［5］

氏　　名	松﨑（まつざき）　頼人（らいと）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	理工博第 34 号
学位授与の日付	平成 28 年 3 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	スマートホームシステムを応用した地震災害時緊急ネットワークの構築と被災者支援システムに関する研究
論文審査委員	主査　教授　村中　徳明 副査　教授　北村　敏明 副査　教授　四方　博之 専門審査委員准教授　榎原　博之

論文内容の要旨

≪概要≫

近年、世界中で大規模な自然災害が発生し、日本でも甚大な被害を受けている。特に地震災害時には、その被害によってインターネットなどを支える通信基盤が損壊し、被害状況や安否確認など必要な情報のやり取りが行えなくなる問題がある。このような状況に際して、既存の通信基盤に依存しないネットワークの構築が必要となり、その技術としてアドホックネットワークおよび遅延耐性ネットワークが注目されている。また、各家庭においても地震災害によって電力供給が得られない環境が発生しており、太陽光発電や大容量バッテリなどによる電力自給によって一定水準の生活基盤を保障する環境が求められている。そこで、最近では各家庭内での環境をホームサーバと呼ばれる管理サーバによって一律に管理するスマートホームシステムの普及が進んでいる。スマートホームシステムでは、各種センサによってセンサネットワークを構築し、センシングによって家庭内の状況を把握し、快適な生活環境を提供する。

地震災害直後において、重要な活動の１つに、家屋に生き埋めとなった被災者の救助が挙げられる。しかし、人力による被災者の位置情報の特定は非常に困難であり、救助活動が遅延する原因にもなっている。

本論文は、スマートホームシステムを利用して、既存の通信基盤に依存しない緊急ネットワークを構築し、その緊急ネットワークを活用して生き埋め被災者の救助活動を支援するシステムの提案・実現化を試みたものである。緊急ネットワークの構築では、各家庭のスマートホームシステムのホームサーバ同士がお互いに無線通信接続を行うことでアドホックネットワークを構築しており、これをスマートホームネットワークとして提案している。また、スマートホームネットワークを応用して、生き埋め被災者の迅速な救助活動を支援する救助支援システムを提案している。救助支援システムでは、以下のような動作を行う。各ホームサーバは、スマートホームシステムでのセンシング情報を利用して家屋内

の状況を判断し、生き埋め被災者の存在を予測してその位置情報を特定する救助要請マップを作成する。この救助要請マップの情報をスマートホームネットワーク上で共有しておくことで、近隣のホームサーバとモバイル端末を介して通信を行い、救助要請マップの情報を取得できる。モバイル端末では取得した情報をもとに、地図アプリ上に被災者の位置情報を表示する。これによって、生き埋め被災者の位置情報を把握することができ、迅速な救助活動を支援することができる。

≪各章の要旨≫

以下に、本論文の構成を記す。

第 1 章は序論であり、研究の背景と目的、論文の構成について述べる。

第 2 章では、アドホックネットワークおよび遅延耐性ネットワークの概要を述べ、最も多く研究されているルーティングプロトコルの動向について論じる。また、これらの研究動向に対する本研究との関連付けについて言及する。

第 3 章では、スマートホームネットワークの構築および救助要請マップのデータ配信について述べる。地震災害時において、インターネットなどの通常の通信インフラの損傷によって通信ができなくなるため、このようなインフラに頼らない緊急ネットワークを構築する必要がある。本章では、各家庭にスマートホームシステムが普及する仮定の下、各家庭のホームサーバ同士でアドホックネットワークを構築するスマートホームネットワークについて述べる。また、スマートホームシステムにおけるセンシングによって得られる情報から建物の倒壊や内部に生き埋めとなった被災者の存在を予測し、その位置情報を表示することで、被災者の位置情報を予測する救助要請マップの作成を提案する。さらに、救助要請マップの情報をスマートホームネットワーク上で共有するため、救助要請マップの作成に必要な情報のデータ配信について述べる。実測実験によってスマートホームネットワーク内での無線通信範囲を測定し、その結果をもとに実地図データを活用したシミュレーションを行う。シミュレーション評価では、都市部住宅街の地図データを参照にスマートホームシステムがどの程度普及すれば、スマートホームネットワークが十分に利用できるかを検証する。また、救助要請マップの有効性を示すため、スマートホームネットワーク上で救助要請マップ情報の取得範囲について評価する。シミュレーション結果より、地域全体の半分の世帯がスマートホームシステムを導入することができれば、有用なネットワークとして利用できることを示している。

第 4 章では、スマートホームネットワークおよび救助要請マップをもとに生き埋め被災者の救助支援を目的とした救助支援システムおよびネットワーク全体での情報共有率の向上を目的としたモバイル端末中継手法について述べる。本章では、モバイル端末を利用することで、近隣のホームサーバとの通信で救助要請マップを取得し、被災者の存在しうる位置情報を素早く特定できるようにする救助支援システムを提案している。また、モバイル端末がホームサーバから救助要請マップの情報を取得することに着目して、直接通信できないホームサーバ間のデータ通信をモバイル端末が中継するモバイル端末中継手法によってスマートホームネットワーク上で共有可能な情報量の向上を図っている。シミュレーション評価では、モバイル端末中継手法を利用した場合のスマートホームネットワーク全体での情報共有について、各ホームサーバの情報共有率から評価している。また、救助支

援システムの有無によって、被災者の救助完了時間にどの程度の差が出るかをシミュレーションで評価し、救助支援システムの有効性を示している。

第 5 章は結論であり、本研究によって得られた成果を要約するとともに、今後の研究課題について述べる。

論 文 審 査 結 果 の 要 旨

日本では過去 20 年間に、大規模な地震災害が頻発しており、このような緊急時には被災地において、ICT が十分に活用できていなかったという問題点があげられる。この問題点の要因として、地震による建物の倒壊や浸水などによるインターネットを支える通信インフラ設備の物理的損傷や電源断絶などによるインターネットへの接続不能があげられる。また、通信インフラ設備が無事であっても大都市部ではインターネットへのアクセスが集中することによる接続困難もあげられる。論文提出者は、これらの接続トラブルによって、被害状況や安否確認など急を要する情報をやり取りできない空白時間が発生したことから、国が推し進めているスマートホームシステムに着目した。このスマートホームシステムの利点を生かした既存の通信基盤に依存しない緊急ネットワークを構築し、その緊急ネットワークを活用して生き埋め被災者の救助活動を支援するシステムを提案し、有効性の検証を行っている。この緊急ネットワークの構築では、特定の通信インフラに頼ることなくモバイル端末のみでネットワークを構築し、通信を行うことができる技術としてアドホックネットワークおよび遅延耐性ネットワークの利用が有力であり、同様に各家庭のスマートホームシステムのホームサーバ同士がお互いに無線通信接続を行うことでアドホックネットワークを構築できる、スマートホームネットワークを提案している。

また、実測実験によってスマートホームネットワーク内での無線通信範囲を測定した結果をもとに実地図データを活用したシミュレーションを行っている。シミュレーション評価では、都市部住宅街の地図データを参照にスマートホームシステムがどの程度普及すれば、スマートホームネットワークが十分に利用できるか、情報の取得範囲について評価を行い、地域全体の半分の世帯がスマートホームシステムを導入できれば、有用なネットワークとして利用できることを検証している。また、各ホームサーバは、スマートホームシステムでのセンシング情報を利用して家屋内の状況を判断し、生き埋め被災者の存在を予測して、その位置情報を特定する救助要請マップの作成法および情報データの配信法を提案している。この救助要請マップの情報をスマートホームネットワーク上で共有することで、近隣のホームサーバとモバイル端末を介して通信を行い、その情報を取得することができる。さらに、スマートホームネットワークおよび救助要請マップをもとに生き埋め被災者の救助支援を目的とした救助支援システムおよびネットワーク全体での情報共有率の向上を目的としたモバイル端末中継手法を提案している。このように近隣のホームサーバとの通信を通して救助要請マップを取得し、被災者の存在する位置情報を素早く特定できる。今後、さらなる実用的なシステムを目指すには、3 次元地形などへの対応が期待される。

地震災害における生き埋め災害者の生存率は、地震発生後 3 日を過ぎると急激に減少することから、被害状況や安否確認はもちろんのこと、迅速な救助活動を行うことが最も重

要であり、優先的に行うべき活動の１つであると考えられる。本論文はこのような要望に応えるための、既存の通信基盤に依存しない地震災害時緊急ネットワーク、および生き埋め被災者の位置情報を把握することができる被災者支援システムの構築を実現するために有効な研究である。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。