

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2014

課題番号：22360159

研究課題名(和文) アクティブ測定によるネットワークパフォーマンス管理

研究課題名(英文) Network Performance Management by Using Active Measurement

研究代表者

田中 良明 (Tanaka, Yoshiaki)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：30133086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：従来のインターネットはベストエフォートサービスであるため、品質は確保されない。しかし、映像配信などのアプリケーションが普及するにつれ、品質に対する要求が高まっている。品質を確保するにはパフォーマンス管理を行わねばならない。アクティブ測定は、少ない処理量でネットワークの状態が分かるので、パフォーマンス管理に向いている。本研究では、アクティブ測定のネットワーク制御・運用・管理への適用の検討を行い、効率的なパフォーマンス管理の方法を示した。

研究成果の概要(英文)：Best effort service in the conventional Internet does not guarantee the quality of service. However, the demand for the guarantee of the quality of service is increasing, because video service is becoming popular. In order to guarantee the quality of service, the performance management is required. Active measurement is fit for performance management, because its processing is not so much. In this research, the application of active measurement to network control, operation, and management is studied. Efficient performance management schemes are shown.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：ネットワーク パフォーマンス 運用 管理 アクティブ測定

1. 研究開始当初の背景

従来のインターネットはベストエフォートサービスであるため、品質は確保されない。しかし、映像配信などのアプリケーションが普及するにつれ、品質に対する要求が高まっている。次世代ネットワーク NGN (Next Generation Network) では、現在呼受付台帳方式で帯域確保ができるが、実際の品質の管理や、統計多重による効率のよい品質確保の方法は未確立である。更に先の世代の新世代ネットワーク NwGN (New Generation Network) の研究も始まっているが、品質確保の方法はやはり未検討である。

品質を確保するにはパフォーマンス管理を行わねばならない。ネットワーク管理では、ルータなどの機器にある MIB (Management Information Base) のデータが用いられる。このデータにパフォーマンスに関するものもある。しかし、MIB データを集めてパフォーマンス管理を行うことは、データ転送量とデータ処理量が膨大になることからほぼ不可能である。また、通信は必ずしも NGN や NwGN で完結するわけではなく、エンドエンドの品質確保が必要である。

エンドエンドの測定によりパフォーマンス管理を行えば、これらの問題を解決できる。エンドエンドのパフォーマンス測定方法としてアクティブ測定の手法がある。この手法は MIB よりもはるかに少ない処理量でパフォーマンスが分かる。

2. 研究の目的

複数のネットワークが相互接続された大きなネットワークにおいてパフォーマンス管理を行うには、これまでのアクティブ測定の方法は、測定精度の点で不十分である。まず、測定誤差が十分小さいアクティブ測定の方法を開発する。測定誤差が小さくても、測定負荷や測定時間が大きくては実用にならないので、それらは従来並み以下を目標にする。

ネットワークのパフォーマンスは時々刻々変化する。そこで、パフォーマンス予測の方法を検討する。予測に基づく呼制御を行えば、予測なしで呼制御を行うときと比べて、ネットワーク使用率が上がり、かつ十分な品質確保が行えることを目指す。

ネットワーク管理において、自ネットワークはネットワークトポロジーが分かるが、他ネットワークについては分からない。よりよいパフォーマンス管理を行うには、他ネットワークのトポロジーが把握できるとよい。そこで、ネットワークトモグラフィによりネットワークマップ推定を行う方法を開発する。

最後に、ネットワーク全体の管理ができるシステムを検討するとともに、いろいろな種類のネットワークにおいて、測定結果を利用して、ネットワークの制御、運用、管理をより優れたものにし、より高い効率を得ることを検討する。

3. 研究の方法

本研究では、理論検討を行うとともに、シミュレーションや実験も行った。基本的な測定や測定結果の取扱いは理論で検討できるが、複雑になると理論検討は難しいので、シミュレーションを用いた。また、実験により結果を得ることも行った。

4. 研究成果

エンドエンドのパフォーマンスは、端末のパフォーマンス、ネットワークのパフォーマンス、端末のパフォーマンスの三つの区間からなる。ネットワークパフォーマンスというと、真にネットワーク部分のみのパフォーマンスを指すこともあるが、エンドエンドのパフォーマンスを指すこともある。確保すべきパフォーマンスはエンドエンドのパフォーマンスなので、両側の端末のパフォーマンスも重要である。しかし、これまで端末のパフォーマンスは無視され、ネットワーク部分のパフォーマンスのみ検討されてきた。そこで、一般的なオペレーティングシステムのコンピュータを対象にして、通信制御のパフォーマンスを測定し、そのモデル化を行った。この結果得られた端末パフォーマンスのモデルは、そのマシンで、そのオペレーティングシステムを用いた場合のものであり、汎用性があるわけではない。しかし、測定の仕方、モデル化の仕方に汎用性があり、他のマシン、他のオペレーティングシステムでも、同様の方法で端末パフォーマンスのモデルを構築することが可能である。

ネットワークのパフォーマンスに関して、プローブによるアクティブ測定で得られたデータの処理について検討を行い、測定精度の高度化を図った。次に、測定した遅延時間を元に、ネットワークを遅延スペースとして描く検討を行った。これにより、ネットワークトポロジーが分からなくても、効率的なパスを構築する手法を考案した。

アクティブ測定によるトラヒックの測定結果は、ネットワークの制御や異常の検出に用いられる。そのため、多くの場合、測定結果を大と小の二つにクラスタリングする。そのクラスタリング如何で、制御や検出の性能が変わってくる。そこで、トラヒック測定結果に基づいて、大小を分ける閾値を決める新しい手法を提案した。本手法では、パケットを集約してフローにし、それをクラスタリングしている。データの処理方法としては、平均と分散に基づく手法二つと k-means に基づく手法一つを比べた。その結果、平均と分散に基づく手法のうちの一つが他の二つよりも優れていることが明らかになった。本手法は大変高速で、処理遅延による特性劣化はほとんどない。

また、ネットワークのパフォーマンスをネットワーク内に分散した点でモニタリングする手法について解析を行い、測定の性質を示した。また、客観品質 QoS (Quality of

Service) から体感品質 QoE (Quality of Experience)を推定するいくつかの方式について、その推定誤差の性質を明らかにした。

本研究では、更に、光ネットワーク、無線ネットワークなど特定の種類のネットワークへの適用、事業者ネットワークの運用管理の観点での適用など、さまざまな検討を行った。

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2件)

- (1) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "Modelling Network Performance of End Hosts", IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有り, Vol.E95-D, No.7, pp.1872-1881, DOI: 10.1587/transinf.E95.D.1872, July 2012.
- (2) J.Huang, Y.Tanaka, and Y.Ma, "On Approximating a Multicast Routing Tree with Multiple Quality-of-Service Constraints", IEICE Transactions on Communications, 査読有り, Vol.E95-B, No.6, pp.2005-2012, DOI: 10.1587/transcom.E95.B.2005, June 2012.

[学会発表](計27件)

- (3) T.Shirai, T.Yamazaki, R.Yamamoto, T.Miyoshi, and Y.Tanaka, "Performance Analysis of Fixed Node Assisted Opportunistic Routing for Ad Hoc Networks", 2nd International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'14) / 7th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON'14), Granship, Shizuoka, Japan, pp.260-265, December 11, 2014.
- (4) T.Dai, R.Yamamoto, and Y.Tanaka, "Parameter Selection Method for Accurate Available Bandwidth Estimation by pathChirp", 2014 IEICE General Conference, Niigata University, Niigata, No.BS-1-13, pp.S-25-S-26, March 19, 2014.
- (5) D.Wei, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, "A New Optimization Method for Virtual Network Embedding", 2013 IEICE General Conference, Gifu University, Gifu, No.BS-1-34, pp.S-66-S-67, March 21, 2013.
- (6) S.Ma, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, "Mathematical Properties and Analysis of Accuracy in oQoE Assessment", 2013 IEICE General

Conference, Gifu University, Gifu, No.BS-1-30, pp.S-58-S-59, March 21, 2013.

- (7) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "VM Migration Avoidance based on Flow Workload Classification", 2013 IEICE General Conference, Gifu University, Gifu, No.BS-1-50, pp.S-98-S-99, March 20, 2013.
- (8) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "Control over Precision of Flow Volume Sampling using Random Batch Sampling", IEICE Technical Report on Network Systems, Zampamisaki Royal Hotel, Paper No.NS2012-183, Vol.112, No.463, pp.107-112, March 7, 2013.
- (9) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "Time-Based Emulation of Counter-Based Packet Sampling", IEICE Technical Report on Communication Quality, Kikai Shinko Kaikan, Tokyo, Paper No.CQ2012-75, Vol.112, No.414, pp.11-14, January 25, 2013.
- (10) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "Randomness Optimizer for Trajectory Performance Sampling", IEICE Technical Report on Information Networks, Hiroshima City University, Paper No.IN2012-123, Vol.112, No.352, pp.7-12, December 13, 2012.
- (11) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "Popularity-Based Modelling of Flash Events in Synthetic Packet Traces", IEICE Technical Report on Communication Quality, Nagahama Institute of Bio-Science and Technology, Nagahama, Shiga, Paper No.CQ2012-57, Vol.112, No.288, pp.1-6, November 15, 2012.
- (12) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, "A Many-to-One Content Aggregation Model for Highly Heterogeneous Environments", IEICE Technical Report on Network Systems, Kyoto University, Uji, Kyoto, Paper No.NS2012-82, Vol.112, No.231, pp.13-18, October 11, 2012.
- (13) S.Ma, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, "Accuracy of Streaming Media QoE Metrics", 2012 IEICE Communications Society Conference, Toyama University, Toyama, No.BS-5-42, pp.S-108-S-109, September 14, 2012.
- (14) M.Zhanikeev, R.Yamamoto, and Y.Tanaka, "On Why Distributed Monitoring Needs Distributed PASTA", 2012 IEICE Communications Society

- Conference, Toyama University, Toyama, No.BS-4-5, pp.S-24-S-25, September 12, 2012.
- (15) M.Zhanikeev, R.Yamamoto, and Y.Tanaka, “Capturing QoS Context by Alternative Flow Monitoring in Clouds”, 2012 IEICE General Conference, Okayama University, Okayama, No.BDS-1-2, pp.S-128-S-129, March 22, 2012.
- (16) M.Zhanikeev, R.Yamamoto, and Y.Tanaka, “Alternative Packet Sampling for Improved Fairness and Function”, 2012 IEICE General Conference, Okayama University, Okayama, No.BS-3-4, pp.S-7-S-8, March 20, 2012.
- (17) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, “Fast Thresholds for Binary Clustering of Packet Traffic Properties”, IEICE Technical Report on Information and Communication Management, Sojo University, Kumamoto, Paper No.ICM2011-41, Vol.111, No.382, pp.57-60, January 20, 2012.
- (18) M.Zhanikeev, R.Yamamoto, K.Yamori, and Y.Tanaka, “A Method for Side Splitting of Packet Traces”, 13th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2011), Taipei, Taiwan, Paper No.TS6-1, 7 pages, September 22, 2011.
- (19) R.Leng, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, “Disproportionality in Large-scale Distributed Services”, 2011 IEICE Communications Society Conference, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido, No.BS-6-14, pp.S-56-S-57, September 13, 2011.
- (20) M.Randriamanananjara, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, “Influence of Probing Parameters on Terminal Equipment Performance”, 2011 IEICE General Conference, Tokyo City University, Tokyo, No.BS-4-43, pp.S-93-S-94, March 17, 2011.
- (21) R.Leng and Y.Tanaka, “Analysis of Communication Pattern”, 2011 IEICE General Conference, Tokyo City University, Tokyo, No.BS-4-21, pp.S-49-S-49, March 15, 2011.
- (22) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, “Practical Models for Multi-Hop End-to-End Network Paths”, Miyako Island Marine Terminal, Miyakojima, Okinawa, IEICE Technical Report on Information and Communication Management, Paper No.ICM2010-72, Vol.110, No.466, pp.105-108, March 11, 2011.
- (23) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, “Squeezing Out the Best of End-to-End Performance” (Special Talk), Kyoto University, Kyoto, IEICE Technical Report on Communication Quality, Paper No.CQ2010-53, Vol.110, No.287, pp.29-34, November 18, 2010.
- (24) W.Xie, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, “Processing Overhead in IP Traffic Analysis”, 2010 IEICE Communications Society Conference, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, No.BS-7-36, pp.S-115-S-116, September 17, 2010.
- (25) M.Randriamanananjara, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, “How to Model Terminal Equipment in Simulation”, 2010 IEICE Communications Society Conference, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, No.BS-7-34, pp.S-111-S-112, September 17, 2010.
- (26) R.Leng, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, “Problem of Probing Directionality”, 2010 IEICE Communications Society Conference, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, No.BS-7-33, pp.S-109-S-110, September 17, 2010.
- (27) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, “Effect of Incomplete Data on Delay Space Dimensionality”, IEICE Technical Report on Information and Communication Management, Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido, Paper No.ICM2010-18, Vol.110, No.119, pp.57-60, July 9, 2010.
- (28) W.Xie, M.Zhanikeev, and Y.Tanaka, “Comparison between Two Methods of IP Traffic Analysis”, IEICE Technical Report on Information and Communication Management, Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido, Paper No.ICM2010-17, Vol.110, No.119, pp.51-56, July 9, 2010.
- (29) M.Zhanikeev and Y.Tanaka, “Application of Graph Theory to Clustering in Delay Space”, 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT 2010), Kuching, Sarawak, Malaysia, Paper No.B-7-2, 6 pages, June 17, 2010.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

田中 良明 (TANAKA, Yoshiaki)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号 : 3 0 1 3 3 0 8 6