

信号減衰を補償する大面積テキスタイル通信の研究

1240078 杉浦 準哉（環境浸透型エレクトロニクス研究室）
（指導教員 野田 聡人 准教授）

1 はじめに

本研究の目的は、静電容量増大によりローパス特性の遮断周波数が低くなる大面積テキスタイル通信の高速化である。本研究では、送信機、受信機、二次元通信伝送路からなる送受信系全体の回路を単純化し、各素子の値をそれぞれ調整することで、二次元通信シートに伝送される波形を、静電容量に関係なく図1のような一定の波形にする回路設計法を提案する。

2 送受信系全体の単純化

本手法では、導電テキスタイル伝送路上に分布した回路モジュールを駆動するための電源として、伝送路に直流電圧を常時印加する。ここに調歩同期式のシリアル通信を共存させるため、シリアル通信のNRZパルス信号はキャパシタを介して伝送路にAC結合する。他方、電源回路はこの交流信号に対する負荷効果を低減するためにACデカップリング用のインダクタを介して伝送路に接続する。受信回路においても同様に電源系と通信系の回路をそれぞれインダクタとキャパシタを介して接続する。また、二次元的に広がる伝送路は比較的大きな静電容量 C を持つ[1]。

伝送路に対して送受信回路を多数接続するが、これらに含まれる上記インダクタを一つの等価な素子 L にまとめて、この系の交流等価回路モデルは図2のように表現できる。ただし、AC結合用キャパシタは信号周波数において充分小さいインピーダンスであるとして短絡とみなしている。この回路において、 R 、 L は二次元通信シートごとの C に対して調整する。

3 大面積化の課題と対策

二次元通信シートは、導電布上に抵抗値を有しており、その抵抗値は異なる2点間の距離の対数に比例する。また、二次元通信シートの静電容量は面積に比例するため、二次元通信シートの面積を大きくすると、上記の2つが増加してしまう。そこで、負性抵抗や負性容量などの能動回路素子を送受信系に追加することにより、二次元通信シートの大面積化に伴う問題点の影響を軽減させ、静電容量によらない一定の伝送波形を得ることを試みる。なお、シート抵抗 $[\Omega/\text{sq}]$ は図2の C の等価直列抵抗として存在する。

4 負性容量を用いた伝送路静電容量の低下

シミュレーション結果から、能動回路素子として負性容量を静電容量 C と並列接続する手法が導電布上の抵抗値及び静電容量 C の影響を最も軽減できることがわかった。そのため、本研究では負性容量を使用する。

具体的には、図3に示すようにオペアンプを用いて、入力電圧 V_{in} に対して端子電流 $-j\omega \frac{R_d}{R_e} C_0 V_{in}$ を生じる（正の容量に対し電流を逆方向に生じる）回路を構成する。これを C に並列に接続し、合成容量を $C - \frac{R_d}{R_e} C_0$ に低下させる。

5 実験概要・結果

図2の回路において図3のように負性容量を C と並列に接続した回路を作成し、シミュレーション及び実験結果を得た。図4が作成した回路のシミュレーション結果及び実験結果を正規化したものである。コイルの抵抗値を考慮しない場合、図1のような波形がシミュレーション結果で確認できた。

6 まとめ

導電テキスタイルの大面積化によって静電容量が増大する問題に対し、単純化した回路モデル上で、負性容量を接続することの有効性を示した。シミュレーション及び実験において波形の収束時間の短縮を確認した。つまり、負性容量の追加

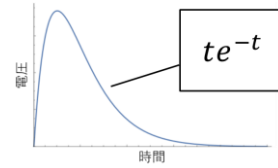


図1 一定の伝送波形。Rxの受信電圧を常に te^{-t} の形にする。

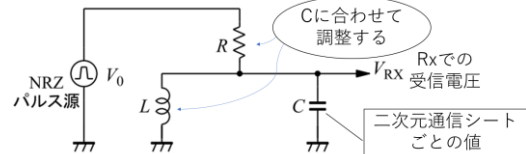


図2 送受信系全体の回路を単純化した等価回路

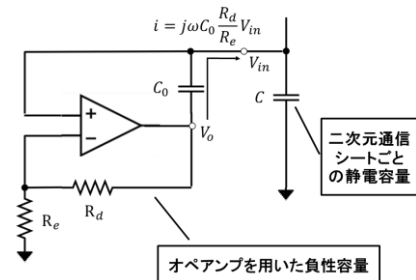


図3 オペアンプを用いた負性容量の実装

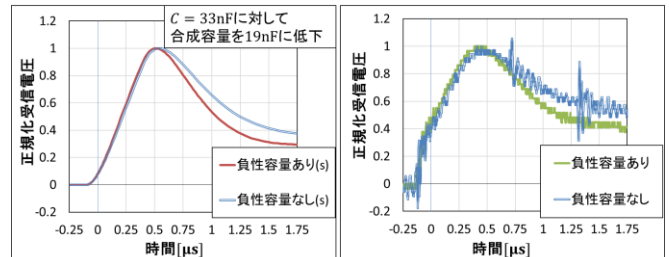


図4 負性容量を用いて $C = 33\text{nF}$ に対して合成容量を約 19nF に低下させた場合のシミュレーション結果及び実験結果を正規化して負性容量の影響を確認（左がシミュレーション結果、右が実験結果）

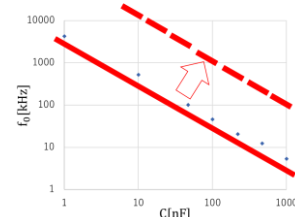


図5 誤りなしの最大伝送速度 f_0 と二次元通信シートの静電容量 C は反比例の関係にある。本研究では、図のように静電容量に対する伝送速度を向上させる手法を提案する。

により、図5のように静電容量に対する伝送速度を向上させることができた。また、コイルの抵抗分による波形変化を確認し、抵抗の小さい素子の使用などによってこれを軽減できる見通しを得た。

以上より、二次元通信シートの大面積化による静電容量の増加の影響を負性容量によって低減し、大面積の二次元通信シートでの高速通信を実現できると考えられる。

参考文献

[1] 野田聡人, “導電性衣服を用いたウェアラブルネットワークの高速化”, 電子情報通信学会技術研究報告 SRW, 第SRW2019-3巻, pp.13-15, 厚木, June 2019.