

# PIM-SM によるマルチキャスト・トラフィックのための分散型モニタリング・システムの設計

植野誠史 加藤聡彦 伊藤秀一

電気通信大学 大学院 情報システム学研究所

## 1. はじめに

MBone (Multicast Backbone) に代表されるように、インターネットにおいて IP マルチキャストを用いた音声や映像情報の配信が行われており、そのトラフィック量や通信品質の測定、故障箇所の検出などのために、マルチキャストのモニタリング技術が重要となっている。筆者らはこれまでに、PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode) [1]の解析機能を有する、マルチキャスト用モニタリング・システムを開発し、マルチキャスト・ルーティング・プロトコル手順を考慮したモニタリング・システムの有効性を示した[2]。本稿では、PIM-SM 用モニタリング・システムを複数のリンクに分散配置するとともに、OSPF (Open Shortest Path First) [3]のメッセージを解析することで、ネットワークの各リンクを流れるマルチキャスト・トラフィックを解析する分散型モニタリング・システムについて述べる。

## 2. PIM-SM 用モニタリング・システム

### 2.1. PIM-SM の概要

- グループ毎にマルチキャスト・トラフィックの転送管理を行う RP (Rendezvous Point) が設定される。
- 送信元に直接接続しているルータは、データグラムを RP に転送する。
- 受信ホストに直接接続しているルータは、RP を経由した経路 (RPT: Rendezvous Point Tree) 経路でデータグラムを受信するために、RP に向けて Join メッセージ (RPT-Join) を送信する。データグラムは Join メッセージが転送された経路を逆向きに転送される。
- 経路上のルータは Join メッセージの有効時間のみデータグラムを転送する。
- 転送レートが予め設定された閾値を超えると、RPT から、送信元からの最短経路 (SPT: Shortest Path Tree) へと切り替える。このとき送信元に向けて Join (SPT-Join) メッセージを送信する。

### 2.2. PIM-SM 用モニタリング・システムの概要

PIM-SM 用モニタリング・システムは、ネット

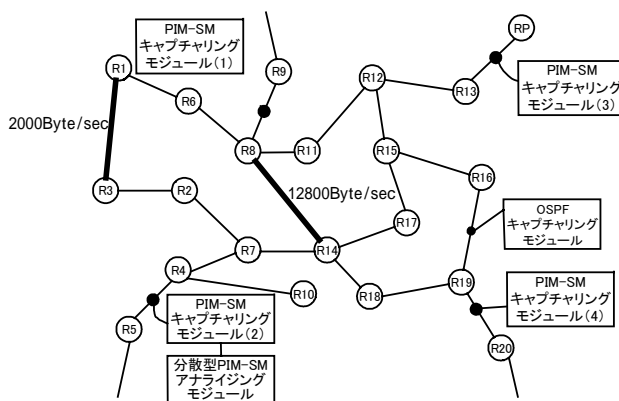


図1. ネットワークの構成と分散型 PIM-SM モニタリング・システムの設置

ワークを転送されるマルチキャスト・データグラムと、ルータ間で交換される PIM-SM メッセージをログに記録するキャプチャリング・モジュールと、記録されたログを解析し、トラフィック量や PIM-SM の動作概要を GUI により表示するアナライジング・モジュールから構成される。アナライジング・モジュールの具体的処理は、マルチキャスト・トラフィックの (グループ、送信元) のペアへの分割、各 (グループ、送信元) に対する RPT-Join と SPT-Join の各メッセージの有効時間の解析である。解析した有効時間と転送されたトラフィックの関連付けを行うことで、トラフィックが RPT と SPT のいずれの配送木で転送されたかを推定できる。

## 3. 分散型モニタリング・システム

分散型 PIM-SM モニタリング・システムは、PIM-SM 用モニタリング・システムの機能に加えて以下の機能を実現する。

- データグラムが転送された経路を推定する。
- ネットワーク全体の性能を評価する。

これらの機能を実現するために次の2点の改良を行った。

- PIM-SM 用キャプチャリング・モジュールの設置地点を複数箇所に拡張する。図1にネットワークの構成とキャプチャリング・モジュールの設置箇所を示す。図1のネットワークはひとつの OSPF エリアを示しており、R5, R9, R20 を通じて他のエリアと接続している。PIM-SM キャプチャリング・モジュールを、OSPF エリアの境界となるルータと RP が接続されているリンク上だけに設置する。これにより、

“Design of Distributed Monitoring System for PIM-SM Based Multicast Traffic”  
Seiji Ueno, Toshihiko Kato and Shuichi Ito  
The University of Electro-Communications,  
Graduate School of Information Systems

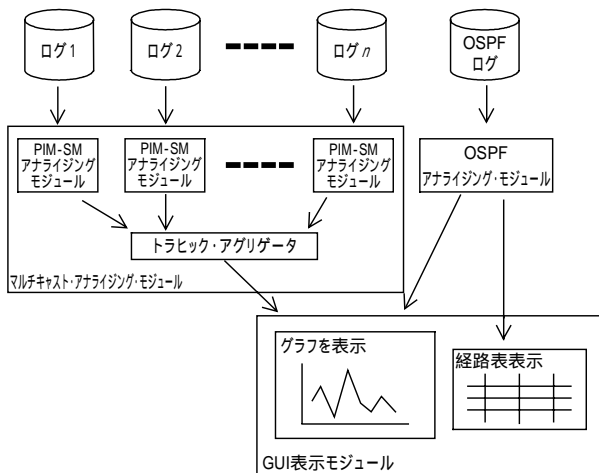


図2. 分散型 PIM-SM アナライジング・モジュールの構成

OSPF エリアに出入りするトラフィック量と RP により転送されるトラフィック量を測定する。

- ルータ間で交換されている OSPF メッセージを解析することで、ネットワークの正確なトポロジを解析する。このため、OSPF キャプチャリング・モジュールを OSPF エリア内の任意の1つのリンク上に設置する。

分散型 PIM-SM アナライジング・モジュールの構成を図2に示す。各 PIM-SM アナライジング・モジュールによって解析した結果を、トラフィック・アグリゲータによって集計する。同時に OSPF アナライジング・モジュールによって解析された経路情報から経路表を作成し、転送されたトラフィックとの関連付けを行うことで、実際にトラフィックが転送された経路を推定する。

PIM-SM アナライザは OSPF エリアの境界となるすべてのリンクに設置しているため、OSPF エリアへの入力トラフィックと、出力トラフィックの差分を計算することで、エリア内で発生したパケット損失を計算することができる。

また、解析した経路表と配送木の種類から、転送されているすべてのデータグラムがどのリンクを転送されているのかを解析することができる。この結果から、ネットワークのどのリンクをどれだけトラフィックが転送されたのかを推定することができ、パケット損失が発生した場合には、どのリンクにおいてパケット損失が発生したのかを予測できる。

#### 4. 解析例

システムの有効性を示すために、シミュレーションによる実験を行った。実験に用いたネットワークの構成は図1に示したネットワークと同じである。R8とR14の間は12800Byte/secに、R1とR3の間は2000Byte/secに帯域を制限している。実験では時刻100秒にR8とR14の間のリンクを切断した。その結果を図3に示す。

図3の1番上のグラフは、特定の(グループ、送信元)のマルチキャスト・トラフィックの、PIM-SM キャプチャリング・モジュール(1)で取得した入

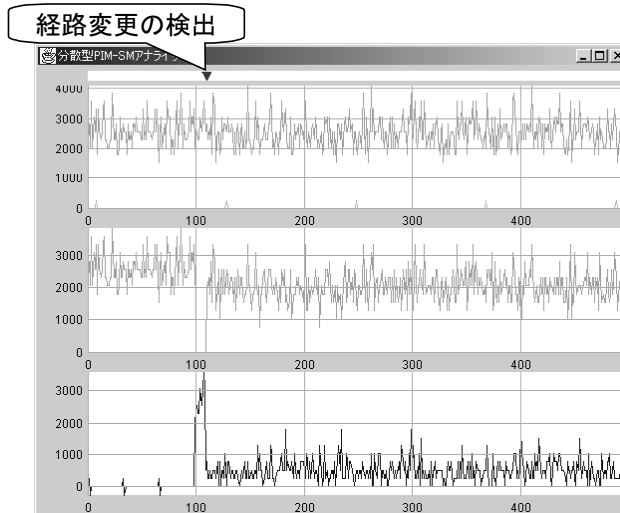


図3. 分散型モニタリング・システムを用いた解析例

力転送量の時間的変化を示し、2番目のグラフは PIM-SM キャプチャリング・モジュール(2)で取得した出力転送量の時間的変化を示す。3番目のトラフィックは、転送量の差分である。またグラフの上部に表示しているマークは OSPF の情報から経路が変更されたことが検出されたことを示している。経路が変更される前後の経路を OSPF アナライジング・モジュールによって解析したところ、経路変更前は R9-R8-R14-R7-R4-R5 の経路で転送されていたが、経路変更後は R9-R8-R6-R1-R3-R2-R7-R4-R5 の経路で転送されていることがわかった。これらの結果から最初はエリアに入ってきたトラフィックはすべて転送されていたが、経路が変更になり、帯域を越えるデータが転送されるようになったため、エリア内でパケット損失が発生するようになったことが解析できる。

#### 5. むすび

本稿ではネットワークを転送されるマルチキャスト・データグラムとルータ間で交換されるマルチキャスト・ルーティング・プロトコルを解析する PIM-SM モニタリング・システムを、ネットワーク上の複数のリンク上に設置すると同時に、OSPF の情報を解析する分散型モニタリング・システムの設計について述べた。また、分散型モニタリング・システムを用いた解析を行い、システムの有効性を示した。

#### 参考文献

[1] D. Estrin, et al., "Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification," RFC2362, Jun. 1998.  
 [2] S. Ueno et al., "Analysis of Internet Multicast Traffic Performance Considering Multicast Routing Protocol," Proc. of ICNP-2000, Nov. 2000.  
 [3] J. Moy, "OSPF Version 2," RFC2328, Apr. 1998.