

変調方式の基礎とシステム・レベル・シミュレーション

—— デジタル変調の動作をシミュレータで視覚的に確認

原田博司

第2章

通信装置などの方式設計やシステム設計では、信号処理用のシステム・レベル・シミュレータ (MATLAB/Simulink など) がよく利用される。ここでは、まず、ワイヤレス通信を取り巻く状況について述べ、各種デジタル変調がどのような応用で使われているかを説明する。次に、デジタル無線機の構成と各種変調方式の基本原理解について説明する。後半では、実際にシミュレータを使ってデジタル変調の信号処理を模擬し、その動作を視覚的に確認する。

(編集部)

ここでは、まず、デジタル移動通信やワイヤレス・アクセスで用いられる変調方式の基礎について解説します。続いて、QPSK (quadrature phase shift keying ; 直交位相シフト変調) や QAM (quadrature amplitude modulation ; 直交振幅変調) を利用した送信機を例に、米国 The MathWorks 社の「Simulink」を用いて設計を行い、システム・レベルのシミュレーションを実施します。

1. ワイヤレス通信を取り巻く状況

現在のワイヤレス通信技術は、図1に示すようにさまざまな切り口から研究開発が進められています。その一つは、基地局を中心とする“セル”と呼ばれるカバー・エリアを設定して、基地局とユーザの間でワイヤレス通信を行うセルラ移動通信システムです。

● 世代を重ねるセルラ移動通信システム

1980年代に利用可能となった、いわゆる第1世代のアナログ・セルラ移動通信は、狭帯域化と各種デジタル・メディアとの融合を目指しました。

1990年代になると、PDC (personal digital cellular), GSM (global system for mobile communications) といった第2世代のデジタル・セルラ移動通信システムが運用

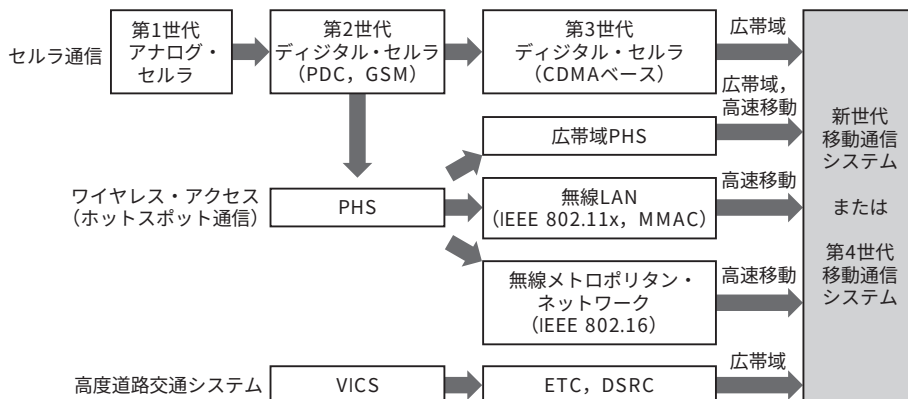


図1
移動通信システムの動向

現在、セルラ移動通信（例えば携帯電話）や無線LAN、ITS (intelligent transport systems) など、各種通信システムが存在する。ユーザは現状、適材適所で無線機そのものを取り替えて運用している。

CDMA : code division multiple access
ETC : electronic toll collection
PDC : personal digital cellular
PHS : personal handyphone system

DSRC : dedicated short range communication
GSM : global system for mobile communications
MMAC : Multimedia Mobile Access Communication Systems
VICS : Vehicle Information and Communication System

を始めました。このときは、時間を一定の間隔で区切り、その区切られた時間を複数のユーザが共有するTDMA (time division multiple access ; 時分割多元接続) 方式が採用されました。

また、1990年代に台頭してきたインターネットなどとの有機的な結合を目指し、2000年代に入ると高速な第3世代のデジタル・セルラ移動通信サービスが開始されました。第3世代では、第2世代のTDMAに代わって、CDMA (code division multiple access ; 符号分割多元接続) 方式が用いられるようになりました。

● PHSに端を発する三つの無線アクセスの流れ

その一方で、第2世代デジタル・セルラ移動通信の開発時期に、家庭のコードレス電話が普及しました。このコードレス電話をそのまま屋外に持ち歩き、セルラ移動通信のようなサービスを行おうとする流れが生まれました。それがPHS (personal handyphone system) です。PHSは当初、高速移動体としての通信はサポートしていませんでした。第2世代のデジタル・セルラ移動通信と比べて、データの伝送速度が速いことが大きな特徴でした。また、基地局との接続だけでなく、構内電話など、自分の好きな場所で自営的に通信エリアを構築できるということも一つの特徴でした。

このPHSは、現在、三つの流れを作り出しています。

一つは、高効率変調方式を用いてPHSを高速化させるという流れです(広帯域PHS)。もう一つは、無線LAN (local area network) の流れです。これは米国IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) の802.11という委員会が標準化が進められ、現在、54Mbpsの伝送速度で通信可能な規格が実際に利用されています。日本でもMMAC (Multimedia Mobile Access Communication Systems) 推進協議会や電波産業界 (ARIB) などが「HiSWAN」という名称で同等の通信システムの標準化を行っています。

また、有線を敷設できないエリアに無線のワイヤレス・アクセス・リンクを供給するFWA (fixed wireless network) にもその流れが波及しており、IEEE 802.16という委員会が無線メトロポリタン・ネットワークの標準化が行われています。この三つの流れには、高速移動体との通信はあまり期待していないものの、静止、もしくは準静止のユーザに対して高速なデジタル・データを無線で供給し、

公衆の回線ではなく自営でワイヤレス・ネットワークを構築できるという特徴があります。

この自営系ネットワークの拡大を後押ししたものの一つがインターネットの普及です。従来は公衆網という各種電気通信事業者が持っている専用回線を利用することが通信の主体でした。ところが、自営で自由に有線ネットワークを構築し、その有線ネットワークの間をくもの巣のように接続するインターネットが普及しました。これとともに、無線の自営系ワイヤレス・ネットワークも普及していったのです。

● 自動車を対象とする無線アクセスの需要が拡大

またこれとは別に、高度道路交通システム (intelligent transport systems) においても道路を走行する高速の移動体に対して通信を行う需要が出てきました。

最初はVICS (Vehicle Information and Communication System) といった道路走行上で必要となる情報(渋滞情報など)を低速ながら広域の高速移動体に供給するというものでしたが、1990年代のETC (electronic toll collection ; 自動料金収受) システムの開発により、高速の移動体に対する通信にも広帯域化の流れが押し寄せてきました。ETCでは高速の移動体に対して、約1Mbps程度の速度で情報を伝送することが可能です。そして、クレジットカード情報などの秘匿情報も通信できるようになりました。

この技術をベースに、伝送速度を最大4Mbps程度まで引き上げ、自動料金収受のみならず、インターネット接続などの情報通信も行おうという通信規格がDSRC (dedicated short range communication ; 専用狭域通信) システムです。

● 第4世代は「広帯域化+高速移動体への追従」

ワイヤレス・アクセスのシステムに関して、さまざまな流れが存在します。しかし、現在、この流れがある一つの方に集約されつつあります。それは、「広帯域化+高速移動体への追従」という流れです。これが第4世代移動通信システム、あるいは新世代移動通信システムと呼ばれているものです。この移動通信システムでは、高速の移動体に対する伝送速度として数十Mbpsを目指しており、静止、もしくは準静止のユーザに対しては数百Mbps、最大1Gbpsの伝送速度を検討しているところもあります。今後、2010年ごろをメドに、こうした新しい通信システムの開発が進んでいくことになります。

変復調方式の面から考えると、今後の方向性は、基本的