

ネットワークと通信の基礎

西田 健, 上田 祐一郎
Takeshi NISHIDA, Yuichiro UEDA

1 はじめに

近年, インターネットの普及により, ストリーミング映像などの大容量コンテンツの配信が行なわれるようになった。また, インターネット接続利用者数も飛躍的に増加し, 通信需要は増大している。一方で, 携帯機器, 特に携帯電話の発展も著しく, コンピュータと同等の通信性能が求められている。

こういった現状は, 通信の高速化および大多数のユーザに対応できる通信方式の発展によるものである。そして, これは通信技術の中でも, 主に変調方式および多重アクセス方式などの通信技術の発展が大きく影響している。

本発表では, 現在通信技術の中で注目されている変調方式や多重アクセス方式などの通信方式について述べ, 今後の展望について考察する。

2 ネットワーク

情報通信分野におけるネットワークとは, コンピュータネットワークを指し, 複数のコンピュータを相互に接続してデータの転送を行えるようにした形態のことである。コンピュータネットワークには同じ建物などの限られた範囲内でデータをやり取りする LAN(Local Area Network) と, LAN 同士を接続して広い範囲でデータをやり取りする WAN(Wide Area Network) がある。LAN にはバス型, スター型, リング型など様々な形態が存在するが, 接続されたパソコンのひとつが故障してもネットワーク全体には影響しないという利点からスター型が最もよく使われている。一方, WAN には電話網や ATM(Asynchronous Transfer Mode) などがあり, インターネットも一種の WAN である。特に, このインターネットは近年急速に普及し, それに伴って大容量かつ高速な通信技術が求められている。

3 通信

通信にはアナログ通信とデジタル通信がある。アナログ通信は情報信号の強弱を電気信号の強弱という連続した値の信号に変換して送信するため, 伝送途中で加わるノイズの影響が大きいという欠点がある。一方, デジタル通信は情報を 0, 1 に相当する電気信号に変換するため, 伝送途中で加わるノイズの影響が小さく, アナログ通信より多くの情報量を伝送できる。このような利点から, テレビ放送においても 2011 年にデジタル化されるように, 国家規模でデジタル通信が注目されている。このデジタル通信の流れを Fig. 1 に示す。

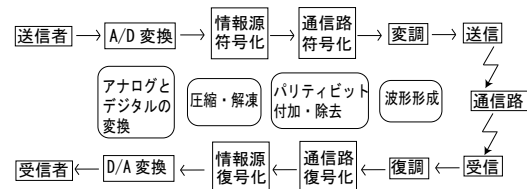


Fig.1 デジタル通信の流れ⁽¹⁾より参照

4 変調方式

4.1 ASK(Amplitude Shift Keying)

ASK はデジタル信号を正弦波の振幅の違いで表現する変調方式である。例えば, 0,1 の 2 値を表現する場合は, 2 つの振幅を持つ波形を対応させることによって変調する。これを BASK(Binary ASK) と呼ぶ。また, 00,01,10,11 の 4 値を 4 つの振幅を持つ波形で表現する変調方式を QASK(Quadrature ASK) と呼び, それ以上の多値を表現する変調方式を 8ASK(8 値),16ASK(16 値) と呼ぶ。ASK は回路構成が単純になるという利点がある一方で, ノイズによる振幅変化に弱く, 多値になると振幅の種類も増えるため大きい送信電力が必要になるという欠点がある。

4.2 FSK(Frequency Shift Keying)

FSK はデジタル信号を正弦波の周波数の違いで表現する変調方式である。ASK 同様 0,1 の 2 値を 2 つの周波数を持つ波形で表現する変調方式を BFSK(Binary FSK) と呼び, 4 値を 4 つの周波数を持つ波形で表現する変調方式を QFSK(Quadrature FSK) と呼ぶ。ASK よりノイズに強いという利点があるが, 多値になるほど使用する周波数帯域が増えるため周波数利用効率が悪いという欠点がある。

4.3 PSK(Phase Shift Keying)

PSK はデジタル信号を正弦波の位相の違いで表現する変調方式である。ASK, FSK 同様 0,1 の 2 値を 2 つの位相を持つ波形で表現する変調方式を BPSK(Binary PSK) と呼び, 4 つの位相を持つ波形で表現する変調方式を QPSK(Quadrature PSK) と呼ぶ。PSK は一定の周波数帯域のみを使用するので FSK より周波数利用効率が高く, ASK よりノイズに強いという利点がある。NTT ドコモやソフトバンクが採用している W-CDMA(Wideband CDMA) および au が採用している cdma2000 には QPSK が利用されている。

4.4 QAM(Quadrature Amplitude Moduration)

QAMはASKとPSKを組み合わせた方式である。つまり、振幅と位相の2つの値を用いてデジタル信号を表現する。例えば、16値(4bit)の情報、4つの振幅および位相を持つ波形で表現することで、一度に送信することができる。この変調方式を16QAMと呼ぶ。主な利用例として、W-CDMAの改良方式でNTTドコモのFOMAハイスピードという規格で採用されているHSDPA(High Speed Downlink Packet Access)が挙げられる。

5 多重アクセス方式

通信にはデジタルかアナログかの違いの他に、有線通信か無線通信かの違いがある。例えば100通信を同時に行いたい場合、有線では100本の線(電話線など)を使うことで実現できるが多大なコストが掛かる。また、無線通信では空間を共有して通信するのでコストは少ないが他の信号との混信が問題になる。このため、複数のユーザが通信路を共有することが重要となる。これを実現するために多重アクセス方式が注目されている。

5.1 FDMA(Frequency Divison Multiple Access)

FDMAはユーザ毎に異なる周波数帯域を割り当てることで混信を避け多重アクセスを実現する方式である。FDMAの概念図をFig. 2に示す。

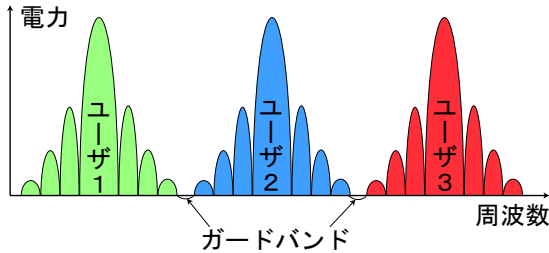


Fig.2 FDMA⁽²⁾より参照)

Fig. 2のようにFDMAでは各ユーザ毎に周波数帯域を設ける必要がある。さらに、それぞれの間にガードバンドと呼ばれる周波数帯域を設け、ユーザ同士の混信を避けなければならない。このように、FDMAは周波数利用効率が悪いという欠点がある。利用例としてはアナログ自動車電話や第1世代携帯電話が挙げられる。

5.2 TDMA(Time Division Multiple Access)

TDMAは「非常に短い時間枠を各ユーザに与え、同一周波数帯域で周期的に訪れる与えられた時間枠を利用して通信を行う方式」³⁾である。FDMAより周波数利用効率は大幅に改善されたが、同期をとる必要がある。利用例としては、第2世代携帯電話が挙げられる。

5.3 CDMA(Code Division Multiple Access)

CDMAはユーザ毎に異なる拡散符号を用いて情報を拡散して通信を行う方式である。この技術をスペクトル拡散という。このスペクトル拡散を利用することで機密性やノイズ耐性を高めることができ、FDMA、TDMAより周波数帯域幅当たりのユーザ数を多くとれるという利点

がある。利用例としては、第3世代携帯電話W-CDMAやcdma2000が挙げられる。

5.3.1 スペクトル拡散

「スペクトル拡散とは、デジタル信号に拡散符号を掛け合わせて元の信号より広い帯域に拡散させて送信し、受信側で同じ拡散符号を掛けることで元のデジタル信号を復元する」⁴⁾ことである。この仕組みをCDMAの概念図と共にFig. 3に示す。なお、ここで言う拡散符号とは0,1のビット列のことを示し、掛け合わせるとはデータ列と拡散符号の排他的論理和(XOR)をとることを示す。

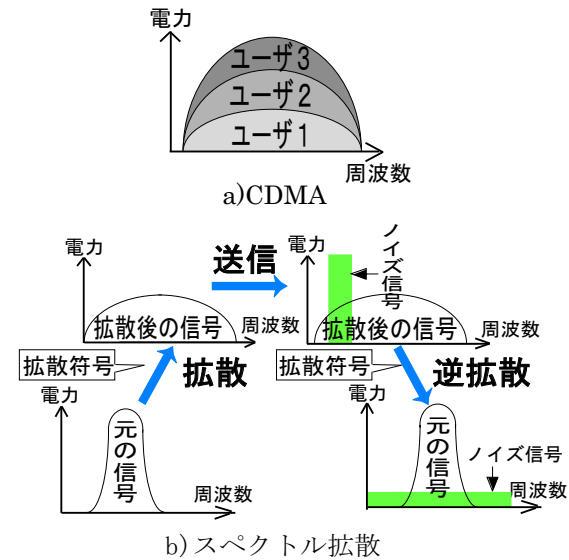


Fig.3 CDMAとスペクトル拡散⁽⁵⁾より参照)

このため、Fig. 3のように、同じ拡散符号でなければ元の信号を復元できないため機密性が高く、ノイズ耐性も高いという利点がある。

5.4 OFDMA(Orthogonal FDMA)

OFDMAはFDMAを改良した方式である。このOFDMAの概念図をFig. 4に示す。

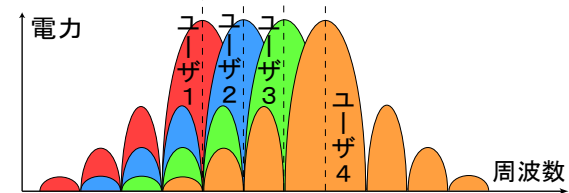


Fig.4 OFDMA⁽²⁾より参照)

まずFig. 2のように変調後のデジタル信号の周波数の波形は周期的に電力が0になるという特徴がある。このためFig. 4のように電力が丁度0になるところに各ユーザの中心周波数を重ね合わせることで限られた周波数帯域にFDMAより多くのユーザを配置することができる。利用例として現在注目されているモバイルWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)などが挙げられる。

また、OFDMAと同じ原理でユーザではなくデータを多重化することをOFDMという。このOFDMの利用例として地上デジタル放送やWiMAXなどが挙げられる。

6 MIMO(Multi Input Multi Output)

MIMO は現在無線 LAN 機器で利用されており、通信速度を向上させるための技術である。この MIMO の概念図を Fig. 5 に示す。

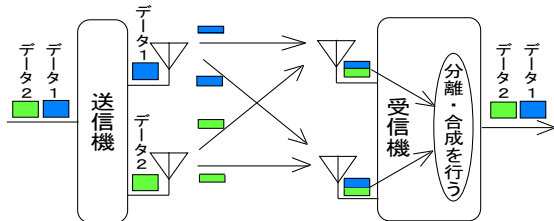


Fig.5 MIMO⁽⁶⁾より参照)

Fig. 5 のように、MIMO は複数の指向性アンテナを用いて異なるデータを同一周波数帯で同時に送信し、受信した信号を分離して合成する。今まで受信に悪影響を及ぼすとされていたマルチパスを受信し合成して複合することで、安定した通信を実現する。なお、マルチパスとは建物などに反射し位相がずれた電波である。

これまでの無線 LAN の規格である IEEE802.11a や IEEE802.11g では通信速度 54Mbps が限界であった。しかし、MIMO を利用することで 2 倍の 108Mbps を実現できた。これは、光通信と同等の速度である。なお、現在策定中の IEEE802.11n という規格では MIMO が使われており、500Mbps の通信速度の実現を目指している。

7 主な利用例

7.1 W-CDMA

W-CDMA は国際電気通信連合 (ITU) が IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000) という第 3 世代 (3G) 携帯電話の国際規格に準拠して定めた規格である。QPSK によって変調し、CDMA によって多重アクセスを行う。5MHz の帯域幅を利用し、最大通信速度は 2Mbps である。主に、NTT ドコモで採用されている。

7.2 cdma2000

cdma2000 は 2.5G 携帯電話の規格である cdmaOne を改良し、W-CDMA と同様 ITU が IMT-2000 に準拠して定めた規格である。変調方式および多重アクセス方式は W-CDMA と同様である。利用帯域は cdmaOne の 1.25MHz を 3 つ利用し、最大通信速度は 2Mbps を実現している。このため、cdmaOne の設備を利用することができるという利点があり、主に au で採用されている。

7.3 HSDPA

HSDPA は 3GPP(3rd Generation Partnership Project) が W-CDMA を元に改良した規格である。電波状態が悪い場合は一度に 2bit しか送れないがノイズに強い QPSK を使い、電波状態が良い場合には一度に 4bit 送れる 16QAM に切り替える。これにより通信速度を向上でき、最大通信速度 14Mbps を実現できる。主に、NTT ドコモの FOMA ハイスピードで採用されている。

7.4 WiMAX

WiMAX は米国電気電子学会 (Institute of Electrical and Electronic Engineers:IEEE) により IEEE802.16-

2004 として標準化された規格であり、変調方式として QPSK, 16QAM, 64QAM を利用し、データの多重化に OFDM を利用している。WiMAX の最大通信速度は 70Mbps で、最長伝送距離は 10km である。

また、IEEE802.16e で標準化された規格としてモバイル WiMAX がある。本規格も WiMAX と同様に変調方式として QPSK, 16QAM, 64QAM を利用し、データの多重化に OFDM も利用している。最大通信速度は 20Mbps で、最長伝送距離は 3km である。このモバイル WiMAX は多重アクセス方式に OFDMA を利用している。

8 今後の展望

これまで述べたように、変調方式や多重アクセス方式などの改良により通信の高速化や大容量化が実現できた。また、特に無線 LAN では MIMO により有線通信と同等の通信速度が実現されている。さらに、もともと無線 LAN の技術であった WiMAX を 120km/h の移動時でも通信が行えるように移動体用に改良されたモバイル WiMAX も注目されている。

このモバイル WiMAX では多重アクセス方式に OFDMA が利用されており、4G 携帯電話でも OFDMA の採用が決まっている。このことから、今後はこれら 2 つの規格が融合されることにより、携帯でモバイル WiMAX でき、高速化が期待できる。また、MIMO についても、今後携帯電話にも対応できるようになると考えられる。そして、これらを実現することによって携帯電話でも有線通信と同等の通信速度を実現できるようになると考えられる。しかし、これには端末の消費電力やバッテリー容量の問題がある。この問題解決によって有線、無線、携帯ともに高速通信が実現され、今まで以上の大容量データが高速に PC や携帯を飛び交う未来が来ると考えられる。すなわち、現在通信分野において最も注目されている無線通信や携帯電話の発展は、これまで述べてきたような技術の向上によって実現できると考えられる。

参考文献

- 1) デジタル無線通信システム,
<http://shika.aist-nara.ac.jp/member/mokada/radio.html>
- 2) 槻ノ木隆の「BB っと WORDS」,
<http://bb.watch.impress.co.jp/cda/bbword/10456.html>
- 3) 松尾憲一：スペクトラム拡散技術のすべて、東京電機大学出版局、2002
- 4) スペクトル拡散,
<http://e-words.jp/>
- 5) 技術講座 (無線),
<http://www.kurejbc.com/technical/technical-2.htm>
- 6) MIMO,
<http://www.ntt.co.jp/mirai/organization/organization0304.html>