

移動体通信工学 レポート

馬場口研究室

濱崎 直紀

令和元年 7 月 22 日

問題 1

等価低域系について説明し、移動体通信において伝搬路の周波数伝達関数が与えられた際の受信信号の時間波形とスペクトルがどのように表されるのかを、式を用いて論理的に説明せよ。なお各波形の記述方法は適宜定義せよ。また、受信信号の時間波形やスペクトルを導出する際、等価低域系を用いる意義について説明せよ。

レポート

等価低域系とは、複素搬送波を除いた通信システムである。以下において等価低域系を用いる意義について示す。

一般的に、帯域信号は $s(t) = A(t) \cos(2\pi f_c t + \theta(t))$ とおける。ここで、 $A(t)$ は振幅、 $\theta(t)$ は位相、 f_c は搬送波周波数を表す。

この式は、 I, Q の複素平面上で表現される帯域信号 $u_I(t) + ju_Q(t)$ を用いて

$$s(t) = \operatorname{Re} [(u_I(t) + ju_Q(t))e^{j2\pi f_c t}] \quad (1)$$

と表すことができる。

この式の右辺において、 $(u_I(t) + ju_Q(t))e^{j2\pi f_c t}$ の部分は、複素基底帯域信号 $u(t) = u_I(t) + ju_Q(t)$ を用いて複素搬送波 $e^{j2\pi f_c t}$ を変調したものと見なせるので、式 (1) の右辺を変形して

$$s(t) = \frac{1}{2} \{u(t)e^{j2\pi f_c t} + u^*(t)e^{-j2\pi f_c t}\} \quad (2)$$

とできる。

フーリエ変換を用いると、 $s(t)$ の周波数スペクトル $S(f)$ は

$$S(f) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \{u(t)e^{j2\pi f_c t} + u^*(t)e^{-j2\pi f_c t}\} e^{-j2\pi f t} dt \quad (3)$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{-j2\pi(f-f_c)t} dt + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} u^*(t)e^{-j2\pi(f+f_c)t} dt \quad (4)$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{-j2\pi(f-f_c)t} dt + \frac{1}{2} \left[\int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{-j2\pi(-f-f_c)t} dt \right]^* \quad (5)$$

$$= \frac{1}{2} \{U(f-f_c) + U^*(-f-f_c)\} \quad (6)$$

となる。

ただし、 $U(f)$ は $u(t)$ の周波数スペクトルであり、 $u_I(t)$ および $u_Q(t)$ の周波数スペクトル $U_I(f)$ 、 $U_Q(f)$ を用いると

$$U(f) = U_I(f) + jU_Q(f) \quad (7)$$

という関係が得られる。

以上の関係を線形系に適用する。

信号 $S(f) = \frac{1}{2} \{U(f-f_c) + U^*(-f-f_c)\}$ を線形帯域系 $H(f-f_c) + H^*(-f-f_c)$ に入力した場合に得られる出力 $R(f)$ は

$$R(f) = \frac{1}{2} \{H(f-f_c)U(f-f_c) + H(-f-f_c)U^*(-f-f_c)\} \quad (8)$$

となる。

また，信号 $U(f)$ を等価低域系 $H(f)$ に入力した場合に得られる出力 $R(f)$ は

$$R(f) = H(f)U(f) \quad (9)$$

となる。

また時間波形は逆フーリエ変換を用いて

$$r(t) = h(t) \otimes u(t) \quad (10)$$

となる。

これら線形帯域系と等価低域系は等価である。

このように，帯域信号が入力された線形帯域系出力は，複素基底帯域信号が入力された等価低域系出力を用いて完全に表すことができる。したがって，線形帯域系での信号解析は，等価低域系で考えることでより簡単に取り扱うことができる。

問題 2

セルラ通信において位置登録はどのようなメカニズムで行われるのかを説明せよ。

レポート

全ての無線基地局は、それが所属している地域を表す信号を常々送信しており、移動局はそれをもとに自分がいる地域を認識している。新しい地域に移動したことが検出された場合、移動局はその地域をホームメモリ局に報告する。その際、ホームメモリ局は移動局の位置をセル単位で把握することができるが、セル単位で位置管理を行うと、移動局はセルを移動するたびに地域更新のために位置登録信号を送信しなければならず、通信量が膨大になる。そこで、実際にはそこまで細かく管理せず、複数のセルをまとめて位置登録エリアとし、その位置登録エリア単位で管理する。

しかし、このままでは移動局が位置登録エリア内のどのセルにいるのかが不明なため、着信接続の際には以下のような工夫が必要となる。まず、移動局 A の電話番号がダイヤルされると、ダイヤルの移動網識別番号によって、ゲートウェイ交換局に接続される。次に、ゲートウェイ交換局はホームメモリ局に接続することで、移動局 A のいる位置登録エリアを特定し、その地域のローカル交換局へ接続する。交換局はローカル交換局はその地域の全無線基地局に対して一斉呼出し要求を行い、移動局 A は呼出し信号を受信すると応答信号を送信する。最後に、ローカル交換局は応答信号を受信すると、その地域の全無線基地局に対して一斉呼出しの中止を指示する。通信をするためには、この後正規ユーザであることの確認などの工程が必要であるが、位置登録と実際に用いる際の工夫に関してはここまで示したような流れで行われる。

問題 3

第 5 世代セルラシステムの利用分野は、第 4 世代セルラシステムまでと比較してどのような点が大きく異なるのかを説明せよ。また、その違いを生んだ理由について説明せよ。

レポート

過去の変遷をたどってみると、第 2 世代セルラシステムの登場により、携帯電話によるメールやネットの利用を可能にした。これは基本的に音声の通信のみであった第 1 世代セルラシステムに対して、大きな進歩であったと言える。しかし、伝送速度も遅く、データ量の多い情報を扱うには限界があった。その後登場した第 3 世代、第 4 世代セルラシステムにより、高速・大容量のデータ通信が可能となり、携帯電話は情報通信サービスとして本格化することとなった。このように第 4 世代セルラシステムまでは、主に携帯電話サービスという分野で利用されてきた。

そして今、第 5 世代セルラシステムが注目を浴びている。今までのセルラシステムよりも高速化・大容量化しているのは確かだが、それが活きる場面は携帯電話サービスのみに限らない。今の時代は、様々なデバイスがネットワークへの接続機能を持っている、「IoT 時代」である。携帯電話の普及も相まって、あらゆるデバイスにおける接続端末数は膨大なものになると予想される。このことから、第 4 世代セルラシステムでは、同時に接続する端末が増え過ぎることによって、通信品質の低下という問題が生じる可能性がある。そこで、この問題を解決するために第 5 世代セルラシステムが開発されている。

第 5 世代セルラシステムがこのような問題を解決することを可能とする背景には、主に「高周波数帯の利用」と「超多素子アンテナ技術の利用」がある。一般的に電波の周波数が高くなると伝送できる情報量が増える代わりに、障害物に弱くなる性質がある。それを回避し、通信ネットワークとして実用化する技術が研究されており、その技術を用いることで、伝送可能な情報量の増加を実現する。また、MIMO と呼ばれる超多素子アンテナを用いた通信によって、使用する周波数帯域を増やすことなく、通信の高速化、通信品質の向上が可能となる。このように技術が発達したことによって、第 5 世代セルラシステムは IoT 時代においても十分通用するシステムとして期待されている。