

平成 21 年 6 月 4 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007 ～ 2008
 課題番号：19700069
 研究課題名 (和文) 多様なサービス連携を可能とする高信頼経路制御機構の研究

研究課題名 (英文) Studies on Reliable Network Management Systems

研究代表者

池永 全志 (IKENAGA TAKESHI)
 九州工業大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号：50284716

研究成果の概要：本研究では、いつでもどこでもネットワークに接続可能な、ユビキタスネットワーク社会において実現される、高度かつ多様な通信サービスを提供するために必要となるネットワークの根幹を支える技術として、様々なサービス提供機構との連携を可能とし、高い信頼性を確保しながら柔軟かつ強靱な通信路を提供する新たな経路制御機構を提案し、その実現に向けた有効性の検証を行うことを目的とする。二年間の研究期間において主に、高い信頼性を有するネットワークを構築するための技術の研究開発に取り組んだ。その中でも特に、今後、多様なサービスを提供可能な通信基盤であるマルチホップ無線網に着目し、網内のノードが相互に協調しながら隣接ノードの挙動を自律的に評価し、その結果を経路制御に反映する手法について検討を行った。さらに、検討した手法について様々な環境を想定した評価シナリオを作成し、計算機シミュレーションによる性能評価を行い、その有効性を示した。また、提案方式を計算機上に実装してデモンストレーション環境を構築し、実機を用いた動作検証によって、理論通りの有効性および実現可能性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	0	1,200,000
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	480,000	3,280,000

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：インターネット高度化, 高信頼性ネットワーク, ネットワーク, 情報通信工学,
 経路制御, 性能評価

1. 研究開始当初の背景

インターネットを中心とした情報通信網は、経済・産業発展の社会基盤として認知され、多様なアプリケーションが人々の生活の中で活用されている。今後さらに、総務省が推進する UNS(Ubiquitous Network Society)戦略プログラム等に沿って、あらゆる人や物が結びつくユビキ

タスネットワーク社会の基盤インフラが整備され、高度な情報サービスによる豊かな社会を構築することが望まれている。ユビキタスネットワーク社会を支える基盤となるネットワークをマクロな観点で見ると、どこでも接続可能となる(ubiquitous connectivity) 環境の提供については、実現に向かって着々と整備が進められているが、その

背景となるネットワーク技術は、現在のインターネットそのものに依存した状態となっている。すなわち、ネットワークサービスの利用者が発信した情報(パケット)は、最終的な目的地に到達するまでの間、経由するノード機器や途中の通信回線をサービス種別やその要求に応じて変更することは困難であり、また、その途中経路が信用できる正しい機器や事業者によって提供されているものであるといった、経路の信頼性を保証することもできていない。このような状況において、高度なユビキタスネットワークサービスに適した通信経路(パス)の制御を実現するために、現在では P2P 技術やオーバレイルーティング機構を活用した、ユーザレベルでの経路の操作(広義のトラフィックエンジニアリング)手法に関する研究が盛んに行われている。しかし、ネットワークを提供し、運用する側の観点からみると、ユーザレベルでの転送経路操作は IP ネットワークやさらに下位層のトポロジおよびノードの状態を考慮していないため、ネットワーク層での経路最適化と整合を取ることができず、不必要な迂回によるネットワーク資源の消費につながる危険性がある。さらには、そのようなトラフィックが増加することによって、結果的にユーザが体感する通信品質に悪影響を及ぼすことも考えられる。

また、人の生活や経済活動と密接に結びついたユビキタスネットワークサービスにおいては、通信データに対して高い安全性が求められる。そのためには、現在のインターネットで実現されている通信の両端(end-to-end)におけるデータの暗号化やデジタル署名によるホスト認証だけでは不十分であり、データが経由する途中経路そのものの信頼性を確保することが必要である。これらのことから、ユビキタス社会を支える次世代ネットワークを実現するためには、エンドホストあるいはアプリケーションレベルでの対応はもとより、ネットワークレベルで高い信頼性と柔軟な制御を可能とする新たな基盤技術の開発が必須であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、いつでもどこでもネットワークに接続可能な、ユビキタスネットワーク社会において実現される、高度かつ多様な通信サービスを提供するために必要となるネットワークの根幹を支える技術として、様々なサービス提供機構との連携を可能とし、高い信頼性を確保しながら柔軟かつ強靱な通信路を提供する新たな経路制御機構を提案し、その実現に向けた有効性の検証を行うことを目的とする。

具体的には、高度かつ多様な通信サービスに柔軟に対応可能であり、高い信頼性を提供可能な新たなネットワーク基盤を構築するための技術として、ネットワーク層レベルで経路を自在に制御可能な方式について研究を行う。一般的に使用される最短経路以外の経路を用いる場合として、網資源の利用状況(混雑状況)に応じ

た負荷分散を実施する場合のほか、経路自体の安全性を確保可能な制御機構を実現する。さらに、信頼できる経路を確保する機構が動作する対象として、現状の通信基盤の普及状況を考えた有線網だけではなく、無線 LAN ネットワーク、アドホックネットワークや無線マルチホップネットワークについても視野に入れて検討する必要がある。有線と無線が混在するネットワークにおいて、信頼できる経路を確保できる技術を確立することを旨とする。

3. 研究の方法

本研究では、高信頼経路制御機構に関する取り組みとして、シミュレーションによる性能評価と試作システムによる実証的な評価の両面から提案方式の有効性検証を行う。特に初年度においては、研究調査、方式検討およびシミュレーションによる性能評価を実施し、提案方式の基本的な有効性を検証する。翌年度には、シミュレーション等で明らかになった課題をふまえて方式の改良を行うとともに、試作システムを開発して評価用の実験ネットワークを構築して有効性を明らかにする。

4. 研究成果

いつでもどこでもネットワークに接続可能なユビキタスネットワーク社会の実現を目指し、二年間の研究期間において、今後、多様なサービスを提供可能な通信基盤であるマルチホップ無線網に着目し、網内のノードが相互に協調しながら隣接ノードの挙動を自律的に評価し、その結果を経路制御に反映する手法について検討を行った。

(1) 提案手法

本研究では、マルチホップ無線網を構成するノード(Access Point, AP)が相互に協調してネットワークが自律的に可用性を達成するネットワークアーキテクチャについて検討を行った。ここでは、各ノードが、隣接するノードの振る舞いを監視し、その結果から隣接するノードの評価を生成する手法を用いる。具体的には、評価対象となる AP の振る舞いを当該 AP の隣接 AP と協力することによって、評価する手法を提案する。すなわち、隣接 AP を評価したい AP (APs) は、評価対象 AP (APn) に隣接する AP (2HN-AP, 2 Hop Neighbor AP) と連携することによって APn を評価する。本提案では各 AP の評価値として、APs から評価対象である APn を通り 2HN-AP へ到着したパケットの転送率を用いる。このパケット転送率は(1)実際に転送される実データ、および(2)AP が転送率を計測するために送信するプローブパケットを 2HN-AP が計測し、定期的に APs へ報告することにより求める。プローブパケットは実データが送信されていない経路の AP を評価する場合に用いる。具体的なプローブパケット送信/報告機構を以下に示す(図 1 参照)。各 AP は 2HN-AP へプローブパケ

ットを一定時間毎に送信する. 各 2HN-AP は受信したプローブパケットの個数をプローブ送信元 AP へ報告する. プローブ送信元では 2HN-AP から報告された数と送信したプローブパケット数を比較し 2HN-AP 毎のパケット転送率を求める. 複数の 2HN-AP から収集した転送率から APn の評価を作成する際には, 各転送率のうち最小の転送率を用いる. さらにこのパケット転送率から過去 1 回分の評価を用いた式(1)に示す加重移動平均より APn の評価値を求める.

$$Value_t = \frac{1}{\alpha} Rate_{t-1} + (1 - \frac{1}{\alpha}) Rate_t \quad (1)$$

ここで, $Value_t$ は時間 t における評価値, $Rate_t$ は時間 t におけるパケット転送率, α は加重移動平均を算出する際の重みを表す.

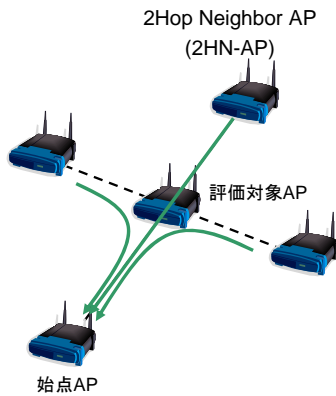


図 1. 提案方式の動作概要

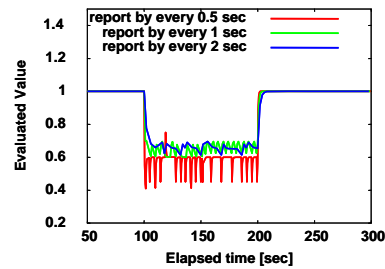
(2) シミュレーションによる評価

ここでは提案方式である, プローブパケットを用いた隣接ノード評価手法を検証する. 始点 AP が 2HN-AP に対して送出する評価用のプローブパケットに関するパラメータとして適切なプローブ送信間隔, および計測結果の報告間隔を明らかにするために, ネットワークシミュレータである QualNet 4.0 を用いたシミュレーションを行った. 検証にあたっては, 評価対象である APn と直接リンクを持つ 4 つの隣接 AP を配置したネットワーク構成を用いる. 4 つの AP の 1 つである APs が, 評価対象である中央の APn を経由して残りの 3 つの 2HN-AP へプローブを送信する. シミュレーション時間は 300 秒とし, 100 秒から 200 秒の間に APn が 30% の確率でパケットを廃棄すると設定する. 前述の式(1)における α の値は 4 と設定した.

(3) 結果と考察

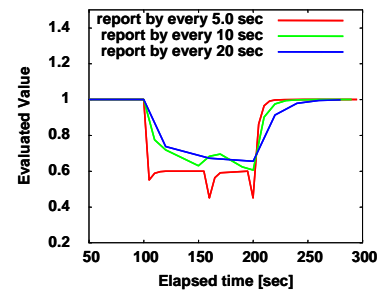
図 2(a) はプローブ送信間隔を 0.1 秒, 図 2 (b) はプローブ送信間隔を 1.0 秒に設定した場合における, 評価対象 APn の評価値を示したグラフである. 図 2 よりプローブ送信間隔が計測報告間隔の 1/5 の場合, 1 つのプローブに対する重

みが大きいと, 既定のパケット廃棄率より大幅に評価値が低下している. またプローブ送信間隔を計測報告間隔の 1/20 とした場合, 1 個のプローブに対する重みが低いため評価値は緩やかに変化する. 従って障害発生から検知までの時間が他の場合と比較して長くなる. 送信間隔を計測報告間隔の 1/10 とした場合, 1/20 とした場合よりも短い時間で検知でき, かつ実際に生じている廃棄率より大幅に下回ることには無い. これらの結果は他のプローブ送信間隔と計測報告間隔を変更した場合でも同様であった. これらの結果より, 評価対象 APn を評価するためのプローブの送信間隔は計測報告間隔の 1/10 程度が適切であるといえる.



プローブ送信間隔: 0.1秒

図 2(a). 評価値(間隔 0.1 秒)



プローブ送信間隔: 1.0秒

図 2(b). 評価値(間隔 1.0 秒)

(4) 試作システムの開発

シミュレーションによる評価をふまえて, 提案手法を用いた試作システムを作成した. 開発したシステムは, 4.9GHz~5.2GHz 帯 (IEEE11a) および 2.4GHz 帯 (IEEE11b または g) の無線リンクを利用した複数無線インタフェースを搭載した無線アクセスポイント(AP)と, 本 AP に収容されるエンドユーザならびに有線ネットワークなどで構成される. 網の基幹部分を構成する AP 間は, 11a の無線リンクを用いてメッシュ網を構成する形態とし, エンドユーザはエッジ AP が保持する 11b または 11g の無線リンクで収容される. また, 本ネットワークの経路情報は OLSR (Optimized Link State Routing protocol) で管理することとし, 提案方式による隣接 AP 評価機能を, OLSR と連携して動作するように作成した(図 3 参照). さらに, 各 AP のトポロジ情報と評価値を表示する GUI サーバを配置する事により, 視覚的にネット

ワークの状態を認知する機能もあわせて作成した。これらの開発したシステムを使用して最大12ノードからなる実験網を構築し、提案方式が有効に機能することを検証した。

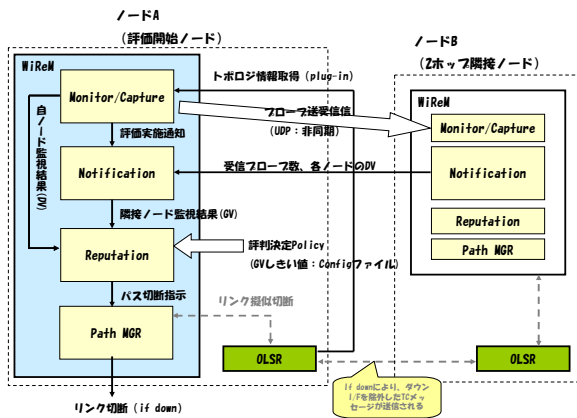


図 3. 試作システムの設計概要

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 4 件)

- ① Koji Tsubouchi, Yutaka Fukuda, Takeshi Ikenaga, Yuji Oie, “Performance Evaluation of Disjoint Path Routing for Multi-interface Multi-channel Wireless Mesh Network,” Proc. of IEEE/IFIP WONS2008, pp.117-122, 2008, 査読有
- ② Daiki Nobayashi, Yutaka Nakamura, Takeshi Ikenaga, Yoshiaki Hori, Katsuichi Nakamura, Hiroshi Ishinishi, Syuuji Kaizaki, “Autonomous Reliable Wireless Mesh Network Using a Neighboring Access Point Evaluation Mechanism,” Proc. of IWSOS2008, 2008, 査読有
- ③ Daiki Nobayashi, Yutaka Nakamura, Takeshi Ikenaga, Yoshiaki Hori, Katsuichi Nakamura, Hiroshi Ishinishi, Syuuji Kaizaki, “Access Point Evaluation with Packet Transfer Ratio in Multihop Wireless Network,” Proc. of IEEE ICOIN2009, 2009, 査読有
- ④ 野林大起, 中村豊, 池永全志, 堀良彰, 中村勝一, 石西洋, 貝崎修治, 「マルチホップ無線網における協調型隣接アクセスポイント評価手法の設計と実装」, 電子情報通信学会 論文誌 B, Vol.J92-B, 2009 年(掲載予定), 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- ① 坪内宏司, 溝口栄一, 池永全志, 福田豊, 尾家祐二, 「無線メッシュ網における非対称経路制御手法の性能評価」, 電子情報通信学会 IN 研究会, 2007 年 6 月 22 日
- ② 夏井宣匡, 池永全志, 尾家祐二, 「複数経路表を有するルータにおけるアプリケーション連携機構の開発」, 電気関係学会九州支部連合大会, 2007 年 9 月 18 日
- ③ 坪内宏司, 池永全志, 福田豊, 尾家祐二, 「無線メッシュ網における非対称経路制御手法の性能評価 ～自律的な経路表作成法の検討～」, 電気関係学会九州支部連合大会, 2007 年 9 月 18 日
- ④ 石穎慧, 池永全志, 「ドメイン名に対応する IP アドレスを用いたネットワーク構成法」, 電子情報通信学会 NS 研究会, 2007 年 10 月 19 日
- ⑤ 坪内宏司, 池永全志, 福田豊, 尾家祐二, 「複数インタフェースを持つ無線 Mesh Point におけるチャンネル割当て手法」, 電子情報通信学会 IN 研究会, 2008 年 3 月 6 日
- ⑥ 野林大起, 中村豊, 池永全志, 堀良彰, 石西洋, 貝崎修治, 「マルチホップ無線網におけるパケット到達率を用いた協調型リンク評価手法」, 電子情報通信学会 IN 研究会, 2008 年 3 月 6 日
- ⑦ 野林大起, 中村豊, 池永全志, 堀良彰, 石西洋, 貝崎修治, 「2 ホップ隣接アクセスポイントと連携した多数決に基づく協調型リンク評価手法の検討」, 電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会, 2008 年 9 月 17 日
- ⑧ 三木富美枝, 野林大起, 福田豊, 池永全志, 「複数の伝送レートが混在する無線 LAN 環境における通信特性評価」, 電子情報通信学会 NS 研究会, 2009 年 3 月 4 日

[その他]

ホームページ等

<http://www.net.ecs.kyutech.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池永 全志 (IKENAGA TAKESHI)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号:50284716