より、N-Star 端末に対して BWA 基地局が与える干渉を評価する場合には、両者が見通しであることを前提として、干渉信号は自由空間損失伝搬で到来するとしてパラメータ設定を行うことが妥当であると考えられる。

BWA 基地局が干渉を及ぼす範囲の平面的な広がりに関する検討

BWA 基地局が N-Star 端末に干渉を与える領域に関して考える。N-Star 端末は南天の静止衛星に向かってアンテナを向けるため、干渉を与えるのは主に BWA 基地局から北方向に放射される電力となる。図 1 には BWA 基地局が感度抑圧を及ぼす範囲を図示している。

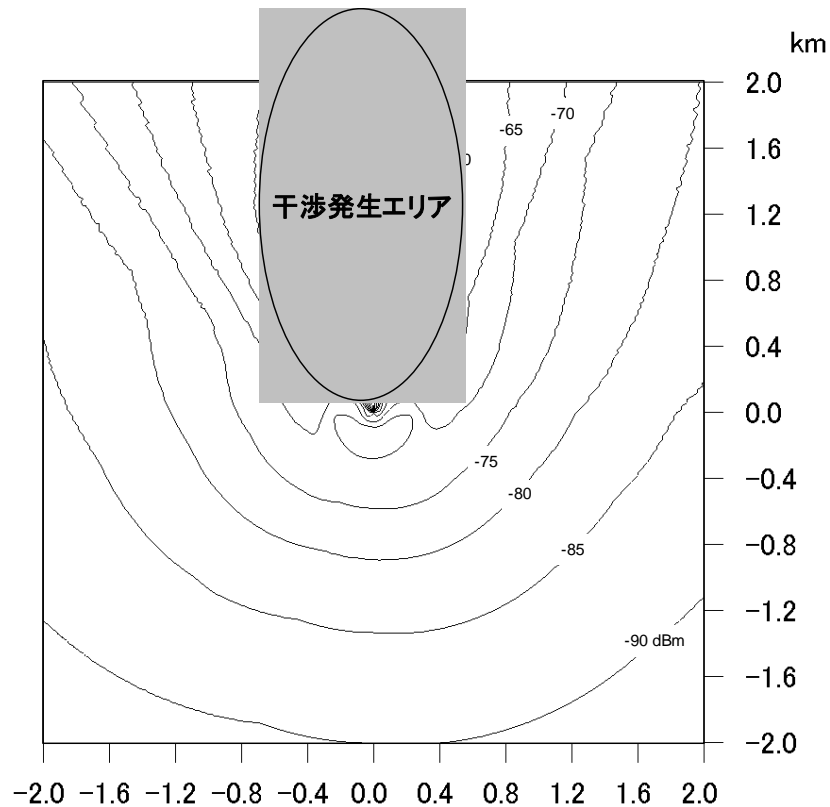


図 1 BWA 基地局が感度抑圧による干渉を及ぼす範囲

図 1 において、送信電力等のパラメータの考え方は (3) と同一である。図 1 ではガードバンドが 20MHz 未満になった場合を想定し、BWA 基地局からの電力が許容感度抑圧レベルとなる -60dBm となる領域の境界を楕円で示している。図からもわかるとおり、感度抑圧を受ける領域は BWA の本

来のサービスエリアを大きく超えて北へ広がっている。次に BWA 基地局を面的に展開した場合の感度抑圧領域に関するイメージを図 2 に示す。

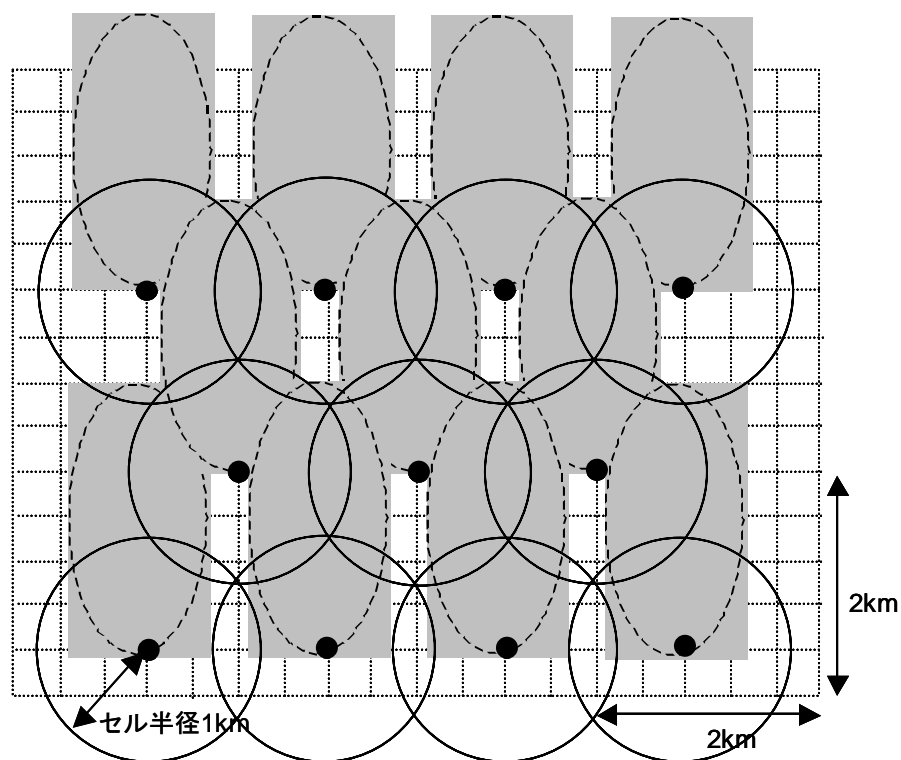
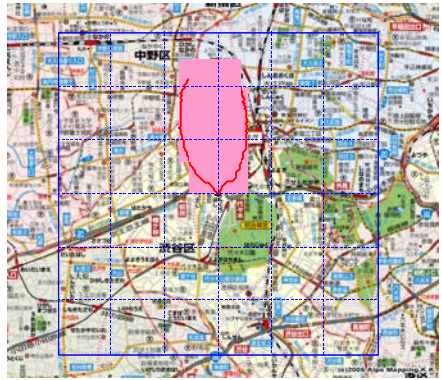


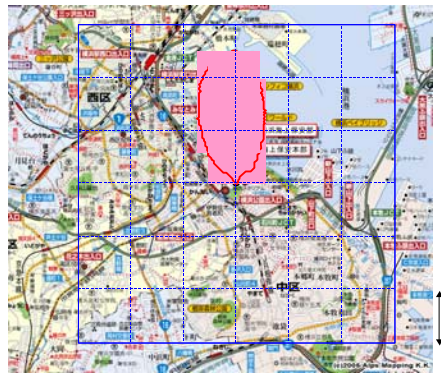
図 2 BWA 基地局を面的に展開した場合の感度抑圧領域の例

ほとんどの領域で干渉エリアが互いに重なり合い、干渉を受けない領域はわずかであることがわかる。

また、図 2 の楕円を実際の地図に当てはめたものが図 3 である。例として都内と横浜港を想定した。市街地の主要な部分及び港湾の大部分を干渉エリアがほぼカバーしていることがわかる。移動通信を前提としハンドオーバー可能な形で基地局を面的配置した場合、干渉エリアも面的な広がりを持ち、ほぼ全面的に干渉エリアとしてカバーされること、海上であっても基地局と海洋との地理的位置関係により重大な影響を受ける可能性があることがわかる。これらの結果より、N-Star 端末はその利用形態によらず、すべての端末が影響を受ける可能性を持つことになる。



都内（新宿）



横浜港

図3 干渉エリアを地図上に表示した例