

Title	無線ネットワーク化制御システムのためのパケット転送技術に関する研究
Author(s)	仲島, 圭将
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/76559">https://hdl.handle.net/11094/76559</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 仲島 圭将 )	
論文題名	無線ネットワーク化制御システムのためのパケット転送技術に関する研究
論文内容の要旨	
<p>第1章では、序論として、本論文の研究背景および研究目的について述べた。そして、関連する研究分野の現状を述べ、本論文の位置付けを明らかにした。</p> <p>第2章では、本論文で想定する無線ネットワーク化制御システムについて述べた。制御システムとしては、連続時間で動作する制御対象を離散時間の制御器で操作するサンプル値制御システムを想定し、そのモデル化を行った。また、シミュレーション実験で用いる具体例として2タンクシステムを紹介し、そのモデル化について述べた。次に、バーストロスおよび伝送遅延が無線ネットワーク化制御システムに与える影響について述べ、無線化する際の問題点を明らかにした。そして、その問題を解決するために第3～5章において着目する主要技術について述べた。まず、第3、4章において着目するメディアアクセス制御プロトコルについて、ランダムアクセス型と固定割当型に分けてそれぞれ述べ、それらを利用して無線ネットワーク化制御システムを設計する際の利点と問題点をまとめた。次に、Wi-Fi 環境下を想定した第4、5章において利用する、バーストロスと伝送遅延の影響を低減させるための技術である拡張パケット化予測制御手法について述べ、拡張パケット化予測制御手法を無線ネットワーク化制御システムに適用する際に生じる制御性能とトラフィック量のトレードオフについて明らかにした。</p> <p>第3章では、2経路切り替え手法を用いたマルチホップ TDMA 型無線ネットワーク化制御システムにおけるパケット転送技術およびシステム設計技術を提案した。まず、パケット転送技術として、2経路切り替えおよび制御システムによる制約を考慮したリンクスケジューリングの再定式化を行った。そして、リンクスケジューリングによって決定される伝送遅延の情報を利用した制御システムのクロスレイヤ設計を行った。これらにより、バーストロスと伝送遅延の両方の影響を低減できることをシミュレーション実験によって確認した。</p> <p>第4章では、ランダムアクセス型無線ネットワーク化制御システムにおいてバーストロスおよび伝送遅延の両方を効率的に補償するためのパケット転送技術を提案した。まず、拡張パケット化予測制御手法を無線ネットワーク化制御システムに適用する際に生じる誤認識問題とその解決策について述べた。そして、拡張パケット化予測制御における制御性能とトラフィック量のトレードオフを考慮し、効率的なパケット転送を実現するため、遅延推定に基づく制御信号選択手法を提案した。統計情報である平均往復遅延と分散に基づいて制御信号を選択することで、伝送遅延の統計的性質が異なるような環境に対しても、効率的にバーストロスと伝送遅延の両方に対するロバスト性を向上できることをシミュレーション実験によって確認した。</p> <p>第5章では、制御器と制御対象の時刻同期が取れないような環境下において、バーストロスおよび伝送遅延の影響を低減させるためのパケット転送技術を提案した。制御対象状態に基づいて制御信号を入力する手法と拡張パケット化予測制御手法を組み合わせることを検討し、拡張パケット化予測制御における制御性能とトラフィック量のトレードオフを考慮したパケット転送技術として、状態クラスタリングを用いた制御信号選択手法を提案した。シミュレーション実験によって、提案手法の性能がクラスタ数に依存すること、そして、適切にクラスタ数を決定すれば、効率的にバーストロスおよび伝送遅延の両方に対するロバスト性を向上できることを確認した。</p> <p>最後に、第6章において、本論文の結論を述べた。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 仲島 圭将 )	
論文審査担当者	(職) 氏 名
	主 査 (教授) 滝根 哲哉
	副 査 (教授) 三瓶 政一
	副 査 (講師) 木村 達明
	副 査 (教授) 松田 崇弘 (首都大学東京)
	副 査 (教授) 丸田 章博
	副 査 (教授) 馬場口 登
	副 査 (教授) 宮地 充子
	副 査 (教授) 井上 恭
	副 査 (教授) 鷺尾 隆
副 査 (教授) 駒谷 和範	
<b>論文審査の結果の要旨</b>	
<p>情報通信ネットワーク技術の発展に伴い、従来の「ヒト対ヒト」あるいは「ヒト対モノ」の通信から、IoT に代表される「モノ対モノ」の通信へと重心が移りつつある。「モノ対モノ」の通信、特に「機器対機器」(Machine-to-Machine: M2M) では、従来と比較して、遥かに高い通信品質が要求される。このような背景の下、本論文は、M2M 通信の代表例の一つである、無線ネットワーク化制御システムに関する研究をまとめたものであり、その成果の概要は以下の通りである。</p> <p>まず、制御器と制御対象が同期している状況下におけるメディアアクセス制御に着目し、バーストロスおよび伝送遅延に対してロバストなパケット転送技術として、以下の提案を行っている。</p> <p>(1) マルチホップ TDMA 型無線ネットワーク化制御システムにおいて、バーストロスおよび伝送遅延の両方の影響を低減するためのシステム設計技術およびパケット転送技術について提案している。具体的には以下のとおりである。まず、バーストロスを回避するための2経路切り替え手法を提案している。ここでは、リンクの切替に伴う再スケジューリングが不要となるように、制御システムによる制約を考慮したリンクスケジューリングの再定式化が行われている。さらに、リンクスケジューリングによって決定される伝送遅延の情報を利用した制御システムのクロスレイヤ設計を行っている。最後に、これらの提案によって、バーストロスおよび伝送遅延の影響を低減できることがシミュレーション実験により示されている。</p> <p>(2) ランダムアクセス型無線ネットワーク化制御システムにおいて、バーストロスおよび伝送遅延に対するロバスト性を向上させるためのパケット化予測制御を用いたパケット転送技術を提案している。具体的には以下のとおりである。パケット化予測制御では、制御性能とトラヒック量にトレードオフがあるため、このトレードオフを考慮した制御信号選択手法を考察し、遅延推定に基づいた制御信号選択手法を提案している。この制御信号選択手法を用いることで、バーストロス長や伝送遅延の統計的性質が異なる様々な環境においても、バーストロスならびに伝送遅延に対するロバスト性が確保できることがシミュレーション実験により示されている。</p> <p>さらに、制御器と制御対象が非同期で動作している状況下において効率的にバーストロスおよび伝送遅延に対するロバスト性を向上させるためのパケット転送技術に関して、以下の提案を行っている。</p> <p>(3) 制御対象状態に基づいた制御信号入力手法とパケット化予測制御手法を組み合わせる場合、パケット化予測制御における制御性能とトラヒック量のトレードオフが問題となる。そこで、制御器と制御対象が非同期で動作していることを考慮して、状態クラスタリングを用いた制御信号選択手法を提案している。この提案</p>	

方式を用いれば、制御対象のモデル化精度が劣化した環境下においても、効率的にバーストロスおよび伝送遅延に対するロバスト性が向上することをシミュレーション実験により示している。

以上のように、本論文は無線ネットワーク化制御システムにおいてバーストロスならびにランダム遅延の影響を隠蔽するパケット転送技術の開発に成功している。今後、無線ネットワーク化制御システムの重要性はますます高まることが予想され、本研究で得られた知見はさらに効率的なパケット転送技術を開発する際にも非常に有益である。よって、本論文を博士論文として価値あるものと認める。