

## 5-4 アプリケーション指向型運用管理プラットフォーム技術

### 5-4 Research and Development of Application-oriented Management Platform

増田尚則 菅沼拓夫 キニ グレン マンスフィールド 柴田義孝  
木下哲男 曾根秀昭

MASUDA Hisanori, SUGANUMA Takuo, Glenn Mansfield Keeni, SHIBATA Yoshitaka,  
KINOSHITA Tetsuo, and SONE Hideaki

#### 要旨

本稿では、東北 JGN II リサーチセンターにおける研究開発について概説する。本リサーチセンターは、「アプリケーション指向型運用管理プラットフォーム技術の研究開発」を目的として、三つのサブテーマ((1)超高速大規模ネットワーク向きネットワーク計測・解析技術の開発、(2)アプリケーション指向型運用管理技術とセキュリティ技術の開発、(3)フレキシブルネットワークミドルウェア技術の開発)を設定し、アプリケーションが求めるネットワーク情報を、的確に、必要十分な品質で、オンデマンドに提供する運用管理プラットフォーム技術の開発に取り組んでいる。本稿では特に、イベント検出に関する研究について述べる。不正アクセス等のネットワークイベントを自動的に検出することは、ネットワーク利用の増大、セキュリティ、ネットワーク管理者の負担軽減の各観点からますます重要になっている。本研究では従来のトラフィック分析にログ情報を関連付け、管理者にイベント情報を提供する新しい仕組みを提案する。提案する仕組みに基づいて、http トラフィックとログを対象とした実証実験を行った結果、得られたイベント情報は管理者にとってイベントの内容を把握するのに十分な情報であった。

これまでのところ、各サブテーマとも、ほぼ当初計画どおりの成果を得ている。今後はサブテーマ間の連携を考慮しつつ、更なる研究の進展を図ってゆく。

This article summarizes the research activities at Tohoku JGN II Research Center. The main theme of our Research Center is "Research and Development of Application-oriented Management Platform". It consists of three sub themes: (i) Development of network traffic measurements/analysis for ultra high speed and large scale network, (ii) Development of application-oriented management and security techniques, (iii) Development of flexible middleware technique. Network event detection is important for network management, where managers need to know what is happening in their local network. For example, security related incidents, network faults and so on. Our proposed method provides the useful event information, based on multiple traffic monitoring and log mining. We conducted an experiment and evaluated the proposed method using http traffic and logs. The result shows that the event information is enough for the network managers to recognize the contents of network event.

#### [キーワード]

アプリケーション指向, イベント検出, ネットワーク管理, フレキシブルミドルウェア技術  
Application-oriented, Event detection, Network management, Flexible network middleware

## 1 東北 JGN II リサーチセンターの概要

東北 JGN II リサーチセンター(以下、「東北 RC」という。)では、JGN II 研究開発プロジェクトのテーマ、「プラットフォーム・アプリケーション技術に関する研究開発」のうち、「アプリケーション指向型運用管理プラットフォーム技術の研究開発」の実施を主たる目的として、アプリケーションを強く意識し、アプリケーションが求めるネットワーク情報を、的確に、必要十分な品質で、オンデマンドに提供する運用管理プラットフォーム技術の開発に取り組んでいる。

この研究開発テーマについて、東北 RC では、三つのサブテーマを設定し、それぞれについて研究グループを構成する体制をとっている。全体について、アドバイザー2名、東北 RC を担当するサブリーダーとして曾根秀昭(東北大学教授)が総括している。また、招聘研究員1名、拠点研究員1名が、東北 RC の研究活動を推進している。

以下に三つのサブテーマの概要を述べる。

### (1) 超高速大規模ネットワーク向きネットワーク計測・解析技術の開発

近年の超高速大規模ネットワークの管理においては、管理対象となる機器やデータが増大することで効果的な監視・運用が困難となっている。本サブテーマでは、ネットワークトラフィックの計測と解析による、ネットワークイベントの検出・分析技術の開発を行っている[1]-[5]。

### (2) アプリケーション指向型運用管理技術とセキュリティ技術の開発

アプリケーション単位のネットワーク観測技術として、観測情報からのアプリケーション制御情報の抽出と、アプリケーションレベルで通信の特性を計測・集約し、高効率に収集する方式を研究している。また、高品質・高効率なネットワーク管理のための技術として、アプリケーション特性や利用者活動を考慮した知的な運用管理と、多様なアプリケーション間の公平な利用及び大局的な最適制御を含む技術について研究し、併せて、サービス保全技術としてネットワーク攻撃に耐え得る技術も検討している[6]-[13]。

### (3) フレキシブルネットワークミドルウェア技術の開発

柔軟なネットワークのコンセプトに基づく知識型ネットワークの実現を目標として、利用者・アプリケーションの要求やネットワーク環境/特性に柔軟に対処できるミドルウェアの実現を目指している。フレキシブルネットワークミドルウェア(FNM)の研究開発として、エージェント型ミドルウェアコンポーネントにより、領域知識を利用した動的な構成/再構成に取り組んでいる[14]。また、ネットワーク資源の様々な変化に対するサービス品質(QoS)要求に対応できるような柔軟なマルチメディア通信サービス機能を実現するために、トランスコーディング機能をベースとしたミドルウェア、Midfield を導入している[15]-[17]。

以上のサブテーマのほかに、JGN II 利用推進と JGN II 利用技術の普及活動のために、東北 RC では、地域イベント等の支援、地域プロジェクトとの連携などを積極的に受け入れ、例えば、地域内及び地域間の放送分野や遠隔教育への応用といった、地域連携によるアプリケーション開発にも積極的に取り組んでいる。以下の章では各サブテーマの研究内容について概説する。

## 2 超高速大規模ネットワーク向きネットワーク計測・解析技術

### 2.1 イベント検出手法

#### 2.1.1 概要

近年、ネットワーク管理への活用を目的として、異常検出手法によりトラフィックの異常な変化を検出する研究が盛んである。しかし、従来手法は異常の有無という2値でのみ評価したので、異常の検出時にその具体的なイベントの内容が得られず、実運用で活用するには管理者が改めてその内容を調査する必要がある。この問題を解決するため、本研究では、トラフィックの異常検出の結果とログの情報を関連付けることにより、自動的にイベントの要約を提供可能にする仕組みを提案する。

#### 2.1.2 ネットワークイベント検出

まず、本研究におけるネットワークイベントを定義する。ネットワーク管理者が、自身の管理するドメイン内での出来事のうち、管理上の重要性を認めるものをイベントとする。例として、スイッチの故障やケーブルの断線などによるリンクダ

ウン、DoS 攻撃やポートスキャンといった外部からの不正アクセス、P2P ファイル交換ソフトの不正利用やワームによる帯域等のリソースの浪費、ソフトウェア・アップデートのリリースに伴うバースト的なトラフィックの増加などが挙げられる。管理者は、これらのイベントの発生を検出した後にその内容を調査・把握し、必要に応じて応急処置を行う。さらにイベントを詳細に分析し、長期の運用に役立てるなど、高度な知識と経験を必要とする。これらは管理者に多大な負担を強いている。本研究はこれらの作業の自動化を対象としている。

### 2.1.3 イベント要約システム [4][5]

本研究では異常検出手法の不足点であるイベントの内容に関する情報の不足を補うため、ログの情報を組み合わせることによりイベントを自動要約する仕組みを提案する。従来手法では異常検出の結果、「トラフィックの変化に異常が起こった」ということしか分からなかったが、本提案手法では「～というイベントが起こった」という表現になるので、管理者により有益な情報をもたらすことができるようになると考えられる。提案システムの概略を図1に示す。まず、トラフィックを異常検出モジュールに入力し、異常又は正常という判定がリアルタイムに出力される。ここでは、計算量が少なくリアルタイム検出が可能な検出アルゴリズムとして、周波数解析による異常検出手法に基づくトラフィックイベント検出モデルについて検討している。具体的には、まず、トラフィックデータ系列から、4次パタワース高域通過フィルタを用いて高域成分を抽出する。次に、得られた高域成分に対し deviation score 手法を適用して異常検出を行う。異常検出とは別に、アプリケーションとシステムログは常にログを記録してい

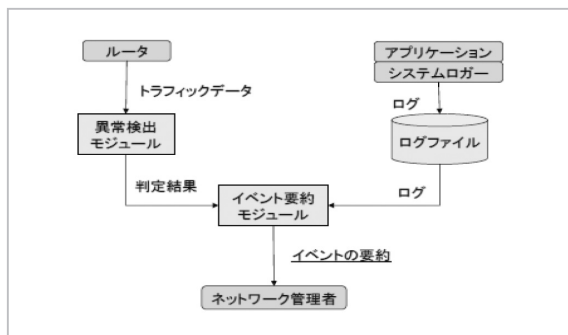


図1 イベント検出システムの概略

る。ここでは、ログ中に発生している事象を解析し、類似事象をあらかじめクラスタリングする。イベント要約モジュールは異常検出モジュールとログファイル両者からの情報を分析する。イベント要約モジュールに異常という判定が入力されると、イベント要約モジュールはその時点付近の関連するログを調査し、必要な情報を取捨選択した上でイベントを要約し、管理者に伝える。なお、アルゴリズム等の詳細については文献[4][5]に示す。

### 2.1.4 実験及び評価

提案手法の実現性及び効果を確かめるため、実際のネットワークから得られたトラフィックデータとアプリケーションログを使用して、動作を確認する実験を行った。本実験では、http トラフィックからの異常検出及び http サーバアプリケーションログのマイニングを対象とする。LAN は1台のルータにより外部ネットワークと接続されており、LAN を構成する2台のホスト上(A、B)で http サーバが稼働している。マイニング対象となるログはそれぞれの access log、error log である。異常検出に使用したトラフィックの時間変化を図2の左側に示す。これはルータで観測したもので、それぞれ5分間の合計値を1週間程度にわたってサンプリングしている。このトラフィックから高域通過フィルタにより抽出した高周波成分の deviation score を図2の右側に示す。分析した結果、ホスト A の error log からは大量の“Segmentation fault”、“File does not exist”、“script not found or unable to stat”が短時間に発生したことが、またホスト A、ホスト B の access log からは特定のホストから大量のリクエストが送られていたことが重要な情報と判定された。続いて、この判定に基づいてイベントが要約

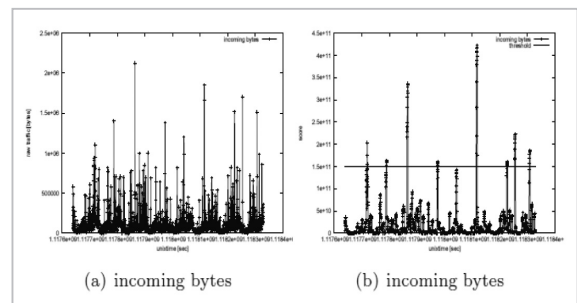


図2 httpトラフィックとその deviation score



された。これは管理者が容易にイベントの内容を把握するのに必要十分な情報で、管理者がログを調べる負担をほぼなくすことができたと言える。

## 2.2 イベント検出・管理システム

### (1) イベント検出

ネットワークトラフィックの監視は、ネットワーク管理とセキュリティにおいて重要なテーマである。ネットワーク監視はそれ自体が目的ではなく、そこから得られた情報から、ネットワーク上のどこで何が起きているのかを解析するために役立てられなければならない。例えば、ネットワーク監視から得られた観測結果から、ネットワークの異常、操作ミス、セキュリティ上の問題などの影響を明らかにすることができる。そのほかにも、トラフィックの観測結果から、サービス品質(QoS)の予測や必要帯域の見積りなどが可能である。

筆者らは、本プロジェクトで、JGN II ネットワークのトラフィックデータを監視するためのイベントモデルを開発することを目的としている。イベントモデルの詳細は 2.1 で述べている。このモデルの評価を効果的に進めるために、データの解析をオンライン、オフラインの両面で支援する解析ツール群の開発を進めている。

このツール群を利用することによって、ネットワーク上の着目したいイベントを検出する。その後、検出したイベントの分類(例えば、Web 上でのチケット予約などの際のアクセス集中、セキュリティ上の問題で発生したトラフィック増加、障害が原因となるトラフィック異常など)について研究を進める。最終的には、ネットワーク管理者から一般利用者まで含めた多様なユーザが利用できるネットワークイベント情報の提供を目指している。

### (2) 基本ツール群

(1)で述べたようなネットワーク監視作業には、複雑で難しい設定作業が要求される。これを簡単化し、監視作業の効率化を実現するため、これまで、以下①～⑤に述べる支援ツール群の開発を行った。

① ネットワーク監視システムの設定作業を簡単化するための“Switch monitor configuration system”：これによりネットワーク管理者の

監視システムの設定作業の効率化が実現できる。

- ② トラフィックの可視化のための“Piped NetGrapher”：これによりアプリケーションにより生成されたトラフィックデータの可視化が可能になり、オンラインでのトラフィック観測が実現できる。
- ③ 統計情報のサマリーを生成する“Summary Traffic Data module”：これにより CSV 形式で統計情報が出力でき、標準の可視化ツールを利用した統計情報の分析が可能になる。
- ④ Layer-2 ネットワーク上の特定トラフィック追跡のための“Traffic Tracker Bar Graph (TTBG) system”：これによりスイッチのポートベースでトラフィックのソースを追跡することが可能になる。
- ⑤ イベントの定義と検出を、オンライン/オフラインの両面で行うための“Event Detection and Management system”：詳細は(3)にて述べる。

### (3) イベント検出・管理システム(図3)

通常のネットワーク監視作業は、主にイベントに注目して行われる。もしイベントの提示がない場合、ネットワーク管理者はおそらく膨大な量のトラフィックデータを詳細に調べたいとは思わず、トラフィックデータは詳細に分析されることなくアーカイブされ、オフラインのメディアにバックアップされるか、もしくは破棄されるであろう。現在の監視システムは着目するイベントを検出する機能を持っていない。したがって、管理者は、イベントを検出するためにすべての膨大なトラフィックデータを眺めるか、さもなければまったく見ないかのどちらかである。本研究では、イベントを、統計的に見た長期的な変化としてとらえる。ネットワーク管理者は、あらかじめ特定の

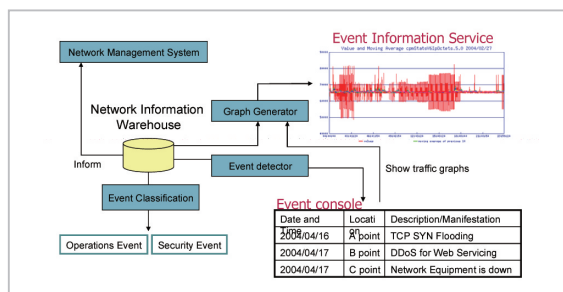


図3 イベント検出・管理システムの概要

イベント(例えば、ファイル転送、Web ページ転送、メール転送などのマイクロなイベント)に興味を持っていることが多い。または、マクロなイベント(複数のマイクロなイベントやデータ・スリーミングなどが行われている2地点間のセッションなど)にも興味を持っているかもしれない。ネットワークトラブルもイベントと考えられる。そのような場合は、トラフィックが突然少なくなったり、RTT が急激に変化したりする。本研究では、このような様々な種類のイベントを自動的に発見し、管理者にそれらのイベント発生を通知する機構の開発を目指している。本アプリケーションでは、与えられたルールに基づいてイベントを検出する。イベントレポートから管理者は、関連するトラフィック情報グラフを直接可視化することができる(図4~図6)。

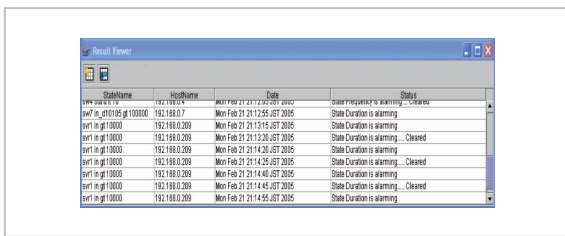


図4 アラームリストの表示

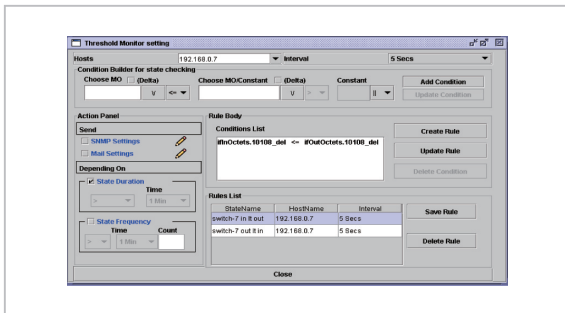


図5 ルール定義UI

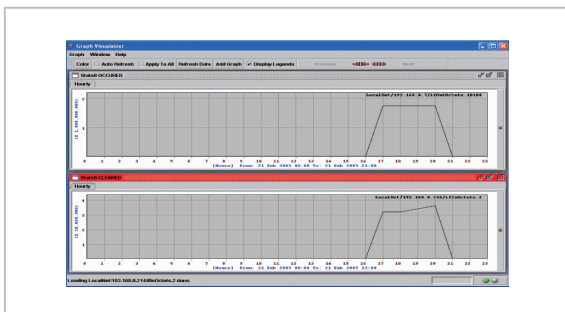


図6 注目イベントのトラフィックグラフ

### 3 アプリケーション指向型運用管理技術とミドルウェア技術

#### 3.1 アプリケーション指向型運用管理技術とセキュリティ技術

##### 3.1.1 運用情報の統合化による運用管理支援技術

多地点間相互映像配信ネットワークの運用管理技術として開発している運用知識に基づく映像配信システム(図7)[6]は、多地点相互の動画像配送網を実現するためのプロトコル変換機能を有する中継・分散スプリッタであり、配信網全体の利用帯域の効率化をもたらす。ネットワークの観測データとアプリケーション状態の収集・管理のための運用・統計情報統合化システム(図8)[7]は、運用情報と統計情報を時間軸で統合し、各レイヤーで定量的・定常的な計測[8]をするものである。これらの開発技術の実証実験を、JGN II において「地域間広帯域コンテンツ流通基盤実験」及び「CATV コンテンツ流通実験」の映像配信イベントを多数行いながら実施している[9]。また、大容量分散配信システムの効率的運用技術としてデマンド型分散ファイルシステム[10][11]の実証実験を行っている[12]。

##### 3.1.2 地域連携によるアプリケーション開発

前項で述べた JGN II 上の実践的実験と併せて、配信映像利活用のためのエンドユーザ環境構築を、地域連携によるアプリケーション開発として取り組み、地域内及び地域間の放送分野や遠隔教育への応用を実施している[13]。

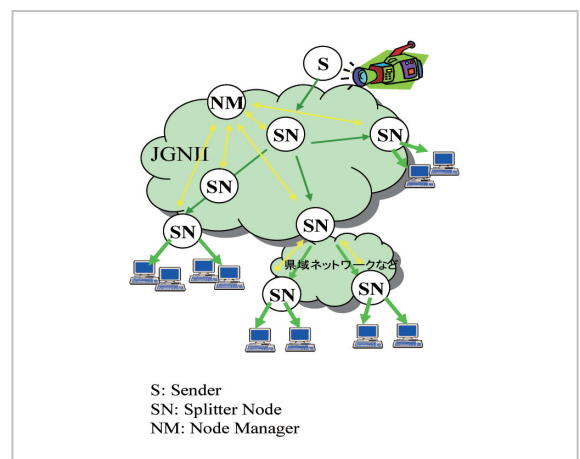


図7 多地点間相互映像配信ネットワーク

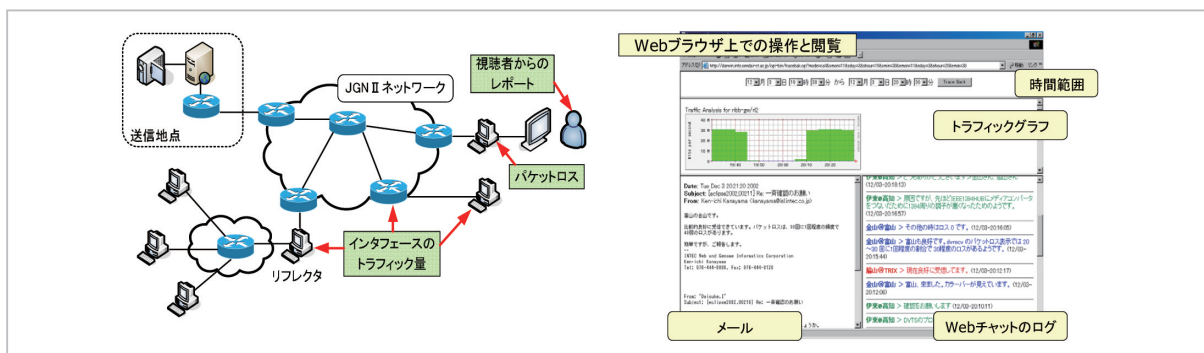


図8 運用・統計情報統合化システム。システム構成例(左)と画面例(右)

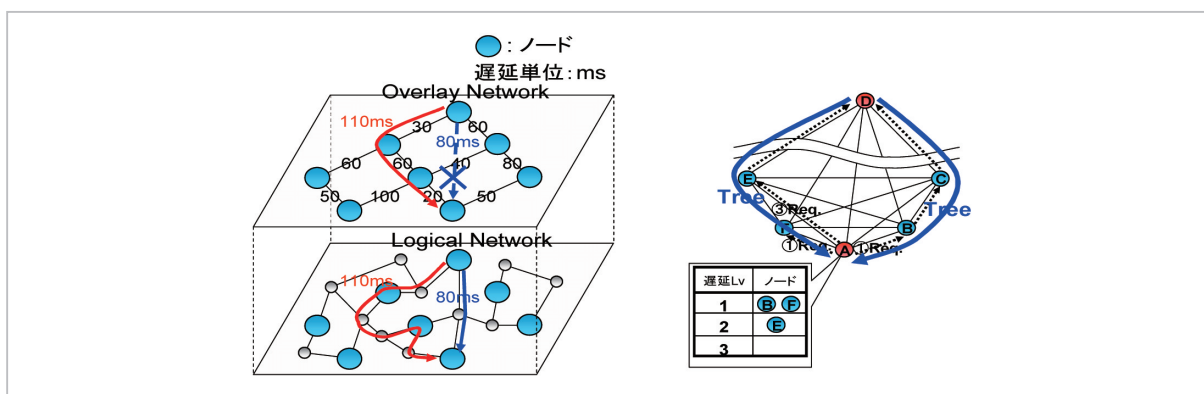


図9 既存のALM ツリー構築手法(左)と筆者らが検討を行った全結合型手法(右)

### 3.2 フレキシブルネットワークミドルウェア技術

#### 3.2.1 1対多、多対多通信機構

エージェント型ミドルウェアアーキテクチャにおける1対多、多対多通信機構として、全結合オーバーレイネットワークにおけるアプリケーションレイヤマルチキャスト(ALM)ツリーの構築法の検討と、ミドルウェアのコンポーネントとしてのエージェント指向設計を行った。既存のアプリケーションレイヤマルチキャスト手法では、ツリー構築時の計算量の増加を抑止するため、図9左に示すように、あるノードが他のノードと直接接続を確立する数、すなわち枝の数を比較的小さい数(数本程度)に抑えたシンプルなオーバーレイネットワークをあらかじめ作成し、これに基づきツリーを構築している。しかしながら、枝の数に制限を設けるデメリットとして、効率の悪いツリーが構築される場合が多くある。そこで、ツリー構築の際に候補とする枝の数を制限せず、全結合のオーバーレイネットワークに対してマルチキャストツリーを算出する手法を検討した[14]。具体

的には、まず、図9右に示すように、送信ノードAからの遅延に基づき他のノード(B~F)をグルーピングする。各グループは、遅延の小さい順にレベル分けする。このレベルを遅延Lvと呼ぶ。そして、まず遅延Lvの低いグループに属するノードを候補としてツリーを試算し、要求される遅延の条件を満たせない場合、候補を次の遅延Lvのグループに拡大して、再度ツリーの試算を繰り返す。その結果、解が存在する限り、要求される遅延の条件を満たすツリーを構築できるようになる。

さらに、上述の検討手法を実現するためのエージェント指向設計を行った。その結果、図10に示す四つのエージェント、(1) Application Controller、(2) Data Info Holder、(3) Main Controller、(4) Communicator からなるエージェント型ミドルウェアのコンポーネントの設計を得た。今後は、設計結果に基づき試作を行い、JGN II上での運用実験を含め、本手法の評価を行う予定である。

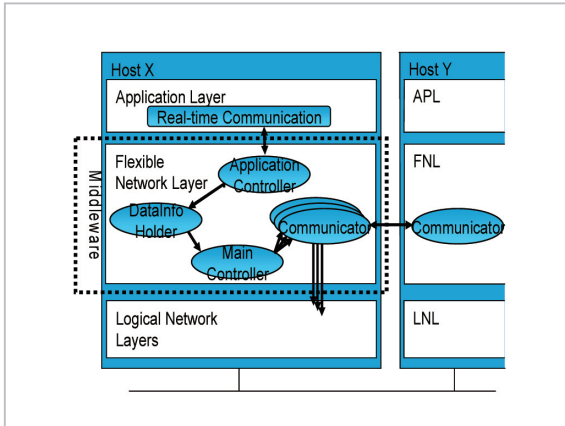


図10 ミドルウェアのコンポーネントとしての設計

### 3.2.2 Midfield System

多様なネットワーク環境や計算機資源が相互接続された環境において、利用資源の時間的な変化や提供メディアに対するサービス品質 (QoS) 要求に対応できるように柔軟なマルチメディア通信サービス機能が必要である。これを実現するためにトランスコーディング機能をベースとしたミドルウェア、Midfield を導入した[15] - [17]。

図 11 に示すように、MidField System は、トランスポート層の上位層に 3 階層 4 プレーンで構成されており、アプリケーションに対し柔軟なマルチメディア通信を提供する。Stream Plane ではマルチメディアストリーム転送 (メディアの同期、データ変換、フロー制御)、Session Plane では相互通信セッション管理、System Plane では資源管理、Event Process Plane ではシステム内部イベント処理を行っている。

Midfield System では特に、DV クラスの高品質

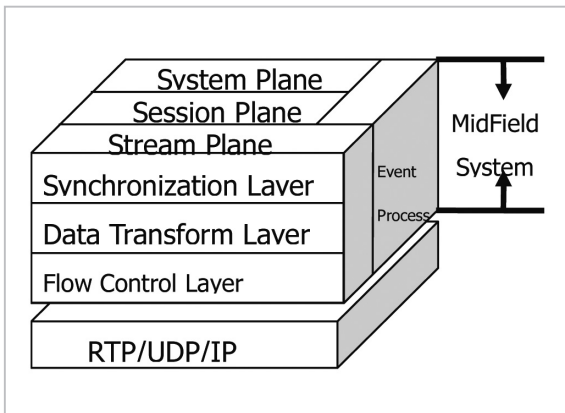


図11 Midfield System のアーキテクチャ

質ビデオから MPEG4 程度の低品質までの幅広い帯域を持つマルチメディアストリームを遠隔地点間で、ネットワークの利用可能な帯域や送受信計算機資源の負荷状況に応じて、図 12 に示すように、トランスコーディング機能により、メディア変換を動的に行い、利用者のサービス要求に対応したマルチキャストあるいはユニキャスト転送を可能とする。

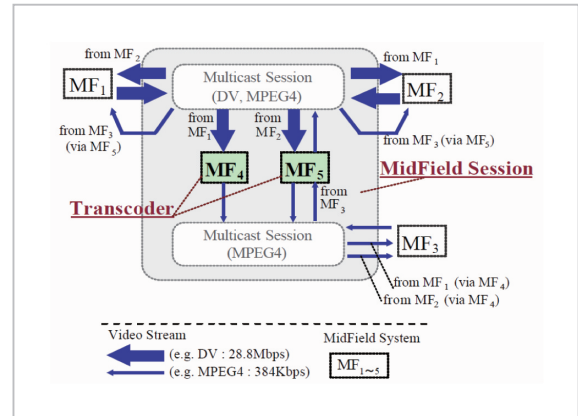


図12 Midfield のトランスコーディング機能

現在は、DV に加えて、HDV による高品質映像、また通常の DV による単方位映像転送に加えて、HDV による 360° キャプチャされた高品質の全方位映像転送もその品質保証を可能とするシステムを開発しており、その性能及び機能評価を行う予定である。

## 4 おわりに

本稿では、東北 JGN II リサーチセンターにおける研究開発について概説した。本リサーチセンターは、これまで述べた三つのサブテーマにより研究を推進している。これまでのところ、各サブテーマとも、ほぼ当初計画どおりの成果を得ている。今後はサブテーマ間の連携を考慮しつつ、更なる研究の進展を図ってゆく。



## 参考文献

- 1 Zhang Ding Hui, Koide Kazuhide, Gen Kitagata, Glenn Mansfield Keeni, and Norio Shiratori, "Detection of Network Events using Digital Signal Processing Techniques", 電子情報通信学会技術報告, CS/IN/NS 研究会, IN2004-66, pp.37-41, Sep.2004.
- 2 Katsuhisa Abe, Glenn Mansfield Keeni, Norio Shiratori, "Network Traffic Analysis on the basis of RTT measurements", 電子情報通信学会技術報告, MoMuC 研究会, MoMuC2004-92, pp.27-32, Jan. 2005.
- 3 Zhang Ding Hui, Koide Kazuhide, Gen Kitagata, Glenn Mansfield Keeni, Norio Shiratori, "Detection of Network Events based on Digital Filtering", 情報処理学会研究報告, DPS 研究会, Vol.2005, No.33, pp.271-276, Mar. 2005.
- 4 長尾真宏, 北形元, 菅沼拓夫, 白鳥則郎, "差分フィルタを用いたトラフィック解析とログマイニングによるネットワークイベントの自動判断", 情報処理学会研究報告, 2005-DPS-123, 2005年6月.
- 5 長尾真宏, 北形元, 菅沼拓夫, 白鳥則郎, "トラフィック異常検出とログマイニングの組み合わせによるネットワークイベントの自動要約", 電子情報通信学会技術研究報告, IN2005-70, 2005年9月.
- 6 櫻井健一, 菅野浩徳, "DV/IP 多地点配信システムの設計と実装", 平成17年度電気関係学会東北支部連合大会, 1E-10, 2005年8月.
- 7 奈良岡豪, 相澤裕千, 鶴田えりか, 脇山俊一郎, "映像配信実験を支援するネットワーク運用・統計情報統合化システムの開発", 日本学術振興会インターネット技術第163委員会, 先端的ネットワーク&コンピューティングテクノロジーワークショップ, C-6, 2005年1月.
- 8 鶴田えりか, 相澤裕千, 脇山俊一郎, "映像配信ネットワークの運用・統計情報統合化システムにおけるユーザビリティの向上", 平成17年度電気関係学会東北支部連合大会, 1E-08, 2005年8月.
- 9 脇山俊一郎, 菅野浩徳, 曾根秀昭, "東北JGN II リサーチセンターでの地域間広帯域コンテンツ流通基盤実験の概要", 地域ネットワーク連携ワークショップ 2005, 2005年9月22日.
- 10 菅野浩徳, 曾根秀昭, 根元義章, "デマンド型ネットニュース配送方式におけるトラヒックのモデル化とレスポンスタイム評価", 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, pp.535-543, 2003年3月.
- 11 菅野浩徳, 曾根秀昭, "デマンド型配送方式におけるディレクトリ情報管理手法の一検討", ITRC 情報流通基盤ワークショップ, ITRC Technical Report No.26, 2004年2月.
- 12 Satoshi Nounin, Hironori Kanno, and Hideaki Sone, "Information management and server selection of a distributed delivery system", Joint Seminar of Core University Program and JSPS 163rd Committee on NGI, Daejeon, A23-1, Nov. 2004.
- 13 脇山俊一郎, 菅野浩徳, 林優一, 奈良岡豪, 錦部政朋, 曾根秀昭, "[JGN II 推進フォーラム2004 in 東北]における映像配信ネットワークの構築と運用", 平成16年度電気関係学会東北支部連合大会, 1F4, p.198, 2004年8月26日.
- 14 長谷川大介, 北形元, 菅沼拓夫, 木下哲男, 白鳥則郎, "多対多コミュニケーションのためのアプリケーションレベルマルチキャストツリー構成法", 日本学術振興会インターネット技術第163委員会, 第2回先端的ネットワーク&コンピューティングテクノロジーワークショップ, A-3, 2005年10月.
- 15 Koji Hashimoto and Yoshitaka Shibata, "Mobile Agent-Based Adaptive Multimedia Communication", "INTELLIGENT VIRTUAL WORLD Technologies and Applications in Distributed Virtual Environment", World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., ISBN:981-238-618-1, pp.179-190, 2004.
- 16 橋本浩二, 柴田義孝, "利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア", 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.2, pp.403-417, 2005年2月.
- 17 Yuya Maita, Koji Hashimoto, and Yoshitaka Shibata, "A New TV Conference System with Flexible Middleware for Omni-directional Camera", Proc. on DEXA2005 Workshop, NBIS, pp.84-88, Aug.2005.





ますだ ひさのり  
**増田尚則**

拠点研究推進部門東北 JGN II リサーチセンター専攻研究員  
ヒューマンコンピュータインタラクション



すがぬまたくお  
**菅沼拓夫**

拠点研究推進部門東北 JGN II リサーチセンター特別研究員 博士(工学)  
マルチメディア通信システム



**キニ グレン マンスフィールド**

拠点研究推進部門東北 JGN II リサーチセンター特別研究員 工学博士  
ネットワーク運用、管理、セキュリティ



しばた よしたか  
**柴田義孝**

拠点研究推進部門東北 JGN II リサーチセンター特別研究員 Ph.D.  
コンピュータネットワーク、ヒューマンインターフェース、感性情報処理



きのしたてつお  
**木下哲男**

拠点研究推進部門東北 JGN II リサーチセンター特別研究員 博士(工学)  
知識工学、エージェント工学



そねひらあき  
**曾根秀昭**

拠点研究推進部門東北 JGN II リサーチセンター専攻研究員(東北大学教授)  
博士(工学)  
通信・ネットワーク工学