

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 10 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500059

研究課題名（和文）

大量データ通信を可能とするスケーラブル無線メッシュネットワークの研究

研究課題名（英文）A Study of Scalable Wireless Mesh Network for High-Capacity Data Transmission

研究代表者

船曳 信生 (Nobuo Funabiki)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：70263225

研究成果の概要（和文）：無線メッシュネットワークの通信性能向上を目的として、アーキテクチャ、プロトコル、設計最適化の研究を行った。まず、2種類のアクセスポイントと2種類のクラスタの利用による安価でスケーラブルな構成法を提案した。また、AP間通信において、リンクの必要帯域確保を行う固定バックオフ時間切替法の提案とLinux-PCを用いた実装を行い、有効性を示した。更に、IEEE802.11nプロトコル適用を進め、その特性を考慮した経路木・動作AP選択アルゴリズムの提案を行った。

研究成果の概要（英文）：A Study of Scalable Wireless Mesh Network for High-Capacity Data Transmission

We studied the architecture, protocols, and design optimizations of wireless Internet-access mesh networks to improve the communication performance. First, we proposed the scalable architecture by adopting two types of access points (APs) and two types of AP clusters. Then, we proposed the fixed backoff-time switching method of ensuring the necessary bandwidth for each link, and implemented it on a network simulator and a Linux-PC. Finally, we proposed routing and active AP selection algorithms to efficiently apply the IEEE802.11n protocol.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：無線LAN, アルゴリズム, プロトコル, インターネットアクセス, リアルタイム通信

1. 研究開始当初の背景

近年、ホスト・AP（アクセスポイント）間配線が不要、低コストでの構築が可能、ホスト移動が容易などの利点から無線LANの利用が急速に広まっている。しかし、通常の無線LANでは、各APの提供する通信範囲は半径100m程度と狭いため、広域での無線

LANサービスには、複数のAP間を無線接続することで通信範囲の拡大を図る、「無線メッシュネットワーク」が注目されている。本研究では、安価な市販APに実装されているWDS（Wireless Distribution System）機能でAP間通信を実現する方式を対象としている。本研究では、1つ以上のAPがインター

ネット接続ゲートウェイとなることから、WIMNET (Wireless Internet-access Mesh NETwork) と呼んでいる。

WIMNET の大規模化における通信性能低下の要因として、1) GW 付近の通信での伝送遅延の増大 2) 各 AP と GW 間のマルチホップ通信に伴う伝搬遅延の増大、3) AP 数の増加に伴う WDS 制御パケットや電波干渉の増大が挙げられる。特に、1)、2) の問題のために、GW からの距離により各リンクの必要容量に大きな差が生じるため、リンク間の公平性を主眼とした現状のプロトコルでは無駄な時間が多くなり、通信性能が大きく低下する。その結果、動画配信などの大量データのリアルタイム通信が困難となる。

2. 研究の目的

本研究では、上記問題点の対策による大規模 WIMNET の通信性能向上を目的として、WIMNET 向けのアーキテクチャや通信プロトコルの提案、設計最適化のためのアルゴリズムの研究を行う。まず、スマート AP (SAP) と通常 AP (CAP) の 2 種類の AP による階層アーキテクチャを提案する。SAP では、高速プロトコル IEEE802.11n 適用によるリンク容量の増加、制御パケット・電波干渉軽減のための WDS 通信範囲の限定のための通信機能の実装、必要な通信容量を確保する固定バックオフ時間切替 (FBS) 法の提案と実装を行う。

次に、WIMNET 設計最適化を目的として、特定のリンクに負荷が偏らない階層アーキテクチャのための通信経路生成アルゴリズム、動作コストと高信頼性を考慮した AP 配置アルゴリズム、冗長 AP の停止による性能向上・省エネのための動作 AP 選択アルゴリズムを提案する。

本研究では、以上の提案の有効性を、ネットワークシミュレータおよび PC-Linux 実装により検証する。

3. 研究の方法

本研究では、以上の研究目的の達成のために、SAP の開発、WIMNET 設計のためのアルゴリズム開発と定式化、通信性能の評価を推進する。まず、SAP 開発では、①インターネット接続 GW、②WDS クラスタ間通信、③通信経路最適化、④固定バックオフ時間切替 (FBS) 法、⑤Web キャッシュの各機能を有する SAP を Linux-PC で実現する。WIMNET 設計法の定式化では、WIMNET を新たに設置したり、改善する際的设计最適化手順として、入力データ (情報)、アルゴリズム、出力結果に基づく WIMNET 構築手順についての定式化を行う。通信性能の評価では、既存の WIMNET シミュレータのコード改良、市販のネットワークシミュレータ

QualNet のコード改良によるシミュレーションでの評価に加え、Linux-PC 上に本研究で開発するプログラムを実装した後、WIMNET 設計法に従ってテストベットの構築し、評価実験を行う。

4. 研究成果

本研究の成果として、まず、SAP の開発では、独自の通信プロトコルである固定バックオフ時間切替 (FBS) 法の開発に重点を置き、その実用的プロトコルとしての提案、両ネットワークシミュレータでの通信性能評価、Linux-PC 上での実装と簡単なテストベットを用いた性能評価を行った。それにより、FBS 法の実現性、リアルタイム通信に対する有効性 (スループット向上、パケットロス低減) を示した。ここで、QualNet のコード改良を含むプロトコル開発に時間が掛かりすぎたために、多数の Linux-PC を用いたテストベットの構築とそれによる評価実験は実施できなかった。

次に、アルゴリズム開発と定式化では、通信経路生成アルゴリズム、AP 配置アルゴリズム、動作 AP 選択アルゴリズムを提案し、WIMNET シミュレータを用いた性能の雨氷かを行った。

以上の成果は、IEICE Transactions を初めとする論文誌や国際会議に発表した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Sritrusta Sukaridhoto, Nobuo Funabiki, Toru Nakanishi, Kan Watanabe, and Shigeto Tajima, "A fixed backoff-time switching method for CSMA/CA protocol in wireless mesh networks," IEICE Transactions on Communications, vol. E96-B, no. 4, pp. 1019-1029, April 2013.

② Nobuo Funabiki, Junki Shimizu, Masaharu Hata, Shigeru Tomisato, Toru Nakanishi, and Kan Watanabe, "An active access-point selection approach for dependable wireless mesh networks," Journal of Interconnection Networks, vol. 12, no. 3, pp. 137-154, 2011.

③ Nobuo Funabiki, Sritrusta Sukaridhoto, Masaharu Hata, Shigeru Tomisato, Toru Nakanishi, Kan Watanabe, and Shigeto Tajima,

"A smart access-point selection algorithm for scalable wireless mesh networks," IAENG International Journal of Computer Science, vol. 38, no.3, pp. 260-267, Sep. 2011.

④清水淳基, 船曳信生, 中西透, "無線メッシュネットワークでの動作アクセスポイント選択アルゴリズムの提案," 電子情報通信学会論文誌(B), vol. J94-B, no.2, pp. 264-273, Feb. 2011.

⑤Shigeto Tajima, Nobuo Funabiki, and Teruo Higashino, "A WDS clustering algorithm for wireless mesh networks," IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E93-D, no. 4, pp. 800-810, April 2010.

[学会発表] (計 1 1 件)

①Shigeto Tajima, Nobuo Funabiki, Shigeru Tomisato, Masaharu Hata, and Teruo Higashino, "An extension of clustering algorithm for smart-antenna use in wireless mesh networks," The 1st Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2012), pp. 647-651, October 2 - 5, 2012.

②Nobuo Funabiki, Toru Nakanishi, and Kan Watanabe, "An extension of routing tree algorithm for smart antenna use in wireless Internet-access mesh network," The 1st Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2012), pp. 642-646, October 2 - 5, 2012.

③Nobuo Funabiki, Wataru Maruyama, Toru Nakanishi, and Kan Watanabe, "An extension of routing tree algorithm considering link speed change in IEEE 802.11n protocol for wireless mesh network," The Third International Symposium on Multidisciplinary Emerging Networks and Systems (MENS2012), CD-ROM, September 4 - 7, 2012.

④Sritrusta Sukaridhoto, Nobuo Funabiki, Toru Nakanishi, and Kan Watanabe, "A proposal of CSMA fixed backoff-time switching protocol and its implementation on QualNet simulator for wireless mesh networks," The Eighth International Workshop on Heterogeneous Wireless Networks (HWISE 2012), pp. 520-525, March 26 - 29, 2012.

⑤ Nobuo Funabiki, Junki Shimizu, Toru Nakanishi, Kan Watanabe, and Shigeru Tomisato, "An extension of active access-point selection algorithm for throughput maximization in wireless mesh networks," 2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS 2011), pp. 367-372, Nov. 30 - Dec. 2, 2011.

⑥Shigeto Tajima, Nobuo Funabiki, Shigeru Tomisato, Masaharu Hata, and Teruo Higashino, "A throughput evaluation of wireless Internet-access mesh network using MIMO and adaptive array antenna," The 2011 International Workshop on Smart Info-Media System in Asia (SISA 2011), pp. 79-84, Oct. 31 - Nov. 2, 2011.

⑦Nobuo Funabiki, Sritrusta Sukaridhoto, Zhe Wang, Toru Nakanishi, Kan Watanabe, and Shigeto Tajima, "An implementation of fixed backoff-time switching method on IEEE 802.11 MAC protocol for wireless Internet-access mesh network," The 2011 International Workshop on Smart Info-Media System in Asia (SISA 2011), pp. 67-72, Oct. 31 - Nov. 2, 2011.

⑧ Nobuo Funabiki, Junki Shimizu, Toru Nakanishi, and Kan Watanabe, "A proposal of an active access-point selection algorithm in wireless mesh networks," The 14th

International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS 2011), pp. 112-117, Sep. 7 - 9, 2011. [NBIS2011 Best Paper Award]

⑨ Shigeto Tajima, Nobuo Funabiki, and Teruo Higashino, "A proposal of fixed backoff-time switching method by link activation rate for wireless mesh networks," 3rd International Workshop on Virtual Environment and Network-Oriented Applications (VENOA 2011), pp. 647-652, June 30 - July 2, 2011.

⑩ Sritrusta Sukaridhoto, Nobuo Funabiki, and Toru Nakanishi, "A proposal of a traffic control method with consumed bandwidth estimation for real-time applications in wireless mesh networks," The 15th IEEE Symposium on Consumer Electronics (ISCE2011), CD-ROM, June 14 - 17, 2011.

⑪ Nobuo Funabiki, Tatsuya Takebayashi, and Toru Nakanishi, "Minimal smart access-point selection for maximal throughput in wireless mesh networks," The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011 (IMECS 2011), pp. 594-599, March 16 - 18, 2011. [Best Paper Award of The 2011 IAENG International Conference on Communication Systems and Applications]

[図書] (計1件)

① Nobuo Funabiki ed., "Wireless Mesh Networks," InTech - Open Access Publisher, 2011, 308 (29-64).

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

船曳 信生 (FUNABIKI NOBUO)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：70263225

(2) 研究分担者

中西 透 (NAKANISHI TORU)
岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：50304332

(3) 連携研究者

田島 滋人 (TAJIMA SHIGETO)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教
研究者番号：90273614