

資料5

北陸総合通信局

ブロードバンド空白地域解消のための
無線アクセスシステムに関する調査検討会



> **BUSINESS MADE SIMPLE**

WiMAX について

ノーテルネットワークス株式会社
ワイヤレス事業開発部
2006年8月

NORTEL



目次

1. WiMAXとは
2. WiMAXネットワークの海外事例
3. 無線LANとの比較
4. WiMAXの特長



1. WiMAXとは

WiMAXって何？

IEEE 802.16 規格 のワイヤレス・ブロードバンド技術

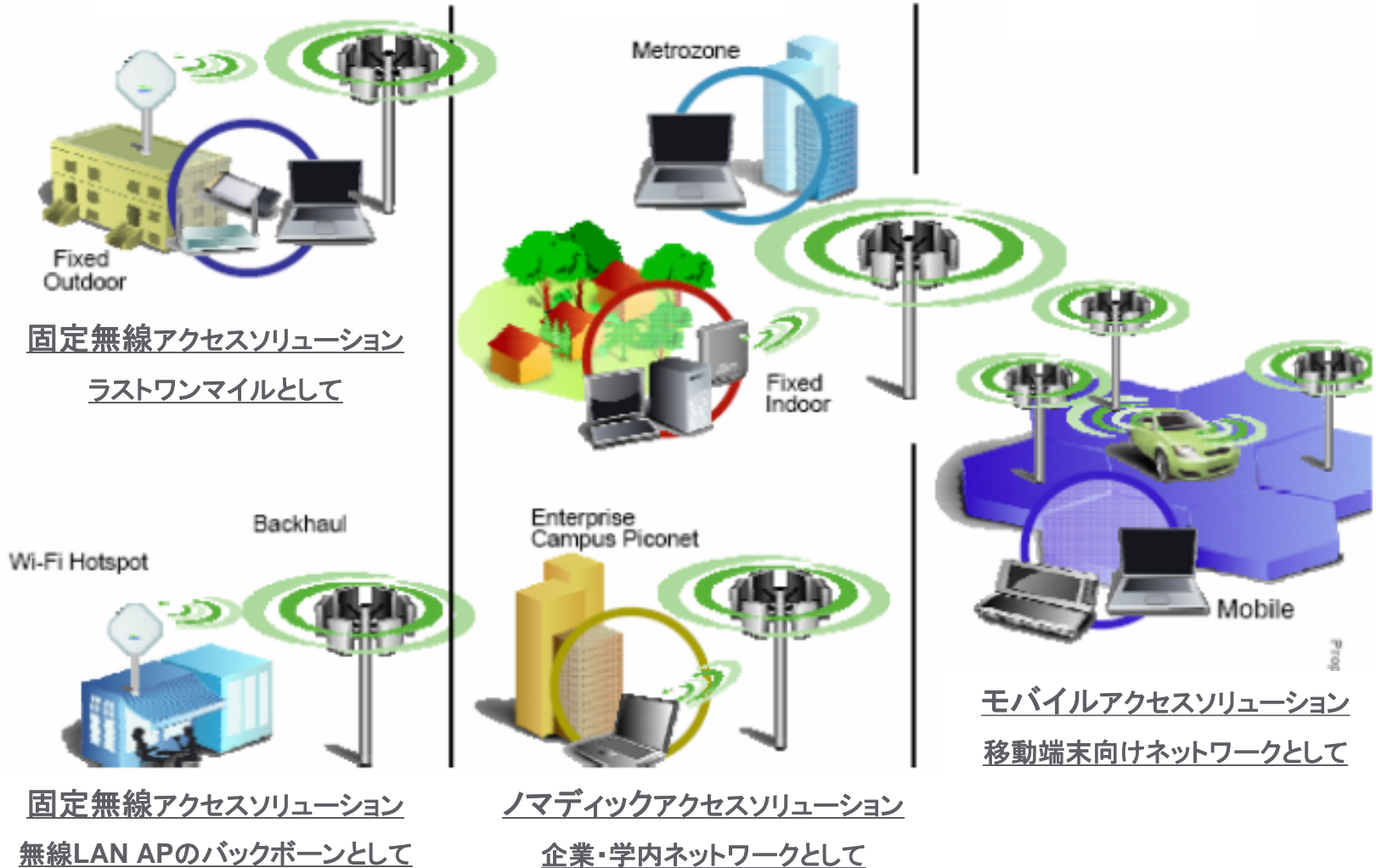
固定 WiMAX と モバイルWiMAX がある

無線LANより広いカバレッジを持ち、3.5G よりも高速

WiMAX = Worldwide Interoperability of Microwave Access



WiMAXの用途



固定無線アクセスソリューション
ラストワンマイルとして

Wi-Fi Hotspot
Backhaul
固定無線アクセスソリューション
無線LAN APのバックボーンとして

Enterprise Campus Piconet
ノマディックアクセスソリューション
企業・学内ネットワークとして

モバイルアクセスソリューション
移動端末向けネットワークとして

IEEE802.16とWiMAXフォーラム



IEEE802.16



IEEE802委員会では、802.3WG (ワーキンググループ)でイーサネット、802.11WGで無線LANを標準化している。

802.16WGでは、ブロードバンド無線アクセスシステム、特に、物理レイヤやMACレイヤにおける仕様を標準化

802.16-2004にてFWA用途のWiMAXを、802.16e-2005にてモバイル用途のWiMAXを標準化

今後、OAMやMulti-hopネットワークを考慮した標準化作業が整備されていく予定。

WiMAXフォーラム

IEEEで標準化された仕様に基づいて、仕様の適合性・相互運用性の試験や認証の手順、上位レイヤ(ネットワーク層以上)のプロトコルなどを議論する団体。

アプリケーションや認証など、活動内容は多岐に渡る。

既に802.16-2004をベースにしたFWA用途のWiMAXについてはプロファイルができており、最近80.216e-2005をベースにしたモバイルWiMAXのプロファイルが決定された。

WiMAX の特徴



- > WMANとして規格化 (IEEE 802.16-2004 / 802.16e)
- > 相互運用性の確保
- > NLOS(見通し外)通信を想定
- > 広いカバレッジ (最大数十km)
- > 高スループット (最大75Mbps)
- > 高い周波数利用効率
- > OFDM適応変調の採用による効率的な多重化
- > マルチパス干渉に強い
- > P to MP をサポートした、スケーラブルなデザイン
- > モビリティのサポート(モバイルWiMAX)
- > QoSの確保を前提としたシステム
- > 統一規格化されたセキュリティ基準
- > MIMOなどのアンテナ技術の採用
- > ライセンスバンド及び非ライセンスバンドの双方で展開可能
- > 周波数帯域幅に選択肢



2. WiMAXネットワークの海外事例



> 200 Operator Trials and Deployments of WiMAX (2005)

| | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|
| Afghanistan | Finland | Peru |
| Africa | France | Russia Federation |
| Argentina | Germany | Saudi Arabia |
| Australia | Greece | Serbia |
| Austria | India | Belgrade |
| Belarus | Irish | Singapore |
| Belgium | Israel | Spain |
| Brazil | Italy | Sri Lanka |
| Bulgaria | Ivory Cost | Switzerland |
| Canada | Japan | Taiwan |
| China | Korea | Thailand |
| Columbia | Mauritius | Turkey |
| Congo | Malaysia | United Kingdom |
| Czech | New Zealand | US |
| Dominican Rep. | Norway | Venezuela |
| England | | ... |

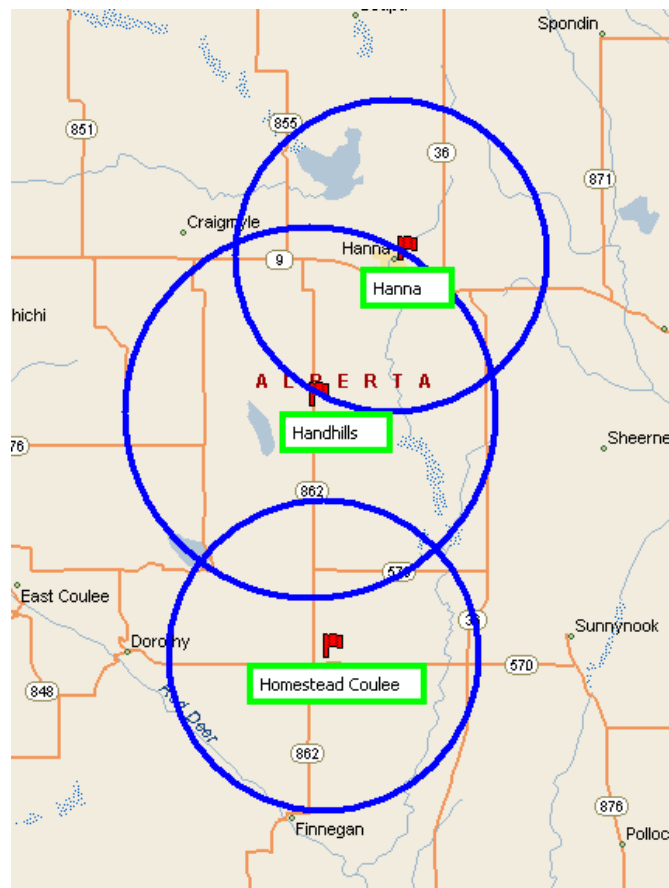
WiMAXによるデジタルディバイド実例



- > 21,000平方キロメートルに及ぶ広大な土地をカバー
- > ブロードバンド回線が提供されていない地域に対して、無線アクセス回線を提供
 - 人口カバー率を増やし、長期的な地域の経済発展に貢献
- > 3.5GHz帯を使用した固定無線アクセスソリューション
- > 地域ISPと行政との共同プロジェクト
 - Netago Wireless社 (ISP) と Alberta Special Areas Board (行政) と協調したプロジェクト
 - Alberta SuperNetの拡張の一環として

(備考)

SuperNetは、Alberta州の429の自治体の中にある4200の公共施設(政府・病院・図書館・校舎)をまたぐネットワークを構築





その他の実例

NEW Energie社, ドイツ:

固定アクセス手段(ADSLやFTTH)に変わる、ブロードバンドアクセス手段として位置づけている。

ブロードバンドの接続環境を持ち歩くことができる(ノマディック)というところに付加価値がある。

Chunghwa Telecom社, 台湾:

ワイヤレスメッシュネットワークや無線LAN APのバックホール回線としてWiMAXを利用している。

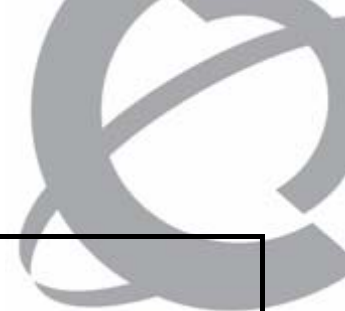
台湾国際大学, 台湾:

キャンパス内のネットワークで、無線LAN APのバックホール回線としてWiMAXを利用している。



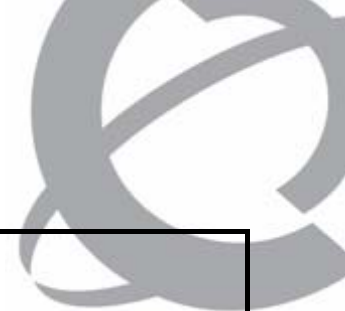
3. 無線LANとの比較

無線LANとの比較



| | | | WiMAX | | WiFi | | |
|-------|-------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------|--|---|---|
| | | | 固定WiMAX | モバイルWiMAX | | | |
| 標準化規格 | | | 802.16d-2004 | 802.16e-2005 | 802.11b | 802.11a | 802.11g |
| PHY | 周波数 | 周波数帯 | 11GHz以下 | 6GHz以下 | 2.4GHz帯 2.471~2.497 GHz 2.400~2.4835 GHz | 5GHz帯 5.15 ~ 5.25 GHz 4.9 ~ 5.0 GHz 5.03 ~ 5.091 GHz | 2.4GHz帯 2.400~2.4835 GHz |
| | | 使用帯域幅 | 1.75~10MHz (可変) | 1.25~20MHz (可変) | 20MHz | 20MHz (5MHz/10MHz) | 20MHz |
| | 変調方式 | 一次変調 | BPSK QPSK 16QAM 64QAM | QPSK 16QAM 64QAM | DBPSK DQPSK CCK | BPSK QPSK 16QAM 64QAM | CCK BPSK QPSK 16QAM 64QAM |
| | | 二次変調 | OFDM | OFDMA (SOFDMA) | DSSS | OFDM | OFDM DSSS-OFDM(オプション) PBCC(オプション) |
| | | OFDM サブキャリア数 | 256 | 128, 512, 1024, 2048 | - | 64 | 64 |
| | 多重化方式 (多元接続方式) | | TDMA | OFDMA | CSMA | CSMA | CSMA |
| | 複信方式 | | TDD, FDD | TDD, FDD | TDD | TDD | TDD |
| | 空間多重 | | MIMO | MIMO | - | - | - |

無線LANとの比較



| | | WiMAX | | WiFi | | | |
|-------|----------|-------------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|--|
| | | 固定WiMAX | モバイルWiMAX | | | | |
| 標準化規格 | | 802.16d-2004 | 802.16e-2005 | 802.11b | 802.11a | 802.11g | |
| MAC | アクセス制御方式 | Request/Grant | Request/Grant | CSMA/CA | CSMA/CA | CSMA/CA | |
| | QoS | 規格内でサポート | 規格内でサポート | <802.11e> EDCA HCCA | <802.11e> EDCA HCCA | <802.11e> EDCA HCCA | |
| | セキュリティ | 認証 | EAP | EAP | EAP-TLS (IEEE802.1x) | | |
| | | 暗号化方式 | RSA, AES | RSA, AES | WEP 64/128bit (IEEE802.11) TKIP (WPA / IEEE802.11i) AES (IEEE802.11i) | | |
| | 誤り訂正符号 | RS-CC BTC (オプション) CTC (オプション) | RS-CC BTC (オプション) CTC (オプション) LDPC (オプション) | CC (畳み込み符号) ビタビ複合方式 シンボル内インターリーブ | | | |
| その他 | スループット | 最大37Mbps (10MHz帯域幅) | 最大75Mbps (20MHz帯域幅) | 最大11Mbps | 最大54Mbps | 最大54Mbps | |
| | カバレッジ | ～ 10km | ～ 3km | ～ 100m | ～ 100m (指向性アンテナにより、 LOSで数km達成) | ～ 100m (指向性アンテナにより、 LOSで数km達成) | |
| | 想定見通し環境 | NLOS | NLOS | - | - | - | |
| | トポロジ | PMP Mesh (オプション) | PMP | PMP | PMP | PMP | |
| | モビリティ | 固定・ノマディック | フルモビリティ (～120km/h) | 固定 | 固定・ノマディック | 固定・ノマディック | |

WiMAX の最大周波数利用効率



算出条件

| パラメータ | パラメータ値 |
|--------------|--------|
| チャンネル帯域幅 | 20MHz |
| FFTサイズ | 2048 |
| サンプリング・ファクタ | 8/7 |
| 一次変調方式 | 64QAM |
| 符号化率 | 3/4 |
| データサブキャリア数 | 1536 |
| ガード・インターバル比率 | 1/32 |
| シンボルビットレート | 6 |

$$\begin{aligned} \text{最大伝送速度} &= (\text{サンプリング周波数} / \text{FFTサイズ}) \times (\text{シンボルビットレート}) \\ &\quad \times (\text{符号化率}) \times (\text{データサブキャリア数}) \times \{1 / (1 + \text{ガードインターバル比率})\} \\ &= \{20 \text{ MHz} \times (8/7) / 2048\} \times 6 \times 3/4 \times 1536 \times \{1/(1+1/32)\} \\ &= 74.8052 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{最大周波数利用効率} &= \text{最大伝送速度} / \text{チャンネル帯域幅} \\ &= 74.8052 \text{ Mbps} / 20 \text{ MHz} = 3.74 \text{ bit/s/Hz} \end{aligned}$$

(参考) WiFi (802.11a/g) 最大周波数利用効率 = 54 Mbps / 20 MHz = 2.7 bit/s/Hz



4. WiMAXの特長

WiMAXの特長



1. 干渉に対する耐性が強い

→ (理由) WiMAXはサブキャリア数が多いため、フェージングに強く、OFDMシンボル長を大きく取れると同時にガードインターバル長が長くなり、符号間干渉に強くなる。

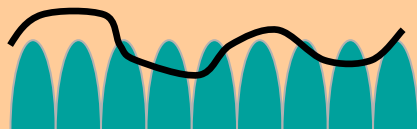
サブキャリア数: 無線LAN - 64、固定WiMAX - 256、
モバイルWiMAX - 最大2048(帯域幅に依存)

→ (効果) 高出力で、遠くに電波を飛ばす際に有効。

フェージングに強い



両方のサブキャリアが影響を受ける



一部のサブキャリアが影響を受ける

シンボル・ガードインターバルが長い



直接波



遅延波



ガードインターバル

シンボル長



影響あり

影響なし

WiMAXの特長



2. 遅延変動に強い

- (理由) アクセス制御方式の違いによる。WiMAXではRequest/Grant型、無線LANでは、CSMA/CA型
- (効果) 音声やビデオストリーミングなどのリアルタイムアプリケーションに有効

3. サブキャリアごとのグループ化が可能

- (理由) WiFiは常にすべてのサブキャリアを使用するのに対して、WiMAXでは、ユーザーごとにサブキャリアを選択可能
- (効果) サービスメニューの多様化などが可能

