

陸上移動通信における適応変調方式



三 瓶 政 一*

Adaptive Modulation Systems for Land Mobile Communications

Key Words : Adaptive Modulation, Cellular System, Fading, Digital Modulation.

1. ま え が き

現在、陸上移動通信システムは、アナログ変復調方式で構成される第1世代のシステムからデジタル変復調方式で構成される第2世代のシステムへ移行しつつあり、そのための研究開発が精力的になされている^{1)~4)}。特に近年の陸上移動通信分野におけるデジタル伝送技術の発展はめざましく、1970年代後半に1bit/s/Hzの変調方式をFDMA (Frequency Division Multiple Access) で伝送することから始まったこれらの研究も、現在では、変調方式としてGM-SK (Gaussian-filtered Minimum Shift Keying)^{1,2)}、 $\pi/4$ -QPSK ($\pi/4$ -shift Quaternary Phase Shift Keying)^{3,4)}、16QAM (16-ary Quadrature Amplitude Modulation)⁵⁾などが、またアクセス方式としては、FDMA、TDMA (Time Division Multiple Access)¹⁻⁴⁾、CDMA (Code Division Multiple Access)⁶⁾が適用可能となっている。従って、現在では陸上移動通信システムを設計する場合、サービスエリア内の伝搬環境、提供サービス、予想されるトラフィック密度等に応じて最適な変調及びアクセス

方式を選ぶことが可能となっている。

一方、公衆陸上移動通信システムにおいては、できるだけ少ない無線インタフェースで、世界のどこからでもアクセスできるグローバルなシステム構築の需要が高まっており、ITU-R (国際電気通信連合無線セクター、旧 CCIR) においてその規格策定作業が進められている⁷⁾。このようなグローバルなシステムにおいては、地域毎の伝搬環境、トラフィック、及びサービス需要の差は、国内のみを対象とした従来システムの場合よりはるかに大きくなる。例えば、東京、香港、ニューヨークなどの大都市ではトラフィック密度が高く、システムの大容量化が最も重要な課題となるので、低ビットレートの音声 codec が要求されるのに対して、トラフィック密度が低く、かつ、サービスエリアが広大で点在するサービスエリアをリピータなどで中継する必要がある場所においては、遅延が小さい音声 codec が望ましい。

従って、グローバルなシステムの設計においては、無線インタフェースの数をできるだけ少なくするという条件と、各地域固有の条件をいかに反映させるかが重要である。さらに、サービスという観点からは、マルチメディア端末をいかにサポートするかが非常に大きな課題になるであろうと考えられる。特に、近年のマルチメディア端末 (携帯型情報機器) の開発動向は、将来のパーソナル通信の形態を大きく左右するほどの影響力を持っている。

われわれは、グローバル性と地域固有条件と

*Seiichi SAMPEI

1957年5月9日生

昭和57年東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻修士課程修了

現在、大阪大学工学部通信工学科通信方式論講座、助教授、工学博士、通信工学

TEL 06-879-7737



を両立させるとともに、マルチメディア通信に要求される高品質・高速通信を実現させるため、サービスエリアのトラヒック、伝搬環境、サービス要求等に応じて適応的に無線伝送方式を選択する「適応変調方式」の研究に取り組んでいる。本稿ではその概略について紹介する。

2. 適応変調方式の概念

適応変調方式は、システムが各ユーザにチャネルを割り当てる際に、トラヒック、伝搬環境、希望伝送速度等を考慮してユーザに周波数帯域を割り当てる低速適応変調と、割り当てられた範囲内で、瞬時伝搬路変動に応じて変調方式を適応させ、伝送品質の向上をねらう高速適応変調の2つに分けることができる。第1図に、低速適応変調と高速適応変調の概念を示す。

低速適応変調は、基本的に、システムのトラヒックの集中を緩和しつつ、ユーザに、規定の品質で可能なかぎり要求に近い伝送帯域を割り当てることを目的としている。従って、この制御は、基地局(システム)が主導で行なう制御であり、1)システム容量の大容量化、2)トラヒックの動的変動に対するシステムの負荷の緩衝、3)伝送速度の異なるメディアのサービスへの対処、等に対して有効である⁸⁻¹⁰⁾。

一方、高速適応変調は、瞬時C/I。(希望信号と干渉信号の電力比)や瞬時遅延スプレッドを監視しながら、割り当てられた帯域内で最適変調多値数やシンボルレートを選択し、高い伝送品質で高スループットの伝送を実現することを

目的としている。この制御は、基地局及び移動局が対等の立場で協調して行う。高速適応変調は、特に、瞬時のフェージング変動の影響を低減できることから、伝送品質の向上に有効である。

また、低速及び高速適応変調のいずれの場合にもフェージングひずみの補償技術は必須となるが、これについては既存技術^{5),11),12)}が適用できるので問題はないと考えられる。

3. 低速適応変調システムによる大容量化の効果

セルラー方式の周波数利用率 η_T は、周波数軸上の周波数利用率 η_f (一定帯域内でどれだけ多くのチャネル数を確保できるかを示す)と空間的周波数再利用効率 $\eta_s=1/L$ (Lは1セルクラスタ内のセル数であり、 $1/L$ はどれだけ効率良く同じ周波数を地理的に離れたところで再利用できるかを示す)の積で次式で与えられる。

変調方式を多値化すると η_f は向上するが、多値化に伴って同一チャネル干渉に弱くなり、同一周波数を用いるセル同志の間隔を大きくする必要が生じるため、 η_s は小さくなる。したがって、従来はセルラーシステムにおける多値化の利点は少ないと言われてきた。

しかし、実際に同一チャネル干渉の影響が大きいのはゾーン周辺だけであり、基地局周辺では同一チャネル干渉の影響は小さい。低速適応変調方式ではこの事実に着目し、第2図に示されるように、基地局に近い端末(平均受信C/Iが十分高い場合)には多値数の大きな変調方式

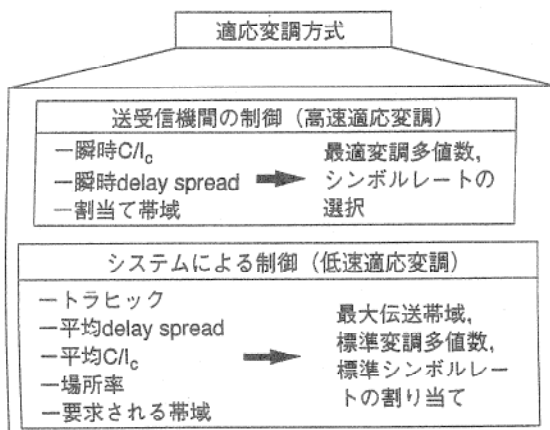


図1 適応変調方式の概念

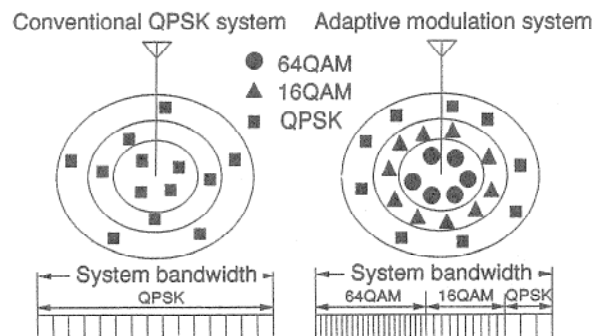


図2 低速適応変調によるチャンネル割当ての概念

(64QAMなど)を割り当て、基地局から遠い端末(受信C/I_cが低い端末)には変調多値数の小さい変調方式を割り当てる方式である。

また、セルラーシステムにおいてすべてのエリアで完全に規定の品質を補償すると莫大なシステムコストがかかること、送信電力がかなり大きくなることなどから、実際のシステムではゾーン内で規定の品質が満足できない確率(劣化率)を許容している。劣化率はシステムによって異なり、数%から30%程度までの値が用いられる。

第3図に、劣化率をパラメータとした場合の周波数利用率を示す。QPSK (fixed)は、QPSK

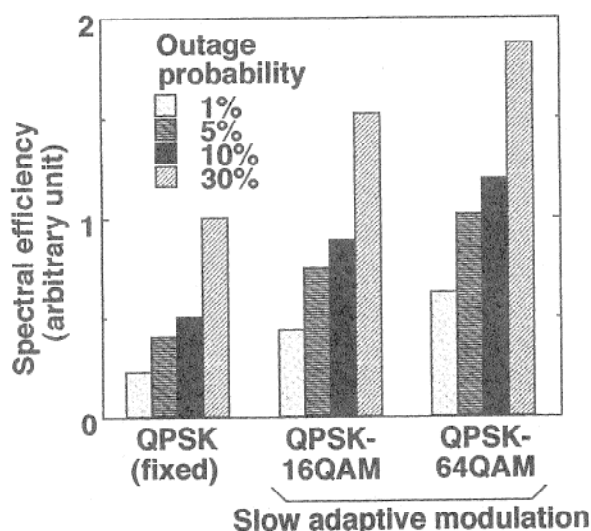


図3 劣化率をパラメータとした場合の周波数利用率

のみを固定的に割り当てる従来方式である。また、QPSK-16QAMは、受信C/I_cに応じてQPSKと16QAMを適宜選択する方式、QPSK-64QAMは、受信C/I_cに応じてQPSK、16QAM、64QAMを適宜選択する方式である。

適応変調方式を用いると、周波数利用率は大きく向上しており、その傾向は、最大多値数が大きくなるほど顕著となる。例えば、劣化率10%において、QPSK-16QAM方式の周波数利用率は従来のQPSK方式の1.8倍、QPSK-64QAMの場合、2.4倍となっている。これより、低速適応変調は、周波数利用率の向上に非常に有効であることがわかる¹³⁾。

4. 高速適応変調方式による伝送品質の向上

第4図に、高速適応変調方式の構成を示す。従来、システムの伝送速度を決定する場合、無

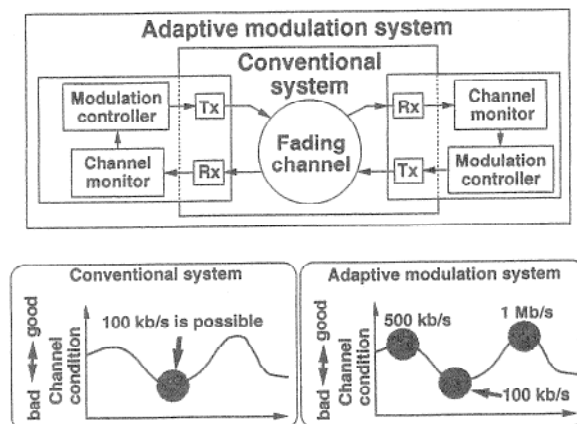


図4 高速適応変調方式の構成と概念

線チャンネル状態が最も厳しい場合においても、ある程度の品質を保証するという観点で決められていたので、例えば第4図左下のように無線チャンネルの状況が変動する場合、伝送速度は、最悪の状態でないときには非常に高速の伝送ができるにもかかわらず、最悪の状態でも伝送可能な100 kbit/s程度に限定されることになる。

適応変調方式では、第4図右下に示されるように、無線チャンネル状態がよいときには変調多値数を上げて伝送速度を高速化する一方、無線チャンネル状態が悪いときには変調多値数を下げて伝送路ひずみに対する耐性を強くすることにより、高品質・高速伝送の実現を狙ったものである。

高速適応変調システムの構成を第4図上部に示す。従来のシステムに対し、高速適応変調方式においては、

- 1) フェージング変動推定技術、
- 2) 変調方式の選択基準、
- 3) 受信機における変調方式推定技術などがキーテクノロジーである。現在、これらキーテクノロジーの開発が終わり、高速適応変調方式システムのシステムアップと伝送特性の評価に取り組んでいるところである。

5. まとめ

以上、将来のパーソナル・マルチメディア通

信の実現を目的とした適応変調方式の研究の一部を紹介した。特にここで紹介した適応変調方式という概念は、我々が世界に先駆けて提唱した伝送技術であり、今後急速に増大する無線携帯端末需要に対処するためのシステム容量の確保、高速・高品質伝送の実現にとって重要な技術になると考えている。

参 考 文 献

- 1) B. J. T. Mallinder, "An Overview of the GSM System," Third Nordic Seminar in DLMRC, 1, Sept. 1988.
- 2) DECT, "Digital European Codeless System -Common Interface Specifications," Code. RES-3 (89), DECT, 1989.
- 3) EIA/TIA, "Cellular System Dual-Mode Mobile Station-Base Station Compatibility Standard", Project No. 2215, IS-54, Dec. 1989.
- 4) RCR, "デジタル方式自動車電話システム", RCR STD-27, 1991年3月.
- 5) S. Sampei and T. Sunaga, "Rayleigh Fading Compensation for QAM in Land Mobile Radio Communications," IEEE Trans. Veh. Technol., 42, 2, pp.137-147, May 1993.
- 6) K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, P. Padovani, A. J. Viterbi, L. A. Weaver, Jr., and C. E. Wheatley, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE Trans. Veh. Technol. 40, 2, pp.303-312, May 1991.
- 7) CCIR TG8/1, "Draft New Recommendation Requirements for the Radio Interface for FPLMTS (Document 8-1/TEMP/99 (Rev. 1)-E," Montpellier, June 1993.
- 8) 小牧省三, "可変容量マイクロ波方式に関する検討", 信学論(B-II), J73-B-II, 10, pp.498-503, 1990年10月.
- 9) H-J. Lee, S. Komaki and N. Morinaga, "Theoretical Analysis of the Capacity Controlled Digital Land Mobile System in the Presence of Interference and Thermal Noise," IEICE Trans. Commun. E75-B, 6, pp.487-493, June 1992.
- 10) M. Ohuchi, S. Komaki and N. Morinaga, "Proposal for Modulation Level Controlled Radio System Applied to ATM Networks," Trans. IEICE (B-II), J76-B-II, 8, pp.661-668, August 1993.
- 11) 三瓶政一, 神尾享秀, "陸上移動通信におけるトレリス符号化16QAM/TDMAシステムの特性", 信学論B-II, J73-B-II, 11, pp.630-638, 1990年11月.
- 12) S. Sampei, E. Moriyama, H. Sasaoka, N. Kinoshita, K. Hiramatsu, K. Inogai and K. Homma, "Field experiments on a 16QAM/TDMA system for land mobile communications," Electron. Letters, 60, 3, pp.185-186, Feb. 1994.
- 13) S. Sampei, S. Komaki and N. Morinaga, "Adaptive Modulation/TDMA scheme for large capacity personal multi-media systems," IEICE Trans. Commun., E77-B, 9, Sept. 1994 (to be published).