

## IV. 高 能 率 多 値 変 調 技 術

### IV. MULTI-LEVEL QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION TECHNIQUES

#### 概 要

現在陸上移動通信においては、低ビットレートの音声 codec を用いた自動車電話サービスの導入が検討されている。しかし、将来の公衆移動通信網は、固定網の一部として、低ビットレートの音声伝送から 64 kbit/s 程度 ISDN (Integrated Services Digital Network) 端末の伝送まで、多様なメディアをサービスする必要がある。

一方、陸上移動通信は無線では構成できない通信形態であるので、1 チャンネル当たりの帯域はできるだけ狭いほうが望ましい。したがって、64 kbit/s 程度までサポートするためには、周波数利用率を向上させながら高速伝送を実現する必要がある。

本特集号のIV章では多値 QAM を取り上げており、多値 QAM を陸上移動通信に導入する上での基礎技術に関する4件の論文が含まれている。

多値 QAM は、固定マイクロ波通信や電話回線を用いたデータ伝送など、伝送帯域に限りがある回線でより多くの情報を伝送するために開発された変調方式である。周波数が逼迫している陸上移動通信では、このような技術の歴史的経緯から推測すれば、当然多値 QAM は将来必要となる技術であると考えられるが、これまでフェージング対策が困難という理由で、ほとんど検討されていない。

IV-1 は、多値 QAM を陸上移動通信に適用する際最大の問題であるフェージングひずみ補償方式に関する論文である。ここでは、パイロットシンボル挿入型フェージングひずみ補償方式を提案し、計算シミュレーションによる伝送特性の解析を行っている。その結果、提案方式を用いると、多値 QAM においてフェージングひずみを高精度に補償できることを明らかにしている。

IV-2 は、IV-1 で提案された方式を適用した 16 QAM 変復調器の試作及び室内実験結果に関する論文である。ここでは、装置化の際問題となる AGC (Automatic Gain Controller) の時定数及び A/D 変換器の量子化精度の最適化と、これらを最適値とした場合の伝送特性について検討している。その結果、試作した 16 QAM 変復調器の伝送特性は、IV-1 で述べられた計算機シミュレーションとほぼ同じであり、16 QAM は陸上移動通信で適用可能であることが明らかにされている。

一方、ISDN 端末等のデータ伝送においては、高い伝送品質が求められる。したがって高速伝送と同時に高品質化についても検討する必要がある。

IV-3 は、伝送品質の高品質化技術の1つであるダイバーシチ技術に関するものである。従来、陸上移動通信においては、2つの信号の中で受信電界強度の大きい方を適宜選択する選択合成ダイバーシチが多く用いられていたが、さらに 1.5 dB 程度の利得が得られる最大比合成型ダイバーシチを簡易なハードウェアで実現する方式について検討し、簡易なハードウェアで、ほぼ理論通りのダイバーシチ利得が得られることを明らかにしている。

またIV-4 は、高品質化のもう1つの手段である符号化多値変調の陸上移動通信への適用に関するものである。符号化多値変調は、多値化に伴う信号点間距離の減少による伝送特性の劣化を避けるため、誤り訂正と多値変調を一体化した変調方式である。また、陸上移動通信における長いバースト的誤りを分散し、符号化利得を十分得るためには、符号化多値変調とインタリーブの併用が有効であることが知られている。これらの理論的検討は、これまで内外で盛んに研究されているが、これらは、フェージングひずみは完全に補償できるという仮定に基づく検討であった。それに対してここでは、IV-1 で提案されたフェージングひずみ補償方式を適用し、実ハードウェアに近い状態で計算機シミュレーションによる伝送特性の検討を行っている。その結果、符号化多値変調は陸上移動通信で有効であり、特に  $BER = 10^{-3}$  以下の誤り率が要求されるデータ伝送の高品質化に有効であることを明らかにしている。

## ABSTRACT

In digital land mobile communications, voice transmission with a bit rate of around 8 kbit/s has been mainly developed. In the future, however, the digital public land mobile network (PLMN) should support not only the telephone service but also other data communication services, such as facsimile, video phone and other ISDN terminals. Thus, future digital PLMN should support a wide variety of services from a telephone with a bit rate of 4 or 8 kbit/s to an ISDN terminal with a bit rate of 64 kbit/s. For realizing such services, it is necessary to further improve spectral efficiency because the spectrum for land mobile communications is limited.

The fourth part of this special issue consists of four papers concerning multi-level quadrature amplitude modulation (QAM) techniques for improving the spectral efficiency in land mobile communications.

In land mobile communications, QAM is a very suitable modulation method because it can achieve the high bit rate transmission without expanding the bandwidth. However, it has not been extensively studied because of its difficulty in compensating for fading distortion.

The first paper proposes a pilot symbol insertion Rayleigh fading compensation method, and evaluates its performance under Rayleigh fading environment. Computer simulation confirms the proposed fading compensation method can sufficiently compensate for Rayleigh fading.

The second paper discusses the performance of the implemented 16 QAM modem using the fading compensation method proposed in the first paper. In this paper, optimization of the time constant of AGC and the resolution of the A/D converter are discussed. Additionally, the transmission performance of the implemented modem using the optimized parameters is evaluated. Laboratory experiments confirm the transmission performance is almost equal to the simulated performance in the first paper, and that it is possible to apply 16 QAM to land mobile communications.

For data transmission services, much higher transmission performance is essential, requiring high bit rate and high quality.

The third paper discusses space diversity with maximal ratio combining. Maximal ratio combining can maximize the S/N at the output of the diversity combiner, but its practical application in land mobile communication has not been extensively investigated because its hardware is very complicated. This paper proposes a method for realizing maximal ratio combining space diversity with very simple hardware. Computer simulation confirms the proposed method can obtain the same diversity gain as the theoretical one.

The fourth paper concerns trellis coded modulation, which is the other method for realizing the high quality transmission. Several investigations of trellis coded modulation, regarding the transmission performance under Rayleigh fading environment have been reported. In those investigations, however, Rayleigh fading compensation is assumed to be perfect. In this paper, the fading compensation method discussed in the first paper is applied. For improving the coding gain, the interleaving technique is applied to distribute the long burst error. Computer simulation confirms trellis coded modulation effectively improves transmission performance in land mobile communications, especially in data transmission which requires high transmission quality.

