

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

平成 26 年 12 月 11 日

## 学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 平成 24 年度入学 学籍番号 12834303	電子情報工学 氏名 堤 智昭	専攻 印
主指導教員 氏 名	中條 拓伯		
論文題目	高精度時刻同期技術を適用した分散システムに関する研究		
論文要旨（2000 字程度） 本論文では、IP ネットワーク上で分散管理される、クラウドコンピューティングサービスや <b>Cyber Physical System</b> のような性能・特性の異なるノードを組み合わせた分散システムを対象とし、その分散制御システムに高精度な時刻同期技術を導入することで、システムの高信頼化と高性能化を実現するための技術について論じる。 第 1 章「序論」では、本研究の背景、目的、研究のアプローチについて述べる。本研究では、 <b>IEEE1588PTPv2</b> を始めとする、高精度な時刻同期技術の登場を背景に、分散システムに高精度時刻同期技術を適用することにより、分散システムで実行されるタスクの処理時間を考慮した、分散ノードの計算処理タイミング制御の実現を目標とする。 一般的な計算機と <b>IEEE1588PTPv2</b> の組み合わせにおける性能とその傾向評価、および処理時間の変動を考慮した分散制御方式の実現を課題とし、(1) 時刻情報を用いた分散処理制御実現のため基礎評価実験、(2) 処理時間の変動を考慮した分散制御方式の基礎原理の提案、(3)提案方式の詳細検討、の 3 段階で研究を進める。研究のアプローチとしては、まず分散システムを構成するノードの処理特性に着目し、性能検証用プロトタイプシステムによる評価実験を通じて、基礎データの収集・検証を行う。その結果を元に、分散システムにおいて実行されるタスクを目標時間以内に完了するよう制御するため、目標時間を実際の処理状況に応じて、動的にスケジューリングするアプローチによる目標を実現する。 第 2 章「分野動向」では、分散システムにおける時刻同期技術の概要と分野動向について、GPS 衛星を仲介した時刻比較手段や、IP ネットワーク上での時刻同期プロトコルである <b>Network Time Protocol</b> （以下、 <b>NTP</b> ）、 <b>IEEE1588PTPv2</b> を中心に述べる。また、時刻同期技術を応用した、ネットワークシステムの技術動向と、一拠点集中型の分散システムである <b>StarBED</b> についても述べる。			

第3章「時刻情報を用いた分散制御システムにおける処理負荷の影響」では、汎用PCを用いる導入コストやノードの性能・特性の違いを意識した構成で、時刻に基づいた新しい分散制御方式が、どの程度の分散処理性能を実現可能か、実現に必要なとされる条件は何かを検証する。マイクロ秒単位の分散処理制御が可能であること、分散ノードのOSや設定の違いによる時間的な処理特性の差異を明らかにし、タイムアウェア型分散処理システム開発時における要点を明らかにする。

第4章「タイムアウェア型分散処理制御方式」では、同期された時刻に基づいて分散ノードでタスクを実行し、実際の処理状況に応じてタスクの進行を制御する分散処理制御方式の基礎原理を提案する。実際に変動するネットワーク環境では処理の進行中に遅延が発生し、その遅延によって動作シナリオとのずれが生じる。本方式では、ノードの性能を含む特性により生じる処理遅延や、ノード間の通信時に発生する通信遅延を考慮し、ノード間で共有する動作シナリオと実際の実行状況との差異を計測する。その結果をもとに、実行中のタスクとともに、後続のタスクについても、実行状況を反映した動作シナリオになるよう動的にシナリオを調整することで、複数ノードに分散したタスクの実行を、あらかじめ設定された時間以内に完了させることを可能とする分散制御方式を提案しタイムアウェア型分散処理制御方式と名付ける。提案方式の有効性を検証するための実験環境を構築し評価を行い、決められたスケジューリングからマイクロ秒単位の誤差で、処理タイミングを制御でき、提案方式が有効に機能することを確認する。

第5章「複数タスク実行に対応したタイムアウェア型分散処理制御方式」では、4章で提案したタイムアウェア型分散処理制御方式の原理を元に、同一のデバイスを複数のタスクで共有するような分散環境に適用することを目指して、複数のタスク実行に対応した動作シナリオ調整方式の提案を行う。拡張機能を実現するための改良方式を提案実装し、プロトタイプシステムによる評価により、数十マイクロ秒単位の誤差で分散ノードの制御が実現できていることを確認する。

第6章「結論」では、本研究の成果をまとめた。研究の成果として、(1)時刻情報を用いた分散制御システムにおける処理負荷の影響検証、(2)タイムアウェア型分散処理制御方式の提案、(3)タイムアウェア型分散処理制御方式の拡張と詳細の検証の3点からまとめる。今後の研究課題として、(1)効率的な初期動作シナリオ生成手法の開発、(2)分散ノードのタスク割り当て方式の検討、(3)タイムアウェア型分散処理制御方式のスケラビリティに関する評価と機能拡張、の3点があげられる。