



| | |
|--------------|--|
| Title | Design Methodology of a Wireless Sensor Network Architecture for Urgent Information Delivery |
| Author(s) | Kawai, Tetsuya |
| Citation | 大阪大学, 2008, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/27600 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

| | |
|------------|---|
| 氏名 | 河井 哲也 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士 (情報科学) |
| 学位記番号 | 第 22153 号 |
| 学位授与年月日 | 平成 20 年 3 月 25 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科情報ネットワーク学専攻 |
| 学位論文名 | Design Methodology of a Wireless Sensor Network Architecture for Urgent Information Delivery (緊急情報伝達のためのセンサネットワークアーキテクチャの設計手法) |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 村田 正幸 (副査) 教授 村上 孝三 教授 今瀬 真 教授 東野 輝夫 教授 中野 博隆 |

論文内容の要旨

無線センサネットワーク技術は、安全・安心・快適な社会を実現するための重要な社会インフラとして期待されている。本論文では、まず無線センサネットワークにおける緊急情報の迅速かつ確実な伝達のためのネットワークアーキテクチャの設計手法を提案している。この設計手法では、単一の複雑でモノリシックな機構ではなく、異なる空間的・時間的レベルで動作する複数の単純かつ分散的な機構を組み合わせて各ノードに導入する。これらの機構は周囲の状況に反応し自律的かつ独立に動作することで、結果的に全体として緊急事態の規模や状況に応じた振る舞いを実現する。

続いてこの設計手法に従い設計された制御機構の一例を示す。この制御機構では、センサ情報は “critical” 、 “important” 、 “normal” の 3 つのトラフィッククラスに分類される。また、緊急事態の動的に変化する状況や規模に適応するため、空間的・時間的に異なるレベルで動作する 5 つの機構をネットワーク層より上位に導入する。それら 5 つの機構とは、“assured corridor” メカニズム、スケジューリングされたホップバイホップ再送機構、優先キュー制御、輻輳検知によるレート制御、輻輳通知によるレート制御である。緊急状態におけるこれらの機構の緊急情報伝達への寄与について検討する。シミュレーションおよび実機実験によってこの制御機構の性能評価を行い、緊急情報の信頼性・遅延が改善されることを確認した。

また上記設計手法による他の例として、大規模集合住宅におけるメータ検針の目的に供するセンサネットワーク制御機構を提案する。これらの自動検針システムでは、メータ数値とともにメータで検知された緊急警報が伝達される。今回提案する制御機構では、センサノードのデューティ比を低く抑えつつ、遅延がある一定値よりも小さいことを保証する。この制御機構では、各ノードはこの遅延限界を周期とするスリープ制御下にあり、そのサイクル中で覚醒状態になるタイミングをタイムスロットを選択することによってノード自身が自律的に決定する、このプロセスはそのノードの次ホップノードに割り当てられたタイムスロットの関数として定義され、基地局から遠いノードほど時間的に早いスロットを割り当てることによって、遅延を保証する。グリッド状に配したトポロジを対象として、より緩やかかつ均一な MAC 層の競合状態を与えるようなスロット割り当て関数について検討する。シミュレーションにより、この関数が最適に近い性能であることを示す。

論文審査の結果の要旨

本論文は無線センサネットワーク中でこれらの緊急情報を他の情報よりも確実・迅速に伝達する制御手法を論じたものである。まず、時間的あるいは空間的に動的に変化していく緊急事態に対して、自律的かつ自己組織的に対応できるトラフィック制御を実現するネットワークアーキテクチャを提案している。このアーキテクチャでは、外的環境の変化に追随するために、空間的・時間的に異なる領域で動作する複数の単純なメカニズムを組み合わせることによって各ノードが制御をおこなうという新たな方法論を提示している。

また、上記アーキテクチャの具体例として、二つのネットワークプロトコルを提案している。その一つであるUMIUSI では5つの単純なメカニズムを組み合わせることにより、緊急事態の規模の大小によらず緊急情報の優先的な伝達を行うことができる。従来研究ではある一定条件下での QoS 制御の実現法に終始しており、事態の規模に注目しそれが動的に変化するような状況下であっても緊急情報の必要な信頼性および迅速性を実現しようとするこの論文の視点は目新しいものである。上記5つのメカニズムのうち ACM は、緊急情報を送信しようとするノードの周囲ノードが送信を抑制することにより衝突を回避し、通信の信頼性および迅速性の向上を図るという全く新しいアイデアをもとに設計されており、国際会議でも高い評価を得たものである、さらに、通常は省略されがちな実機実験による性能評価を行い、このプロトコルの有用性を実証している。

次に、大規模マンションでのガスや水道等のメータの自動検針に用いるセンサネットワークプロトコルを提案している。このようなアプリケーションでは、センサノードの長寿命化とガス漏れ警報等の緊急情報の遅延が一定値以下であることの保証という相反する要件を満足する必要があり、提案プロトコルではこれを TDMA 的に各ノードにタイムスロットを割り当てるという方式で実現している。しかしながら、これは通常の TDMA とは異なり、送信ではなく受信するためのスロットを割り当てるという、まさに発想の転換によりさらなるノードの消費エネルギーの低減に成功している。また、通常の TDMA では中心となるノードが周囲のノードにスロットを割り当てるのに対し、提案手法では各ノードが自身でタイムスロットを決定するというこれまでにない機構により、よりロバストで柔軟なネットワーク制御を実現している。

以上のような理由から、本論文は無線センサネットワークにおける緊急情報伝達手法として有用な提案を行っており、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。