

広帯域移動通信の多重波伝搬理論とチャンネルモデリングの研究

電気通信大学
先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター
センター長 教授
唐沢 好男



例えば話から。運動会で百メートル競争をします。数人が一列に並んでピストルの音でスタート、テープを切った人から順位をつけ、終わると次の組がスタート。最近、この学校では生徒数が増え、効率化のためのやむを得ない措置として、前の組が全員ゴールに達する前に、次の組をスタートさせることにしました。しかし、そのスタートの間隔を徐々に短くしてゆくと、後の組の速い生徒が前の組の遅い生徒を追い抜いてゴールに駆け込むことが起き、順位が正しくつけられなくなってしまいました。

今、ワイヤレス通信では、同じことが問題になっています。「生徒数」を「送りたい情報量」、「後の組が前の組を追い抜いてしまうこと」を「101011・・・といった符号の順番が入れ替わること(=専門用語で符号間干渉といいます)」と読み替えるのです。この入れ替わりは、到着時間(遅延)のばらつきという伝搬現象によって発生します。例えば、移動通信で、基地局から発射された電波は、いくつもの経路に分かれて反射や散乱を繰り返して、皆さんの携帯電話に到着します。しかし辿ってきたパスの長さの違いによって、遅延のばらつきを生み出すのです。本研究では、次世代移動通信の主流と期待されるOFDM(直交周波数分割多重)方式を対象に、この遅延のばらつきがシステムの特性劣化に与える影響を精度良く評価できる理論モデルを世界

に先駆けて作り上げました。

OFDMは、広帯域の信号を多数の狭帯域の信号に分割して伝送するマルチキャリア方式の一つで、遅延のばらつきによる符号間干渉に強い伝送方式として知られています。では、OFDMによって電波伝搬の遅延問題が克服されたのでしょうか。いや、決してそうではありません。図1は、OFDMを対象とし、遅延スプレッド： σ_{τ} 、ガードインターバル時間： T_{GI} 、有効シンボル周期： T_S 、フェージング周期： T_f に対して、満たすべき関係($\sigma_{\tau} \ll T_{GI} \ll T_S \ll T_f$)を示しています。屋内で運用される無線LANの場合は、 T_{GI} を小さくでき、 T_f も大きいので、設計上あまり問題ありませんが、次世代移動通信環境(例えば、5GHz帯での高速移動体通信)を想定すると、性格の異なる二つの電波伝搬現象(遅延の広がり、ドップラスペクトルの広がり)の挟み撃ちにあつて、条件を満たす設計が難しくなってしまいます。

本研究では、遅延の広がりがOFDMのガードインターバルを超える伝搬環境での伝送特性評価モデルを構築しました。このモデルのベースは、それまでに、シングルキャリアの伝送方式で構築していた「等価伝送路モデル」です。等価伝送路モデルというのは、複雑に関連する電波伝搬のパラメータと伝送方式のパラメータを、可能な限り分離し、少数の

キーパラメータのみを抽出して組み上げた独自の理論モデルで、これまで理論的な意味で定量的な評価ができていなかった伝送特性評価を、初めて可能にした筆者自慢のモデルです。マルチキャリアの伝送方式であるOFDMの問題解決には、ガードインターバルの存在をどうモデルに組み入れるかという一つの難問が存在していましたが、本研究では、シングルキャリアの伝送方式で構築した等価伝送路モデルの中に、その働きをうまく繰り込むことができ、非常に精度のよい計算法を得ることができました。

大容量のデータを送る際に問題にな

る符号間干渉は、伝搬環境と通信方式が複雑に絡み合うので、「○○伝搬環境における××変調方式の伝送特性」といった研究論文が、これまで、世にたくさん出ています。でも、このような場当たりのなものではなく、全ての組み合わせに共通する本質的なものはないのでしょうか。本研究によって、この間に一つの答えを与えることができました。また、このモデルの研究過程で、その特徴を活かした伝送劣化解決手段も見えてきました。これからは、マルチパス伝搬に強いシステムの研究に力を入れてゆきたいと思っています。

図1: OFDMパラメータ(T_{GI} , T_s)と伝搬パラメータ(σ_τ , f_D)との関係
(本研究では、 $\sigma_\tau \ll T_{GI}$ の条件が満たされなかったときの伝送劣化特性を、定量的に評価する理論モデル構築に取り組みました)

