

ロバスト NCS 制御系におけるタイムスタンプを用いた保守性低減化に関する研究

熊本大学 ○右立真輝 平田知行 釘宮元喜 汐月哲夫

A study on the reduction of conservativeness by using time stamp information

Masateru Udate, Tomoyuki Hirata, Motoki Kugimiya, Tetsuo SHIOTSUKI, Kumamoto University

abstract : In this report, about compensation issue of a communication delay is investigated. When you perform bilateral control through a network, a communication delay becomes an important problem. At first I explain NCS(Networked Control System). Secondly I introduce techniques of delay compensation. And I explain the prediction type delay compensation that We implemented. I was able to confirm that the prediction control used time stamp was effective for NCS from an experiment result.

1 はじめに

近年のインターネットなどの急速な発展によりネットワークを介した双方向遠隔操作システムが注目されている。しかし双方向遠隔操作システムは通信遅延にともなう安定性や操作性能の劣化が問題となる。

本研究の目的は、通信遅延のゆらぎや、パケットの到着順序の入れ替わりや損失などのネットワークのふるまいに対する対処法を考えていくことである。そのために、タイムスタンプと時系列データを用いた予測制御を NCS システムに実装する事で保守性低減化を実現する事である。

2 遠隔制御とネットワークの品質

操作者と作業対象が距離を隔てていても物理的な操作が可能なシステムを遠隔操作システムという。遠隔制御系において双方向性とリアルタイム性が実現できればより臨場感の高い遠隔操作が可能になる。

しかし双方向遠隔制御ではネットワークの通信遅延等の振舞いの影響でプラントが不安定になってしまう。

2.1 Networked Control System

通信と制御の関係をブロック図で表したものを Fig.1 に示す。制御対象を P 制御器を C とするとそれらが通信装置を介して接続されており、さらに中継ノードを持つネットワーク化制御系の構図である。このようなネットワークを介した制御系を NCS(Networked Control System) という。

本研究では、遅延やロスを経験を条件として考慮したうえで制御系設計を行っていく。

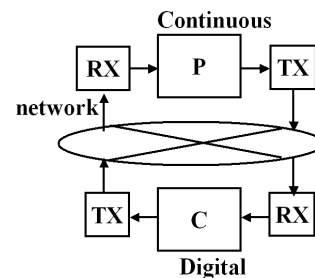


Fig.1: Networked Control System

2.2 H_∞ 制御

当研究室では、ネットワークの問題に対してある程度伝達遅延の大きさがわかっているものとして伝達遅延を重みとして取り扱う H_∞ 制御手法を用いることにより安定化を実現した。この手法は伝達遅延の振る舞いを、Fig.2 の様にロバスト制御における乗法的不確かさとして取り扱う。

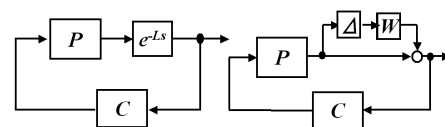


Fig.2: 乗法的な不確かさとしての伝達遅延

現実のネットワークにおいて通信遅延は固定遅延と揺らぎの合成であり、下限である固定遅延を不確定量として取り扱うことは制御系を保守的にしてしまう傾向がある。その結果、制御性能を十分に引き出せなくなってしまう。しかし予測制御を利用することによって保守性を低減化が期待できる。よってその予測制御について次から述べていく。

3 予測制御

3.1 タイムスタンプを用いた予測制御

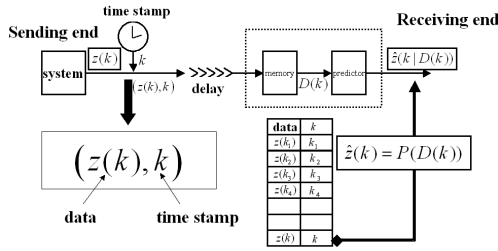


Fig.3: elicitation of predicted value $\hat{z}(k)$

Fig3 の様に、時刻 $k \in K$ における送信側の各種センサと制御器の状態量の情報が送られたとする。タイムスタンプを用いる事で下記の様な、送信側の時刻 k における端末情報 $z(k)$ を推定する遅延補償器を導出する事が出来る。

$$\hat{z}(k) = P(D(k)) \quad (1)$$

3.2 実験概要・結果

今回の提案手法と従来法（補償を施す前の H_∞ 制御）について比較実験を行った。送信側をマスタ、受信側をスレーブとしてスレーブ側のコントローラに予測制御を組み込むことによりマスタ側を操作入力に対してスレーブが追従するように実験装置を構成した。

実験結果より、タイムスタンプを用いる事によって保守化低減を実現しつつ、双方向で追従性を保った制御ができていたことを確認した。資料の面積上、具体的な実験結果は発表の際に説明する。

4 PNCN 型の NCS

プラントとコントローラの間にネットワークが存在する制御系が実現できればひとつのコントローラで遠隔地にある複数のプラントを同時に制御することが可能になると考えられる。

プラントとコントローラの間にネットワークが存在する構成を PNCN 型と呼ぶことにする。

PNCN 型ではコントローラで送信情報が届くであろう時間のプラントの状態を予測しても、ネットワークの通信遅延やゆらぎの影響によりコントローラから送られた制御入力情報がプラントにいつ届くのかかわからないという問題が発生してしまう。

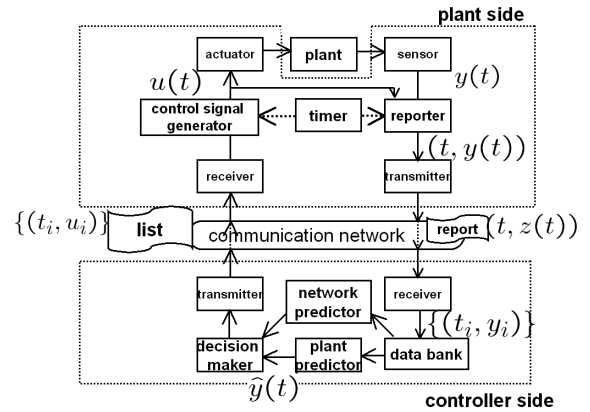


Fig.4: ネットワークとプラントの予測型制御

4.1 PNCN 型への対処

Fig.4 のような構成により従来の H_∞ 制御と比べ通信遅延に対応した制御が可能になる。それにより保守性低減化が期待できる。

この構成におけるポイントは下記の 4 つである。

- single timer
- network predictor
- plant predictor
- list of candidates for input

今回はプラント側にのみタイマーを設置し、2つの予測器を用いる事によってネットワーク状況に応じた制御を行う。2つの予測器を用いた結果に応じて制御入力を決する。コントローラから複数の制御入力情報をプラントへ送信する事で、プラント側ではそのリスト情報の中から現在のタイムスタンプ情報に当てはまる制御入力を実行する。

5 おわりに

今回、時系列データに付随する時刻情報を活用することで制御対象の初期状態を推定し、その初期状態から現在時刻の出力を予測する方法をマスタ・スレーブシステムに実装した。今後は2つの予測器・リスト化のシステムを PNCN 型へ実装・評価を行い複数組み合わせることによる影響を調べる必要がある。

参考文献

- [1] 汐月哲夫: 双方向遠隔制御におけるむだ時間問題, 計測と制御 9 vol.45, September, pp827-pp833(2006)
- [2] 釘宮元喜: 力覚情報通信のための伝達遅延補償制御に関する研究