

高速化技術①…限られた周波数帯域をキチキチに使う OFDM

松江 英明

1990年代後半の携帯電話システムやWi-Fiシステムでは、その通信速度は携帯電話システムで1ユーザ当たり数十kbps、Wi-Fiシステムでは最大2Mbpsと低速でした。近年、これら無線通信システムの高速化が急速に進展してきた結果、携帯電話システムで最大数十Mbps、Wi-Fiシステムでは最大数百Mbpsと高速化され、動画像やハイレゾ・オーディオなどの大容量データ注1が問題無く送れるようになりました。

無線通信システムの開発の歴史は、その通信速度をいかに高速化するかの1点に絞られて進められてきたといっても過言ではありません。本章では、デジタル無線通信の高速化に欠くことのできない2大技術のうちの1つ、OFDMについて解説します。

高速モバイル通信最大の敵…マルチパス・フェージング

● 反射して届く電波が最大の敵

携帯電話やWi-Fiなどといった端末の最大の特徴は、人間が手に持って移動できることにあります。そのような環境下では、端末とその通信相手である無線基地局やWi-Fiアクセス・ポイント間の無線伝搬路において、多くの反射物などが存在することで複数の通信経路が生成されます。複数の経路を通った信号を合成した信号が受信されます。

その結果、受信信号のレベルは最大数十dBと大きく変動し、減衰するケースが増えるとともに、ひずみを伴うケースが頻繁に生じます。この現象を多重波干渉フェージング(マルチパス・フェージング)といいます。

通信システムを高速にすればするほど、このマルチパス・フェージングの影響が大きくなるため、無線通信システムを高速かつ高品質に維持するための最大の敵となります。次に、マルチパス・フェージングが影響するようすを説明します。

注1：例えばYouTubeでは最高8Mbpsで動画をアップできる。ハイレゾ・オーディオなら24ビット、192kHzサンプル×2チャンネルで9.2Mbps。

● 高速データ伝送におけるマルチパス・フェージングの影響

情報伝送速度を上げるためには、入力される情報データの符号周期を短くして、伝送レートを高くします。一方で、送信機と受信機との間の無線伝搬路においては、直接届く電波のほかに周囲からの反射波も一緒に受信されることが頻繁に発生します。このような状況ではお互いの電波が干渉し合って受信した信号の通信品質は大きく劣化します。このような状態をマルチパス・フェージングといいます。

▶ 周波数領域における送受信スペクトル

送受信信号の周波数スペクトルを図1(a)に示します。送信信号スペクトルでは平坦な形をしています。無線伝搬路を通過した受信信号スペクトルでは、例えば、20MHzと周波数帯域幅が大きい高速信号では、帯域内部に周波数成分の凹凸が発生してひずみが生じています。

一方、例えば、4MHzと高速信号の1/5である周波数帯域幅の信号では、受信信号の周波数スペクトルの帯域内部はほぼ平坦となっており、ひずみは生じていません。つまり、低速信号では通信品質は高く維持できますが、高速信号の場合、このひずみによって通信品質が大きく劣化することになります。

▶ 時間領域における送受信波形

次に、時間領域で比較した送受信波形を図2(a)に示します。50ns(=1/20MHz)という時間幅(これを符号周期という)の小さいパルスが次から次へと継続して送信され、受信側ではマルチパス・フェージングを受けることによって時間軸上に次のパルスの時間幅以上の時間幅で広がりが発生しています。この時間広がり成分は無線伝搬路で発生する反射波成分であり、それぞれ遅延時間が異なっています。この成分を符号間干渉といい、通信品質を大きく劣化させる原因となります。

一方、低速信号として符号周期は250ns(=1/4MHz)で元の50ns時間幅の5倍の信号を想定してみます。受信側において、高速信号の場合と同じ量の時間軸上の幅の広がりがあっても、次のパルス信号へは影響が及