

氏名(本籍)	太田 耕 平 (香川県)		
学位の種類	博士(情報科学)		
学位記番号	情博第70号		
学位授与年月日	平成10年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
研究科, 専攻	東北大学大学院情報科学研究科(博士課程)システム情報科学専攻		
学位論文題目	大規模高速ネットワークの分散型管理システムに関する研究		
論文審査委員	(主査) 東北大学教授 根元 義章 東北大学教授 白鳥 則郎 東北大学教授 牧野 正三 東北大学助教授 加藤 寧		

論文内容要旨

1 管理トラヒックのネットワーク特性に与える影響と制御

ネットワーク管理を効率化するための管理システムの最適化は、非常に複雑な課題であり、考慮すべきパラメータおよびそれらの適切な設計、運用方法は、未だ明確になっていない。システムの誤設定は管理の効率を低下させ、最悪の場合は、ネットワーク全体のパフォーマンスの低下を招く。そこで、ネットワーク管理システムを効率的に運用するためには、管理システムを、管理対象のネットワークに応じて最適化しなければならない。管理トラヒックの量は主に、ポーリング間隔、管理対象ノード数、および管理対象オブジェクト数、更にネットワーク資源として帯域幅と処理能力に依存する。

1.1 管理トラヒック制御

管理システムとしての管理情報収集機能の設計について述べる。まず、管理トラヒックの制御について、次にそれらと管理用帯域の運用手法について述べる。

1.1.1 パケット間隔の制御

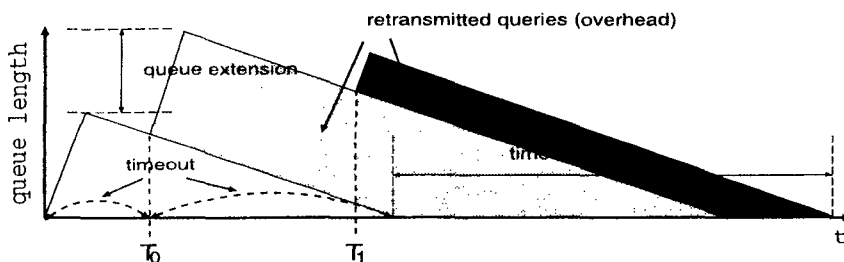


図1：管理トラヒックの輻輳モデル

図1にキューによる遅延と再送のメカニズムの概要を示す。再送は*i*回目のタイムアウト T_i 毎に発生する。そのとき、再送による要求パケットがキューに到着し更なる遅延と輻輳を引き起こす。図の影をつけた部分は、キューの輻輳によるオーバーヘッドの部分を表す。横軸の最大値は最終的にキューがクリアされるまでに要する時間を表す。ここで示したケースは最も単純な場合である。タイムアウトの合計がポーリング間隔より長くなったとき、次のポーリングによつ

て、新たなパケットが到着し、問題がより一層悪化する。

1.1.2 管理用帯域の実現

NMS に使用される資源の割り当てには二つの方法が考えられる。図 2 に示すバーストポーリング制御と図 3 に示す分散ポーリング制御である。バーストポーリング制御では、全ての管理パケットは最適化のために最小のパケット間隔で送られる。分散ポーリング制御では、ポーリングインターバル内に分散してパケットを送出する。

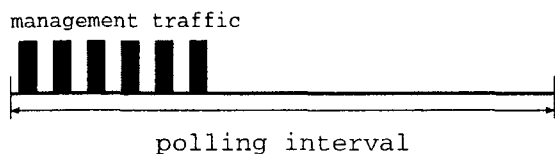


図 2 : バーストポーリング制御

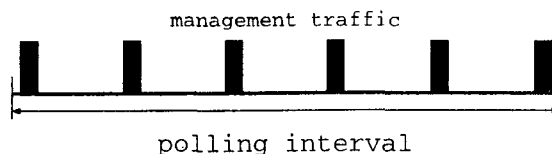


図 3 : 分散ポーリング制御

1.1.3 評価

表 1 は、管理トラフィックの FTP トラフィックに与える影響を示している。ネットワーク資源の消費を表すキューの平均長と再送パケット数にその影響は顕著に現れている。バーストポーリングは、分散ポーリングと比較して性能が低下しているが、制御なしの場合と比較すると両者とも良好な性能を示している。

表 1 : 管理帯域の実現による効果

	non-controlled	バーストポーリング	分散ポーリング
平均キュー長さ	2.78	2.29	2.06
再送パケット数	378	408	377

1.2 まとめ

本研究では、ネットワーク管理に伴う管理トラフィックによる影響をネットワーク管理システムの最適化という観点から論じた。実験的な測定とモデルを用いた分析によって、問題点の定量的な分析、及び、管理とネットワーク利用、双方に有効な効率的な管理トラフィック制御手法を提案し、有効性を確認した。

2 管理情報の品質を確保するシステムの設計

一般的に、マルチメディアネットワークは、管理システムは、トラフィックの規則、接続の許可などを行うネットワークの運用と、それらの情報に基づいた経路の最適化などのリアルタイム操作を行う。ユーザトラフィックの高速で動的な特性を扱うために、リアルタイム制御システムはマイクロ秒からミリ秒のオーダーで動作する。しかし、管理システムは、秒から分のオーダーで動作する。従って、スイッチ中のコネクションや、ホスト、ネットワークの状態は、マネージャがそのテーブルにアクセスしている間にも変更される可能性があり、マネージャは時間的關係において、不整合な情報を得る場合があり得る。

2.1 管理情報の不整合に関する問題

不整合の問題を図 4 に示す。問題点は、各管理オブジェクトがそれぞれ独立であり、一連の互いに関連のある管理情報にアクセスする際に、それらの同期をとる仕組みがないことである。これは、MIB テーブルからネットワーク構成情報を取り出すような、一般的な管理アプリケーションにとって、非常に深刻な問題となっている。

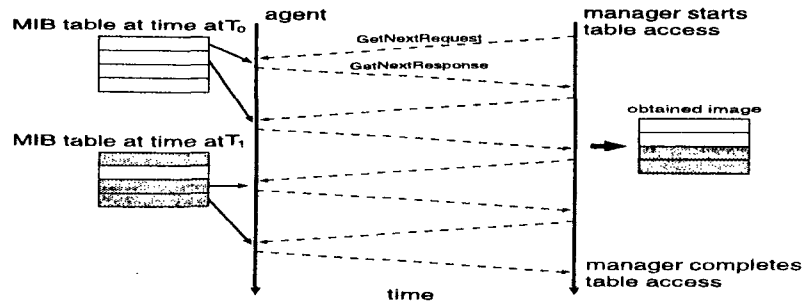


図 4 : 整合問題

2.2 SnapShot MIB

提案する Snapshot MIB の概要を図 5 に示す。MIB は、制御テーブル、フィルタテーブル、データテーブルを持ち、RMON モデルを参考に構築されている。図中の SnapshotTable は、新しい同期のとれた管理オブジェクトのテーブルである。FilterTable は、管理オブジェクトに適用されるフィルタを維持し、そのフィルタリングされた管理オブジェクトは DataTable に保存される。

2.3 評価

Snapshot MIB を用いない場合との比較の結果、ネージャでの検索時間は、実に 1% にまで短縮され、システムカーネルと SNMPD 間の相互作用も改善を示し、エージェントホストでの負荷は大幅に削減された。管理情報の質に関しては、*SnapshotLastUpdate* オブジェクトによって、情報の更新を確認することができるようになり、*SnapshotUpdateInterval* を減少させることによってリアルタイム性の向上が可能である。しかし、性能の限界は、カーネル-SNMPD 間の相互作用に要する時間に依存するため、それを越えて短縮することは不可能であり、システムに不要の負荷を強いることになる。

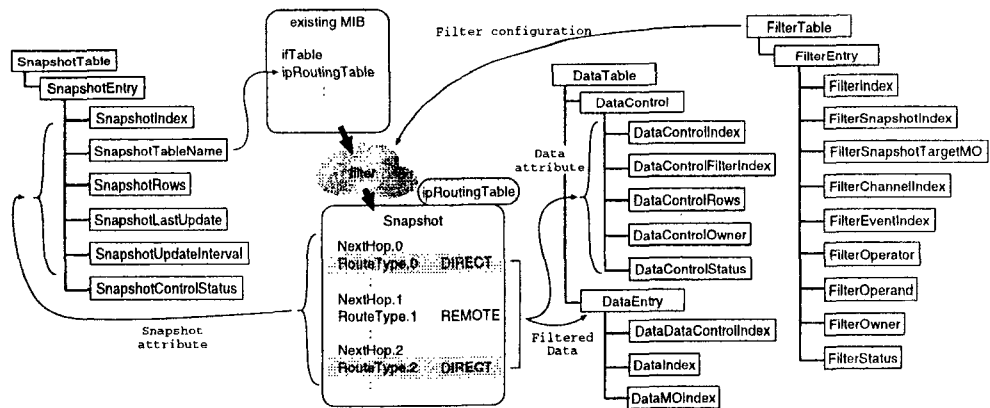


図 5 : Snapshot MIB

2.4 まとめ

高速ネットワークとマルチメディアサービス管理への要求を満たす管理情報の質を扱う新しい MIB アーキテクチャである Snapshot MIB を提案した。また、提案した MIB アーキテクチャの有効性について、高速マルチメディアネットワークの管理問題に適用して検証し、その有効性を確認した。

3 ダイナミックフィルタリングを用いた障害検出システム

ネットワーク管理の中でも特に重要な管理項目である障害管理を考えると、ネットワークトラヒックは障害の兆候を含んでいると考えられる。それらの障害の兆候は様々なネットワーク活動による現象が混在した状態であり、単純なトラヒック観測では、トラヒックはそれら様々なネットワーク活動に付随して生じるトラヒックの集合として観測され

る。このとき、観測量として表れる障害の兆候や症状が量的に小さければ、他の兆候や症状によって隠されてしまうことがある。また、同時に非常に多くの症状が現れ、障害の集合を形成してしまうことも多々あり、それら障害のひとつひとつを切り分けることは事実上不可能となっている。

3.1 ダイナミックフィルタリング

図6は、提案する、イベント駆動型ダイナミックフィルタリングシステムの基本的な構成である。まず、集約されているトラフィック特性、つまり macro-view からイベントを検出する。次に、検出されたイベントを発生した症状の分析を行い、更に、最後の部分で、その中から重要な症状を全体の集約された特性から micro-view として分離し、次のサイクルに備える。この循環的な処理によって、症状が再帰的に分離される。

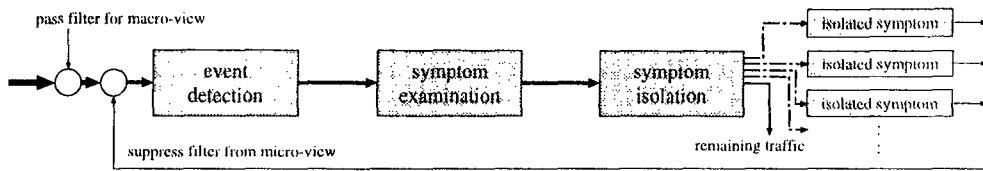


図6：再帰的障害切り分けの基本構成

3.2 評価

図7は、ダイナミックフィルタリングを用いた手法と用いない手法で検出した症状のそれぞれに対する検出頻度を示しており、提案法と従来法で、それぞれの症状を検出した回数を黒とグレーの棒によって表している。ダイナミックフィルタリングを用いることによって、症状の検出能力は著しく向上している。

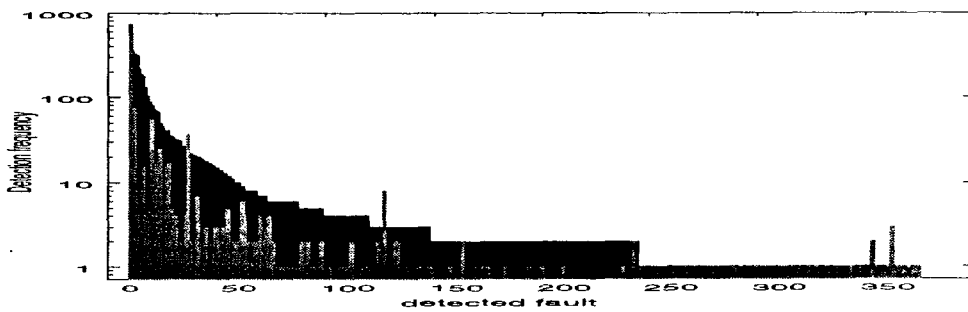


図7：障害検出の正確性

3.3 まとめ

ネットワーク中の障害を検出する際に発生する問題を解決する、ダイナミックフィルタリングによる手法を提案した。本手法によるパフォーマンスの向上を従来の方法と比較して論じ、ダイナミックフィルタリングを用いた手法が非常にすぐれていることを示した。特に、障害検出の範囲が広がり数多くの症状を検出でき、また、その検出された障害の正確性も向上した。

4 結論

以上の成果によって、大規模高速ネットワークの分散型管理システムを考える際の基礎的事項からその応用に至る一連の問題点を指摘し、それらを扱う際の基礎を確立できた。

審査結果の要旨

情報社会の基礎として重要なコンピュータネットワークは、自律分散型であり構造に依存しない自由な発展をとげているが、ネットワークの大規模化、高速化とともに実用化が進み、健全でかつ効率の良いネットワーク環境の確立が重要となっている。しかし、これを実現する自律分散型ネットワーク管理システムに関する研究は十分ではない。著者は、ネットワークと管理アプリケーションの相互関係に注目し、管理プラットフォームを統一的に取り扱いうる自律分散型管理システムの構築に関する研究を行った。本論文はその成果をまとめたものであり、全編6章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、ネットワーク管理情報の特徴について述べ、管理情報トラヒックがネットワークに与える影響を軽減するものとして、管理用帯域の割り当てと環境に応じた管理トラヒックの制御の概念に基づく方法を提案し、実験により提案方式が優れていることを示している。

第3章では、ネットワーク管理に管理情報の信頼性が重要であることを示し、時間同期のとれた管理情報を確保収集する方式を提案している。本方式の導入により管理に要する処理時間の短縮が図られ、管理情報の信頼性が確保できることをネットワーク評価実験で示している。また、本方式は標準化されたプロトコルを意識して構築されており、汎用性にも優れ実用上有用である。

第4章では、ネットワーク障害管理について論じ、多量のトラヒックの中から障害症状を顕わす情報を的確に検出するダイナミックフィルタリングを用いた障害検出システムを提案している。さらに、ネットワークの規模、運用方式に依存しないシステムの設計を行っている。

第5章では、前章で提案したダイナミックフィルタリングを用いた障害検出システムの各機能の実現方法および実装について述べている。

さらに、実際に運用されているネットワークを用いて実装試作システムの性能評価を行い、障害検出能力において従来法の性能を大きく改善したことを明らかにしている。提案システムは実用上有用であり、成果は高く評価できる。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、大規模高速ネットワークを管理するために必要な分散型管理システムの構築に関する研究を行い、柔軟で高信頼性を有するネットワーク管理システムの構築に多くの有用な知見を与えたものであり、システム情報科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。