

回り込み波キャンセラのサンプル値 H^∞ ロバスト設計

SAMPLED-DATA H^∞ ROBUST DESIGN OF COUPLING WAVE CANCELERS

笹原帆平¹

Hampei Sasahara

永原正章¹

Masaaki Nagahara

林和則¹

Kazunori Hayashi

山本裕¹

Yutaka Yamamoto

京都大学情報学研究科¹

Graduate School of Informatics, Kyoto University

1 はじめに

無線通信においては、使用帯域の節約のために基地局と中継局の搬送波周波数を同じものにすることが望ましい。しかし、このとき自己干渉波（回り込み波）が存在するためその対処法がこれまで提案されている [1], [2]。文献 [2] では中継局が高ゲインを持つ場合でも発振することなく回り込み波が抑制されているが、回り込み経路特性が変化したときにシステムの安定性が失われる可能性がある。実際の回り込み経路特性は時変であり、特に位相変動に対してロバストなデジタルフィルタの設計が求められる。そこで本稿では位相変動に対するロバスト性を有する回り込み波キャンセラの設計法を提案する。

2 中継局モデルとフィルタ設計

図 1 に中継局と回り込み波、回り込み波キャンセラのモデルを示す。中継局特性を $G(s)$ 、回り込み経路特性を $e^{-Ls}P(s)$ ($L > 0$) とする。デジタル回り込み波キャンセラを周期 h の理想サンプラ S_h 、デジタルフィルタ $K(z)$ 、0 次ホールド $\mathcal{H}_h$ の 3 つの要素とする。 $W_1(s)$ はフィルタ設計のためのアナログ入力信号特性である。

ここで、回り込み経路の位相変動を乗法的摂動でモデル化し、サンプル値系におけるスモールゲイン定理 [3] を用いるため、摂動の入出力信号をそれぞれ z_2, w_2 とする。また、 $W_2(s)$ は摂動重み関数である。

図 1 のブロック線図を用い、設計指標 γ を与え、 w_1 から z_1 へのシステムの H^∞ ノルムを γ 未満に、また w_2 から z_2 へのシステムの H^∞ ノルムを 1 以下にするデジタルフィルタを求める。この問題は標準的なサンプル値 H^∞ 制御問題の解法を応用して解くことができる [4]。また、数値解法として高速サンプリングの手法 [5] を用いる。

3 数値例

サンプリング周期を $h = 1$ [sec] に正規化する。回り込み経路を $P(s) = 0.25e^{-Ls}$ でモデル化し、 L は $h \leq L \leq 1.1h$ [sec] の間を動くとする。摂動重み関数 $W_2(s) =$

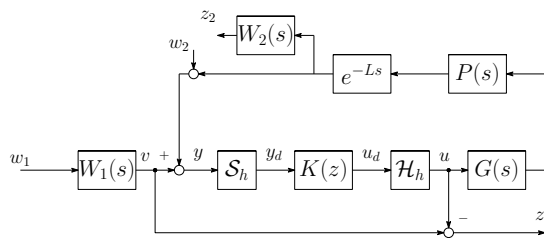


図 1 回り込み波キャンセラ設計のためのブロック線図

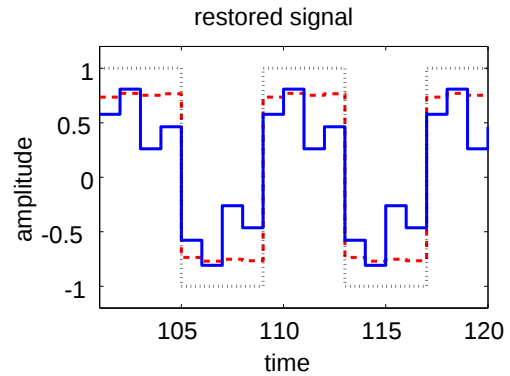


図 2 サンプル制御による復元信号（摂動有，摂動無） u （それぞれ実線，破線）と元信号 w_1 （点線）

$0.3s/(0.15s + 1)$ 、中継局のモデルを、ピークで 40 [dB] の増幅率を持つ一次遅れ系 $G(s) = 100/(s + 1)$ とする。

これらのパラメータのもとで、前節のサンプル値 H^∞ 最適化によりデジタルフィルタを設計する。ここで、アナログ入力信号の特性モデルとして $W_1(s) = 1/(2s + 1)$ を仮定する。高速サンプリングの分割数を $N = 16$ とする。

設計されたデジタルフィルタを用いて、中継局のシミュレーションを行う。中継局への入力信号として矩形波を仮定する。

図 2 に元信号と、摂動が無い場合 ($L = h$) に得られた復元信号と摂動がある場合 ($L = 1.1h$) に得られた復元信号を示す。図より、摂動がある場合にも安定性を失うことなく信号が復元されていることがわかる。

参考文献

- [1] M. Jain, et al., “Practical, real-time, full duplex wireless,” *Proc. MobiCom 2011*, pp. 301–312, 2011.
- [2] 笹原, 永原, 林, 山本, サンプル値 H^∞ 最適化にもとづく回り込み波キャンセラの設計, 信学技法, RCC2014-16, 2014.
- [3] N. Sivashankar and P. P. Khargonekar, “Robust stability and performance analysis of sampled-data systems,” *IEEE Trans. Automat. Contr.*, vol. 38, no. 1, pp. 58–69, 1993.
- [4] T. Chen and B. A. Francis, *Optimal Sampled-Data Control Systems*, Springer, 1995.
- [5] 山本, 永原, サンプル値制御理論とそのデジタル信号処理への応用, システム / 制御 / 情報, Vol. 56, No. 9, pp. 468–473, 2012.