

ミリ波 ROF 路車間通信システムの検討

藤瀬 雅行, 佐藤勝善, 原田博司, 児島秀史

郵政省通信総合研究所
〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 3-4
Tel: 0468-47-5080 Fax: 0468-47-5089 E-mail: fujise@crl.go.jp

あらまし

ITS 情報通信システムの一形態として、ROF(Radio On Fiber)による36~37GHz ミリ波帯の路車間通信実験システムを検討し、開発を進めている。開発中のシステムは、ITS 専用サービスの一つである ETC(Electric Toll Collection)の他に、既存の移動通信や放送サービスを統合して提供可能な、マルチサービス対応型の無線通信形態を採用している。本稿では、開発中のシステム構成を紹介する。

キーワード：高度道路交通システム、路車間通信、光ファイバ無線、マルチサービス伝送

Study on millimeter-wave road to vehicle communication system based on ROF

Masayuki FUJISE, Katsuyoshi Sato, Hiroshi Harada, and Hidefumi Kojima

Communications Research Laboratory, M.P.T.
3-4 Hikarino-oka, Yokosuka, 239-0847, Japan
Tel: +81-468-47-5080 Fax: +81-468-47-5089 Email: fujise@crl.go.jp

Abstract:

We are developing a road to vehicle multiple-service communication system based on Radio On Fiber technology in a millimeter-wave frequency region of 36~37GHz. In the experimental system, vehicle can receive the three wireless services such as PHS, ETC, BS broadcasting. In this paper, we explain the system concept and experimental system configuration. Furthermore, we try to study several concepts for another multiple service wireless systems based on ROF.

Key words: radio on fiber (ROF), wireless communication, intelligent transport systems (ITS), Multiple service, mobile communications

1. はじめに

ITS 情報通信システムの一形態として、ROF(Radio On Fiber)による3.6~3.7GHzミリ波帯の路車間通信システムを検討し、開発を進めている[1],[2]。開発中の実験システムは、ITS専用サービスの一つであるETC(Electric Toll Collection)の他に、既存の移動通信や放送サービスを統合して提供可能な、マルチサービス対応型の無線通信形態を採用している。本稿では、開発中のシステム構成を紹介すると共に、ROFによる将来のマルチサービス無線通信の可能性について種々の検討を試みる。

ROF技術は、トンネルや地下街などの電波の届き難い不感地帯対策技術として、携帯電話などに一部実用化されている[3]。また、ミリ波などの高周波をケーブルや導波管で送ると損失が大きいため、このROF技術を用いた伝送方式が検討されている[4]。

ROFでは、RF信号を光ファイバで伝送するために、空中を伝搬している電波との干渉は生じない。また、光にアナログの強度変調を施すので、伝送系が非常にシンプルな構成で実現できる。反面、送信側で光の強度変調を行う際に、線形特性の良い高速応答の変調器が求められるほか、受信側でも高速応答のフォトダイオードや線形特性の良い増幅器を必要とする。加えて、広帯域伝送を実現するためミリ波を使用しているが、その伝搬における諸問題の解決も重要である。現在、これらの課題を克服し、電波の新たな伝送媒体として実用化し、広範に利用するための研究開発が進められている。

2. ITSへの応用

人と車と道路を一体のシステムとしてとらえ、未来のより安全で快適な交通環境の実現に向けて、高度道路交通システムITS(Intelligent Transport Systems)の開発が国家プロジェクトとして進められている。郵政省通信総合研究所(CRL)では、このITSの情報通信技術に関連する研究開発に取り組んでいる。その一つにROF路車間通信の研究開発がある。ここでは、その現状を紹介しROFの新しい展開に向けた可能性について考えてみる。

図1は走行中の車を取り巻く電波環境を示している。本図を眺めると、現在の車は数多くの電波を受受して走っていることが改めてわかる。ITSのサービスとしては、すでに急速に普及しつつあるVICSや本年度導入が予定されているETCなどがあるが、VICSは2.5GHz帯や光ビーコンもしくはFM多重放送で提供されており、ETCは5.8GHz帯の狭域通信で提供されようとしている。一方移動通信では、800MHz帯や1.5GHz帯の携帯電話や、2001年のサービス開始を目指して開発が進められている2.1GHz帯のIMT-2000などがある。このように車はいろいろな無線サービスを受受しているが、今後新しいサービスが次々と導入されると、アンテナを

まとったハリネズミ状態になり、デザインや取り付け位置の制約から問題とならねない。また、無線通信装置や端末についてもサービスごとに個別に用意していたのでは、車内の空間を次第に圧迫し兼ねない。そこで、このような問題に対処するために、CRLではROFを用いた新しい通信形態によるITS路車間通信のコンセプトを提案し、その研究開発に取り組んでいる。

図2にその基本コンセプトを示す。同図の統合基地局では、既存の携帯電話や次世代の携帯電話あるいはITS専用通信や衛星放送など種々のRF信号をそれぞれの基地局から導き、周波数のある共用周波数帯に変換統合する。そして変換された統合RF信号を光に載せて光ケーブルに通して伝送する。局地基地局では光・RF変換を行い、増幅して共用アンテナから一括して放射する。この時の統合多重は周波数分割多重方式などが適用できる。そして、複数の電波形式のRF信号を伝送する共用周波数帯としては、マイクロ波やミリ波帯の比較的高い周波数が適している。一方、車両は共用車載アンテナを搭載し、受信信号を周波数変換して各々の無線サービスの端末に分配する。このようにして、マルチサービスのダウンリンクを構成することにより、局地基地局と車両間の無線インターフェースが一元化できる。車両から統合基地局へのアップリンクは、ダウンリンクと逆の構成により実現できる。

さらに、車載端末装置については、図3に示すようにソフトウェアラジオ技術の適用により一元化が期待される。

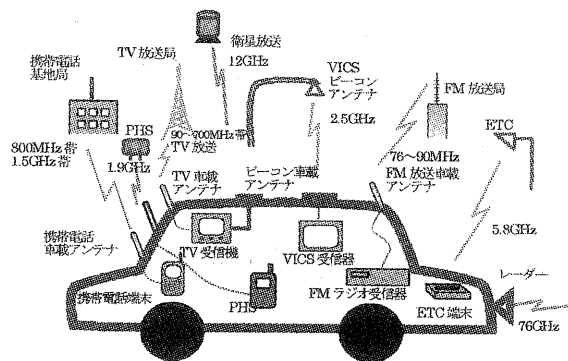


図1. 車両への通信・放送形態の現状

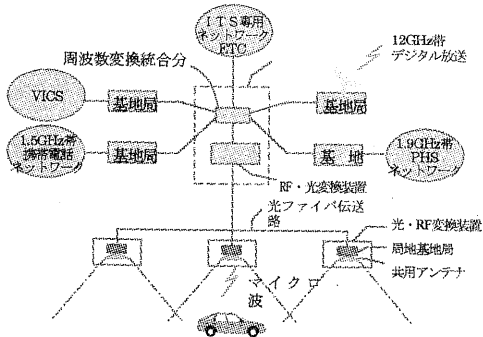


図2. ROFによるマルチサービス路車間通信の形態

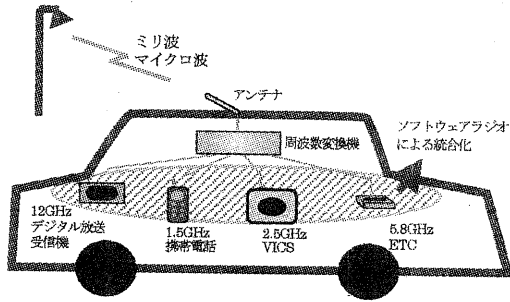


図3. 車両内の統合分配

3. 36~37GHz帯マルチサービス実験システム

将来のITS情報通信では、大容量のマルチメディア情報を短時間に提供可能なシステムの実現が望まれる。そこで、伝送帯域を広くとれるミリ波帯を利用したROF路車間通信システムの開発を行っている。現在そのための実験基盤を整備しており、図4にその基本構成の一部を示す。本実験設備は制御基地局、光ファイバ区間、局地基地局、無線区間、車載装置から構成されている。制御基地局はYRP(横須賀リサーチパーク)一番館にある実験室に設置し、局地基地局はYRP内の公道約240mの実験コースに設置されている。局地基地局の間隔は20m

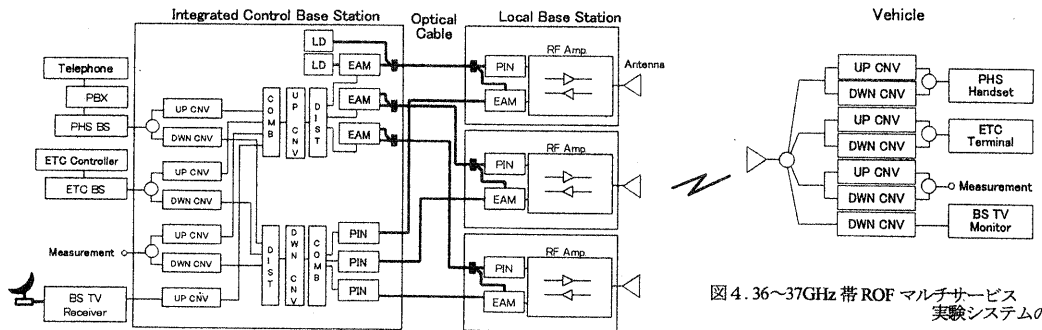


図4. 36~37GHz帯ROFマルチサービス実験システムの構成

であり、現在6つの局地基地局を設置している。図6に実験コースの全景を示す。本実験システムでは、既存の無線サービスのRF信号をミリ波帯の周波数に変換し、局地基地局と車両間の無線区間の一元化を図っている。このような通信形態では、車載装置のアンテナやRF装置を複数サービスに共用でき、大幅に簡素化できる利点がある。図5に、共用周波数帯における複数無線サービスの周波数配置を示す。実験用共用周波数帯として、上りは36.00~36.50GHz、下りは36.75~37.25GHzのそれぞれ500MHzを確保している。本実験システムでは、ITSサービスとしてETC、無線通信サービスとしてPHS、放送サービスとしてBSを提供可能な構成となっている。したがって、制御基地局でこれらのサービスの周波数変換を行い、統合された36GHz帯の無線信号で、光にアナログの強度変調を施す。無線区間でミリ波帯の共用周波数帯に統合された複数サービスの無線信号を得る方法として、制御局でミリ波帯に変換統合して光に載せて光ファイバ伝送する方法と、光ファイバ伝送区間ではそれぞれのサービスのRF信号あるいは中間周波数帯に変換統合された信号を送信し、局地基地局でミリ波帯に周波数変換する方法がある。本実験システムでは、これらの両者の実験が可能となる構成となっている。車載装置の構成としては、受信RF信号をそれぞれのサービスの元の周波数に変換し既存の端末を利用できる構成となっている。

車載端末の統合化技術としては、別途、ソフトウェアラジオ技術によるマルチモード端末の研究を進めている[5]。また、本実験システムは、ITS情報通信サービスの一つとして実用化を検討しているITS広帯域無線アクセスサービス“Multimedia Lane & Station (MLS)”[6]の実験基盤整備の一環として構築を進めているものである。

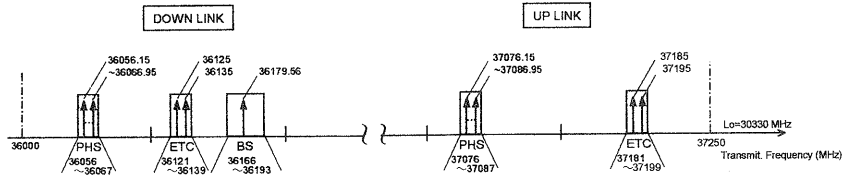


図5. ROF マルチサービス伝送実験の周波数配置

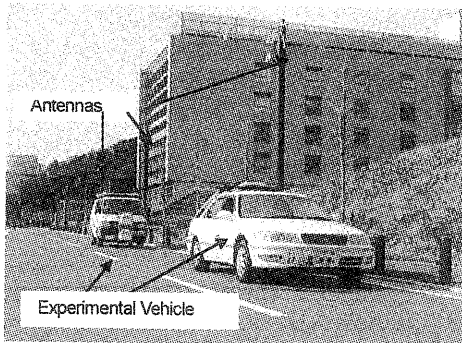


図6. YRP の ITS 実験コース

4. ミリ波伝搬と対策技術

既に述べたように本システムは空間伝送部分に 37GHz 帯のミリ波を用いている。ミリ波帯は、その広帯域性から大容量の通信を行う可能性を有しているが、その一方、極めて高い周波数であるため伝搬に関わる解決すべき問題を多く抱えている。ここではミリ波を用いた ROF による ITS マルチサービス路車間通信実験システムにおける電波伝搬上の問題点、特に受信電力変動を取り上げ、その対策として優先度の高い事項をまとめる。

はじめに、ミリ波帯を使用することのメリットとデメリットについて考える。利点としては次のようなものが挙げられる。

- ・伝搬損が大きいと高い周波数利用効率が得られる
- ・広い帯域を確保できる
- ・赤外と比較した場合、霧等に対して耐性がある
- ・波長が短いことから将来的にはアンテナ等の装置の小型化が期待できる

その一方で、問題点も幾つか存在し、次のようなものが挙げられる。

- ・干渉領域での非常に激しいフェージング
- ・シャドウイングの影響が大きく、見通し外ではほぼ通信断となると考えて良い

- ・高速移動する車両を考えた場合ドップラーシフトの影響が無視できない可能性がある。
- ・現在のところ装置が高価である

このように、ミリ波は狭いエリアで大容量の伝送を行うには適しているが、屋外の移動体との通信に利用する場合、まだ未解決の問題を抱えている。特に ROF を用いた本システムにおいて重要な課題は、一つの統合基地局につながれた複数の局地基地局から同じ周波数のミリ波を放射するため、各局地基地局サービスエリア境界付近で予想される非常に激しい干渉に対する対策をどうするかである。

例として 20m 間隔で局地基地局が配置されている場合の路上での受信電力の計算値を等高線図で示す(図7)。詳細な基地局配置、アンテナパターン等は文献[8][9]を参照のこと。図に示されるように非常に激しい受信電力変動が得られる。図7には横軸(路側からの距離) 2.5m の位置に於ける電力等高線の断面図であり、干渉領域での変動の激しさがよく分かる。しかしながらこの問題を克服すれば、統合基地局あたり一つの周波数帯で済むためシステムは非常に簡便なものとなることができる。

受信電力変動を小さく保つには次のような方法が考えられる。

- ・アンテナ指向性の最適化
- ・各種ダイバーシティ

まず、アンテナ指向性についてであるが、ミリ波帯は波長が短く自由空間伝搬損が大きいと、局地基地局の近傍と遠方とは大きなレベル差を生じてしまう。そのためこの差を補償するようなアンテナパターンが望ましい。本システムでは、コセカント2乗パターンを持つアンテナを用いており、サービスエリア内での受信電力ができるだけ一定になるようにしている。またサービスエリア外ではゲインを小さくし大きな干渉が生ずるサービスエリア内での領域ができるだけ小さくするようにしている。

また、干渉による波長オーダでの激しいレベル変動に対しては、ダイバーシティを採用する方法が最も有効かつ現実的と思われる。比較的平易な方法で

もレベル変動をかなり抑える可能性が示されており [10], [11], 今後実験により確認していく予定である。

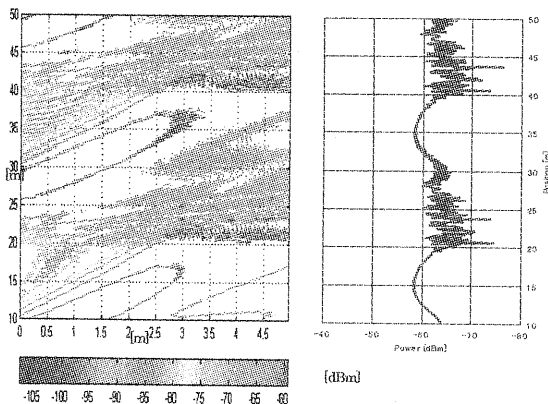


図7. 路上における受信電力の計算例

5. あとがき

ここで紹介したような ROF システムの特徴としては、まず、局地基地局は RF 信号の中継のみを行い、基地局の機能は個々のサービスの基地局がもつため、セル間のハンドオーバーを必要としない。また、光ファイバは波長分散特性を有するため、光ファイバ区間の距離とレーザの発振波長および伝送する RF 信号の周波数の選択には注意を払う必要がある。さらに、このようなシステムが広く普及するには、マイクロ波やミリ波および光のデバイスの低コスト化、屋外等の実フィールド環境に耐えうるロボスタ化が望まれるとともに、量産化を喚起するような魅力ある市場、すなわち、既存のシステムと比較し、柔軟で拡張性に富んだ網構築を可能とするようなネットワーク形態や、ユーザの多様なニーズに対応できるキラーアプリケーションの創出が必要であろう。課題は種々考えられるが、ROF は 21 世紀の移動通信や道路交通基盤である ITS にとって、新たな通信形態を開く可能性を秘めている。

参考文献

- [1] 藤瀬、原田、「Radio on Fiber 路車間マルチモード通信の一形態について」1998 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 SAD-2-8
- [2] 藤瀬 他、「ROF による ITS マルチサービス路車間通信実験システム(1)」2000 年信学会総合大会
- [3] Y. Ebine, "Development of fiber-radio systems

for cellular mobile communications" proc. of MWP'99, pp.249-252

- [4] T. Kuri, K. Kitayama, A. Stohr, and Y. Ogawa, "Fiber-optic Millimeter-wave downlink system using 60GHz-band external modulation", J. Lightwave Technology., vol.17, no.5, pp.799-806, May 1999

- [5] 児島、藤瀬 他「ITS 路車間通信におけるマルチメディア・レーン&ステーションの提案」電子情報通信学会 ITS 研究会、2000 年 2 月

- [6] 原田、神尾、藤瀬、「高度道路交通システムにおけるマルチモード・マルチサービスソフトウェア無線通信システム」信学会ソフトウェア無線時限研究会、SR99-21, 1999 年 11 月

- [7] 原田、峯尾、藤瀬、「IM/DD デジタル光通信網を利用した光無線融合通信システムの実現可能性に関する一検討」1999 年電子情報通信学会総合大会 B-5-258, 1999 年 3 月

- [8] 佐藤、藤瀬、清水、池田、森部、「ROF による ITS マルチサービス路車間通信実験システム (2) —電波伝搬と対策技術—」2000 年電子情報通信学会総合大会 A-17-34, 2000 年 3 月

- [9] 秋田、清水、徳田、佐藤、藤瀬、池田、森部、「ROF による ITS マルチサービス路車間通信実験システム (3) —伝送品質特性—」2000 年電子情報通信学会総合大会 A-17-35, 2000 年 3 月

- [10] 池田、佐藤、藤瀬、清水、森部、「ROF による ITS マルチサービス路車間通信実験システム (4) —アンテナダイバーシチ効果—」2000 年電子情報通信学会総合大会 A-17-36, 2000 年 3 月

- [11] 森部、村上、佐藤、藤瀬、清水、池田、「ROF による ITS マルチサービス路車間通信実験システム (5) —アンテナの指向特性—」2000 年電子情報通信学会総合大会 A-17-37, 2000 年 3 月