イベント報告：

ギガビット研究会　第3回設計ガイドラインセミナー開催

日時：2012年2月10日(金曜日)　10:00－17:30

題目：「クロストーク(結合)を評価するために」

講師：ギガビット研究会代表

　　　電気通信大学名誉教授　上芳夫

場所：電気通信大学

　　　東7号館（産学官連携センター棟）

　　　4F 415（研修室）

第3回設計ガイドラインセミナー「クロストーク(結合)を評価するために」が開催されました。今回のガイドラインセミナーは、配線間のクロストークに関する設計ガイドラインを定量的に与えることを目的として行われました。クロストークの発生メカニズム、ディファレンシャルモードとコモンモード、モード変換のメカニズムに関する基本的な考え方やクロストークの評価方法等について解説されました。

クロストーク(漏話)とは、電磁気学的には電磁界による結合現象です。この現象は古くから知られている現象で、電話回線において無関係な通話が混入してくる現象を表現している用語です。マイクロ波回路ではこれを有効に使用して回路部品が作成されています。最近のEMCにおいては、配線間の結合問題ですので、伝送線路間の干渉妨害問題であり、信号の質を問うSI(signal integrity)問題であり、電源回路網への高周波信号の混入問題とするときのPI(power integrity)問題ともなります。

配線が多くなると、配線間の電気回路的振る舞いを記述するには、電信方程式を拡張することで解析を行います。平行に配線された2+1(1はグラウンド(GND)導体を意味する)本の線路は、多線条線路といいます。多線条線路で最も基本的な2本の導体線路とGND導体から成る系(ここでは2本導体線路系と称する)での取扱法を検討することで、配線間のクロストークに関する設計ガイドラインを定量的に与えることができます。今回のセミナーでは以下の事項がとり上げられました。

(1) 近接する導体間やループ間ではクロストークが発生！
　導体間に時間変化する電界が作用すると妨害電流が流れる
　閉回路(ループ)を時間変化する磁界が鎖交すれば妨害電圧が発生
　多導体線路系の電信方程式はどのように成り立っているか
　電信方程式を解くためにはどのようにすればよいか

(2) ２本導体線路系では、ディファレンシャルモードとコモンモードだけが存在する？！
　ディファレンシャル，コモンモードとはTEMの電磁界モードである！
　奇，偶モードとは何が違う？
　線路が対称形でないと？

(3) ディファレンシャルモード100Ω、コモンモード25Ωの特性インピーダンスは存在し得るのか？
　単独線路系でと、近接した線路系では異なる特性パラメータ！

(4) 独立なモード間で何故モード変換が発生するのか？

異なる独立モードの線路系を接続すると？
電源回路と負荷回路の非対称はどんな影響？

(5) 回路網方程式から、どんな現象が予測できるか？
モードの伝搬速度が異なると

(6) クロストークを評価するには、
配線間隔とクロストークレベルの関係は？
近端クロストーク(結合)が遠端クロストーク(結合)より常に大きいのか？
線路長が波長に比べて十分に長いと？

各項目の解説の後、モード分解法を用いる伝送特性解析や状態変数法による伝送特性解析のためのプログラムなどが紹介されました。なお、テキストには基本事項の理解の助けとして役立つよう、附録として散乱行列と他の行列の関係などについて分かりやい解説が付けられています。

編集後記

(1) 参加された多くの方々からアンケートとして非常にポジティブで有意義なご意見・ご要望をいただきました。順序不同ですが参考までにその内容を掲載します。いただいたご要望にはできるだけお応えするように努力したいと思います。すぐお答えできる点につきましては、いただいたご意見の後に矢印(⇒)を付けて回答させていただきました。

・セミナーの理解を深めるために、もう少し例題を増やして欲しいです。
⇒ご要望に応えられるようにしたいと思います。

・大変ためになる授業になりました。ありがとうございます。

・モード変換の所など、大変わかりやすく説明していただき、とても有意義でした。
非平衡と平衡線路の接続について詳しくお話しいただけると有難いです（何が起きるか、どうするべきか)。
本日は有難うございました。
⇒これも例題を入れてご要望にお応えしたいと思います。

・p. 35 の異なる"υ"の回路の接続で DM↔CM 変換があるというお話がありましたが、そもそも、
2 本の線路が対称でない場合にはそれだけで DMCM 変換が起こっているという理解で合っていますでしょうか。
⇒はい、その通りです。

・パターンやケーブルからノイズが大きく発生する場合に、どのような現象が起こっているのか理論的に理解したいです。上記のような内容を今後扱う予定はありますでしょうか。
⇒今回も伝送論的な取扱法が主でした。今後、実施する考えでいます。

・午前中はゆっくりと数式を追いかけて説明頂いたので理解を深めることができた。昼から特に後半は
正直ついていけなかった。
私の基礎知識によるところも大きいと思いますが、数式を説明しながらの方がありがたかったです。
⇒申し訳ありません。今回は 2 本線路系の話題が主でしたが、1 本線路の場合と比べると格段に難しくなり、さらに後半の部分はさらに難しくなったので、別の回に行う方がよかったかなと反省しています。

・ワイヤレス LAN、RF、20GHz 以上などについてもセミナーをお願いいたします
⇒今後、検討していきたいと思います。

・意識せずに使っていたパラメータの意味を知ることができました。

今後は、信号伝送と EMI の関係や知っておくべき理論をお聞かせいただけますとうれしいです。
特に、差動伝送路でのコモンモードが GND やフレキ(ケーブル)とカップリングする例など 5Gbps クラスの信号で問題になっております。よろしくお願いします。
⇒今回は、2 本線路間のクロストークの話題が主でした。差動伝送路に関する話題はさらに深めた話題展開にしていきたいと考えています。またこれまでのセミナーでは取り扱ってきませんでした EMI に関しても逐次取り扱いたいと考えています。

この他にもご意見・ご要望がございましたら、gigabit@sangaku.uec.ac.jp 宛てご連絡ください。

(2) これからのテーマ予告

新年度においては、前回までのセミナーを再構成して実施する他に、発展系の問題を取り上げていきます。また、ご要望の多い“モデル例を多く取りいれて”に応えたセミナーにしたいと考えています。以下は、セミナーでの話題としての候補例です。

線路系の発展系の話題として、

１．伝送線路における不連続を考える

クロストーク問題に関する発展系として、

１．シングルエンド励振線とディファレンシャルモード励振線間のクロストークを評価する
２．ディファレンシャルモード励振線路間のクロストークを評価する
３．非平行な配線間のクロストークを評価するには

EMI/EMS の話題として

１． 伝送線路と外部電磁界との結合を考えるには
２． 伝送線路からの放射問題を考えるには

具体的な実施段階になり次第、ホームページでご案内いたします。

会員のページへのリンク