

# デジタル通信無線の ガイドランス

森昌文（本誌記者）

## 身近な生活に浸透しはじめた無線通信

私たちの身近な生活の中で、携帯電話や無線LAN、非接触のICカード、RFIDなど、無線通信を利用することが増えています。

それにともなつて通信に関するいろいろな専門用語も耳にします。携帯電話のように、通信業者からサービスとして提供されることで、通信方式の違いが後ろに隠れる場合でも、やれ第三世代の通信サービスなどというときに技術的な言葉が出てきますし、IEEE802.11gやBluetoothなど、パソコンなどが直接利用する無線通信方式をより便利に使用すると、これらの横文字にびっくりしないようにしなければいけません。

どんどん新しい名称の通信方式が登場して勉強が追いつかない感じもありますが、いくつかの技術要素の組み合わせであることが多いので、おもにデジタル信号を送る無線通信方式について、その

さまざまな通信サービスを支えるデジタル無線通信。だが、次々と登場する通信方式の新しい名称に、お手上げ状態の人も多いだろう。なぜここまで多くの無線通信方式が生まれているのか。そこで用いられる要素技術の内容とともに、多種多様な無線通信方式を整理してみよう。

名称と技術的な内容の対応を整理してみました。

なおここでは、無線通信で送り手と受け手を結びつける段階までの技術要素を対象としますが、さらに情報のやりとりやセキュリティの確保の仕方までを規定して通信方式に名称がつけられることが多くなっています。

## 次々と登場する新名称の通信方式

ところでどんどん新しい方式が生まれてくるのはどうしてでしょうか。

無線通信では空中を飛び交う電波そのものを空間的に分離して送ることはできませんので、周波数帯を分け、たとえばテレビ放送とかアマチュア無線、あるいは携帯電話などの用途に割り振って利用します。分離するのは難しいといっても、周波数が高くなると電波が届く地域は限られますので、周波数の割り振りは国際的に整合をとりながらも各国でそれぞれ決めています。総務省のウェ

ブサイト (<http://www.tele.soumu.go.jp/j/req/index.htm>) を見ますと、日本ではたとえば携帯電話に関しては、第二世代のPDCは八〇〇メガヘルツ帯に八つ、一・五ギガヘルツ帯には四つの周波数領域が、PHSは一・九ギガヘルツ帯に三五・一メガヘルツの領域が定められています。

周波数の割り振りを最初に決めるときは技術的な検討がベースとなりますが、いったん定まるとその後の技術改良は基本的にその条件に縛られます。情報処理技術や半導体技術の著しい進歩で、そこそこの消費電力や利便性に見合うコストで複雑な信号処理を高速にこなすことができ、とくにデジタル情報を送る通信の場合は、許された周波数帯域の範囲でより多くの情報をより確実に通信するための技術が開発され、これまでは難しかった新しい通信方式が実現しています。

また電波状態やアクセス状況、さらに送る情報の種類によってダイナミックに通信のやり方を最適化したり、必要に応じて複数の通信チャンネル

を統合して高速に通信するなど、きめ細かな制御をすることも一般化してきました。このような高度な通信サービスに名称がつけられることもあります。

一方で無線通信機能を低コストに実現できると、世の中にたくさん普及している家庭電化機器などにも通信機能をもたせることができます。このときいろいろなメーカーからのさまざまな機器が確実に通信できるように互換性がないと困りますから、信号のやりとりから情報の形式までを詳細に規定した通信方式の標準化が図られます。そしてここでも新しい名称が生まれます。

### 無線通信方式を構成する技術要素

無線に限らず通信では、光や電波などの遠くまで伝搬していく物理的な媒体にどう信号を乗せるか、複数の送り手とそれぞれの受け手を選択的にどう結びつけるか、どう双方向にやりとりするかといった基本的な技術ポイントです。それぞれ複数の方法がありますが、その組み合わせと、どの周波数帯でどのくらいの出力レベルで通信がおこなわれるかで通信特性は特徴づけられます。

### 変調方式

光や電波などの伝搬媒体を直接 ON/OFF して信号とすることもありますが、多くの場合はある高い周波数の伝搬媒体に信号を乗せて送ります。このとき搬送波を変調するといいますが、それには搬送波の振幅、周波数、位相の三つの特性のどれかを信号に合わせて変化させます。たとえ

ば振幅を変化してデジタル信号を乗せるとき、位相が 90 度ずれた同じ周波数の搬送波は独立して信号処理ができますので、それぞれ二段階のレベルで変えると合わせて四種類になり (QAM)、四段階にすれば一六種類の情報を表現できます (16QAM)。もし電波状態がよくて雑音に埋もれる心配がなければ、多段階に変えることによって、一度により多くの情報を送ることができるようです。位相の違いに信号を乗せることもありますが、90 度ずつ四種類の位相の変化とした場合 (QPSK) は、QAM と同じ変調波となります。

無線では建物で遮られたり直接波と反射波が干渉して電波状態が変化しますし、雑音も多くなり、決められますが、より悪条件に強くするために、一次的な変調に加えて、周波数成分の大きさが許される帯域の全域にわたってできるだけ均一になるようにスペクトルを拡散させたり (SSB)、その処理を時間的に変化させたり (OFDM)、搬送波そのものをいくつもたせる (OFDM) ように二次的な変調をおこなうことがあります。複雑な信号処理になりますが、技術の進歩で時間の遅れもなく、そこそこのコストでできるようになっています。

なお、変調波の電力は、搬送波の周波数近辺の狭い帯域幅に集中しスペクトルを拡散してもそれなりのピーク強度をもちますが、逆にピーク出力といえども通常の雑音レベル以下におさえて他の通信への影響を避けつつ、そのかわり思い切った広い帯域を使って高速に通信する方式 (UWB) の開発も大きな話題になっています。

### アクセス方式

非接触 IC カードの定期券などでは、電波の届く距離は短く送信側と受信側を接近させますので、一対一の通信となり他人の定期券と間違っつつながることはありませんが、無線 LAN や携帯電話など多くの無線通信では、複数の通信が並行して進行しますので、それぞれの送り手と受け手を結びつける通信路の交通整理が必要になります。

まずは複数の通信路がなければいけません。これには周波数を変えたサブチャネルを複数設ける方式 (FDMA)、時間的にずらしてそれぞれ間欠的に通信する方式 (TDMA)、分離処理ができる互いに直交している体系のコードで信号を変換して周波数帯域をフルに使って同時に通信する方式 (CDMA) があります。

集中的に交通整理をする基地局がなく、複数の同等の通信端末が自律的に秩序よく通信をおこなわなければならない LAN 的な使い方の場合には、送信したい端末が、まず通信路が空いているか確かめてから送信を始める有線通信の Ethernet に類似した方式 (CSMA/CA) がとられます。

### 二重化方式

定期的に各所に設置されたセンサから親機にデータを送るなど、一方方向の無線通信もありますが、たいていは双方向で信号をやりとりします。そのとき行きと帰りの通信を分けなければいけません。異なる周波数を使う方式 (FDD)

[略語]

CCK : complimentary code keying  
CDMA : code division multiple access  
CDMA-DS : CDMA direct spread  
CDMA-MC : CDMA multi carrier  
CSMA/CA : carrier sense multiple access with collision avoidance  
DS-SS : direct sequence spread spectrum  
FDD : frequency division duplex  
FDMA : frequency division multiple access  
FH-SS : frequency hopping spread spectrum  
HSDPA : high speed downlink pachet access  
IrLAP : IrDA link access protocol  
LAN : local area network  
OFDM : orthogonal frequency division multiplexing  
PDC : personal digital cellular  
PHS : personal handyphone system  
PPM : pulse position modulation  
QAM : quadrature amplitude modulation  
QPSK : quadrature phase shift keying  
RFID : radio frequency identification  
RZ : return to zero  
TDD : time division duplex  
TDMA : time division multiple access  
UWB : ultra wideband

と、時間的にずらす方式(TDD)があります。  
たとえば八〇〇メガヘルツ帯の携帯電話では、基地局からの下りと移動機からの上りとは五五メガヘルツ離れた周波数でそれぞれ通信しますし、PHSでは上りと下りを時間的に分けています。原理的には変調コードで分ける方式も考えられますが、今のところおこなわれていないようです。

要素技術の組み合わせ

技術要素の各方式はそれぞれ特徴があり、どのような応用に無線通信を利用するかを念頭に、いろいろな項目を総合的に評価して組み合わせが決まってきました。通信路の周波数、帯域、距離、安定性、混信や干渉など、通信機器の消費電力、大きさ、コスト、開発の難易度など、通信をおこな

うコスト(料金)など、送る情報のチャンネル数、リアルタイム性(音声)、ストリーム性(映像)など、また通信のセキュリティやQoS(Quality of Service)などの項目です。さらに、きめ細かな通信サービスを実現するために、使える周波数帯域をダイナミックにサブチャンネルに分割できるかどうかなども、評価対象になることもあります。

通信方式と利用者としてのスタンス

現在のおもな通信方式の名称とそこで使われている要素技術の対応を表にしてみました(表1)。また帯域と通信距離でマッピングしてみました(図1)。名前がついた通信方式といっても、技術要素のどのレベルまでを対象としているかはいろいろで

す。信号のやりとりを定めるだけで名前がつけられている場合もありますし、通信機器の特性、さらにサービスまで含めて規定する場合もあります。上位が決まれば下のレベルは決まるというわけでもなく、高いレベルまで規定した通信方式のときに、変調レベルは複数の方式を使い分けるといったこともあります。また通信方式の名称に技術用語が使われることもありますし、標準化団体の名前が出ることもあります。

このように無線通信の名前の付き方はまちまちなので、比較しようにもそもそも土俵の範囲が違うということが多々起ります。開発する技術者はそこを含めてしっかり技術的な検討をしなければいけません。私たちが利用者は、技術的な比較はそこそこにして、それぞれの通信方式の技術的特徴が利用上のメリットや留意点あるいは通信サービスの内容に翻訳されて表現された特性に注目する程度がよいと思われます。新しい通信方式が登場しても、その名前にびっくりせずに、技術要素の組み合わせがどう変わったのかなという程度にとらえ、余裕をもって受けとめることにしましょう。

|       | 通信方式            | 周波数帯域                      | 変調方式                   | アクセス方式            | 備考           |
|-------|-----------------|----------------------------|------------------------|-------------------|--------------|
| 広域通信  | PDC             | 800MHzおよび1.5GHz帯           | QPSK                   | 3ch TDMA          | 第2世代携帯電話     |
|       | PHS             | 1.9GHz帯                    | QPSK                   | TDMA-TDD          |              |
|       | W-CDMA          | 2GHz帯                      | QPSK-DS                | CDMA-FDD          | 第3世代携帯電話     |
|       | CDMA2000        | 2GHz帯                      | QPSK-MC                | CDMA-FDD          | 第3世代携帯電話     |
|       | TD-CDMA         | 2GHz帯                      | QPSK                   | CDMA-TDD          | 第3世代携帯電話 (未) |
|       | TD-SCDMA        | 2GHz帯                      | 8PSK-3C                | CDMA-TDD 同期       | 第3世代携帯電話 (未) |
|       | HSDPA           | 2GHz帯                      | 適応変調-DS                | CDMA+TDM+FDDFDD   | 第3.5世代携帯電話   |
|       | CDMA20001xEV-DV | 2GHz帯                      | 適応変調-DS                | CDMA+TDM+FDDFDD   | 第3.5世代携帯電話   |
| 無線LAN | IEEE802.11a     | 5GHz帯                      | 16QAM等-OFDM            | CSMA/CA           |              |
|       | IEEE802.11b     | 2.4GHz帯                    | 16QAM等-OFDM            | CSMA/CA           |              |
|       | IEEE802.11g     | 2.4GHz帯                    | 16QAM等-OFDM            | CSMA/CA           |              |
| 近距離通信 | Bluetooth       | 2.4GHz帯                    | PSK-FH-SS              | Master/Slave~-TDD | 上位層まで規定      |
|       | Zigbee          | 2.4GHz帯                    | QPSK                   | CSMA/CA           | 上位層まで規定      |
|       | IrDA            | 赤外線                        | RZ/4PPM                | IrLAP             | 上位層まで規定      |
|       | RFID            | 13.56MHz (9.15MHz) 2.45GHz |                        |                   |              |
|       | UWB             | 3.1~10.6GHz                | マルチバンドOFDMやDS-SS-SSの推奨 |                   |              |

表1 おもな通信方式の名称と要素技術の対応

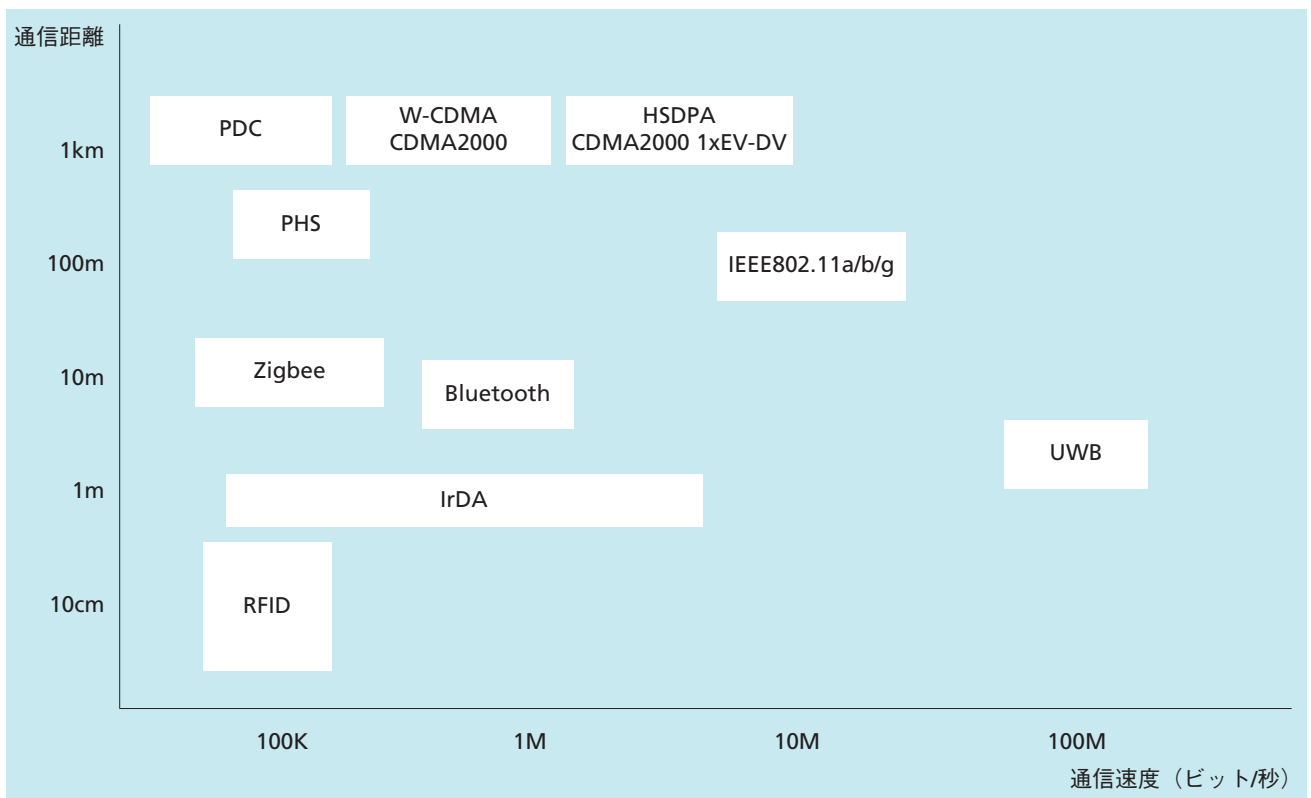


図1 各種の無線通信方式の通信距離と通信速度