

# 無線 LAN 規格 (IEEE802.11) を用いた産業ロボット用高速無線同期通信システム High-Speed Wireless Synchronous Communication System for Robot Control Applications using IEEE802.11

○原口 裕哉† Yuya HARAGUCHI      篠崎 翔明† Yasuhiro SHINOZAKI      長曾我部 勇貴† Yuki CHOSOKABE      森田 賢史† Satoshi MORITA

山口 景士† Keishi YAMAGUCHI      長尾 勇平† Yuhei NAGAO      黒崎 正行† Masayuki KUROSAKI      尾知 博† Hiroshi OCHI

†九州工業大学大学院情報工学府

Graduate School of Information Engineering, Kyushu Institute of Technology

〒820-8502・福岡県飯塚市川津 680 番 4・電話番号 0948-29-7692

E-mail: {haraguchi, shinozaki, chosokabe, morita, ksyamaguchi, nagao, kurosaki, ochi}@dsp.cse.kyutech.ac.jp

## 1. はじめに

近年, 工場の生産工程自動化 (Factory automation) においてロボット制御用の産業用イーサネットの無線化の需要が高まっている. 産業用イーサネットは高速・高精度・高信頼な同期通信を可能とする一方, 規格は企業独自のものが多く, またケーブル長によるシステム設置制限などの問題がある. 筆者らは無線 LAN 規格 IEEE802.11 [1] をベースに産業用イーサネットを無線化することを検討している. 本稿では, 1 端末当たり 100[μs] の同期通信周期を満たす, IEEE802.11 をベースとしたロボット制御用無線 LAN システムを提案する. なお本稿では AP とコントローラ, 端末(STA)とロボットは同義である.



図 1: 産業用イーサネットの無線化

## 2. 提案システム

提案システムの仕様を表 1 に示す. 従来の産業用無線システムの 1 つに, 図 2 に示すポーリング制御 (PCF: Point Coordination Function)を用いたシステム [2] があるが, アクセスポイント (AP) がポーリングリストに従い 1 対 1 かつ TDMA (Time Division Multiple Access) で全端末と通信するため, 同期通信周期が 1 端末当たり 1[ms] と長い. そこで図 3 のように, 下りリンク (DL) では AP が複数の異なる端末宛てのデータを 1 つのパケットに結合してマルチキャストで送信する (PDMA: Packet Division Multiple Access). 上りリンク (UL) では FDMA (Frequency Division Multiple Access) を用いる. 提案システムのプロトコルを図 4 に示す. これにより複数端末と同時通信が可能となり, 同期通信周期が 1 端末当たり 100 [μs] を達成できる.

表 1: 提案システム

アンテナ数	AP: 4本, 端末: 1本	
周波数帯域	5GHz帯	
帯域幅	DL: 80 [MHz]	
	UL: 20+20+20+20 [MHz]	
伝送方式	DL: PDMA, UL: FDMA	
パケットフォーマット	DL: Mixed UL: Legacy	
データ長	32 [Byte per user]	
変調方式	QPSK	符号化率 1/2

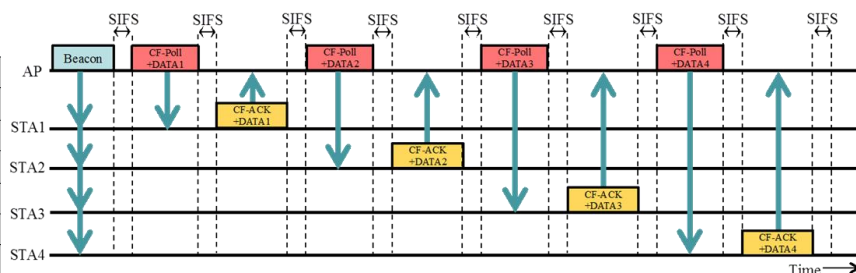


図 2: 従来手法 (ポーリング制御: PCF)

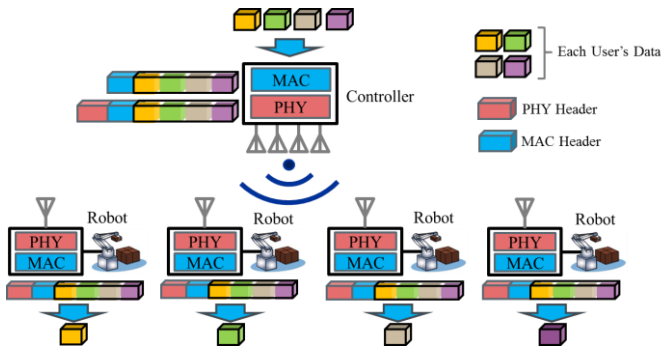


図 3 : DL 通信方式 (PDMA)

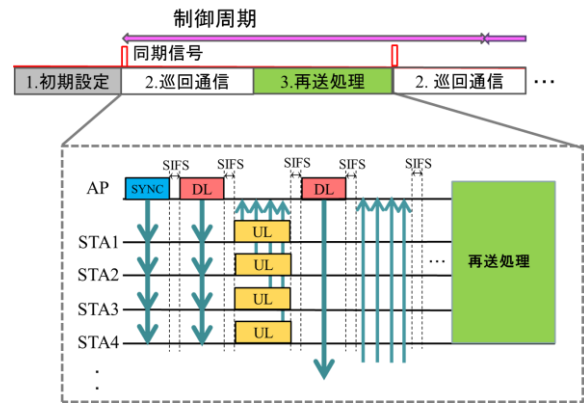


図 4 : 提案システムのプロトコル

### 3. 性能評価

ロボット制御用通信システムにおいて、システム停止による生産効率低下を抑制するために、パケットの再送処理が重要となる。そのため再送処理を考慮したシステム評価を行った。評価として、従来の PCF を用いたシステムと提案システムの同期通信周期比較及び提案システムの 1 端末あたりの同期通信時間を示す。なお本稿では、システム停止周期が 1 年以上であれば生産効率低下を抑制できるものとする。評価式を(1)に示す。ここで、 $T_s$ はシステム停止周期  $P$  は DL 及び UL で起こりうる通信エラーによるシステム停止確率、 $N_R$  は再送回数を示す。 $P$  は  $N_R$  の増加に反比例し小さくなる。従って式 (1) を満たす  $N_R$  を算出する。

$$T_s = (1/P(N_R)) \times \text{同期通信周期} \geq 1\text{年} \quad (1)$$

次に評価式 (2)より 1 端末あたりの同期通信時間  $T_c$  を求める。

$$T_c = \frac{\text{1度のDL, UL期間} \times (1 + N_R)}{\text{システム端末数}} \quad (2)$$

表 2 より、提案システムは従来システムに比べ高速同期通信周期を実現することができ、図 5 よりシステム端末数が 12 または 14 以上であれば 1 端末あたり 100[ $\mu$ s]の同期通信時間を達成できる。

表 2 : 従来システムと提案システムの性能比較

端末数 [台]	従来システム [ $\mu$ s]	提案システム [ $\mu$ s]
8	1688	1032
9	1824	1188
10	1960	1192
11	2096	1196
12	2368	1200
13	2504	1356
14	2640	1360
15	2776	1364
16	2912	1368
17	3048	1524
18	3184	1528
19	3320	1532
20	3456	1536

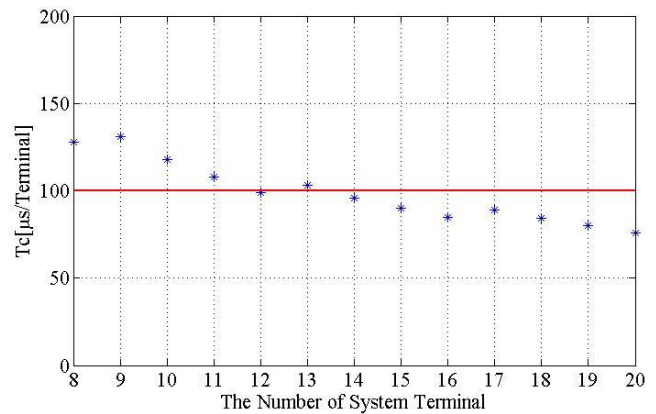


図 5 : 1 端末あたりの同期通信時間

### 4. まとめ

IEEE802.11 をベースとした産業ロボット用無線 LAN システムを提案し、従来の PCF を用いたシステムに比べ高速同期通信周期を実現することを示した。また、システム端末数が 12 または 14 以上であれば、システム停止周期が 1 年以上を満たし、かつ 1 端末あたり 100[ $\mu$ s] の同期通信周期を達成できることを示した。今後は、実際のシステム開発及びテスト検証を行う予定である。

謝辞 本研究は研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] IEEE Computer Society, IEEE Std 802.11<sup>TM</sup>-2012, March 2012.
- [2] “PROFINET 無線通信による自動制御,” 日本プロフィバス協会, [http://www.profinet.jp/tech/document/pbday2010/B-5\\_Siemens.pdf](http://www.profinet.jp/tech/document/pbday2010/B-5_Siemens.pdf), 参照 April. 23, 2014