

平成 29 (2017) 年度修士論文発表内容要旨

電子情報システム専攻

氏名	澤田 駿	研究室名	片山研究室
題目	電力線通信を用いた複数機器遠隔制御システムの通信品質変動を考慮した設計による高信頼化		

1 背景と目的

電力線通信 (PLC) を用いた時分割多元接続 (TDMA) による複数機器フィードバック制御を考える。このようなシステムでは、電力線通信路の非定常性 (周期定常性) による通信品質の変動によって制御品質が劣化してしまう。本研究では、通信品質の変動が制御品質に与える影響を評価すると共に、各機器の将来の状態を予測し、それに対応する制御情報を予め送信する予測制御を適用することにより通信品質変動の影響抑制を図る。

2 システムモデル

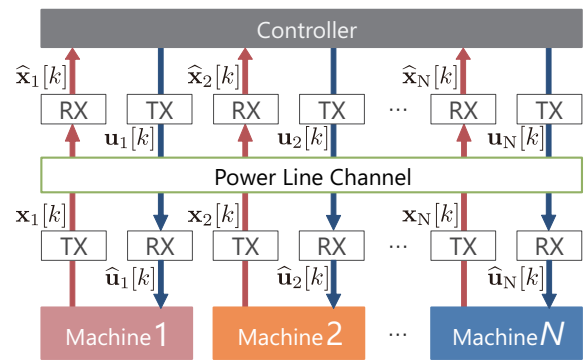
システムの概略を図 1 に示す。このシステムでは、電力線を介して状態情報と制御情報の伝送を行うことで、1 台の制御器が N 台の機器を制御周期 T_c 秒でフィードバック制御する。多元接続方式には TDMA を用い、 T_c 秒のフレームに対し $2N$ 個のスロットを設定する。 k 回目 ($k = 0, 1, 2, \dots$) の制御周期における n 台目 ($n = 1, 2, \dots, N$) の機器の状態情報 $x_n[k]$ とそれに対応する制御情報 $u_n[k]$ はそれぞれ $(2n-1)$, $2n$ 番目のスロットを用いて伝送される。

PLC では信号減衰量で規格化した雑音レベルが電源電圧の絶対値に同期して変動する。この周期を T_{noise} ($1/T_{noise}$ は電源周波数の 2 倍で 100Hz または 120Hz) とする。要求される制御周期と電力線雑音の周期がともに 10ms 程度と近いことから、本システムでは通信品質の周期的な変動の影響が無視できない。特にフレーム幅を雑音周期よりわずかに長い設定とするとスロット品質の変動の過程で雑音レベルの大きいスロットが同じ機器に連続して割り当てられてしまう場合があり、これが原因で制御品質が劣化することが懸念される。本研究では予測制御の適用によりこの課題の解決を図る。

3 予測制御

予測制御では、制御器は各制御周期において M 周期先までの制御情報をまとめて送信する。各機器側では、制御情報の受信に成功した場合はその値を、受信に失敗した場合はそれまでに正しく受信できた予測制御情報の中で最も新しいものを用いる。 M 個の制御情報を同時に送信するために制御情報 1 つあたりの量子化ビット数を削減し、1 スロットで送信する情報量は M の値に関わらず一定とする。

制御品質の評価には回転型倒立振子を用いる。制御品質はシステムの安定性と追従性により評価する。安定性は全試行 (10^3 回) のうち振子が転倒した試行の数により評価する。追従性はアーム角度の位置誤差の二乗平均値の平方根 (RMSE: Root Means Square Error) により評価する。



TX : Transmitter RX : Receiver
図 1: PLC を用いた複数機器制御システム

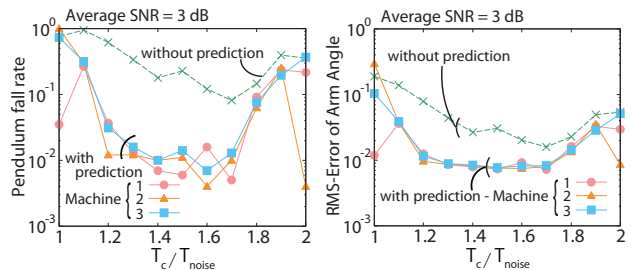


図 2: 安定性評価結果 図 3: 追従性評価結果

予測制御情報を 1 つ送信する ($M = 1$) 場合の 3 台の振子の転倒率、アーム位置の RMSE の結果を図 2, 3 に示す。比較対象として従来の予測制御なし ($M = 0$) の場合の 3 台の平均値を破線で示している。平均 SNR は 3 [dB] である。図の横軸は制御周期 T_c を雑音周期 T_{noise} で規格化したものである。これらの図から、 $1 < T_c/T_{noise} < 2$ の範囲で安定性・追従性のばらつきが抑えられ、予測制御を適用することで制御品質が大きく改善していることが分かる。これは予測制御を用いることで雑音レベルの高いスロットでの通信の失敗の影響を抑制できたためと考えられる。

4 まとめ

本研究では、電力線通信を用いた複数機器遠隔制御システムに対して、通信品質の変動が制御品質に与える影響を評価した。予測制御を適用することで通信品質変動の影響を抑制し、制御品質を大きく改善できることを示した。

発表業績

- 電子情報通信学会英文論文誌 (投稿中)
 - 国際会議 IEEE ISPLC 2017 (2017-04)
 - 電子情報通信学会 RCC 研究会 (2017-12)
- その他, 国際会議 1 件, 国内学会 3 件