

審査の結果の要旨

氏 名 落 合 秀 也

本論文は、「Sensor Data Management and Transportation over Unreliable Networks (センサシステム構成法と非信頼性ネットワークにおけるデータ配送法)」と題して、広く考えられているセンサシステムの実現方法を改善し、その普及を促進させることを目的とし、センサシステムの体系的な構築手法の提案および実証評価と、無線メッシュネットワーク上での信頼性のあるセンサデータ配送アーキテクチャの提案および実証評価とを行ったものであり、全体で4部、計7章から成る。

「Green by ICTによる消費エネルギー削減へのシナリオにおいては、インターネット技術に代表されるオープンなICT技術を用いた設備管理システムやビル・オートメーション技術などによるスマートビルは、有力な技術と位置付けられているが、その実現方法にはさまざまな課題があるために、広く普及しがたい状態になっている」とされている。本論文では、その具体的な原因として、設備管理システムの設計や実装方法に関する問題点や、建物内にネットワークを導入する際に有線を配線している現状を取り上げ、これらの改善を図っている。無線メッシュネットワークの非信頼性に注目し、これが有線による配線技術を用いたシステム構築手法から抜け出せない原因であることを示している。この問題を、根本的に解決する方策として、無線ネットワーク上で信頼性通信を実現する手法の提案を行うというアプローチをとっている。

第1部「Introduction」(第1章)は、設備管理システムやビル・オートメーション・システムを取り上げ、その設計・構築・運用に関わるシステム上の問題点の特定、技術的な課題の特定を行い、本研究の目的と貢献内容の明確化を行っている。相互接続が可能なモジュールの研究開発および結合モデルの設計、無線機器への信頼性のある通信機能の提供を、本論文で解決する課題としている。具体的な貢献として、第1章でのFacility Information Access Protocol (FIAP)、第2章でのCentral Controller-Based Device Management (CCDM)の提案、第3章でのPotential-Based Entropy Adaptive Routing (PEAR)の提案、第4章でのIntermittently-Connected Mesh Networks (ICMeN)に関する分析、第5章でのDelay Tolerant IP Network (DTIPN)の提案と評価を行っている。

第2部「Component and Flow Programming Model」は、2章により構成され、FIAPおよびCCDMの提案とその性能評価を行っている。

第2章(FIAP)では、設備管理システムのデータ形式やインタフェースを設計する上での落とし穴となる具体的な事例を特定し、これらがエンジニアリングコストの増大を招いていることを明らかにしている。共通データ形式や、汎化されたインタフェースの設計問題に取り組み、FIAPプロトコルスタックの設計ポリシーを提案、FIAPによるシステム統合の方法(Component and Flow Programming)を例示している。さらにFIAPによる実システムの例を示し、提案の設計手法がもたらした優位性の検証を行っている。

第3章(CCDM)では、ComponentとFlowの図としてプログラムされているセンサシステムを、分散的に配置された機器にインストールするプロセスの自動化を提案している。集中管理することでプログラムのインストール作業が簡略化されるだけでなく、Componentの配置最適化も同時に実現できることを提案している。本提案は、FIAPのシステム統合フェーズに要する工程を削減するための基礎的な研究であ

る.

第 3 部「Data Transportation over Intermittently-Connected Networks」は、3 章により構成されており、PEARの提案、ICMeNに関する実験分析、DTIPNの提案を行っている。

第 4 章(PEAR)は、信頼性のないネットワークとして、無線メッシュネットワークや無線端末が移動するネットワークを想定し、それらのネットワーク上でメッセージ配送に信頼性を持たせる手法を提案している。固定ネットワークを基軸に、幅広い無線端末の行動モデルに対応できるメッセージ配送フレームワークを作り出していることが、その特徴である。ポテンシャルを使ったメッセージの転送、ポテンシャルの自律分散生成式、メッセージレプリカの管理などの仕組みを提案するとともに、これらを組み合わせることによって、比較的安定したネットワークにおいては最短経路でメッセージを配送し、一方、予測困難な行動をする端末で作られるネットワークではメッセージが自然に複製されることで、配送時間の短縮を実現し、遅延があっても、メッセージを喪失することなく安定して宛先まで届けるシステムアーキテクチャの提案を行っている。シミュレーション実験によりこれらの特性を分析するとともに、実機を用いた大規模な実証実験を行い、その特性を検証し、提案アーキテクチャの有効性を検証している。

第 5 章(ICMeN)は、50 台の移動端末を用いて、無線メッシュネットワークの不安定性や、PEARのメッセージ配送に関する実験とその性能評価を論じている。固定されている端末間でのリンク接続性が不安定であり、メッシュネットワークが十分な信頼性を持っていないことを実証した。この規模での実機による実証実験は前例に乏しい。

第 6 章(DTIPN)は、広く知られているDelay Tolerant Network (DTN)の問題点を、アーキテクチャの観点から整理し、既存のインターネット・アーキテクチャであっても、遅延耐性を持たせられることを検証している。リンク層に遅延耐性を持たせ、トランスポート層に前方誤り訂正機能を組み込むことによって信頼性を持たせるようにすれば、常時ネットワーク接続性を必ずしも有しないセンサのようなデバイスからも、IPプロトコル上の非同期アプリケーション・プロトコルによって、良好なデータの収集が実現可能であることを実証している。

第 4 部「Conclusion」は、本論文全体の果たす貢献についてまとめるとともに、第 2 部、第 3 部での提案アーキテクチャ・手法とそれらの結論を総括している。

以上、要するに、本論文は、インターネット技術を用いた設備管理システムやビル・オートメーション・システムの普及を妨げている技術的な課題を特定し、センサシステム構成法と非信頼性ネットワークにおけるセンサデータ配送法の提案を行い、さらに大規模な実証実験環境における非信頼性ネットワークにおけるデータ配送法の性能評価を行い、さらにその成果は IEEE1888 として国際標準化技術として採択されるに至っており、センサ・ファシリティーネットワーク分野におけるシステム設計・実装・構築・運用の改善に資する知見を深化しており、電子情報学分野の今後の発展に寄与・貢献するところが少なくない。

よって、本論文は、博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。