

ラストマイルソリューション を提供するブロードバンド ワイヤレスアクセスシステム



日本無線(株)
研究開発部
担当部長

むらかみ ふみお
村上 文夫



NTTアクセスサービス
システム研究所
主幹研究員

ばば みつひろ
馬場 光浩

1. はじめに

近年のブロードバンドインターネットアクセスの需要増加に応えるべく、無線によるラストマイルソリューションを提供することを目的として、WIPAS (Wireless IP Access System) を開発した¹⁾。WIPASは、26GHz準ミリ波帯を使用した1対多構成 (P-MP: Point-to-Multipoint) の無線通信システムであり、無線伝送速度40/80Mbpsの高速IPアクセスを提供する。

本稿では、WIPASによるIPアクセスシステムの構成、基地局装置および加入者局装置の概要、ならびにネットワークインタフェースを含むベースバンド処理の概要について述べる。

2. システム構成

WIPASを用いたIPアクセスシステムの構成を図1に示す。WIPASは、基地局 (AP: Access Point) と複数の加入者局 (WT: Wireless Terminal) から構成される。WT装置は、ユーザー宅のベランダ、軒下、屋根上等に容易に設置することができる。AP装置は電柱等に設置されるが、水平

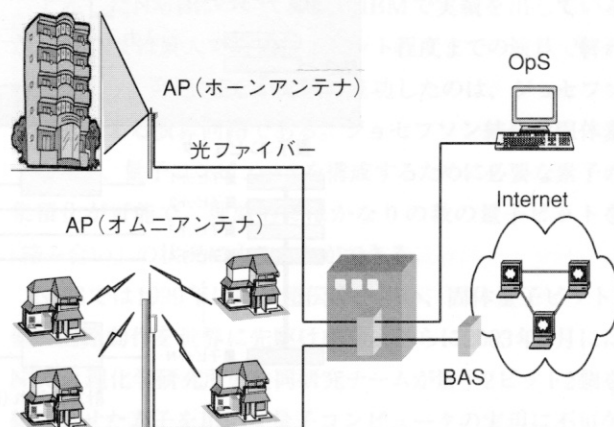


図1. WIPASシステム構成

360° 指向性のオムニアンテナにより面的なサービス展開を図るケースと、90°×90° 指向性のホーンアンテナにより集合住宅の加入者を収容するケースを想定している。

APから直近の局舎までは光ファイバー (100BASE-FX) による伝送を行い、そこで集線した後、BAS (Broadband Access Server) 等を介してIPコアネットワークに接続し、IPサービスが提供される。また、専用OpS (Operation System) により、遠隔地からWIPASの保守・監視が可能である。

3. 装置概要

3.1 主要諸元

WTおよびAPの装置諸元を表1に示す。変調方式は、WTごとに16QAMまたはQPSKの選択が可能であり、16QAMの場合80Mbps、QPSKの場合40Mbpsの無線伝送速度が得

表1. WIPAS装置主要諸元

複信方式	TDD
多元接続方式	TDM/TDMA
適応周波数帯	加入者無線アクセス用26GHz帯
周波数チャンネル間隔	30MHz
占有帯域幅	26MHz以内
最大送信出力	+14dBm (QPSK) / +11.5dBm (16QAM)
周波数安定度	± 10ppm
雑音指数	8dB以下
最低着信レベル	-70dBm以下 (16QAM)
アンテナ利得	6.5dBi (AP) / 31.5dBi (WT)
シンボルレート	20Msymbol/s
無線伝送速度	40Mbps (QPSK) / 80Mbps (16QAM)

られる。また距離や降雨量などの伝搬路の状態に応じて、適応的に変調方式を切り替える機能も具備している^[2]。

3.2 WT装置^[3]

WIPASは一般家庭ユーザーの収容を目的としているため、加入者宅に設置するWT装置の開発においては、その小形化、経済化、および施工性の向上が重要な課題であった。WT装置本体は、アンテナ、高周波回路部、およびデジタル処理部を190mm×190mm×60mmの防水筐体内に収納して屋外設置される。WT装置本体の設置例を図2に示す。屋内には、イーサネット接続ポートを有するアダプターボックス、およびACアダプターのみが設置される。これらを図3に示す。WT装置本体とアダプターボックスとは1本のイーサネットケーブルで接続され、本体への電源供給もこれを介して行う。

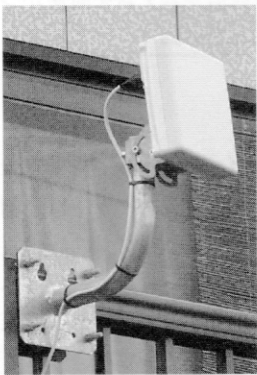


図2. WT本体

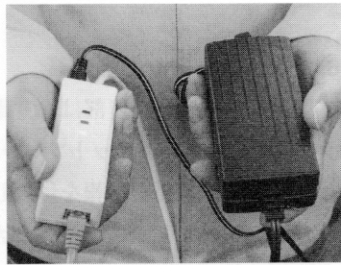


図3. WT屋内装置

3.3 AP装置^[4]

AP装置は、アンテナおよびRF回路を内蔵したRFU (Radio frequency Unit)、ならびに変復調回路、WIPAS通信制御回路、および網側インタフェースなど主としてベースバンド処理回路からなるIFU (Interface Unit) の2ユニットから構成される。RFUおよびIFUの外観写真をそれぞれ図4に示す。RFUは、オムニアンテナタイプとホーンアンテナタイプの2種類が用意されている。

4. サービス品質および距離

WIPASが使用する26GHz準ミリ波帯では、降雨による減衰が無視できない。一方、WIPASはユーザーに快適なブロードバンド環境を提供するべく、高い回線品質を想定している。図5は、横軸をAP-WT間距離、縦軸を1分間降雨量として、パケット破棄率0.01% (1000Byte長) という高

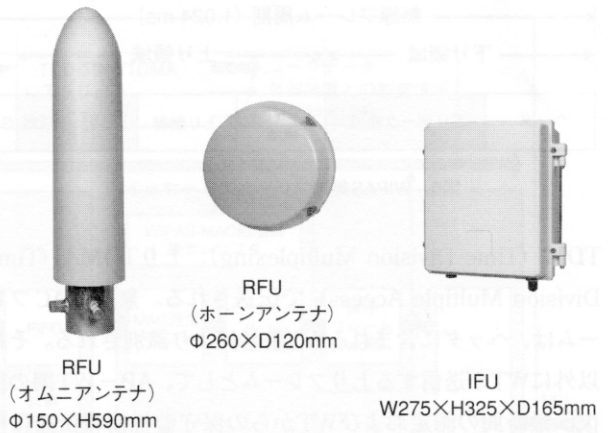


図4. RFU外観およびIFU写真

い回線品質が確保できる範囲を計算した例である。

例えば、APから700mの距離に設置されたWTでは、降雨量が0.1mm/min (やや強い雨) を超えると、適応変調機能により16QAMからQPSKに変調方式が切り替えられる。また降雨量が2mm/min程度となると、QPSKでもパケット破棄率0.01%を維持するのは困難となるが、このような豪雨が発生するのは、東京を例にとると年間5分以下であり、厳しいビジネスユースで要求される高稼働率99.999%が得られる。

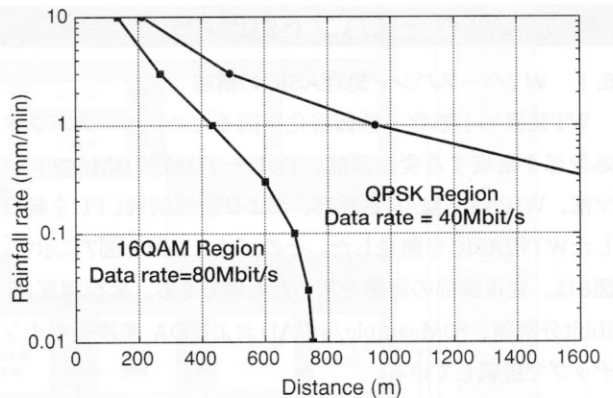


図5. QPSKおよび16QAM動作領域例

5. フレームフォーマット

WIPASのフレームフォーマットを図6に示す。WIPASは無線フレーム周期1.024msのTDD (Time Division Duplex) 方式を採用しており、前半部がAPからの下りフレームとなり、後半部にWTからの上りフレームが収容される。ユーザーデータであるイーサネットフレームは、128Byteの固定長パケットに分割され、無線MACフレームとして下り

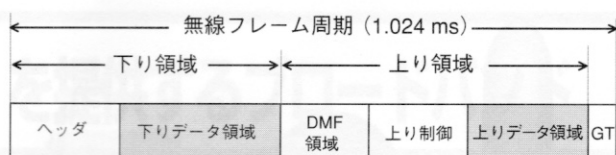


図6. WIPAS無線フレームフォーマット

TDM (Time Division Multiplexing)、上りTDMA (Time Division Multiple Access) で伝送される。無線MACフレームは、ヘッダに含まれるWT番号により識別される。それ以外にWTが送信する上りフレームとして、AP-WT間の往復伝搬時間の測定およびWTからの保守監視情報伝達に使用するDMF (Delay Measurement Frame)、ならびにWTの上り送信パッファ量をAPに伝達する上り制御フレームがある。

WIPASでは、TDD方式であることを利用し、上りデータ領域と下りデータ領域をトラフィックに併せてダイナミックに変換し、効率的なデータ伝送を実現している。無線フレーム周期中の非データ部分を除いた、イーサネットフレームのみの平均伝送速度であるスループットは、上りと下りのデータ領域の比率により変化するが、データ伝送の変調方式が16QAMのみの場合最大46Mbps、QPSKのみの場合最大23Mbpsが得られる。

6. WTベースバンド処理ASIC ^{[5][6][7]}

6.1 WTベースバンド処理ASICの構成

WT装置の小形化・低価格化を図るため、ベースバンド処理部を構成する変復調部、TDD-TDM/TDMAフレームマ部、WIPAS-MAC処理部、および監視制御CPUを統合したWT用ASICを開発した。そのブロック図を図7に示す。図8は、変復調部の詳細を示したものである。変復調部は、10bit分解能、80Msamples/sのADおよびDA変換機をオンチップで搭載している。

6.2 変復調部

WIPASはTDD方式を採用しているため、送受信信号はバースト波となる。復調部では、まず到来バースト波の先頭タイミングを検出した後、フレーム先端部のプリアンプルを用いて、シンボルクロックの再生、送受信機間のキャリア周波数差によって生じるオフセット周波数の補正、AGC (Auto Gain Control)、およびキャリア位相補償をバーストごとに行い、QPSKあるいは16QAMでシンボル硬判定し、TDD-TDM/TDMAフレームマ部に出力する。

変調部では、フレームマ部から入力された送信データにプリアンプルを挿入後、変調方式に応じてI/Q空間にマッピングし、受信時の周波数オフセット補正情報に基づく送信周波数オフセット補正を行った後、出力する。

6.3 TDD-TDM/TDMAフレームマ部

TDD-TDM/TDMAフレームマ部は、変調部から入力された下りフレームに同期して1.024msのTDD周期を発生し、下りヘッダ情報を解析して送受信タイミングを制御する。内蔵した強力なリード・ソロモン誤り訂正機能は、先に述べた高い品質保持に寄与している。また、トリプルDES暗号化回路をハードウェア実装し、伝送速度を損なうことなく、無線区間での高いセキュリティを確保している。

本フレームマ部は、P-MP通信のみならず、P-P (Point-to-Point) 通信にも対応しており、一方のWTをマスター、他方をスレーブとして、WT対向の通信システムを簡便かつ廉価に構成することができる。

6.4 WIPAS-MAC処理部

WIPAS-MAC処理部は、内蔵のイーサネットコントローラが受信したイーサネットフレームを固定長パケットに分割し、再合成に必要な情報を付加してフレームマ部に転送する。一方、フレームマ部から転送された固定長パケットを、再合成情報に基づいてイーサネットフレームに再合成し、イーサネットコントローラを介して出力する。

7. APベースバンド処理部 ^[8]

7.1 APベースバンド処理部の構成

APベースバンド処理部のブロック図を図9に示す。APベースバンド処理部は、変復調部、TDD-TDM/TDMAフレームマ部、下り/上りパケット転送処理部、WIPAS-MAC処理部、およびシステム監視制御CPU等から構成されている。WT-ASICの変復調部はAP用にも動作するよう設計されており、変復調部はそれを使用する。下り/上りパケット転送処理は、それぞれ専用のCPUで実現している。AP-ASICは、TDD-TDM/TDMAフレームマ部、WIPAS-MAC処理部、および各CPUのバスを接続するバスブリッジを含む。

7.2 下り/上りパケット転送処理

各WTへのユーザーデータの振り分けは、VLANタグ (IEEE802.1Q) による。すなわち、網側からAPに入出力されるイーサネットフレームは、各WTに対応するVID

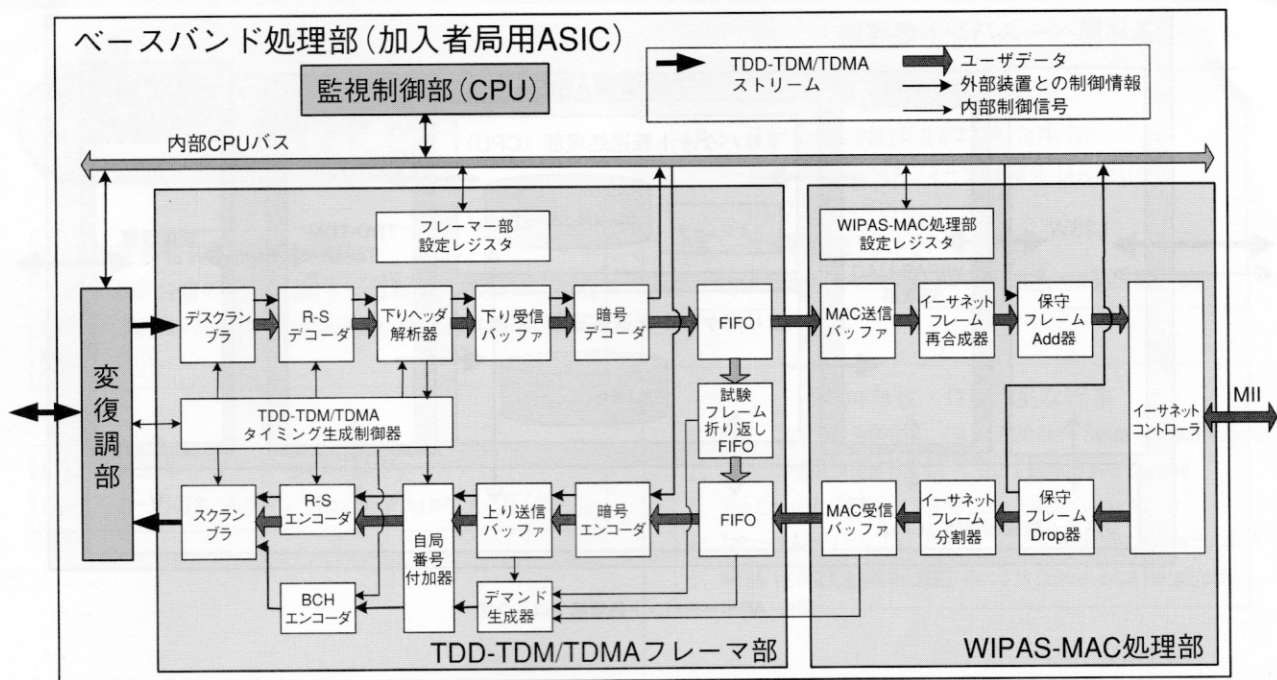


図7. WT-ASICブロック図

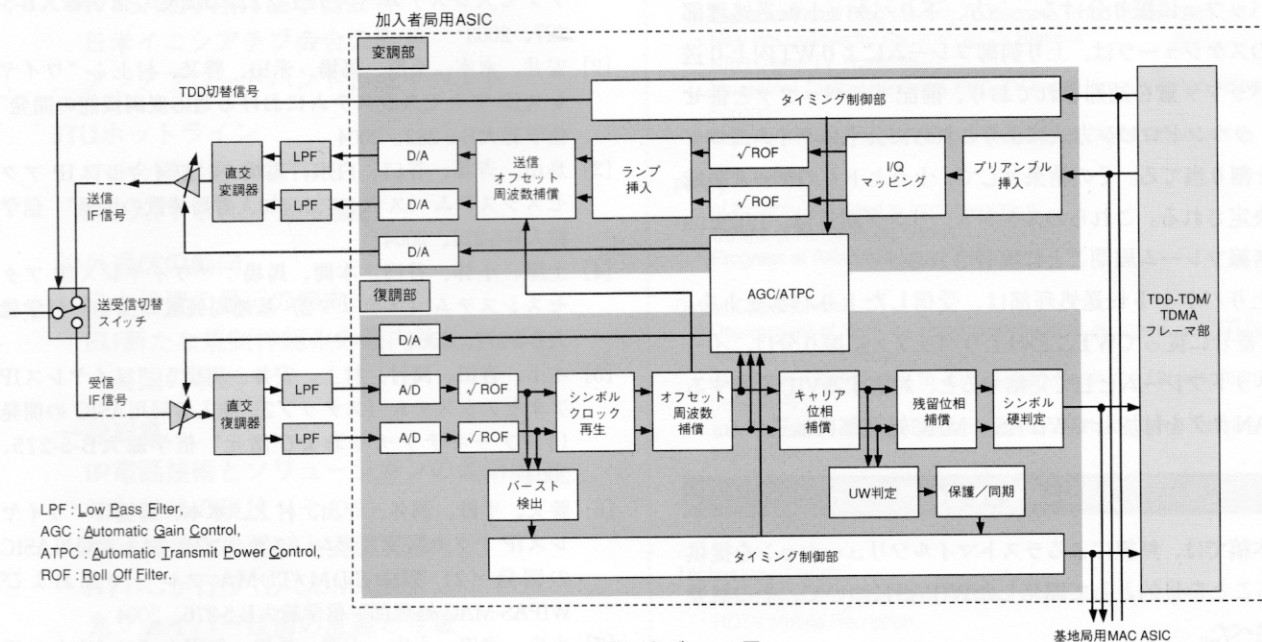


図8. 変復調部ブロック図

LPF : Low Pass Filter,
 AGC : Automatic Gain Control,
 ATPC : Automatic Transmit Power Control,
 ROF : Roll Off Filter.

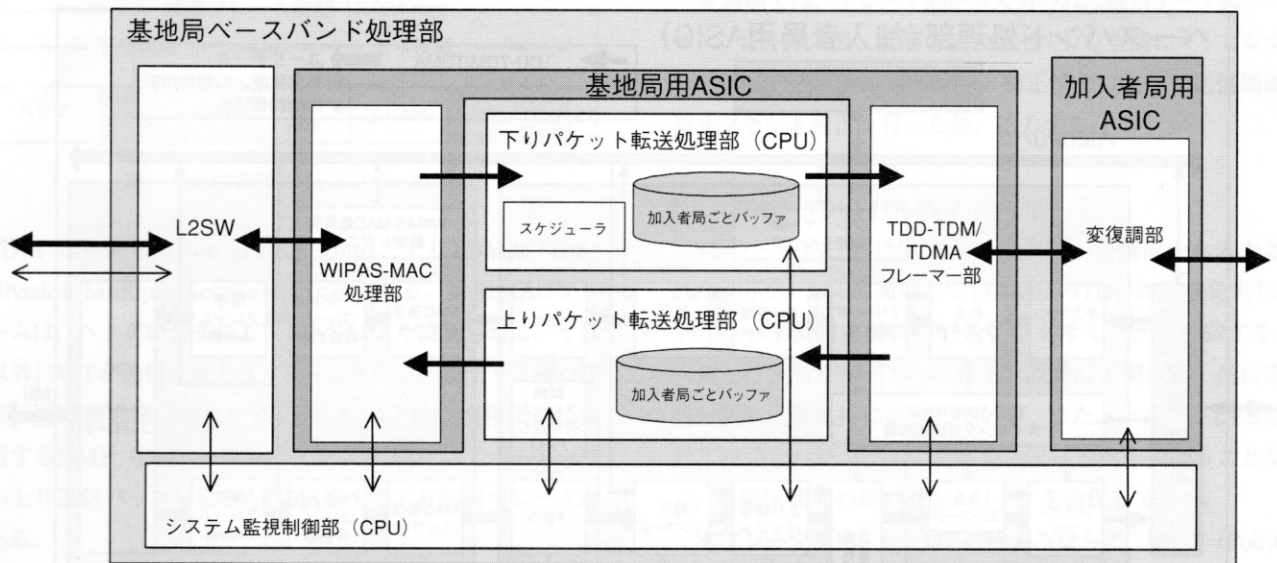


図9. APベースバンド処理部ブロック図

(VLAN-ID)を有するVLANタグが付加されている。

下りパケット転送処理部は、VIDとWT番号との対応テーブルを有し、WIPAS-MAC処理部で分割された下りパケットに、VIDに対応するWT番号を付加してWTごとの下りバッファに振り分ける。一方、下りパケット転送処理部内のスケジューラは、上り制御フレームによりWT内上り送信バッファ量を通知されており、前記下りバッファと併せて、ラウンドロビン方式によりこれらに公平にタイムスロットを割り当てる。その結果として、上りと下りのデータ領域も決定される。これらのスケジューリング演算は、1.024msの無線フレーム周期ごとに実行される。

上りパケット転送処理部は、受信した上りパケットを、WT番号に従ってWTごとの上りバッファに振り分け、イーサネットフレームとして完結すると、対応するVIDを有するVLANタグを付加してWIPAS-MAC処理部に転送する。

8. むすび

本稿では、無線によるラストマイルソリューションを提供することを目的として開発したWIPASについて、その概要を述べた。

WIPASは、2003年7月に福島県原町市の市民アクセス網として最初の商用サービスを開始し、また2003年12月よりは、NTT東日本のBフレッツワイヤレスアクセスタイプとして、またNTT西日本のBフレッツワイヤレスタイプとしてラインナップされている。今後は、64QAM変調方式の適用に

よるさらなる高速化を進める予定である。

●参考文献

- [1] 安井、水本、白水、仁平、馬場、谷口：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）の開発” 信学総大B-5-227、2003
- [2] 安井、水本、桑原、馬場、米田、勝又、村上：“ワイヤレスIPアクセスシステムにおける適応変調機能の開発” 信学総大B-5-282、2004
- [3] 鳥山、斉藤、谷口、白水、馬場：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）加入者局装置の開発” 信学総大B-5-274、2004
- [4] 土屋、小林、谷口、本間、馬場：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）基地局装置の開発” 信学総大B-5-272、2004
- [5] 木下、吉田、岡村、村上、安井、馬場：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）加入者局用ASICの開発（1）アーキテクチャおよび諸元” 信学総大B-5-275、2004
- [6] 勝又、平野、洞井、寺山、村上、水本、馬場：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）加入者局用ASICの開発（2）TDD-TDM/TDMAフレーム部およびWIPAS-MAC処理部” 信学総大B-5-276、2004
- [7] 小島、津田、永安、大澤、馬場、仁平：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）加入者局用ASICの開発（3）高速パースト変復調部” 信学総大B-5-277、2004
- [8] 米田、勝又、平野、村上、馬場、桑原：“ワイヤレスIPアクセスシステム（ステップ2）基地局ベースバンド処理部の開発” 信学総大B-5-273、2004