新世代光ネットワークに向けた自律的サービス制御プラットフォームの研究(081507003)

Autonomous Service Control Platform for New Generation Optical Network

研究代表者

村上孝三 大阪大学

Koso Murakami Osaka University

研究分担者

戸出英樹[†] 正城敏博^{††} 木下和彦^{††} 廣田悠介^{††} Hideki Tode[†] Toshihiro Masaki^{††} Kazuhiko Kinoshita^{††} Yusuke Hirota^{††} [†]大阪府立大学 ^{††}大阪大学 [†]Osaka Prefecture University ^{††}Osaka University

研究期間 平成 20 年度~平成 22 年度

概要

アプリケーションサービス制御とネットワーク制御を一元化し、それらの機能をコンテキストアウェアなコンポーネン トとしてネットワークワイドに分散配置した上で、それらのコンポーネントをエージェント通信による高速な自律分散協 調制御によって連想的に結合することで新たなサービスやネットワーク制御機能を柔軟に生成するプラットフォームを 確立した。このとき、リソース管理およびネットワーク可視化のためのデータベースとしてネットワークマップを導入し ている。

Abstract

We proposed a new service platform which unifies application service control function and network control function. In the proposed platform, all functions are distributed over a network as a context-aware component. A new service can be provided by flexible combination of these components based on fast cooperative inter-agent communications. In addition, we introduced a functional database named network map for resource management and network visibility.

1. まえがき

本研究開発では、まず、新世代光ネットワークの方向性 とそれに適したサービス提供基盤の要求条件を明らかに し、そのシステム構成の実現手法について検討した。具体 的には、分散配置されたコンポーネントを結合して新しい サービスを生成し、それをエンド・ツー・エンドでの全光 通信によって提供する枠組みを、スケーラブルな自律分散 協調動作環境下で実現するシステムを提案した。

提案サービス提供基盤は制御網を論理的に独立させ、その上でエージェント技術を基本とした自律分散協調動作によって柔軟な呼制御をリアルタイムに実現するものである。トランスポート網とサービス制御網を独立させるこの構成は、NGNでも同様の構成が採用されるなどこれからのネットワークアーキテクチャの基盤となっており、ネットワーク移行に対する親和性が高い。ただし、基本となる伝達網では中継ノードを全光ノードにでき、一切の電子制御が不要となる点が大きな特徴であり、これまでにない高信頼かつ高品質な通信を提供できる。

このシステムを実現するため、以下の要素技術を開発し、 それらをシステムとして総合化する。

(A) ネットワーク・サービス制御機能のコンポーネント化 とネットワークマップ

提案アーキテクチャでは、ネットワーク制御とサービス 制御を一元化し、ネットワーク制御機能及びサービス制御 機能をコンポーネント化した上で、ネットワークワイドに 分散配置し、それらを連想的に結合することで高度なサー ビスを柔軟に提供する。

(B) コネクション指向型ソースルーティング方式と階層化 経路制御アルゴリズム

現在の光スイッチでは、経路テーブルを参照する等の処

理を行うためにはいったん光信号を電気信号に変換する 必要があり、通信速度上の大きなボトルネックとなってい る。現時点で最も現実的な全光スイッチング技術として、 光ラベルスイッチングがある。これは、固定長のヘッダを もつ光パケットをマッチングフィルタに通し、通過したポ ートを通じて次ノードへフォワーディングされるもので ある。そこで、ソースノードにて全体の経路を決定し、ラ ベルとしてヘッダに付与し、中継ノードでそのラベルを切 り落としながら次ノードへ転送することで、現在の光スイ ッチング技術でも全光伝送を可能とする。

(C)エージェント通信技術による高性能自律分散協調制御前述のネットワークマップの維持管理及び経路制御は、全てエージェント通信を基本とした自律分散制御によって実現する。エージェントシステムについては既に多くの研究・開発がなされているが、これまではその移動性・自律性・分散性といった機能面のみが強調されており、その処理速度や実装規模などの定量的な評価はほとんどされておらず、実用的なものは存在しないのが現状である。そこで本研究では、大規模なネットワークにおける網制御という、時間的・空間的に高い性能が要求されるシステムにも適用可能な性能を有するエージェントシステムについて検討する。

2. 研究内容及び成果

まず、新世代光ネットワークの方向性とそれに適したサ ービス提供基盤の要求条件を明らかにし、そのシステム構 成の実現手法について検討した。具体的には、分散配置さ れたコンポーネントを結合して新しいサービスを生成し、 それをエンド・ツー・エンドでの全光通信によって提供す る枠組みを、スケーラブルな自律分散協調動作環境下で実 現するシステムとして、図1の概略図に示すような構成を 考え、これが機能性・高速性・経済性の面から適当である ことを確認した。





従来のネットワークサービスにおいては、サービス制御 機能とネットワーク制御機能は独立しており、固定的なサ ービスが固定された経路で提供されるのが一般的であり、 柔軟性に欠ける。近年では、分散 Web サービスのようにサ ービスをコンポーネント化・結合することで、高度なサー ビスを低コストに提供できる枠組みが実用化されつつあ るが、ネットワーク制御機能はその要素に含まれていない。

これに対して本研究では、ネットワーク機能をコンポー ネント化した上でその制御をサービス制御と一元化する ことにより、多様で高度なネットワークサービスを柔軟に 提供できるプラットフォームを提案している。以下、それ ぞれの要素技術についての概要と成果を述べる。

(A) ネットワーク・サービス制御機能のコンポーネント 化とネットワークマップについては、各ノードで交換する 数ビットの情報具体化として、光スイッチにおける波長利 用情報を適用することを考案した。更に、この波長情報交 換手法を更に拡張して遅延やジッタなどの多様な QoS へ の対応を図りつつ全体を効率化し、数値目標として、現在 の 0SPF と同等の 10 秒に1 回以下の情報交換で必要なデー タベースを構成できるように設計を進めた。

(B) コネクション指向型ソースルーティング方式と階層 化経路制御アルゴリズムについては、実時間で呼制御を行 う上でエージェント間協調にかけられる時間を定量的に 評価し、それを満たすアルゴリズムの構築に着手すること を目標に挙げ、マルチオーバレイ環境での協調ルーティン グ手法を考案した。

(C)エージェント通信技術による高性能自律分散協調制 御については、時間制約のある処理を前提としたエージェ ント実行制御方式を確立した。これは、ノードの処理能力 と稼動するエージェント数から、そのエージェントが制限 時間までに処理を終えられる確率を推定し、その総和が最 大となるよう各エージェントの実行を制御するものであ り、実時間でのコンポーネント連携に大きく貢献する。

最後に、以上の要素技術の提案・確立に加えて、これら を統合した提案プラットフォームの総合評価を行った。

まず、提案プラットフォームの基盤となるエージェント システムをソフトウェア実装し、そのフィージビリティを 確認した。次に、提案するエージェント実行制御方式によ り、各ノードに10秒に1回程度のリクエストが発生する 状況で、1秒の時間制約で十分に質の高いサービスを生成 できることを確認した。また、この10倍の呼量に対して も2秒程度でほぼ同等の結果を得られることから、目標で ある8秒を大きく下回る時間を達成できることを確認し た。

更に、障害発生時については、適切な代替経路を事前に 準備し、ネットワークマップ内に当該代替経路の情報を記 載しておく方式を採用することで、障害検知から経路切り 替えに要する時間はテーブル参照による出力端子変更に かかる時間のみで済む。これは、プロタイプ実装によって 数 ms で完了することを確認しており、大規模ネットワー クでも高々数十 ms で完了すると推定できることから、0.1 秒以内での回復が可能であると言える。その後、経路全体 の再構成を行うが、上記の条件の更に2倍の呼量を仮定し ても10秒以内でこれを完了できることを確認した。

3. むすび

本研究開発では、新世代光ネットワークに向けた自律的 サービス制御プラットフォームとして、分散コンポーネン トの連想的結合を基盤としたシステムを提案し、その実現 要素技術の確立とシミュレーションと実機による性能評 価を行った。今後は実環境への適用を検討する予定である。

【誌上発表リスト】

- [1] K. Kinoshita, Y. Yokoe, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, "A Network Service Platform Providing Stable QoS Based on Dynamic Allocation of Distributed Components," Proceedings of the 6th International Conference on Network and Services Management (CNSM 2010), (27th October 2010)
- [2] Y. Hirota, H. Tode and K. Murakami, "A Simple and Speedy Routing with Reduced Resource Information in Large-capacity Optical WDM Networks," IEICE Transactions on Communications, vol. EB94-B, no. 4, pp. 884-893, (Apr. 2011)
- [3] K. Kinoshita, A. Narishige, Y. Hara, N. Yamai, and K. Murakami, ``An Efficient Agent Execution Control Method for Content-based Information Retrieval with Time Constraints," IEICE Transactions on Communications, Vol.E94-B, No.7, pp. 1892-1900, (July 2011)

【申請特許リスト】

- [1] 木下和彦,村上孝三,戸出英樹,廣田悠介,自律的ネットワークサービス構成技術,日本,2010年1月12日
- [2] 廣田悠介,戸出英樹,村上孝三,木下和彦,交換処理 とネットワーク制御の融合による光スイッチング装置, 日本,2010年3月15日
- [3] 廣田悠介,村上孝三,戸出英樹,木下和彦,藤本章宏, 複数ストリーム協調型動画像パケット復元方式,日本, 2010年8月24日

【受賞リスト】

- [1] グェン コン タイン,電子情報通信学会 PN 研究会 2 種研究会学生ワークショップ プレゼンテーション賞," 複数 WDM ネットワークにおける四光波混合の影響を 低減する光ファイバ選択法", 2010 年 9 月 4 日
- [2] 多田憲司,電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究専門委員会 2010 年フォトニックネットワーク若手研究賞, "IP ルーチング簡素化のための光クロスコネクトを用いた連携ノード構成法," 2011 年 2 月 28 日 【報道発表リスト】
- [1] "高度ネットワークサービス提供プラットフォーム開発"、電波新聞、2010年1月21日
- [2] "新世代光ネットワークサービスプラットフォーム"、 日刊工業新聞、2011 年 9 月掲載予定

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

 $http://www-int.ist.osaka-u.ac.jp/research/SCOPE/index\ .html$