

短 報

無線 LAN を介した小形 DC モータ 速度制御システムの応答に関する検討

松尾健史**, 三浦武**, 田島克文***

A Study on Response of Speed Control System of a Small DC Motor through Wireless LAN

Kenshi MATSUO**, Takeshi MIURA** and Katsubumi TAJIMA***

Abstract

In this paper, when the speed control of a DC motor through wireless IP networks is done, the influences on the system affected by varying time delays over the networks are examined. Because wireless networks have more varying delays than wired ones, we study the performance degradation. As a result of the experiment, it is found that the obtained step responses are different slightly.

1. はじめに

近年, インターネットを利用して制御する技術が注目されている⁽¹⁾。

インターネット, すなわち, IP ネットワークを介した制御システムを制御するとき, ネットワーク上で生じる通信遅延時間と, その揺らぎ, すなわち変動する遅延時間により, そのシステムの制御性能が劣化させる問題がある⁽¹⁾。

一方, 近年急速に普及してきている無線 LAN の環境においては, ごく簡単なネットワーク構成であっても, 電波状況により, 通信遅延の揺らぎは有線より大きく変動しやすいため, どの程度制御システムの応答に影響を与えるか調べることは重要である。

本研究では, 1 台の無線 LAN ルータを介して制御器と制御対象である小形 DC モータが無線 LAN で接続された簡単な速度制御システムを想定し, 実際の無線 LAN で起こる通信遅延分布の下で, 応答にどのような影響があるか, LAN の距離や電波状況により遅延分布が変化する場合でそれぞれ調べる。

2013 年 7 月 26 日受理

**秋田大学大学院工学資源学研究科電気電子工学専攻,
Department of Electrical and Electronic Engineering,
Graduate School of Engineering and Resource Science,
Akita University

***秋田大学大学院工学資源学研究科共同ライフサイクルデザイン工学専攻, Cooperative Major in Life Cycle Design Engineering, Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University

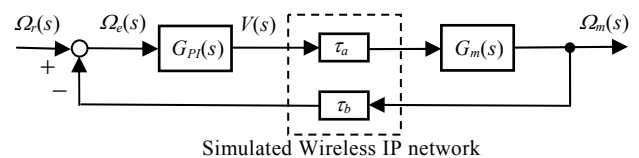
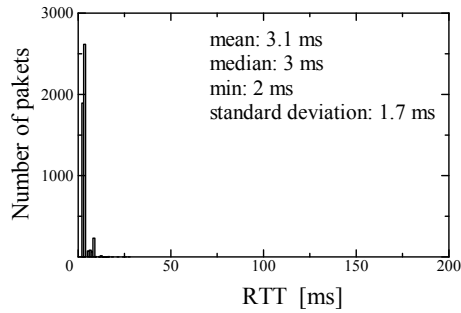


Fig.1 A sketch diagram of a speed control system of a small DC motor through IP networks.

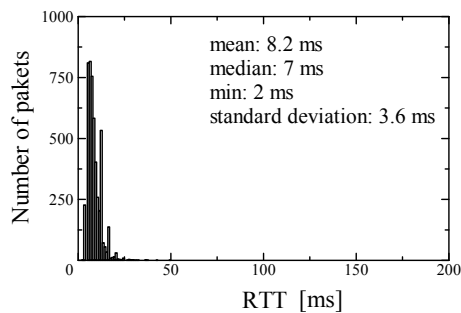
2. 制御システム

図 1 に無線 IP ネットワークを介した小形 DC モータ速度制御システムの構成図を示す。 $\Omega_r(s)$, $\Omega_m(s)$, $\Omega_e(s)$ は, それぞれ目標回転速度, モータの回転速度, 偏差 $\Omega_e(s) = \Omega_r(s) - \Omega_m(s)$ [min^{-1}] を表す。 $V(s)$ はモータへの印加電圧[V]であり, $G_{pl}(s)$ は PI 制御器 $G_{pl}(s) = K_p + K_i/s$ である。ここで, K_p, K_i は比例ゲイン, 積分ゲインを表す。 $G_m(s)$ は慣性負荷付の小形 DC モータである。サンプリング時間は 1ms とする。また, τ_a, τ_b は IP ネットワークの片道遅延時間[ms]とする。このため, 往復遅延時間 RTT(Round Trip Time)は $\tau_{RTT} = \tau_a + \tau_b$ と表せる。また, 本システムでは, ネットワーク状況により, あるサンプリング時間内に制御信号が届かない場合, 前のサンプリング時間で得られた制御信号を利用することにする (制御則 A とおく)。

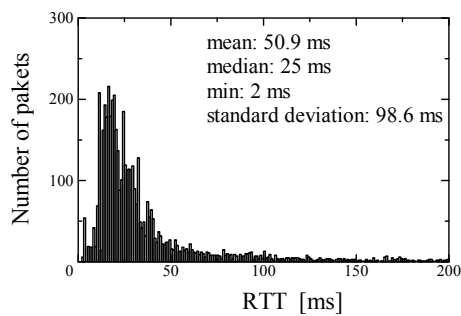
本システムでは, $G_{pl}(s), G_m(s)$, IP ネットワーク部ともに 1 台の PC で処理されており, ネットワーク部は PC 上で実際の通信遅延をシミュレートした仮想のネットワークの下で実験を行う。このとき, 無線 LAN の環境下の遅延分布は次章で述べる。



(a) In the case placed on same room.



(b) In the case placed on next room.



(c) In the same case as (b), the wireless network interfered by an electric oven.

Fig.2 RTT distributions obtained by ping using ICMP.

3. 無線 LAN を介した場合の通信遅延時間

本実験では、2 台の PC を無線 LAN を介して接続し、RTT を計測し通信遅延分布について調べる。ここで使用する規格は IEEE801.11n で最大転送速度は 300Mbps、周波数帯域は 2.4GHz、変調方式は OFDM である。2 台の PC を同じ部屋に設置し、環境による違いを観察するため、無線 LAN ルータを以下の (a)–(c) に示す環境にした。

- (a) PC と同じ部屋に設置 (距離約 3 m)
- (b) PC の隣の部屋に設置 (距離約 15 m)
- (c) (b) と同じで、かつ、近くで電子レンジ (動作周波数 2.45GHz、出力 500W) を稼働

(c) は無線 LAN の電波に干渉させるために行う。

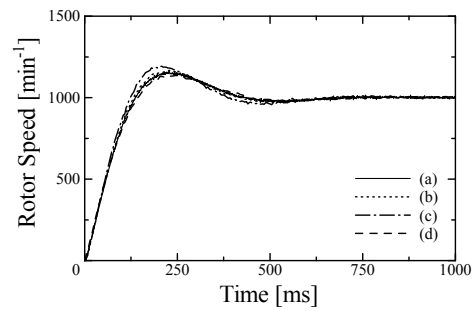


Fig.3 Step responses obtained under each RTT distribution in the case of (a)–(d).

ICMP を用いた ping により、PC 間の RTT を 5000 パケット分計測する。これらの結果を図 2 (a)–(c) に示す。明らかに分布が大きく変化することが分かる。

4. モータの速度制御実験

本実験では図 1 で $\tau_a = \tau_b = \tau_{RTT} / 2$ と仮定し実験する。PI 制御器を $K_p = 0.010, K_I = 0.150$ とし、(a)–(c) のそれぞれの RTT 分布下で速度制御実験をして、ステップ応答を取得する。また比較のため、(d) 通信遅延時間がない ($\tau_a = \tau_b = 0$) 場合でも実験する。

図 3 に結果を示す。RTT 分布の揺らぎが大きくなると、応答の行き過ぎ量が大きくなる傾向が見られた。これは τ_{RTT} が大きいと制御器が古い $\Omega_m(s)$ 値を使用するため、遅延が小さい場合に比べ、偏差が大きくなり結果 $V(s)$ 値が大きくなるためである。しかし、(c) の揺らぎが大きい場合でも、大きな性能の劣化は見られなかった。これは、制御則 A により大きな τ_{RTT} が生じて制御信号が遅れても、事前に届いた小さい τ_{RTT} 時の制御信号を用いて制御され、また (a)(b) と最小値に違いはなく、その付近に多く分布しているため、小さい τ_{RTT} 信号により抑えられたと考えられる。

5. おわりに

簡単な無線 LAN 構成でも、RTT 分布は環境により大きく揺らぐ場合もあるが、制御性能に関して、この規模の構成では、大きな性能劣化が見られなく制御可能であった。今後はより複雑な構成の場合、制御性能にどのように影響を与えるか調べたい。

参考文献

- (1) Tipsuwan, Y., Chow, M.-Y. (2004): "Gain Scheduler Middleware: A Methodology to Enable Existing Controllers for Networked Control and Teleoperation-Part I: Networked Control", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 51, No. 6, pp. 1218-1227.