

広帯域無線信号の一括光伝送による放送・通信の融合に関する研究 (051207004)

Broadband wireless-over-fiber technologies for convergence of communications and broadcasting

研究代表者

安川 交二 大阪工業大学
Koji Yasukawa Osaka Institute of Technology

研究分担者

熊本 和夫[†] 稲垣 恵三^{††} 東野 武史^{†††} 塚本 勝俊^{†††} 小牧 省三^{†††}
Kazuo Kumamoto[†] Keizo Inagaki^{††} Takeshi Higashino^{†††} Katsutoshi Tsukamoto^{†††}
Shozo Komaki^{†††}
[†]大阪工業大学 ^{††}株式会社国際電気通信基礎技術研究所 ^{†††}大阪大学大学院
[†]Osaka Institute of Technology ^{††}Advanced Telecommunication Research Institute International
^{†††}Osaka University

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

放送ならびに移動体、無線 LAN など複数の通信サービス・システムが存在する将来のネットワーク基盤として重要度の高いヘテロジニアスネットワークの研究を実施した。本研究開発では、無線信号の電波形式を維持したままで光ファイバにより遠隔地へ伝送する技術である Radio-on-Fiber を利用したソフトウェア光ファイバ無線ネットワークによるヘテロジニアスネットワークの構築による放送・通信の融合を目標とした。具体的には、1) 広帯域無線波の一括伝送のためのダイナミックレンジ改善方式、2) 広帯域無線信号の一括伝送実験、3) 符号分割を用いた広帯域無線信号の光ファイバ多重伝送実験およびネットワーキング技術、の 3 つのサブテーマについて研究開発を行った。

Abstract

As for future backbone network for digital broadcasting service and variety of communication services, 4-th generation mobile, WiFi and WiMAX etc, this work aims convergence of broadcasting and communication through heterogeneous software wireless over fiber network based on radio on fiber technology. R&D was performed about following 3 themes: 1) improvement of dynamic-range for broadband RF transmission, 2) experiment of broadband RF transmission, 3) optical code division multiplexing transmission and networking of broadband RF signal.

1. まえがき

2011 年の地上放送のデジタル化への完全な移行や、次世代ネットワーク (NGN) のサービス開始など、近年放送と通信を取り巻く環境が劇的に変化している。本研究開発では、放送ならびに移動体、無線 LAN など複数の通信サービス・システムが存在する将来のネットワーク基盤として重要度の高い、ヘテロジニアスネットワークの研究を行った。特に、無線信号の電波形式を維持したままで光ファイバにより遠隔地へ伝送する技術である RoF (Radio-on-Fiber) を利用した放送・通信の融合を目指した。広帯域無線信号を伝送するための課題を解決し、この目標を達成するために、3 つのサブテーマを挙げ研究開発を行ってきた。以下、各テーマについて内容と成果を示す。

2. 研究内容及び成果

2.1 広帯域無線波の一括伝送のためのダイナミックレンジ改善方式

電気信号を光信号に変換する際、電気段で多重化した後に一括して直接光変調 (SCM: サブキャリア多重) すれば、装置の低コスト化・ダウンサイジングが図れる。しかし、放送波や移動通信の電波等、マルチバンドで強度が複雑に変化する電波を一括して扱うためには低歪み・低雑音の電波の光変換技術が必要となる。特にマルチオクターブ伝送では、従来検討されてきた 3 次歪みに加えて 2 次歪みも同時に除去できることが要求されるため、新しい歪み抑圧技術の開発が必要不可欠である。

そこで本研究開発の期間中に、広帯域な周波数特性と小型である特徴を有する電界吸収型光変調器 (EAM) を用いた、2 次と 3 次の歪み同時抑圧技術を新たに創出した。具体的には

- 1) 電圧制御と波長制御を併用した非線形歪み抑圧方式
 - 2) 直列接続および並列接続型 EAM を用いた非線形歪み抑圧方式
 - 3) 2 波長同時伝送による EAM の非線形歪み除去方式
- の 3 種類の方式の提案と改良を行った。それぞれの方式について、歪み抑圧効果を理論的に証明し、従来の EAM を単独で用いた場合よりもダイナミックレンジが改善されることを示した。

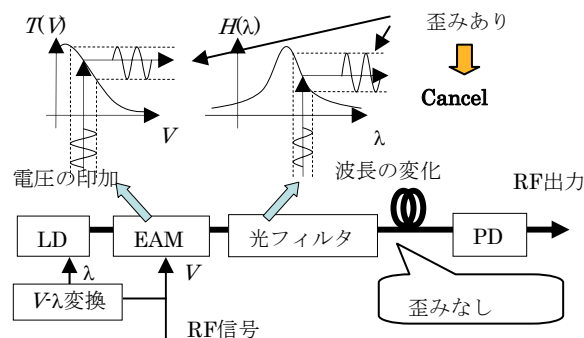


図 1 光フィルタを用いた歪み抑圧方式

例として、図 1 に方式 1)の改良版である光フィルタによる歪み抑圧の原理を示す。この方式では EAM がもつ非線形透過特性によって無線波に発生する不要な周波数成分を、後段に配置した光フィルタがもつ逆特性によりキャンセルすることで、歪みを抑圧する。

2. 2 広帯域無線信号の一括伝送実験

2.1 で提案した新技術について、特に方式 2) および 3) に対して実証実験を行った。具体的には、

- 1) 各提案方式の歪み抑圧効果の実験による実証
- 2) ダイナミックレンジの改善効果の確認
- 3) 電波暗室における放射実験

を行った。図 2 に 2.1 の方式 3)について、2.4GHz の 2 トーン試験によるダイナミックレンジの改善効果を示す。図より提案技術により 2 次と 3 次の歪みが同時に抑圧されており、ダイナミックレンジで 10dB の改善が得られていることが分かる。また、電波暗室における放射実験では、地上デジタル放送波と無線 LAN の電波について 20m 程度の距離での受信を確認し、システム実現に向けた可能性を示した。

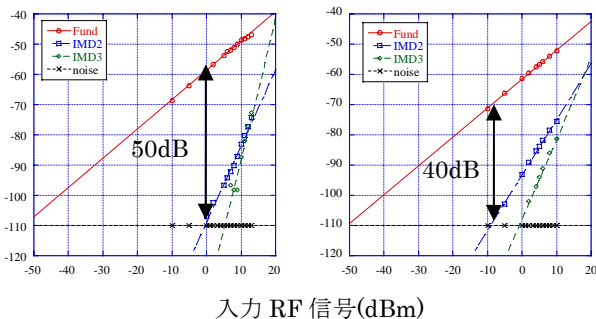


図 2 ダイナミックレンジの測定結果
(左) 提案技術 (右) 従来技術

2. 3 符号分割を用いた広帯域無線信号の光ファイバ多重伝送実験およびネットワークング技術

放送・通信の融合ネットワークにより適した、柔軟性が高く制御も容易な多重化方式の提案と実験による検証の実施例を以下に示す。

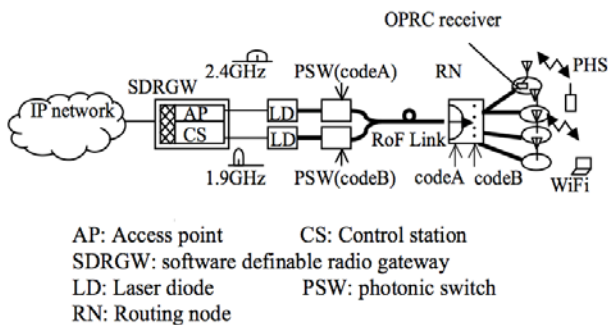


図 3 符号分割による光ファイバ多重化伝送実験

図 3 に符号分割多重化伝送の実験構成を示す。IP ネットワークからのデジタルサービス信号は、SDRGW (Software Definable Radio Gateway:ソフトウェア無線ゲートウェイ)で種々の周波数帯の無線波に変調された後、光搬送波を強度変調する。各々の無線サービスの配送先に割り当てられた拡散符号により光信号を拡散し、多重化を行う。RN(routing node)では、行き先に割り当てられた符号を用いて信号分配を行う。ここで課題となるのは、無線サービスを光スイッチ(PSW: Photonic switch)で拡散した

際に発生するエリア成分であり、異種無線伝送を行う際には、自己のエリア成分が他の信号帯域に重複しないようにしなければならない。従来から信号拡散に使用されている M 系列ではエリア成分を抑圧する機能を持たず、十分な信号対干渉電力比を確保することができなかったため、ここでは新規にカオス符号の適用を提案した。この結果、約 20dB の改善が得られた。

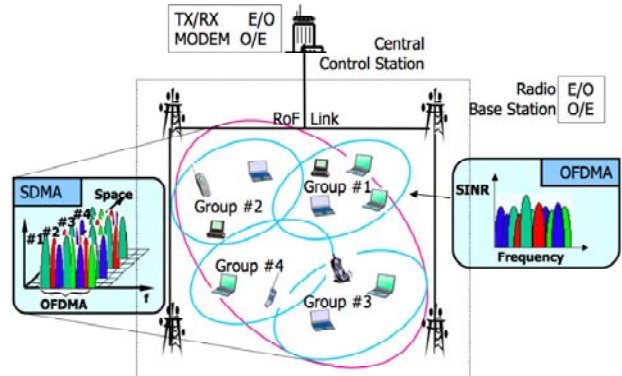


図 4 光ファイバ無線副搬送波マネジメント方式

他の研究成果として、通信ネットワークにおける収容可能ユーザ数を増加させる手法を示す。図 4 は、光ファイバ無線装置を用いた副搬送波マネジメント方式である。無線 LAN を仮定したマルチキャリア伝送システムを対象とし電波の受信信号対雑音電力比をもとにサブキャリアを選択し、グループ分けを行った端末群で端末に対する空間分割伝送を行うことによってエリア内の収容端末数を改善する方式である。

3. むすび

広帯域無線信号による一括光伝送による放送と通信の融合を目指した研究開発を行った。主な成果として、非線形歪みの抑圧新技術の創出と実験による実証、放送・通信融合ネットワークに適した光ネットワークングおよび配送方式の確立を行った。

【誌上発表リスト】

- [1]Koji Yasukawa, Kazuo Kumamoto, "Broadband wireless-over-fiber technologies for integrated services of communications and broadcasting", Proc. of SPIE, Vol.6390, pp.639007-1-8, October 2006
- [2]Luong Hong Hai, Takeshi Higashino, Katsutoshi Tsukamoto, and Shozo Komaki, "Grouping methods for orthogonal frequency- and space-division multiple access in a radio-on-fiber radio space-transmission system", Optical Engineering, Vol.46, No.9, pp.095006-1-9, September 2007
- [3]熊本和夫、安川交二、稲垣恵三、東野武史、塚本勝俊、小牧省三、"電界吸収型光変調器を用いた二次及び三次非線形ひずみ同時抑圧方式"、電子情報通信学会論文誌 C Vol.J91-C No.1 pp.136-143、2008年1月

【申請特許リスト】

- [1]安川交二、熊本和夫、稲垣恵三、小牧省三、塚本勝俊、東野武史、光変調方式、それを用いた無線中継装置およびネットワークシステム、特願 2006-116278
- [2]安川交二、熊本和夫、稲垣恵三、小牧省三、塚本勝俊、東野武史、光変調方式、特願 2007-070136
- [3]小牧省三、塚本勝俊、東野武史、安川交二、熊本和夫、稲垣恵三、送信装置およびそれを用いた送受信システム、特願 2008-075418