

■4 群 (モバイル・無線) - 1 編 (無線通信基礎)

14 章 多様な無線通信システム

(執筆者: 相河 聡) [2008 年 12 月 受領]

■概要■

本章では本編のほかの章で扱われていないものの中で特に重要な無線通信システムとして、固定無線, ROF (Radio on Fiber), ミリ波通信についてそれぞれ述べる。

■4群 - 1編 - 14章

14-1 固定無線

(執筆者：相河 聡) [2008年12月 受領]

無線通信システムには本書他編にある移動体通信、無線 LAN・無線アクセス・近距離通信、衛星通信などと並び、固定無線通信がある。ここでは固定マイクロ波中継、FWA (Fixed Wireless Access)、固定 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) について述べる。

14-1-1 固定マイクロ波中継

光ファイバが普及する前は、都市間の電話網やテレビの中継に固定マイクロ波無線中継が広く用いられてきた。現在もファイバが使えない場所やファイバよりコスト的に有利な場合に携帯電話基地局へのエントランスとして使われている。

電気通信業務におけるマイクロ波固定無線中継の中で代表的な 16QAM-200Mbps システムの方式諸元を表 14・1 に示す。また、固定無線に国内で割り当てられている周波数帯と用途を表 14・2 に示す。長距離通信に適するマイクロ波から、大容量通信に適する準ミリ波、ミリ波などに移行している。一方、国際回線や都市間の無線中継など長距離通信は衛星や光ファイバに置き換わり、より低い周波数帯は移動通信や無線 LAN など新たな無線通信システムに転用される方向にある。

表 14・1 16QAM-200Mbps システムの方式諸元

周波数	4/5/6GHz 帯
変復調方式	16QAM, 同期検波
伝送系	50%コサインロールオフ
符号速度	50MBaud
伝送容量	200Mbps/無線チャンネル
中間周波数	140MHz

表 14・2 固定無線の周波数帯と主な用途

周波数帯	主な用途
4/5/6GHz	長距離電話、テレビ中継
6.5/7.5/12GHz	公共(治安, 防災, 電気, ガス)
11GHz	近距離電話中継
15GHz	都市内電話中継
22/26/38GHz	加入者無線アクセス
40GHz	中央防災

14-1-2 FWA

配線工事やケーブルの維持管理が不要なことから、アクセス系において FWA (Fixed

Wireless Access) と呼ばれるシステムが導入されている。通信事業者が加入者に高速なアクセス回線をルーラル地域や配線困難な場所を中心に低コストで提供するためのシステムである。加入者無線, WLL (Wireless Local Loop), LMDS (Local Multipoint Distribution Service) などの名称で用いられている。表 14・3 に主な FWA の主要諸元を示す。

表 14・3 各種 FWA システムの主要諸元
(松江他「高速ワイヤレスアクセス技術」電子情報通信学会より)

形態		準ミリ波帯			ミリ波帯	
		P-P	P-MP		P-P	P-MP
周波数		26 GHz			64~65 GHz	
送信出力	基地局	17 dBm	17 dBm	18 dBm	10 dBm	
	加入者局			15 dBm		
変調方式		32QAM	QPSK		64QAM	
アンテナ利得	基地局	37 dBi	6 dBi	10 dBi	33 dBi	15 dBi
	加入者局		31.5 dBi	33 dBi		33 dBi
アクセス方式		FDD	TDD-TDMA	FDD-TDMA	FDD	
伝送速度		155.52 Mbps	40 Mbps	上り:10 Mbps 下り:24 Mbps	31.644 Mbps	

P-P: Point to Point 方式, P-PM: Point to Multi Point 方式

14-1-3 固定 WiMAX

通信技術の標準化を行っている機関に IEEE802 委員会がある。この中で無線通信は適用エリアが小さい方から 802.15 (Wireless PAN: Personal Area Network), 802.11 (Wireless LAN: Local Area Network), 802.16 (Wireless MAN: Metropolitan Area Network), 802.20 (Wireless WAN: Wide Area Network) に分類される。802.16 では WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) 技術の標準化を行っているが、この中に固定系の 802.16-2004 と移動系の 802.16e がある。802.16-2004 は伝送距離 2~10 km (最大 50 km) の固定区間を最大 74.81 Mbps の伝送速度で通信するものである。表 14・4 に固定 WiMAX の主要諸元を示す。また、IEEE 802.16 準拠製品の相互接続性認定と利用推進する WiMAX フォーラム設立されている。

表 14・4 固定 WiMAX の主要諸元

固定 WiMAX	
規格	IEEE802.16-2004
標準化完了時期	2004 年 6 月
変調方式	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM/OFDM
最大伝送速度	74.81 Mbps (20 MHz 帯域幅)
セル半径	2~20 km (最大 50 km)
チャンネル帯域幅	1.75~10 MHz (可変)
周波数帯	11 GHz 以下

■4群 - 1編 - 14章

14-2 RoF

(執筆者：塚本勝俊) [2008年9月 受領]

RoF 技術は光ファイバ無線とも呼ばれ、電波をそのままの形態で光ファイバ中に閉じこめて遠くまで伝送する技術であり、光ファイバ通信技術と無線通信技術を融合したマイクロ波フォトニクス (MWP) 技術の一つである¹⁾。RoF リンクの基本構成は図 14・1 に示すように簡単であり、送信側で各種電波を LD に入力して得られる光直接強度変調信号を光ファイバ伝送後、受信側 PD で光検波する。そして、PD の出力から帯域通過フィルタにより元の電波を取り出す。これは副搬送波周波数多重 (SCM) 方式と呼ばれる方式であり、光変調にはおおむね 10 GHz 以下の電波であれば、主として LD の直接強度変調が用いられる。ミリ波帯電波の場合には、MZ 型や電界吸収 (EA) 型外部光強度変調器が用いられる。このように電波をそのまま伝送できる RoF リンクは、電波形式に対して汎用性・柔軟性が高い無線基地局とそこまでのエントランスリンクを実現できるという特徴をもつ。ここでは RoF の具体例として携帯電話への適用例について説明する²⁾。

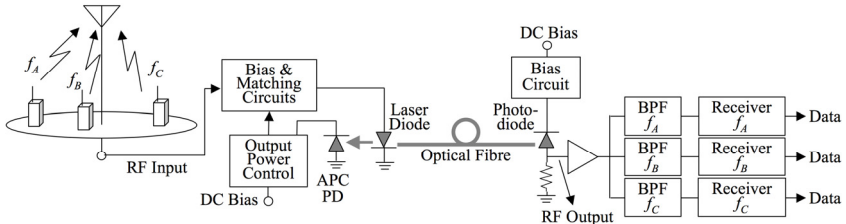


図 14・1 RoF リンクの基本構成

2 GHz 帯の使用により、無線ゾーンが小セル化し、多くの無線基地局の迅速な設置が必要となった第 3 世代携帯電話の導入後、利用者が多い屋内や地下構内、トンネルなどに生ずる電波不感地対策が急務となり、第 2 世代携帯電話の頃から開始されていた RoF 設置が更に広まった。このような用途の RoF 構成例を図 14・2 に示す。広いエリアをカバーするために光分岐型の RoF リンクで複数のリモートアンテナに電波を配信する構成や、無線基地局設備の設置が困難な場合には、携帯電話基地局から RoF で電波を引き込み、簡易なリモートアンテナから放射する構成が取られる。後者の場合、20 km の伝送距離が実現されている。RoF は光の広帯域性により複数の電波形式をそのまま一括して伝送可能であり、その特徴を活かし、既設 RoF を新しい方式に対しても無線変復調装置を追加するだけでそのまま使用したり、複数の携帯電話オペレータが共用している。そのほかの無線通信分野、放送分野へも応用開発例があるが、詳細は文献 2) を参照されたい。また、RoF の伝送路は光ファイバが基本であるが、光無線を用いた RoFSO、ミリ波を用いてヘテロダイナマルチホップ中継する RoR も利用可能である。

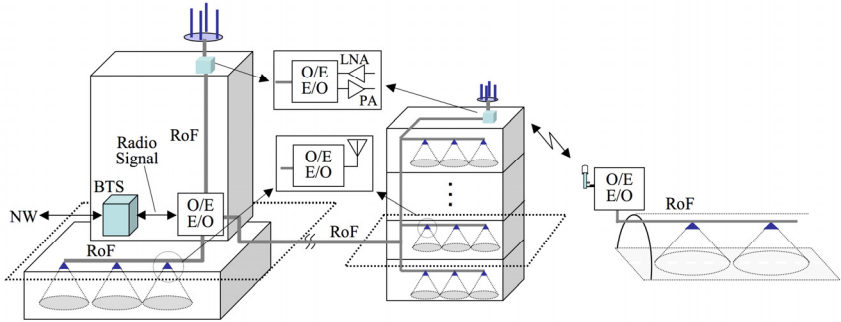


図 14・2 携帯電話への RoF の適用例

■参考文献

- 1) 中嶋信生編, “新世代ワイヤレス技術,” 第1章 光ファイバ無線, 丸善, 2004.
- 2) 久利敏明, 堀内幸夫, 中戸川剛, 塚本勝俊, “光・無線融合技術をベースとする通信・放送システム,” 信学論C, vol.J91-C, no.1, pp.11-27, Jan. 2008.¹⁾

¹⁾ RoF は Radio on Fiber または Radio over Fiber, MWP は Microwave Photonics, LD は Laser Diode, PD は Photodiode, SCM は Subcarrier Multiplexing, MZ は Mach-Zhender, EA は Electro Absorption, RoFSO は Radio on Free Space Optics, RoR は Radio on Radio の略称.

■4群 - 1編 - 14章

14-3 ミリ波通信

(執筆者：豊田一彦) [2009年2月 受領]

ミリ波帯には未利用の帯域が多く残されているとともに、周波数が高いために同じ帯域でも低周波数帯に比べて帯域幅は広くなり、高速の通信が期待できる。このため、古くから通信応用に関する研究開発が行われているが、近年 60 GHz 帯に非常に広い帯域が新たに割り当てられたこと、及び、電子デバイスの発達によって低コストで高速かつ低消費電力の機器が実現可能になったことにより、再び注目されている。

14-3-1 各種ミリ波通信システム

我が国では、ミリ波帯には電気通信業務、放送事業、公共・一般業務をはじめ、無線アクセスシステムや特定小電力システム、電波天文、アマチュア業務などが割り当てられている。特に 60 GHz 帯 (59~66 GHz) には、7 GHz にわたる非常に広い帯域が無線局免許を必要としない特定小電力システムに割り当てられており、Gbit/s 級の無線通信システムを実現できる帯域として注目されている。同様の帯域は、図 14・3 に示すようにアメリカ・カナダ・韓国・オーストラリア・EU などでも 60 GHz 帯に割り当て済みまたは計画中であり、世界中で利用可能なモバイル機器への期待も高まっている。

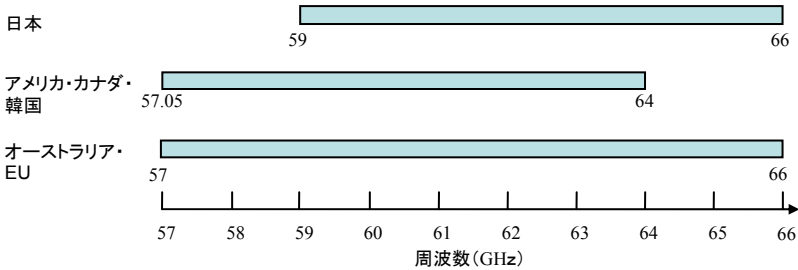


図 14・3 各国の 60GHz 帯周波数割当て状況

(1) 無線アクセスシステム

広い帯域が利用可能であるという特徴を活かして、38 GHz 帯や 60 GHz 帯で拠点間の高速無線回線を提供する固定無線アクセスシステムが実現されている。

(2) 無線パーソナルエリアネットワーク

無線パーソナルエリアネットワーク (無線 PAN) はパソコンとマウスとの接続やカーナビと携帯電話との接続など個人が使う機器どうしを接続するのに用いられるアドホックネットワークである。このため、もともとは低速の通信方式として開発されたが、情報機器の高性能化やデータ量の増大に伴って、無線 PAN にも高速化が要求されてきている。

図 14・2 は、高速無線 PAN (IEEE802.15.3) のネットワーク構成例を示している。接続される機器 (DEV) 間でピコネットと呼ばれるアドホックネットワークが構成される。このとき、

DEVのいずれかがピコネット制御装置(PNC)としてネットワーク内の時間割当てを管理し、各DEVは割り当てられた時間内で通信相手と直接データのやりとりを行う。近年は、数Gbit/sの無線伝送が可能なミリ波無線PANの検討が進められており、ハードディスクレコーダなどからディスプレイへ非圧縮高精細映像をストリーミング伝送するような用途や、情報サーバから携帯端末に映画や音楽といった大容量コンテンツを瞬時に転送するような用途が想定されている¹⁾。60GHz帯は、このような高速化の要求に応えられる帯域であるとともに、ミリ波の中でも酸素による減衰が大きく長距離伝送には適していない反面、無線PANのような用途では空間分割によって周波数の有効利用が期待できる帯域である。

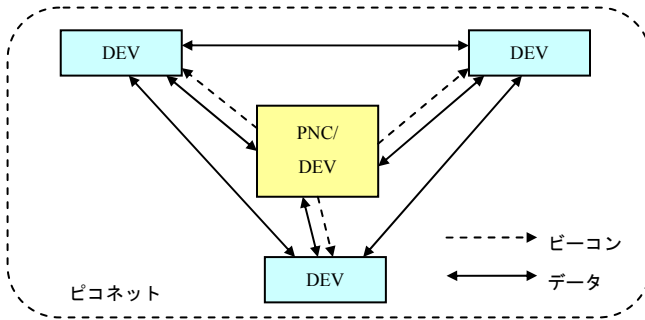


図 14・2 高速無線 PAN のネットワーク構成例

(3) 放送素材伝送システム

テレビ放送のハイビジョン化が進められているが、番組制作の現場においては、より魅力ある番組づくりのためにハイビジョンカメラで撮影した放送素材を無線で伝送したいという要求が顕在化している。このような用途では、ほかの有線カメラで撮影した映像との切替えや音声との同期のために遅延の少ない伝送が求められている。このような要求に対して、放送事業に割り当てられている 41~42 GHz 及び 54.25~55.78 GHz を使って、ハンディカメラで撮影した映像を MIMO-OFDM 方式により低遅延伝送する方法などが開発されている²⁾。

また、複数台のハイビジョンカメラで撮影した映像を一括して伝送したいという要求もある。このような用途に対し、120 GHz 帯を使った 10 Gbit/s 級のシステムが検討されている³⁾。

14-3-2 ミリ波通信用デバイス

ミリ波通信用のデバイスとしては、これまで GaAs や InP などの化合物半導体デバイスが主流であったが、シリコンプロセスの微細化に伴って CMOS でもミリ波帯の各種高周波回路が実現可能となった。これにより、低コスト化やデジタル回路と一体化したトランシーバチップの実現に目処がついたことからミリ波のコンシューマ用途への応用が実現しつつある。

■参考文献

- 1) 荘司, 原田, 加藤, 豊田, 高橋, 川崎, 池田, 大石, 丸橋, 中瀬, 安藤, “パーソナルエリアネットワークを進化させるミリ波技術と標準化活動,” 信学会通ソマガジン, no.2, 秋号, pp.92-102, 2007.
- 2) 「テレビジョン放送番組素材伝送用可搬形ミリ波帯デジタル無線伝送システム」標準規格, ARIB STD-B43 1.0 版, 電波産業会, 2008.
- 3) 枚田, 高橋, 久々津, 門, 池川, 西川, 中山, 稲田, “120GHz 帯無線による TV 放送用映像素材伝送トライアル,” NTT 技術ジャーナル, vol.20, no.12, pp.21-24, Dec. 2008.