2008－ARC－179 (17)
2008／8／6

リッチなユーザサービスを提供するセマンティックルータの提案

橋岡 大地† 明石 大† 三野 峻徳† 石田 慎一†
井上 恒一† 川島 英之†† 鯉渕 道紘††† 西 宏章†
†慶應義塾大学大学院 理工学研究科 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
E-mail: †{hashioka,akashi,mitsuno,sin,kinoue,west}@west.sd.keio.ac.jp
††筑波大学大学院システム情報工学研究科〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
††E-mail: kawasima@cs.tsukuba.ac.jp
†††国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2
†††E-mail: koibuchi@nii.ac.jp

概要 本稿では，アプリケーションサービスと相互に情報交換し，リッチなユーザサービスを提供する新しいネットワークルータアーキテクチャの提案を行う．このルータは，ネットワーク上のトラフィックデータを監視し，ペイロード情報を読み取るとともに，読み取った情報をルータ内のメモリ上もしくはハードディスク上に構築されたデータベースに格納する．この専用データベースを操作し，膨大なトラフィックを制御するための新しいクエリ言語として SSRQL を提案する．SSRQL はパケット内部のインスペクションを可能とするため，パケットのセマンティック情報を抽出可能となる．SSRQL を用いてルータの持つデータベースにアクセスし，様々なアプリケーションやサービスを開発することが可能となるため，特に SSRQL による管理下にあるルータをセマンティックルータと呼ぶ．セマンティックルータは Web2.0 においてさらにリッチなサービスを提供できる可能性を有する．本報告ではセマンティックルータの動作および SSRQL の概略について述べる．

キーワード ルータ，情報サービス，ネットワークルーティング，データベース

Proposal of Semantic Router providing rich user services

Daichi Hashioka† Dai Akashi† Takanori Mitsuno† Shinichi Ishida†
Koichi Inoue† Hideyuki Kawashima†† Michihiro Koibuchi††† Hiroaki Nishi†
† Graduate School of Science and Technology, Keio University 3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, 223-8522
†† Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8573
††† National Institute of Informatics, National Center of Sciences, 2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430

Abstract In this paper, we propose a new router architecture that enables router to interact with services. The proposed router observes the traffic data stream, inspects the packet payload as well as packet headers, and stores the designated data in the associated database. We also propose a new query language "SSRQL", which is defined to operate massive traffic data stream in the proposed router. Thus, application programmers can access to the database with the SSRQL codes to develop new services in the data-oriented Web2.0 world.

Keyword Router, Information services, Network routing, Database

1. はじめに

インターネット上のあらゆるデータはコンテンツとなり，Web サービスをリッチなものにしつつある．Web2.0 の世界では，テキストデータだけでなく画像，動画位置情報や地図情報など，様々なデータが，サービスプロバイダとユーザの双方から生成されている．また，API(Application programming Interface)を活用したマッシュアップは，複数の発信源からの情報を組み合わせ，ネットワーク効果を利用し，より一層のデータ生成と相互作用を促している．

ルータは IP ネットワークの中心に位置し，これまで主にパケット転送とプロトコル変換を担ってきた．一方で，ルータは高度な計算処理能力を備えたコンピュータシステムでありながら，これまでユーザがサービスの恩恵を受けるアプリケーション層に対し積極的に関与することはなかった．積極的に関与することでルータが取得可能となるデータはエンドホストでは得難いユニークなものである．一般的な検索エンジンが行っているように，エンドホストでの情報取得は，クローラを利用するなどした能動的な情報収集であるのに対し，膨大な量のパケットが通過し続けるルータでは受動的な情報収集を行えるため，情報のリアルタイム性，情報のカバレッジにも優れている特徴がある．そして，ルータが取得可能なユニークな情報を外部に提供するインターフェースを持つことは，ウェブサービスをよりリッチにする可能性を秘めていると考えられる．

我々の長期的な目標は，実際のトラフィックデータストリームに基づくユニークな情報を提供する，サービス指向のルータを設計することである

[1]. 本稿では，セマンティックルータとそのネットワークモデルの構想を提示する．セマンティックルータは，トラフィック中のパケットを監視し，指定されたデータをデータベースとして格納する．

我々はまた，トラフィックデータをアプリケーション開発者が容易に扱えるよう，データベースを管理する新しいクエリ言語，SSRQL(Semantic Switch Router Query Language)を提案する．

本稿の構成として，2 章で研究の背景と関連研究を述べ，3 章および 4 章でそれぞれセマンティックルータの構想と要求項目を示す．5 章では想定されるアプリケーションを説明し，6 章では本稿の結論と今後の課題を示す．

2. 関連研究

本章では，提案するサービス指向ルータを実現するにあたって前提となる，ネットワークの基調をなす技術を概説する．

検索エンジンは，Web 上にある多量のデータから求める情報を得る時間を最小化する主要技術である．検索に用いるデータは Web クローラによって収集され，インデックス化して蓄積される．それにより検索エンジンは巨大なデータベースを獲得する．Google は獲得したデータベースを利用して API を提供し，Web コンテンツの有用性を向上させている．検索エンジンとそのアルゴリズムは学術的な領域から提案されたものではあるが，Google や Yahoo!に代表される商業サービスプロバイダの手によって技術的に進化し，広く使用されている．しかしながら，現存する主要な検索エンジンにおいては，検索結果の妥当性，精度などの品質といった観点からは，更なる改良が求められるのが実状である．これは，これらのサービスがエンドホストで実装されているため，インターネットのクロールや自己への訪問など限られた情報から検索結果を割り出さなければならないためである．

Search Wikia[2]はオープンソースの検索エンジンであり，開発は Wiki が主導している．オープンソースであるため動作の透明性が良く，任意の目的に合わせて適応させることにより検索品質も向上することができる．しかしこれらの検索エンジンはいまだにエンドホストによって管理される Web クローラに依存している．一方，iGoogle のようなパーソナライズされた検索は，タイムスタンプによって検索結果の履歴を集める機能を持つ．これは Web クローラとは違った，検索結果の精度を向上させるためのデータ収集の付加的な方法である．しかし検索品質の向上のために実際のトラフィックデータを組み込んだ検索エンジンはほとんど存在しない．

インターネットバックボーンがユーザに提供するサービスも多様化している。例えば、遠隔授業や Grid のような最先端のリアルタイムアプリケーションではしばしば， Virtual Private Network (VPN) を用いたセキュアな通信や高い通信品質が要求される。そこで学術情報ネットワークなどの先進的なインターネットでは、サービスとして柔軟なネットワーク資源配分によるマルチレイヤ QoS/VPN、Bandwidth-on-Demand (BoD)などを提供している。これは、従来は高品質を得るために専用線を用いてきたユーザをインターネットバックボーンに収容することを可能にする技術であり，インターネットバックボーンの資源利用効率を向上させることも可能である． これらは，複数の最先端技術を単体のルータに組み込むことにより成功した部分が大きい。つまり、もはやルータは IP パケットをベストエフォートで単純処理する装置ではなく、高度なサービスを提供することが実装上は可能となっている．

アプリケーション指向ルータは，そのデータベースに格納されたコンテンツを活用した商用目的での運用も可能であり，単なるトラフィックの中継機器としては留まらない役割を持つ．Cisco は Cisco ISR(Integrated Services Router)の事業者向け API として AXP(Application eXtension Platform)を公開した[3]．この AXP と SDK(Solution Developer Kit)を活用することで，システムインテグレータや法人ユーザは，ルータと密接に統合されたアプリケーションを開発することが可能となる．対象とするのは，セキュリティ機能や 24 時間止まらないことを要求されるミッションクリティカルなシステムとの統合的なアプリケーションである．AXP は現在 Cisco 1841,2800 シリーズ，そして 3800 シリーズ ISR などのエッジルータでサポートされるが，テレコム用途のコアルータではサポートされていない．

一般的なルータはルーティングの目的でパケットヘッダを調べる．一方，ルータとパケットペイロードの相互作用は，コンテンツベースルーティングのアーキテクチャにおいて議論されている[4-5]．Moscola，Cho，Lockwood は，宛先 IP アドレスよりむしろパケットペイロード中のコンテンツによってルーティングを行う，リコンフィギュラブルなハードウェアによるコンテンツベースルータを提示した[6]．そのハードウェア構成は，ネットワーク上で数 Gbit のスループットを維持しながら，複数の層に渡るコンテンツ閲覧を行うのに必要なだけの計算能力を持つことが証明されている．

トラフィックデータを用いた侵入検知システムの一つとして SNORT がある[7]．SNORT は，あらかじめ登録されている正規表現を含むルールセットとトラフィックデータを比較し，合致すれば警告を出すシステムである． SNORT はソフトウェアで処理されるために，数 Gbit のスループットを満足させることは困難であったが，専用ハードウェアの実装により 10Gbps 以上のスループットを達成した研究も存在する[8]．

セマンティックルータはこのようなコンテンツベースルータ技術の集大成であると言える．

3. セマンティックルータの概要

Web 上ではユーザが情報を公開・共有し，サーバ上の巨大なデータベースが検索エンジンや Web サービスという形でユーザや情報の相互作用を促す重要な役割を担う．現行の検索エンジンと Web

サービスの大半がクライアントーサーバモデルに基づいているが，ルータが扱っているデータは，ネットワーク中に位置するルータによってしか得られない性質の情報である．このことを考慮すると，ルータがアプリケーション層にインターフェースを持ち，ユーザの情報公開，共有，検索，情報収集作業に密接に関わり、これらを促すというモデルは有用である．

セマンティックルータは単にデータ転送とプロトコル変換を行うハードウェアではなく，トラフィックデータ中のパケットペイロードを監視し，Web サービス，クライアント，周辺ルータが利用可能な形で情報を提供する．ここでは，セマンティックルータを実装するにあたり必要となる機能・設計について述べる．

まず，従来のルータは IP プロトコルを処理するのみであるのに対し，セマンティックルータはパケットペイロード中のコンテンツデータを参照し，より豊富な情報でルーティングテーブルを定義してインターネットトラフィックの有用性と管理機能を向上させる．セマンティックルータは，アプリケーションプログラマが高速で効果的なルーティングを定義するためのトポロジ情報を提供することによって，P2P アプリケーションやオーバレイネットワークにも関与できる可能性がある．

同様の理由から，IP ベースルーティングとコンテンツベースルーティングのシームレスな統合によって，アプリケーションプログラマが新しいサービスを生み出すことを可能にする．

さらに，セマンティックルータは周辺のルータと協調して大規模な分散データベースを構成する．既存の検索エンジンがエンドホストからクロールしたコンテンツに基づく一方，セマンティックルータは分散データベースを有効活用した情報取得により，検索結果の品質を向上させることができる．

図 1 にセマンティックルータのハードウェア構成を示す．ワイヤレートでの処理が必要となるトラフィックパケットのパターンマッチング処理やデータベースへの書き込み処理はパケット処理エンジンや INSERT エンジンなどのハードウェアによって高速処理され，データを取得するなど速度を必要としない処理は SSRQL 処理エンジンによってソフトウェアで処理される．

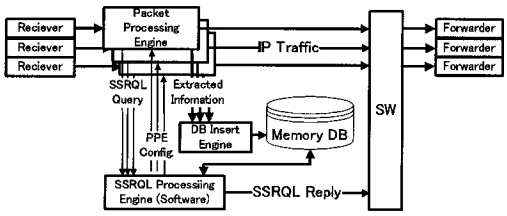

図 1　セマンティックルータのアーキテクチャ

以下では，セマンティックルータの実現のための主要な要求項目は以下の通りである．

3.1. 膨大なデータ処理

セマンティックルータはその性質からなるべくコア網に組み込む方が取得できる情報の質が向上すると考えられる．そのためには少なくとも数 Gbit のスループットを必要とし，セマンティックルータと連携するデータベースにも非常に高いデータ処理速度が要求される．

ネットワークのパフォーマンスを低下させないために，セマンティックルータはワイヤレートで動作する機構を有する．パケットの解析やデータベースへの書き込みといった機能はハードウェアを用いて高速動作させ，ワイヤレートを実現する．また，必ずしもワイヤレートのパフォーマンスを必要としない機能，つまり，アクセスコントロールやデータのデータベースへの検索処理はソフトウェアで実装することで，ハードウェア資源を節約し効率的な運用を行う．

3.2. プライバシーの保護

トラフィックデータには，個人情報を含む多くのプライバシー情報が含まれるため，セマンティックルータによって，トラフィックの中身を外部に公開するには，適切なプライバシー保護機構を有することが不可欠である．また，セマンティックルータはパケットのヘッダからペイロードまで，利用目的，利用方法の異なる情報が含まれるため，プロトコル毎，OSI 参照モデルのレイヤ毎にセキュリティレベルを設け，柔軟なアクセスコントロールを設定可能とすることが，セマンティックルータの利用価値を最大化するためには重要である．

4. セマンティックルータの実現

3 章で述べた要求項目に対する解決手段について解決法を述べる．

4.1. トラフィックデータ処理のための SSRQL

セマンティックルータによってトラフィックデータを処理するための SSRQL(Semantic Switch Router Query Language)を提案する．SSRQL は SQL の拡張であり，標準的な SQL 命令に加えてトラフィックデータを扱うセマンティックルータに特有の処理機能を規定する．逆に，セマンティックルータの提供する機能やアプリケーションはすべて SSRQL 記述によって規定することが可能である．

Default SSRQL は，ルータ管理者により発行され，広範囲のトラフィックデータを蓄積するために長期間にわたり動作するための命令文である．Default SSRQL はまた，プライバシー保護のためのフィルタ，ハードウェア資源管理，セマンティックルータ間のデータ共有などにも使用される．

User SSRQL は，サービスやトラフィック調査をより有益なものにするための特定のデータを集めるための，アプリケーションプログラマ向けの命令文である．データベースへのクエリ発行にも User SSRQL を使用する．セマンティックルータに認証されたユーザのみが，セマンティックルータ API によって SSRQL を発行できる．

Active SSRQL は，アクティブメッセージの考え

に基づいている．ある SSRQL 要求はリモートのセマンティックルータに対してさらに別の要求を与えることができ，また SSRQL メッセージのハンドラになることもできる．このセマンティックルータ間のメッセージ交換はルータ間分散データベースの構築，更にはネットワーク全体の転送能力と機能制御を可能にする．

Compiled SSRQL は SSRQL のサブセットであり正規表現によるマッチング処理をハードウェアにより高速動作させることを意図している．これにより，高速かつ並列に実行される．結果ワイヤレートでのパケットキャプチャを可能とする．セマンティックルータは基本的にパケットのキャプチャと格納動作をワイヤレートで行うことを完全には保証しないベストエフォートであるが，それはデータベースとサービスの品質に直接影響を及ぼす．セマンティックルータはパケットキャプチャ品質を保証するいくつかの機構を提供し，Compiled SSRQL はその一つである．Compiled SSRQL によるトラフィックの取得では完全性を保証することも可能である．また，SSRQL は記憶装置もしくはハードウェア資源に対する命令を提供する．これには，オペレーティングシステムがデバイスや資源をファイルという形で仮想化するのと同様，セマンティックルータではデータベースという形に仮想化する．このデータベースへの操作により全てを管理することができる．

複数の SSRQL 命令が単独のパケットに対して発行される可能性がある．パケット取得プロセスの重複による冗長を防ぐため，図 2 に示すような MRO(Multiple Request Optimization)を実装する．

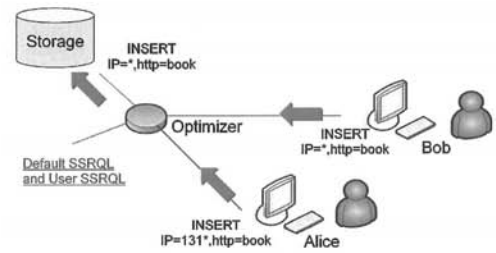

図 2　Multiple Request Optimization

データ収集プロセスにおいて非常に高い処理能力を持たせるために，SSRQL は例えば命令の失効日の付与，記憶容量の制限など何らかの形で制限を設ける．データベースに保管されるデータもまた，記憶容量の制限のために失効日が設定される．記憶装置はオンボードメモリまたは HDD の二つの選択肢があり，アクセス速度と容量の間にはトレードオフが存在する．

限られた処理能力で，サービスと連携した大規模なデータベースアクセスを行うという潜在的課題を解消するため，セマンティックルータは User SSRQL のための仮想テーブルを生成する．仮想テーブルは SSRQL を受け取ったルータ自身の記憶領域のみにデータを格納せず，SSRQL を発行したユーザやその他のセマンティックルータと協調して比較的大きなデータベースを管理する手法である．ユーザは仮想テーブルがどのルータやホストで協調管理されているかを意識することなく SELECT などのデータベース操作を行うことができる．トラフィック取得やデータベース管理を分散できる可能性があることから，仮想テーブルはデータベースサイズの問題や処理速度の問題を解決するために用いることができる．

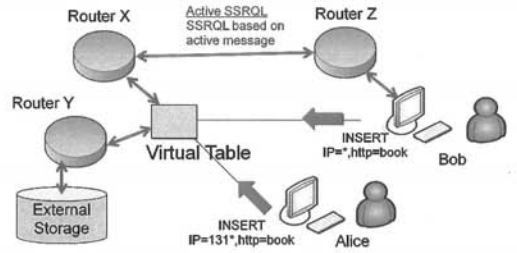

図 3　仮想テーブル

4.2. 個人情報保護機構

インターネットは，OSI 参照モデルもしくは TCP/IP 参照モデルの各階層に属する一式のプロトコル群により運用されている．セマンティックルータが下位層だけでなく上位層までのデータを取得し，ユーザに情報を提供するのであれば，各階層に対する個人情報保護の機構が求められる．

LAC (Layer based Access Control)は，各階層に属する情報に対してのアクセスを制御するモデルである．下位層に属する情報は IP アドレスやプロトコル情報を含み，上位層の情報は対応するアプリケーションに固有のデータを持つ．各階層の情報は異なる形式と利用形態があり，それぞれに特化した認証方式により保護されることが要求される．LAC は各層におけるアクセス制限を規定する枠組みを用意することをユーザに要求する．図 4 に LAC の一例を示す．アプリケーション層までのクエリを許可されたユーザの場合，トランスポート層より下層のデータの取得を禁止するか，許可する場合でもハッシングした値を与えることにより秘匿性を維持することができる．セマンティックルータ本体にも認証機構を導入し，各ユーザの認証レベルに応じて応答内容を制限または改変する．

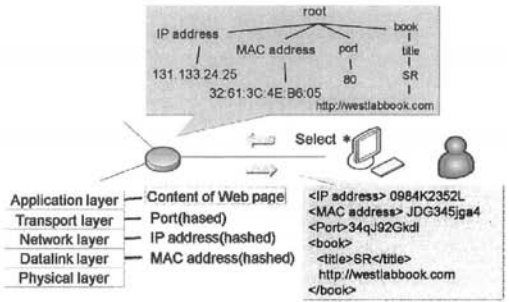

図 4　LAC の一例

パケットがSSLを用いて転送されている場合にはセマンティックルータがパケットのコンテンツを見ることは不可能なので，SSL データ転送については関与せず，データベースには格納しない．SSL 通信はプライバシーを保護するシンプルな方法だが，個人情報を交換するプロトコルとしてHTTP を使用しているページも少なからず存在する．そのページに含まれる個人情報を保護するための AHP(Authority Hand-over Protection)が要求される．

AHP-sa (AHP by semantic analysis)は意味解析を行う．GET 命令もしくは POST 命令によるアクセスは，ユーザ ID やパスワード情報を含む可能性があり，公開するのは好ましくない．パスワード入力やクッキーによるトランザクションも個人情報を含む可能性がある．これらに含まれるキーワードから特定情報の漏えいを防ぐ．

AHP-pf (AHP by post fetch)では個人情報の漏出を防ぐため，post fetch アクセスを行う．ある Web ページが認証を必要とする場合，認証されたユーザは個人情報を含む特別なページを得る．この場合，セマンティックルータは Web ページの URL に再度アクセスする．もし post fetch で得られたページのデータが，ユーザのリクエストしたページのデータと異なった場合，そのページは秘匿されるべき個人情報を含む可能性があると判断できるので，データを保持しない．ある Web サービスが認証を必要とする場合，認証ページとコンテンツページが同一であるとは限らない．サービスプロバイダでセッション情報を管理する場合が多いが，ルータがトラフィックからセッション情報を得ることは不可能であるべきで，情報が取得できることは好ましくない．コンテンツページで認証を行っている事実をルータが判別するためには，AHP-pf が必要となる．

AHP-pf と AHP-sa は Default SSRQL を用いて記述することができる．AHP-sa が有効な時，すべての INPUT 命令は AHP-sa を定義する SSRQL によってフィルタに通される．すなわち，Default SSRQL は，データ収集の際の主要なフィルタとして使用できる．認証処理を経ないとアクセスできない全ての情報は秘匿される．

個人情報保護の機構である AHP-sa や AHP-pf も，SSRQL により記述される．これらはユーザからリクエストを受けた際，事前に定義された手続きを実行する．これらの機構はセマンティックルータの管理者によってのみ作成・変更できるよう設定されるか，もしくは一連の手続き処理をまとめたストアドプロシジャあるいはリクエストに対して自動的に起動するトリガとして，あらかじめ定義されるのが望ましい．

AHP-sa では，トラフィック中に個人情報が含まれる場合はデータを秘匿する．

```
INSERT INTO AHP_TABLE(SA)
VALUES(REGEXP(^.*(password|login name).*$))
```

AHP-pf では，post_fetch テーブルを保持し，条件と合致した場合は情報を開示しない方法が考えられる．AHP-pf 操作が必要と考えられるページをあらかじめ判定し，post_fetch テーブルに蓄積しておく．

```
INSERT INTO AHP-TABLE(PF)
VALUES(NOT(COOKIE=NULL))
```

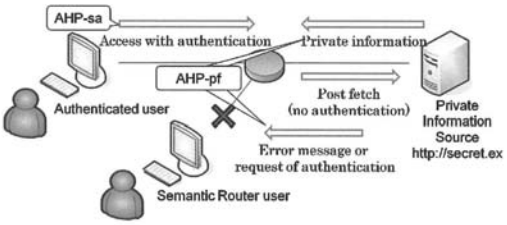

図 5 Authority Handover Protection

5. アプリケーション

本章では，提案するルータアーキテクチャによって可能となるアプリケーションについて述べる．

一般的にルータには，コアルータ，メトロルータ，エッジルータとあり，それぞれに提供する機能が異なる．セマンティックルータも同様，その役割によって提供するアプリケーションが異なると想定できる．コア・セマンティックルータは，高速処理が要求される一方で，取得可能なデータのカバレッジが広がり，収集したデータを活用した検索エンジンサービスが提供できる．メトロあるいはエッジのセマンティックルータは，アクセスコントロールやセキュリティとして利用でき，企業のゲートウェイルータとして利用する場合には，DDoS 攻撃の防御あるいは Layer7 ファイヤウォールを構築することを可能とする．

エンドホストでのアプリケーション開発において SQL クエリをデータベースサーバに対して発行し，データベースを活用した様々なアプリケーション開発を行うのと同様に，本提案手法では，SSRQL クエリをセマンティックルータに対して発行することにより，ルータ上を流れるトラフィックデータを活用したアプリケーション開発が可能となる．また，ルータ内インメモリデータベースの限られた記憶スペースを複数の開発者が効率的に利用するために，制限的な記述を行う特徴を持つ．以下では，想定される具体的なアプリケーションに対する SSRQL 記述の例を示す．

ユーザの行動履歴解析はコンシューマの趣向に合ったサービスや情報の提供，より単価の高いターゲティング広告の開発のために注目されている．ユーザの閲覧した Web サイトの履歴を取得するクエリ，例えば“192.168.0.1 の受信した URL を取得する”については，以下のように記述できる．

```
INSERT INTO TABLE01(URL) VALUES(Referer)
WHERE SRC_IP="192.168.0.1" TIMEFROM 00:00
2008/01/01 TIMETO 00:00 2008/01/07 LIMIT UPTO 1GB
```

SSRQL ではクエリの有効期限と扱えるリソース量を制限するために，TIMEFROM/TIMETO 句と

LIMIT 句によって SSRQL の発行期間と取得するデータ容量を指定することが推奨される．なお，以降の SSRQL 表記では簡単のため両句の記述は割愛する．

次に，一般コンシューマの関心事を実トラフィックから解析することを考える．一部の商用検索エンジンでは，検索に利用されたキーワードを多い順に並べ，関心が高いキーワードとして情報提供するサービスが存在するが，検索エンジンを介さず，ニュースサイト等で多く閲覧されたキーワードまで含めて網羅的に関心度を測ることはできない．ここでは，セマンティックルータならびに SSRQL の記述の柔軟性を利用し，ある特定のキーワードについて，それを閲覧したユーザを特定することを考える．例として“トラフィック中の「Semantic」を含むページを受信した人の宛先 IP アドレスを取得する”とした場合，以下のように記述できる．

```
INSERT INTO TABLE02(DestinationIP) VALUES(DST_IP)
WHERE SRC_IP IN (SELECT DST_IP
WHERE REGEXP(^.*Semantic.*$))
```

SSRQL ではデータベースへの挿入条件となる WHERE 句を正規表現によって記述する．正規表現によって定めた取得条件による出力は VALUES によって定めたカラムの情報としてデータベースに挿入する．

最後にトラフィック情報を検索エンジンに反映させる例を考える．ここでは，セマンティックルータが商用検索エンジンに情報提供し，より検索精度を高めることを考える．例えば，“トラフィック中の「Router」を含むページ中で貼られているリンクを取得する”場合，次のように記述できる．

```
INSERT INTO TABLE03 (URL) WHERE REGEXP
(^.*<a herf="(.*)">.*$) AND REGEXP (^.*Router.*$)
```

エンドホストによって構成される一般的な商用検索エンジンはクローラにより，一定間隔で対象とする Web サーバから情報を取得しているのに対し，セマンティックルータはトラフィックから情報を取得する．従って，セマンティックルータによって取得される情報はリアルタイム性に優れる他，注目度の低い，ロングテールと呼ばれる情報についてのカバレッジも高い特徴がある．従って，商用検索エンジンはセマンティックルータと連携することにより，検索結果をより豊かにかつ精度を高めることができる．

6. まとめと今後の課題

本稿では，アプリケーション・サービス指向ルータの提案を行った．様々な種類のデータによって，より豊富な Web サービスが生み出され続ける現在のような状況下では，IP ベースネットワークの基盤であったルータが，トラフィックデータを自身に格納しそれを提供することで，サービスをより進化させることに貢献する．当面の技術的課題への対応として，協調分散データベースを有するルータアーキテクチャと，高速かつ膨大なトラフィックデータストリームの処理に特化した新しいクエリ言語を提案した．今後の研究として，実トラフィックデータに基づくシミュレーション上での，様々なアプリケーションの実装と評価を計画している．

我々の取り組みは，コンテンツデータを基にしたルーティングテーブル・クエリテーブルの能動的な最適化を目指している．そうでなければ，ルータはアプリケーション層とは関与せず，テレコムキャリアにとっては単なるインフラコストの一つとして扱われるままである．同様に，我々はコンテンツベースルーティングを実現するための機能とルータ構成を管理する目的で，SSRQL の拡張と実装を計画している．

謝辞 本研究の一部は独立行政法人・情報通信研究機構（NICT）の委託研究「新世代ネットワーク構成に関する設計・評価手法の研究開発」の支援による．

参考文献

[1] Koichi Inoue, Dai Akashi, Michihiro Koibuchi, Hideyuki Kawashima, and Hiroaki Nishi “Semantic router using data stream to enrich services”, 3rd International Conference on Future Internet CFI 2008 Seoul, Korea, pp. 20-23, June, 2008

[2] Search Wikia http://search.wikia.com

[3] Cisco Application eXtension Platform http://www.cisco.com/en/US/products/ps9701/

[4] Chu-Sing Yang and Mon-Yen Luo, “Efficient Support for Content Based Routing in Web Server Clusters,” in Proceedings of USENIX Symposium on Internet Technologies & Systems (USITS), Boulder, CO, Oct. 1999

[5] A. Carzaniga, M. J. Rutherford, and A. L. Wold, “A routing scheme for content-based networking,” in Proceedings of IEEE INFOCOM 2004, Hong Kong, China, Mar. 2004

[6] J. Moscola, Y. H. Cho, and J. Lockwood, “A Reconfigurable Architecture for Multi-Gigabit Speed Content-Based Routing,” in Proceedings of the 14th IEEE Symposium on High-Performance Interconnects (HotI’06), 2006

[7] Snort - the de facto standard for intrusion detection-prevention http://snort.org/

[8] Benjamin C. Brodie, David E. Taylor Ron K. Cytron, Exegy, Inc “A Scalable Architecture For High-Throughput Regular-Expression Pattern Matching ” Source International Symposium on Computer Architecture archive Proc. 33rd annual international symposium on Computer Architecture table of contents, pp.191-202, 2006