



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Monitoring System for Forest Fires Based on Wireless Sensor Networks [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Teguh, Rony
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11525号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57258
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Rony_Teguh_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 Rony Teguh

審査担当者 主 査 教 授 五十嵐 一
 副 査 教 授 小野里 雅彦
 副 査 教 授 北 裕幸
 副 査 准教授 野口 聡

学位論文題名

Study on Monitoring System for Forest Fires Based on Wireless Sensor Networks
(センサネットワークを用いた森林火災監視システムに関する研究)

本学位論文は、森林火災の初期消火を目的とした監視システムについて論じている。森林火災は、シベリア、北米、東南アジアなどで頻繁に発生している。森林火災は、人家への延焼や煙による有毒ガス・粉塵の発生を引き起こすのみならず、地球温暖化の原因のひとつである二酸化炭素を大量に放出する。特にインドネシアでは泥炭火災が頻発しており、化石燃料の燃焼により 1997 年に放出された全二酸化炭素のうち、13% から 40% が中央カリマンタンやボルネオの森林火災によるものであると推定されている。このような問題があるため、森林火災を初期の段階で消火するための技術開発が極めて重要である。本研究では、無人飛行機 (UAV: unmanned aerial vehicle) と無線センサーネットワーク (WSN: wireless sensor network) を用いた新しい森林火災監視システムを開発している。また、森林中にランダムに配置された無線センサーからなる WSN を考え、センサーを結合する無線ルーターの最適配置を求めるための新しい方法を導入し、その有効性について検討している。

本学位論文の第 1 章では本研究の背景、本研究の目的および論文の概要について述べている。本研究の目的として (1) UAV と WSN を用いた森林火災監視システムの開発、(2) 森林中の WSN の最適配置法の開発を挙げている。

第 2 章では、本研究と関連する既存の技術について述べている。まず人工衛星、UAV および WSN を利用した森林火災監視システムの概要を説明している。つぎに WSN および UAV の既存技術について説明している。本研究では WSN により異常温度を検知し、それが森林火災によるものであるかを確認するために UAV を用いる方法を提案している。またこれまで WSN を効率的に運用するために様々なプロトコルや最適化法が提案されてきたが、本研究のようにルーター位置を最適化の対象としたものはない。また本研究では、森林中の電磁波減衰や地形による電磁波の散乱を考慮して WSN の最適化を行っているが、このような研究はこれまでなかった。

第 3 章では、UAV と WSN を用いた森林火災監視システムについて詳述している。まず本システムの基本処理手順 (WSN による異常温度の検出、UAV による異常地点の撮影とその結果に基づく火災状況の評価、消防活動の開始の判断) について説明している。また実験で用いた UAV、WSN の仕様を説明している。さらに著者は人工的な火災を発生させ、WSN による異常温度の検知、UAV による異常温度地点の写真撮影を実際に行い、本システムが有効に動作することを実験的に確認した。本章後半ではこの実験結果を詳述するとともに、結果の考察を行っている。

第 4 章では、森林中の電磁波伝搬について定量的な議論を行っている。つぎに均質化法を用いて

測定された樹木の複素誘電率から森林媒質の実効的な複素誘電率および電磁波の減衰率を求める方法を与えている。

第5章では森林による電磁波減衰を考慮したWSNの最適配置法について述べている。最適化においては、4章で求めた均質化された減衰率を基に、センサーとルーター間の接続可能性を判定している。つぎにWSNを不均質な森林中に配置した場合を考え、最も多くのセンサーがルーターもしくはベースステーションに接続されるように、ルーター位置を決める最適化問題について議論している。本最適化では最適化手法として焼きなまし法を用いている。最適化の結果、接続センサー数が最大となるようなルーター位置を求めることができ、またすべてのセンサーが接続されるために必要なルーター数を決めることができた。

第6章では不整形地に設置されたWSN中のルーターの最適配置について議論している。本最適化では不整形地により通信路に障害物ができることを考慮して、最も多くのセンサーが接続され、かつ通信距離の総和が最小となるように、ルーターの配置を最適化している。この場合には、最適化法として遺伝的アルゴリズムを用いている。本最適化においても、与えられた地形に対してルーターの最適配置を決めることができ、またすべてのセンサーが接続可能となるようなルーター数を決めることができた。

第7章では本研究で得られた成果をまとめている。上で述べたように、本研究で開発したUAVとWSNを用いた森林火災監視システムは森林の初期消火に有効であると思われる。また本研究で提案している最適化法を用いることにより、植生分布および地形データを基礎として、WSNの最適配置および全センサーを接続するために必要なルーター数を知ることができる。よって本手法は森林火災監視のためのWSNの構築に役立つものと考えられる。

これを要するに、著者は森林火災の初期消火を目的として、UAVおよびWSNによる森林火災監視システムを開発し、実験によりその有効性を確認している。さらに、WSNを森林中に最適に配置するために、森林中の電磁波減衰と不整形地による電磁波散乱を考慮したルーターの最適配置手法を開発し、数値実験によりその有効性を確認している。これらから、著者は地球規模で問題となっている森林火災の被害を最小化するための有効な技術を開発しており、センサーネットワーク工学および情報科学に対する有効な寄与を与えていると認められる。よって著者は北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。