

マイクロセル・ホットスポット用光ファイバ無電源中継システムの研究 (031203007) A Study on the Power-Supply-Less ROF Wireless Repeater for Micro Cell and Hot Spot

中嶋 信生 電気通信大学
Nobuo Nakajima The University of Electro-Communications

三木 哲也† 河野 勝泰† 來住 直人†
Tetsuya Miki† Katsuyasu Kawano† Naoto Kishi†
†電気通信大学
†The University of Electro-Communications

研究期間 平成 15 年度～平成 16 年度

概要

マイクロセル化が進む将来の移動通信や無線 LAN を用いたホットエリアサービスにおいて、ノード局（交換制御局）から基地局（アクセスポイント）への中継伝送に着目し、ROF 技術を適用して基地局を無電源で単純・小型化することによって経済化を図ることを研究目的とした。主な課題は、EA 変調器・フォトダイオードのインピーダンス整合特性向上、光電力伝送、超低消費電力増幅、往復の信号伝送ならびに光ファイバの波長多重による単芯化、無線 LAN ならびに次世代携帯電話応用を考慮した 2.5～5GHz 帯における 10～100Mbps 伝送実験、である。試作実験の結果、約 7dB の整合損失低減、約 27mW の電力伝送（光系損失込み）、上り回線における伝送特性の劣化 0、が実現した。一方下り回線は歪を抑えた条件ではアンテナ送信出力が -15dBm と低く、余った電力による高能率 RF 電力増幅器が今後の課題となった。

Abstract

An ROF technology was applied for micro cell mobile communication systems and hot spot wireless LANs. The features are electric power supply less, simple and small base station. Technical requirements for the system are efficient E/O transducer, optical power transmission, ultra low power consumption amplifier, and wavelength multiplexing. Experiments have been carried out under the condition of 2.5 – 5 GHz frequency band and 10 – 100 Mbps bitrate. Efficiency of the E/O transducer was improved around 7 dB, and 27 mW electrical power was obtained at the base station. No degradation was observed for reverse link transmission. As for forward link, RF output power was only -15 dBm. Efficient power amplifier is expected using residual electrical power at the base station.

研究内容および成果

経済的な無電源の ROF 無線中継を可能とするために、技術課題として①約 60mW 以上の光ファイバ電力伝送、②EA（吸収形光変調器）、PD(Photo Diode)のインピーダンス整合特性改善、③光ファイバ増幅の適用、④超低消費電力 RF 増幅、⑤RF 増幅器と EA 変調器の一体化、⑥波長多重による光ファイバ単芯化、を掲げた。各課題の成果を以下に示す。

(1) 光電力伝送

大電力用 PD (PPC-9LW-SC) と出力 300mW の LD(レーザダイオード)を用いて、PD 出力電力 57mW(初期)～47mW(平均)を得た(図 1)。総合伝送系では、ファイバや光回路の損失が加わり最終的には基地局で 26.5mW が得られた。

(2) 電気/光変換器の高効率化

変換素子である PD や EA は容量性で抵抗値は非常に高く、50Ω 伝送路との変換損失が大きい。損失改善のため、3 スタブチューナーを試作して完全整合を試みた。結果は表 1、図 2 の通りである。

表 1 総合の電気-光-電気変換損失

条件	PDのみ	EAのみ	両方
50Ω 終端	43 dB	43 dB	43 dB
整合あり	39 dB	40.6 dB	36.2 dB
改善効果	4.0 dB	2.4 dB	6.8 dB

EA の変換効率は、光入力電力の 2 乗に比例する。今回は LD 出力を 5 dBm としたが、10 dBm の LD を使用すれば総合の変換損失は約 30 dB となる。

(3) 光ファイバ増幅

電気-光変換器を使用すると変換損失による RF 伝送特性の劣化が避けられない。対策としては増幅器による入力 RF 電力の増加が挙げられるが、上り回線では電源電力に限りがあり、あまり期待できない。また、変換器の非線形のため過度に RF 出力を高めることができない。そこで EDFA (エルビウムドープ光ファイバアンプ) を適用した。上り回線の EA 変調器損失による伝送特性劣化の補償をノード局側で行い、BER を EDFA 無しの 10^{-1} から 10^{-5} 以下まで改善できた。

伝送用光ファイバ (2 km) によるラマン増幅では、波長 1.47μm, 出力 300mW の LD により約 2dB の利得を得た。

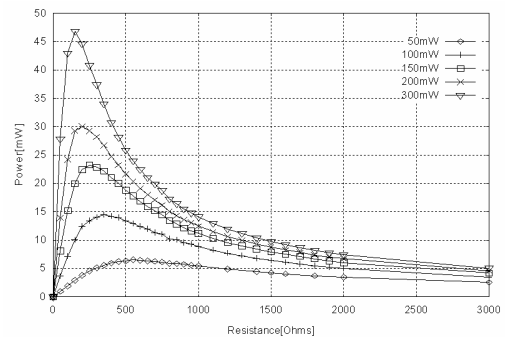


図 1 PD 出力電力特性

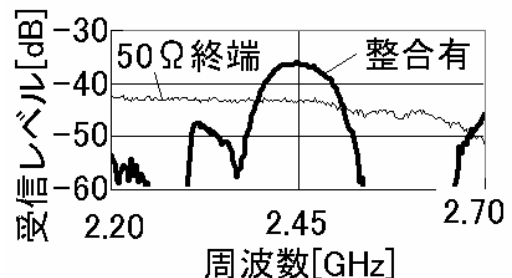


図 2 総合変換損失周波数特性例

(4)超低消費電力RF増幅器

2 段の GaAsHBT 増幅器を試作し、周波数 2.5 GHz 帯、電源電圧 2 V、増幅率 22 dB、消費電力 8.2 mW の性能を得た。

(5)波長多重伝送系

RF 信号送受信と光電力伝送のため、システムには合計 4 本の伝送路（ファイバ）が必要となってコストがかかる。そこで波長多重により 1 本化した実験系を構成した（図 3）。使用した回路は、1.55/1.56 μm 光合・分波器（送受信信号分離用）、1.47/1.55 μm 光合・分波器（電力伝送と送受信信号分離用）、光サーキュレータ（EA 変調器の無変調光と変調光の分離用）である。

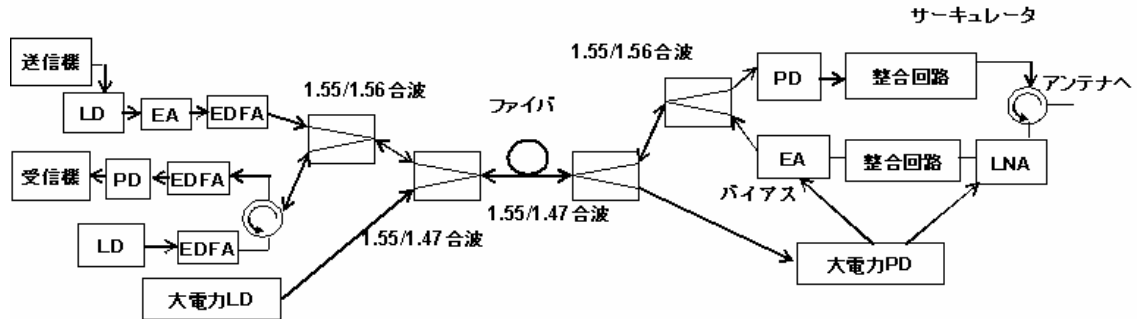


図 3 光ファイバを単芯化した総合伝送系

(6)総合実験（下り）

LD(1.55 μm , 12 dBm) → EA → EDFA → 合波器系 → 光ファイバ(2 km) → 分波器系 → PD の順で接続し、IEEE802.11g/a の無線インタフェース (56 Mbps, 64QAM, 2.45/5.2 GHz) で、総合の変換損失、RF出力、BER特性を測定した。BER 特性の劣化が無い (10^{-5} 以下) という条件で表 2 の結果を得た。

表 2 基地局の RF 出力特性

周波数	使用 PD	総合 RF 変換損失	最大 RF 出力
2.45 GHz	UTC-PD	21 dB	-15 dBm
5.2 GHz	PIN-PD	17 dB	-11 dBm

2.45 GHz では、耐電力性に優れた UTC-PD を用いたが、結果的には最大出力が PIN-PD よりも低い値に止まった。PIN-PD にはインピーダンス整合回路があることが主な理由と思われる。今後 UTC-PD の 50 Ω 終端を取り除いて整合し、性能向上を検討する必要がある。なお本実験は 64QAM であるが、回路の線形性に余裕のある QPSK を用いれば、更に出力は高められると思われる。

(7)総合実験（上り）

LD(1.56 μm) → EDFA → サーキュレータ → 合波器系 → 光ファイバ(2 km) → 分波器系 → サーキュレータ → EA → サーキュレータ → 合波器系 → 光ファイバ(2 km) → 分波器系 → サーキュレータ → EDFA → PIN-PD の順で接続し、上りと同様の実験を行った。結果を表 3、図 4 に示す

実験に用いた BER 測定器における 10^{-3} BER に対応する入力電力が -46 dBm であることを考慮すると、NF の劣化はほぼ 0 dB と考えられる。

表 3 BER 10^{-3} の EA 入力 RF 電力

周波数	増幅器無し	増幅器有り	実効 NF 劣化
2.45 GHz	-31 dBm	-53 dBm	0 dB
5.2 GHz	-25 dBm	-47 dBm	0 dB

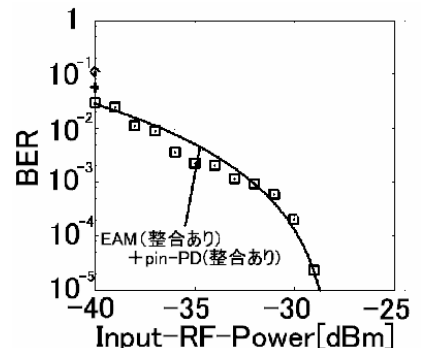


図 4 基地局 RF 入力対 BER 特性

まとめ

試作と実験を通じ、無電源 ROF 無線中継システムのプロトタイプが完成し、上り回線に関しては劣化のない良好な特性が得られた。下り回線は基地局の RF 出力が -15 dBm と小さいため、あと 17.3 mW 余裕のある電力を用いて電力増幅を実現することが今後の主な課題となった。

誌上発表リスト

[1] 三木哲也, “アクセスネットワークはどう変わったか, これからどう変わってゆくか?”, 電子情報通信学会誌, Vol.88, No.3, pp.141-149 (2005-3).被引用度数: 発刊直後につき不明

口頭発表リスト

- [1] T.Miki, K.Kawano, N.Nakajima, N.Kishi, M.Miyamoto and T.Aoki, “Novel Radio on Fiber Access Eliminating Electric Power Supply at Base Station”, OECC2003, pp.611-612 (上海) (2003-10).
- [2] 森本健一, 長田滋, 中山健, 三井宗, 中嶋信生, 河野勝泰, 來住直人, 三木哲也, “無給電光ファイバ無線システムにおける光ファイバ伝送路の単芯化”, 電子情報通信学会 2005 総合大会, B5-173, pp.622 (大阪市) (2005-03).
- [3] 中嶋信生, 三井宗, 長田滋, 森本健一, 川野晴子, 中山健, 三木哲也, 河野勝泰, 來住直人, “電源を不要とする ROF 型無線エントランス方式の検討”, 信学技報, RCS2004-324, pp.127-132 (横須賀市) (2005-3)