

AI3 ネットワークにおける
ポリシールーティング制御機構の設計と実装

慶應義塾大学 環境情報学部

犬山 隆一郎

nyanta@sfc.wide.ad.jp

指導教員

村井 純

徳田 英幸

楠本 博之

中村 修

南 政樹

平成 16 年 1 月 31 日

概要

AI3 ネットワークは、SFC と東南アジアの共同研究組織 (AI3 Partners、以下 Partners) を Point-to-Point 回線で結び、スター型の接続形態をとる。各 Point-to-Point 回線では、SFC から AI3 Partners へ向かうトラフィック量が AI3 Partners から SFC へ向かうトラフィック量よりも多い。そこで、AI3 ネットワークに片方向の衛星回線 (Uni-Directional-Link、UDL) を設置し、SFC から Partners へ向かうトラフィックを Point-to-Point 回線と UDL に負荷分散する手法が考案された。その実現には、経路表を参照する以外のポリシーでトラフィックを転送するポリシルータが使用されている。

しかし、既存のポリシルータは、ポリシーの設定を手動で行う必要がある。このため、意図した以上のトラフィックが UDL に転送され UDL を輻輳させたり、Point-to-Point リンクから UDL へ十分なトラフィック量を負荷分散できない問題がある。この問題を解決するため、本研究ではポリシルータの設定を動的に変更するポリシー管理機構を構築した。本機構では、各 Point-to-Point 回線に流れるトラフィック量を常に監視し、UDL に負荷分散すべきトラフィック量を動的に判断する。同時に UDL の使用帯域を監視し、意図する以上のトラフィックが UDL に転送されないように抑制する。

以上により、本研究では、UDL を用いて広域多数の地域へのトラフィックを、単一の回線で負荷分散する手法を構築した。

キーワード

1. インターネット, 2. 共有回線, 3. 帯域資源の有効活用

慶應義塾大学 環境情報学部

犬山 隆一郎

Abstract

This research design and implement a policy routing management function to dynamically change the policy router running on AI3 network. Compared to terrestrial links such as optical fiber links, reserving a wide-bandwidth satellite links is difficult. On the other hand, the Internet traffic is increasing. Because of this, networks using satellite links as their backbones like AI3 Network also have difficulties to reserve such bandwidth.

AI3 Network connects SFC and its partners, R&E entities in south east Asia, using point-to-point links. The traffic on these links are unbalanced, where the traffic from SFC to partners are much higher than from partners to SFC. AI3 installed a unidirectional link from SFC to partners and is load balancing the traffic to partners using both the unidirectional link and the point-to-point links. The load balancing mechanism uses a policy router because using only routing protocol is not enough for the purpose.

However, the policy router configuration has to be set manually. This causes the load balancing mechanism does not work well enough. This research design and implement a policy routing management system to solve this problem. This system monitors the traffic usage of point-to-point and unidirectional links and decides how much traffic to partners should be forwarded via the point-to-point and unidirectional links.

Keywords :

1. INETERNET, 2. Unidirectional Link, 3. Policy Routing Management System

Keio University , Faculty of Environmental Information

Ryuichiro Inuyama

目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	構成	2
第 2 章	AI3 ネットワークと衛星通信回線の接続形態	3
2.1	衛星通信回線の接続形態	3
2.1.1	point to point 型	3
2.1.2	Uni Directional 型	3
2.2	AI3 ネットワークのトポロジ	5
2.2.1	基本的なトポロジ	5
2.2.2	専用線と共用回線	5
2.2.3	UDL と point to point 回線間のロードバランシング	5
2.3	ポリシールータの概要と動作	6
第 3 章	問題点	8
3.1	ポリシールータの問題点	8
3.2	動的なポリシの必要性	9
第 4 章	解決手法	10
4.1	ポリシーマネージャの提案	10
4.2	機能要求	11
4.2.1	トラフィック量を考慮したポリシの作成	11
4.2.2	Receiver までの到達性の確認	11
4.2.3	時間によるポリシ作成方法の変更	11
4.2.4	ポリシルータへの反映	12
第 5 章	設計	13
5.1	システム概要	13
5.2	トラフィック測定機構の設計	14
5.3	回線状態確認機構の設計	14
5.3.1	ポリシー作成方法変更機構の設計	14
5.4	ポリシー作成機構の設計	16
5.4.1	通信部	16
5.4.2	ポリシ作成部	17

5.5	ポリシー設定変更機構の設計	17
5.6	ポリシーマネージャとポリシールータ間の通信	18
第 6 章	実装	19
6.1	実装環境	19
6.2	実装の概要	20
6.3	通信プロトコル	20
6.4	トラフィック測定 module の実装	20
6.5	回線状態確認 module の実装	21
6.6	ポリシー作成方法変更 module の実装	21
6.7	ポリシー作成 module の実装	22
6.7.1	帯域割り当て関数	22
6.8	ON/OFF サーバ	23
6.9	ポリシー設定更新 module の実装	23
第 7 章	評価	24
7.1	定性的評価	24
7.1.1	実験環境	24
7.1.2	評価ネットワークの概要	24
7.1.3	評価に用いたマシンの仕様	25
7.1.4	実験内容	25
7.1.5	評価項目	25
7.1.6	実験結果	26
7.2	評価のまとめ	26
第 8 章	おわりに	27
8.1	結論	27
8.2	今後の課題	27

目次

2.1	Point to Point 型	4
2.2	Uni DIrectional 型	4
2.3	AI3 ネットワークのトポロジ	5
2.4	AI3 ネットワーク上のポリシールータ	6
2.5	ポリシールータの回線選択方法	7
3.1	ケース 1	8
3.2	ケース 2	9
4.1	ポリシーの Update	10
4.2	通信状態の悪化	12
5.1	システム構成図	14
5.2	トラフィック測定機構	15
5.3	回線状態の確認	15
5.4	unit 数の調整	16
5.5	ポリシーマネージャとポリシールータ間の通信手順	18
7.1	評価環境	24

表 目 次

6.1	実装環境	19
7.1	実験評価に使用したマシンの仕様	25
7.2	モジュールの動作環境	25

第1章 序論

1.1 背景

近年、インターネットでは ADSL、WDM、無線、そして衛星といった様々な媒体が利用されるようになった。この中で衛星回線は、広域性、地理普遍性、同報性といった特性を持ち、地理的に地上回線の施設が困難な山間部、離島地域、発展途上地域に比較的容易に情報環境を構築できる。また、衛星回線は同一の周波数帯で一つの送信局から複数の受信局へ同時に同一のデータを送信できるため、ライブ映像、映画、音楽といったマルチメディアデータをマルチキャストするための通信媒体として優れている。しかし、衛星回線は双方行の通信を行うために上りと下りそれぞれに専用の周波数帯域を用意する必要がある。そのため複数者間での双方行通信が難しかった。しかし近年、衛星回線を片方向通信路として用いる技術 [1] が開発され、一体多の通信が可能になった。

現在、この同報性を活かし、衛星回線ではデジタルテレビ放送、CDN(Content Distribution Networks) サービス、遠隔教育 [2] などが行われるようになってきた。

しかし、衛星回線は帯域の増強が困難であるという特徴を持つ。近年、光ファイバや ADSL のような地上の回線が飛躍的に通信速度を向上させているのとは比べ、衛星回線を用いたネットワークはこの帯域増強が困難性であるため通信速度の向上が遅れている。そのため、VoIP や Video 会議といったリアルタイム性や広い帯域が必要とされるアプリケーションが利用しにくい。

衛星回線の接続形態には Point to Point Link と UniDirectional Link がある。Point to Point Link では通信局毎に送信用の周波数帯と受信用の周波数帯が両方必要である。他方、UniDirectional Link では受信専用局へ向かう下りの広帯域な周波数帯域を一つ用意するだけでよい。UniDirectional Link はこの特徴を生かし、マルチキャストサービスに用いられることが多く、広帯域な周波数帯域を複数の受信専用局で共有できるので、帯域を効率的に利用できる。

AI3[3](Asian Internet Interconnection Initiatives)Project ではアジア地域の研究機関と共同で広範囲な衛星ネットワーク (以下、AI3 ネットワーク) を構築し、運用及び研究を行っている。AI3 ネットワークでは Point to Point な衛星回線の他に、共有回線として利用できる UniDirectional Link を構築し運用している。このため、AI3 ネットワークの受信者は専用回線の Point to Point Link と共有回線の UniDirectional Link の二つの回線を利用できる。二つの回線を使って負荷分散を行えばネットワーク全体の利便性が上がり、複数の Point to Point Link の利用に比べて帯域利用効率が高く、コストがかからない。[4]

1.2 目的

本研究では、UDLを有効に利用するため、既存のポリシールーティング設定(ポリシー)を柔軟に制御するためのシステムを構築する。本研究は、衛星回線を用いたテストベッドであるAI3ネットワーク内で行う。

1.3 構成

第2章では、現在のAI3ネットワークの概要、および衛星通信の特徴について述べる。第3章では、AI3ネットワークの問題点について述べる。第4章では、解決手法について述べる。第5章では、ルーティングポリシー管理機構の設計について述べる。第6章では、ルーティングポリシー管理機構の実装について述べる。第7章では、本研究で構築した機構を実験環境下で動作させた結果を元に機構の評価を行う。第8章では、本研究のまとめと今後の課題について述べる。

第2章 AI3 ネットワークと衛星通信回線の接続形態

本章では本研究で前提とするネットワーク構成と、そのネットワークを構成する衛星通信回線の接続形態を述べる。

2.1 衛星通信回線の接続形態

現在、インターネットのために用いられる衛星通信回線の接続形態は多様化している。本節ではその中で AI3 で用いられる代表的な接続形態について説明する。

2.1.1 point to poin 型

Point to Point は二つの地球局間で中継機を介して直接双方行の通信を行うための接続形態である。Point to Point の接続形態を図 2.1.2 に示す。

また、Point to Poin Link によってた地点を結ぶ場合の手法としてはスター型トポロジがある。スター型のトポロジは複数の Point to Point Link を組み合わせたトポロジである。HUB 局を決め、その HUB 局を中心としてその他の局との間で Point to Point Link を設ける。HUB 局以外の地球局同士の通信は HUB 局を介して行う。スター型のトポロジでは、HUB 局以外の局同士の通信のための周波数帯域を設ける必要がないため複数の局間での双方行通信に適する。

2.1.2 Uni Directional 型

Uni Directional 型は一地点の地球局から複数の地球局に対して中継機を介して片方向の通信を行う接続形態である。しかし、本来インターネットは双方行通信が可能なネットワークでの利用が前提なので片方向の衛星通信回線だけでは経路制御プロトコルが動作しない。Uni Directional 型の通信は UDLR 技術を利用することでこの問題を解決している。UDL の接続形態の概要を図 2.1.2 に示す。

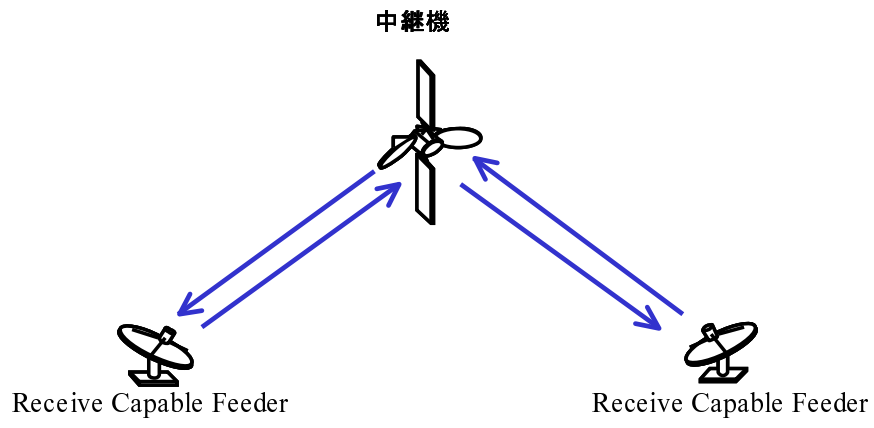


図 2.1: Point to Point 型

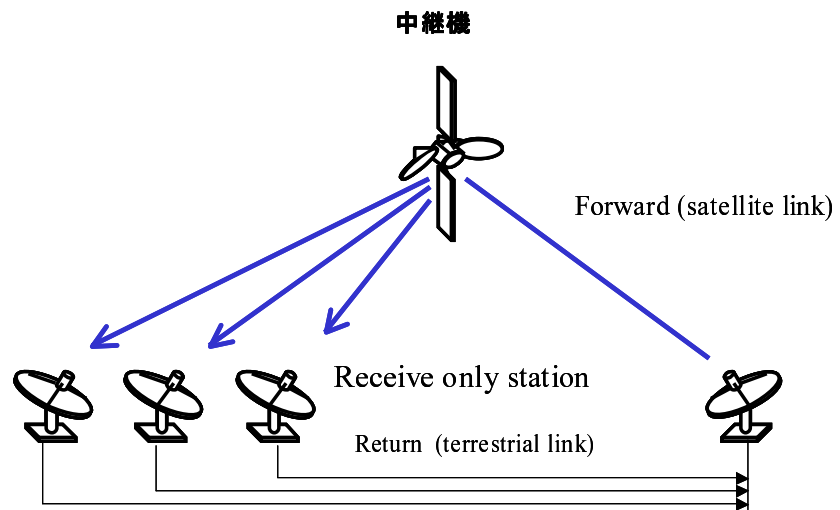


図 2.2: Uni Directional 型

2.2 AI3 ネットワークのトポロジ

2.2.1 基本的なトポロジ

AI3 ネットワークは SFC(慶応義塾大学湘南藤沢キャンパス) 及び NAIST(奈良先端科学技術大学院大学) と、アジア地域の研究機関(以下 AI3Partners) を接続する衛星ネットワークである。現在、日本の地球局と AI3Partners 間で Point to point Link と Uni Directional Link の衛星通信回線を利用して相互接続を行っている。AI3 ネットワークのトポロジを以下図 2.2.1 に示す。

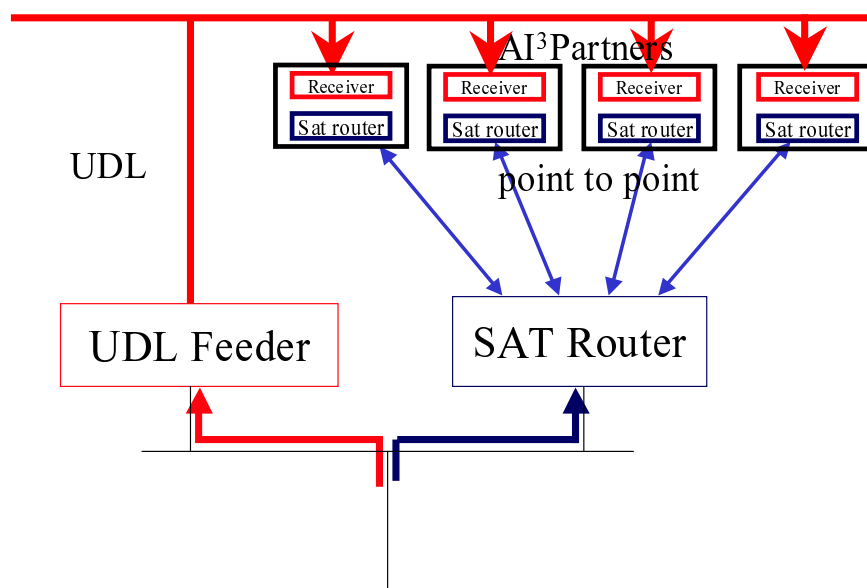


図 2.3: AI3 ネットワークのトポロジ

2.2.2 専用線と共用回線

AI3 ネットワークは、地球局間で一対一の通信を行う Point to Point Link を複数組み合わせたスター型のトポロジであり、日本サイトの地球局が HUB 局となっている。また、日本サイトを送信局として各 Partner へ片方向の通信を提供する Uni Directional Link がある。Uni Directional Link は、一対一の Point to Point Link とは異なり、複数の受信者間での共有回線として利用できるので帯域を効率的に利用することができる。

2.2.3 UDL と point to point 回線間のロードバランシング

AI3 では現在日本のサイト上に Policy Router を設置している。2.1 で述べたように、現在、AI3 ネットワークの Partners は Point to Point Link と UDL を利用することができる。AI3 ネットワークではこの二つの回線のロードバランシングが検討されている。ロードバラ

ンシングを行うことで、Point to Point で溢れたトラフィックを UDL で転送し、負荷分散ができるようになる。しかし、既存の経路制御プロトコルだけでは柔軟なロードバランシングを行えないので、ネットワーク上にトラフィックの振り分けを実行する Policy Router を設置している。Policy Router は日本サイトから Partners へと向かう下りのトラフィックをロードバランシングし、UDL と Point to Point Link とに振り分ける。Policy Router を設置した AI3 ネットワークのトポロジを以下図 2.2.3 に示す。

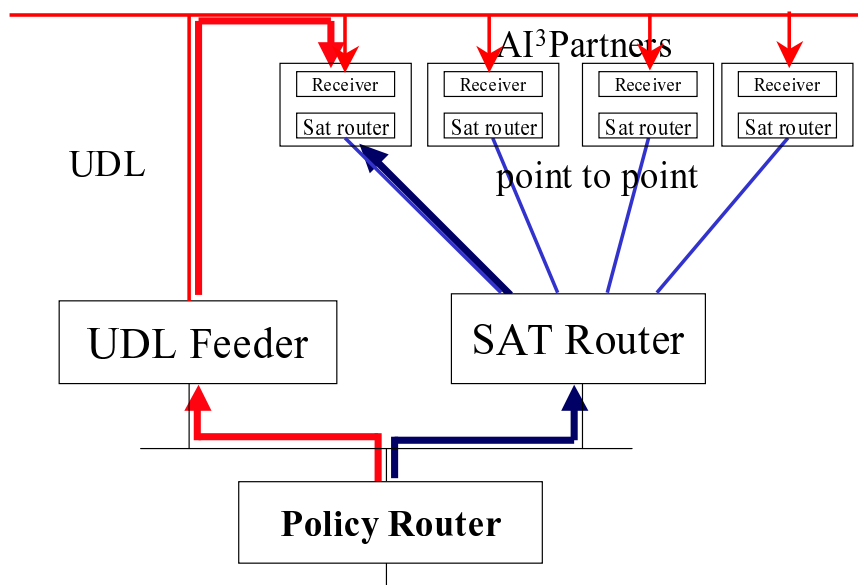


図 2.4: AI3 ネットワーク上のポリシールータ

2.3 ポリシールータの概要と動作

ポリシールータは AI3AS の日本サイト側に設置されており、Partners へ向かうトラフィックを UDL と Point to Point Link とにロードバランシングしている。ロードバランスの割合は閾値の変更により変える事ができる。この設定変更は手動で行う。

ポリシールータは Point to Point Link の帯域の上限を越えたトラフィックの経路を UDL へ変更する。しかし、UDL へ転送できるトラフィックにも上限がある。この上限を越えたトラフィックは Point to Point Link で搬送する。しかし、すでに Point to Point Link は輻輳状態なので、パケットロスする。トラフィックと閾値の関係を図 2.3 に示す。

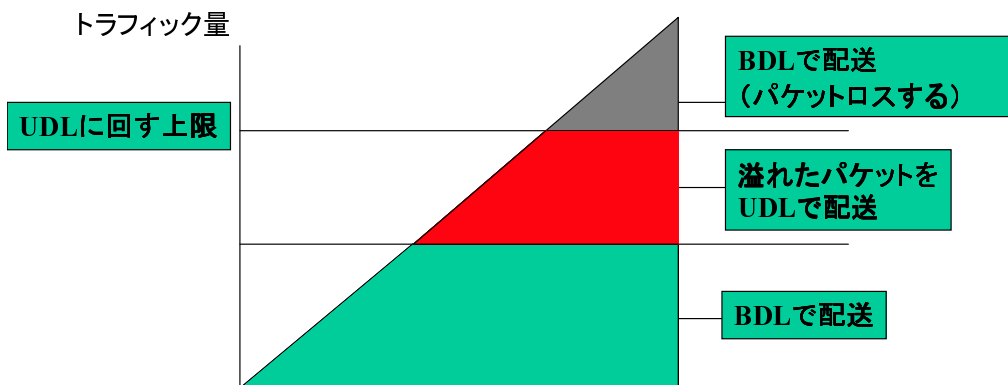


図 2.5: ポリシールータの回線選択方法

第3章 問題点

本章では、衛星ネットワーク上でポリシールータを利用する際の問題点について述べる。

3.1 ポリシールータの問題点

ポリシールータは静的にポリシーを設定する必要がある。そのため各 Partners の Point to Point Link 上を流れるトラフィック量や、UDL Receiver の接続性に応じた柔軟なポリシー変更を行えないという問題がある。これらの問題から、UDL を効率的に利用することができず、Point to Point Link 上でのパケットロスや UDL の輻輳が生じる。このように、UDL を最適に利用した時のネットワークの利便性を達成できない。

次に以上で述べた問題により生じる障害の具体例を挙げる。

ポリシールータは2章で述べたように二つの閾値を使ってパケットを振り分ける。まず UDL へ搬送するトラフィック幅より実際に UDL で搬送可能なトラフィック量が小さく設定されていた場合を考える。この場合、UDL へ搬送可能なトラフィックの限界値を越えた分のトラフィックが UDL で搬送可能であるにもかかわらずポリシーが固定されているために UDL へ搬送できないので Point to Point Link で搬送され、パケットロスとなる。この具体例でのトラフィック変化を図 3.1 に示す。

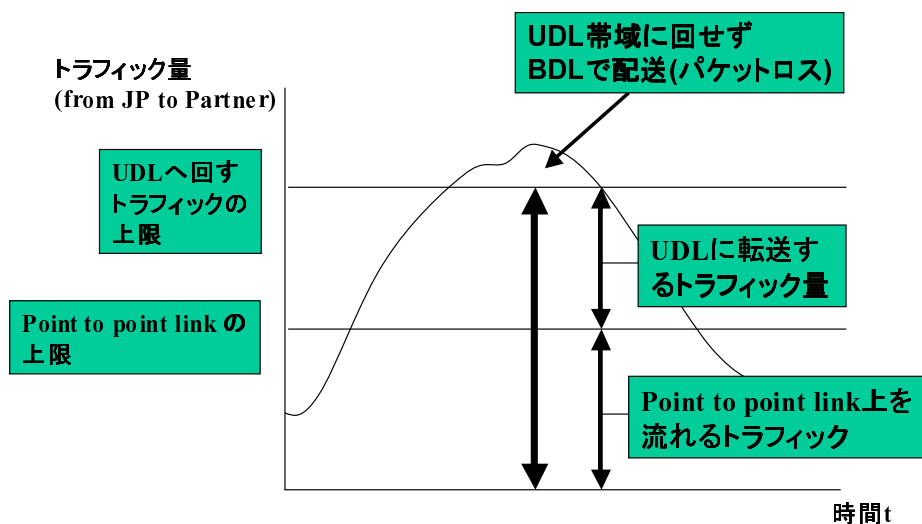


図 3.1: ケース 1

他方、ポリシーによって決められた UDL へ搬送可能なトラフィック量が実際に UDL で搬

送可能なトラフィック量より大きすぎた場合を考える。この場合は本来 UDL で搬送できないトラフィック量が UDL へ転送されるので UDL でパケットロスが生じる。この具体例でのトラフィック変化を図 3.1 に示す。

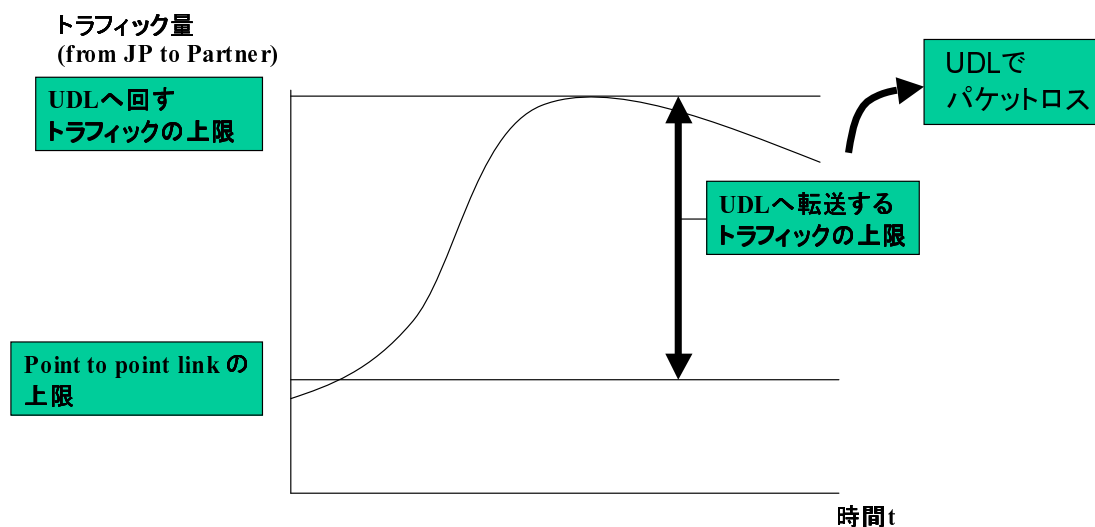


図 3.2: ケース 2

しかし、UDL は複数の受信者が同時に用いる共有回線である。しかし、もし UDL の受信者側でパケットの受け取りができない時に、ロードバランシングを実行していた場合、Point to Point Link から転送されたパケットは全て失われる。共有回線上ではこのパケットロスは無駄なトラフィックとなり、無駄な帯域消費パケットである。よって、UDL の受信側ルータの Receiver に対して、接続性を確認し続なければならない。しかしポリシールータは仕様上、スタティックに設定されたトンネルアドレスへパケットを転送するよう実装されている。このためポリシールータを衛星ネットワークで利用する際、到達性の可否を反映できず、UDL の効率的な利用を実現できない。

3.2 動的なポリシーの必要性

本研究では UDL 及び Point to Point Link のトラフィックに応じてポリシーを柔軟に変更可能にする。そして、具体例に挙げたような実際の問題の解決と UDL の効率的な利用による衛星ネットワーク全体の利便性の向上を目指す。以上の問題点を解決し、UDL を効率的に利用するため、柔軟なポリシー変更を行う必要がある。

第4章 解決手法

4.1 ポリシーマネージャの提案

第3章で述べた問題点を解決するために本研究にはポリシールーティング制御機構(以下 ポリシーマネージャ)を提案する。ポリシーマネージャはAI3ネットワーク上で動作するポリシールータのポリシーを動的にUpdateする。この事で、今まで固定されていたUDLへの転送トラフィックを柔軟に変える事ができるので、UDLを効率的に利用できる。ポリシーマネージャはいくつかのパラメータを収集する。パラメータにはPoint to Point Link及びUDLのトラフィック量、UDL Receiverの到達性、その他のイベント的トラフィックの発生がある。そして、ポリシーマネージャはこれらのパラメータからルーティングポリシーを決定する。ポリシーマネージャの概念図を図4.1に示す。

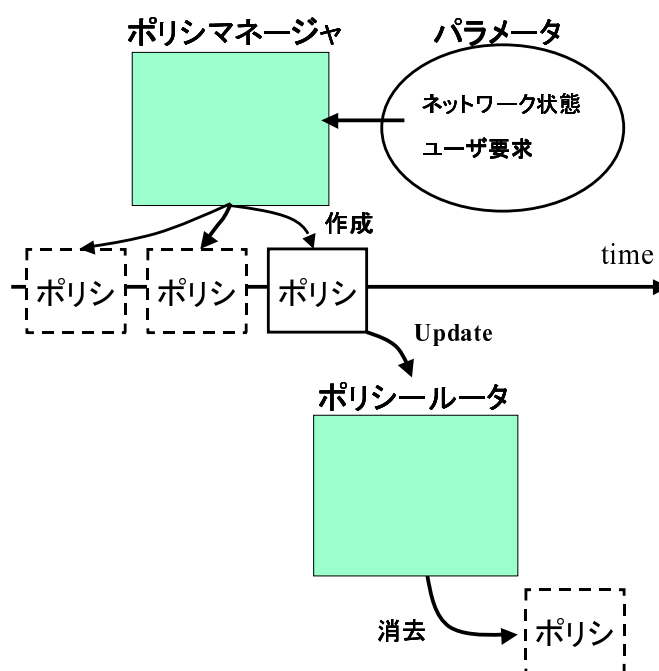


図 4.1: ポリシの Update

4.2 機能要求

4.2.1 トラフィック量を考慮したポリシーの作成

各回線上を流れるトラフィックは時間に応じて常に変化する。したがって、Point to Point Link から溢れたトラフィック量と利用可能な UDL の帯域は時間に応じて常に変化する。よって、一定間隔で Point to Point Link 及び UDL 上を流れるトラフィック量を測定し、その情報を反映した UDL 帯域を最適に利用可能なポリシーを作成する。一定期間毎にポリシーをポリシールータで Update し、ネットワークの状態に UDL の利用方針を適応する事で、UDL を効率的に利用し、無駄なパケットロスや遅延の発生を回避、ネットワーク全体の利便性を向上させる。

4.2.2 Receiver までの到達性の確認

衛星通信の送受信状態は降雨や太陽雑音といった自然の天候の変化に影響を受ける。このためこれらの影響を受けて通信状態が悪化する場合がある。

通信状態の悪化はパケットロス率を上げる。又、通信の断裂が生じた場合はパケットロス率は 100%となる。UDL は複数の地球局で同時にデータを配送するが、受信側の地球局の電波受信状態に問題があれば、その受信局のみこのデータを受け取ることはできない。

したがって、もしも Point to Point Link から溢れたトラフィックを UDL で転送しても、そのデータを受け取れない Partner が存在した場合、そのデータは失われてしまう。そして、再送が行われる。このデータの量の分の UDL 帯域はこの間無駄に消費されてしまう。通信状態が悪化した時の UDL 帯域の概念図を図 4.2.2 に示す。

これを防ぐため、データを受信できない Partners へはデータを転送するべきではない。

ポリシールータは static に設定されたルーティングテーブルのエントリにトラフィックを転送するため、動的経路制御プロトコルの情報を反映することができない。本研究で構築する機構では、この無駄な帯域利用を防ぐため、一定間隔で UDL データを受信する各 Partners の UDL Receiver の到達性を確認する。

降雨などによる天候状態の悪化で Point to Point Link の送受信状態も低下した場合、Point to Point Link のトラフィックも受け取れなくなってしまい、通信が途絶えてしまう可能性がある。しかし、UDL は共用回線なので、できるだけ無駄な帯域消費は防ぎたい。そのため、パケットロスが生じても他の利用者に影響の無い Point to Point Link でできるだけ通信を行い、UDL の帯域は他の受信状態の正常な Partner に利用させ、UDL の利用効率を向上する。

4.2.3 時間によるポリシー作成方法の変更

UDL では定期的に Partners に向けた授業配信などのイベントがある。このイベントはリアルタイム性を必要とし、遅延やジッター - といった通信品質の劣化に敏感である。このためイベント時は UDL へのトラフィックを減らす。こういった要求に応じるため、既に分かっているイベントに対して、イベントの期間ポリシーの作成方法を変更をする。変更は時間ベースで予約可能にし、ポリシー変更にかかる管理コストを削減する。

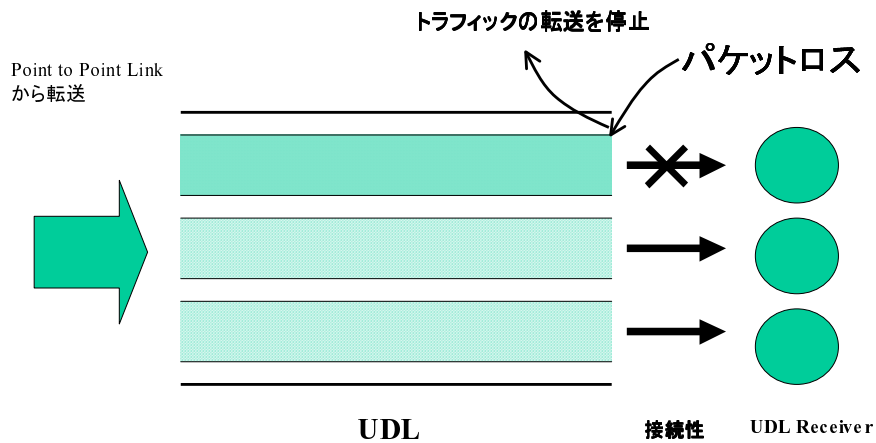


図 4.2: 通信状態の悪化

4.2.4 ポリシルータへの反映

以上までに述べた機能が作成するポリシーを実行するのがポリシールータである。既存のポリシールータは設定ファイルを定期的に取り込んで設定変更を反映している。本研究で構築する機構では作成したポリシーを実行できる設定ファイルを作成し、ポリシールータへ送信する機能をつける。

第5章 設計

本章では、第4章で提案したポリシーマネージャの設定を述べる。

5.1 システム概要

本機構は、第2章で述べたような衛星ネットワークを前提とする。ポリシーマネージャは、以下のモジュールから構成する。

- トラフィック測定機構
- 回線状態確認機構
- ポリシ作成方法変更機構
- ポリシ作成機構

これらの機構は回線状態やユーザからの要求を収集し、ポリシールータに適応するポリシーの作成を行う。ポリシールータは設定ファイルの定期的な読み込みでポリシーを更新する実装となっている。よってこれらの機構はポリシーを作成し、それを設定ファイルとして出力する。

ポリシールータには以下のモジュールを組み込む

- ポリシ更新機構

ポリシー更新機構はポリシーマネージャから設定ファイルを受信し、既存の設定ファイルと置き換える。それと共に、ポリシールータに対し、ポリシーの書き替えの成功の可否を通知する。

本機構により取得される情報は以下通りである。

- トラフィック量 一定間隔でのトラフィック量のアベレージ
- Receiver 接続性 UDL Receiver に対する接続性
- ユーザーからのポリシ予約

本機構のシステム構成図を図5.1に示す。

次に、各モジュールの設計を述べる。

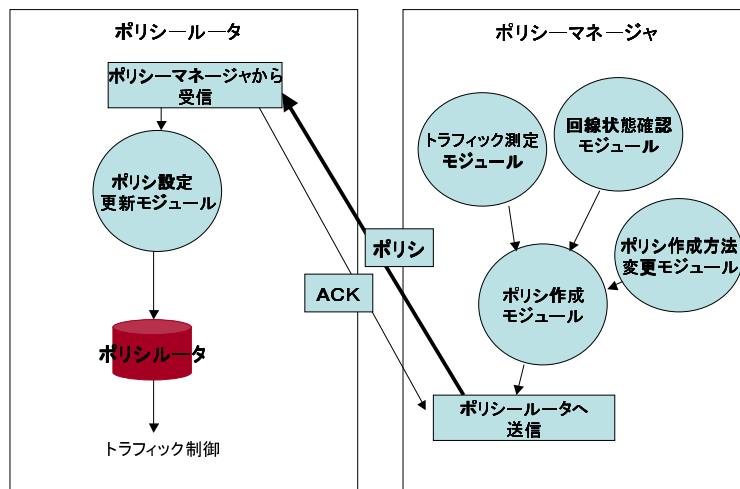


図 5.1: システム構成図

5.2 トラフィック測定機構の設計

トラフィック測定機構は Point to Point Link 及び UDL の送信局側側インターフェイス情報から回線上を流れる送信トラフィック量を算出する。そして、一定間隔でポリシー作成機構へ情報を送る。

各回線のルータのインターフェイスから SNMPGET でルータ上の SNMP エージェントの管理するインターフェイス情報の総受信パケット数のオブジェクトを一定の間隔で取得する。そして、一定期間蓄積し、蓄積されたトラフィック量の平均値を求めるよう設計した。

現在、5 分毎に回線のトラフィックの平均値を算出している。この値は運用し、UDL のトラフィック量の変化に適するよう調整する。トラフィック測定機構の動作概要を図 5.2 に示す。

5.3 回線状態確認機構の設計

回線状態確認機構は UDL Receiver の接続性を監視する。

本機構では Ping の送受信で接続性を確認する。まず UDL Receiver へ向け Ping を送信し、3 回続けて応答が無かった時、その回線がダウンしていると判断し回線のポリシールーティングを停止するよう設計した。そして、ダウンしたと判断された Partners への UDL 帯域へのトラフィック転送を停止するようポリシーマネージャに通知する。ポリシーマネージャへは、対象となるホスト ID と回線ダウンを示すフラグを立てたパケットを送信する。

回線状態確認機構の動作概要を図 5.3 に示す。

5.3.1 ポリシー作成方法変更機構の設計

ポリシー作成方法変更機構はテキストファイルから設定を行うよう設計した。テキストファイル内に適応するポリシー及び時間帯を設定し、ポリシー作成方法変更機構はそれを一

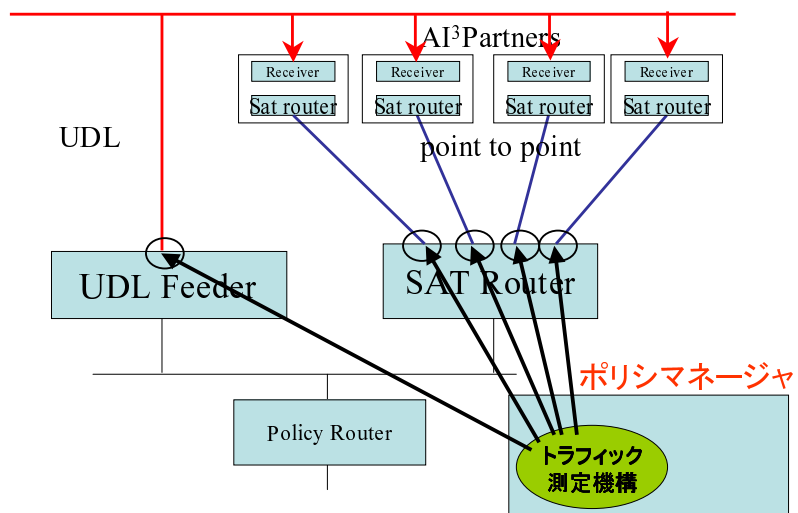


図 5.2: トラフィック測定機構

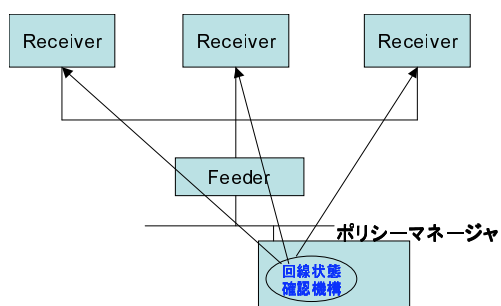


図 5.3: 回線状態の確認

定間隔で読み込む。そしてその情報を蓄積する。設定された時間になった時、本機構は指定されたポリシーを記入したパケットをポリシーマネージャに送信する。又、設定した時間帯の終了時刻と共にポリシーの適応時刻の終了を示すフラグを立てたパケットをポリシーマネージャに送信する。

ポリシーにはポリシー適応時間帯に制限したい Unit 数を記述する。

以下に、本機構を適用した際の利用可能 Unit 数の変化を示す図 5.3.1 を示す。

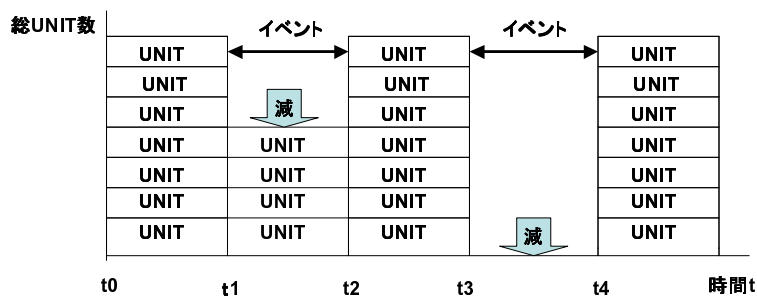


図 5.4: unit 数の調整

5.4 ポリシー作成機構の設計

ポリシー作成機構は、各情報収集機構との通信部、ポリシーマネージャとの通信部、ポリシー作成部に分かれる。

各情報収集機構との通信部は、データの受信後、データをポリシー作成部へ渡す。ポリシー作成部ではそれらの情報を元にポリシーと設定ファイルを作成する。そしてポリシーマネージャがこの設定ファイルが記述されたパケットをポリシールータへ送信する。

本節では各部の設計について述べる。

5.4.1 通信部

各情報収集機構との通信部

各情報収集機構とはトラフィック測定機構、回線状態確認機構、ポリシー作成方法変更機構を指す。これらの機構は一定間隔、あるいは不定期に情報を渡す。本通信部ではこれらの情報を受け付け、ポリシー作成部へ渡す。

ポリシーマネージャとの通信部

ポリシーマネージャに対し、ポリシー作成部で作成した設定ファイルを送信する。ポリシー通信部との通信には TCP を用いる。又、ポリシー - マネージャから返される設定ファイル書き替えの成否を記述したパケットを受信する。

5.4.2 ポリシ作成部

ポリシ作成部では受け取ったデータ内容に応じて異なる処理を行う。まず、トラフィック測定機構からのトラフィックデータの取得に対しての処理から詳述する。

トラフィックデータの処理

データとして Partner の Point to Point Link のトラフィックデータと UDL のトラフィックデータを受け取る。そして、それらのデータに対して構造体のリスト処理を行う。そして、それらのデータをもとにして利用可能な UDL 帯域と Point to Point Link から転送するトラフィックを決める。

決められたポリシをポリシルータに適用するために設定ファイルに書き替える。

回線ダウン通知の処理

回線状態確認機構は回線がダウンしたと判断した時、そして回線が復旧した時、通知する。本機構はこれらのデータを受け取り、対象回線と回線の up/down を識別する。回線がダウンした場合、該当する回線に対するポリシルーティングトラフィックが 0 になるようポリシを作成する。回線の復旧通知の場合、該当する回線に対するポリシルーティングを再開する。この時、Partner 間で UDL の利用割合に差が生じないように該当する回線にも新たに UDL の帯域の割り振りを行う。

ユーザからの要求に対する処理

ポリシ作成方法変更機構は、ポリシの変更時刻に要求を通知する。本機構は、ポリシの開始あるいは変更の要求と共に送信されたポリシを受け取る。ポリシ適応を開始する要求が送られてきた場合はポリシに記述された上限 Unit 数を反映した設定ファイルをポリシマネージャへ送信する。ユーザにより指定されたポリシを終了する要求があった時、全てのポリシの初期化を記述した設定ファイルをポリシマネージャへ送信する。

5.5 ポリシ設定変更機構の設計

ポリシ設定変更機構は二つの事を行う。ポリシマネージャから設定ファイルの受信とポリシマネージャへの設定ファイルの書き替えの成否の通知である。まずポリシマネージャはポリシルータからの設定ファイルの到着を待ち、送信された設定ファイルを受信する。次に受信した設定ファイルを既存の設定ファイルと置き換える。そして、設定ファイルの書き替えが成功したらフラグを 1 にセットしたパケットをポリシマネージャへ送信する。失敗した場合はフラグを 0 にセットしたパケットをポリシマネージャへ送信する。

5.6 ポリシーマネージャとポリシールータ間の通信

ポリシーマネージャとポリシールータは以下の項目を目的とした通信を行う必要がある。

- ポリシの送受信
- ポリシ適用成否の確認
- ポリシーマネージャの生存確認

ポリシーマネージャとポリシールータの通信手順を図 5.6 に示す。

図のように、ポリシーマネージャは一定の間隔毎に作成したポリシーを送信する。そして、ポリシーを書き替えたポリシールータはポリシーマネージャへ ack を返す。ポリシーマネージャは予約ポリシーがある時間帯を除いて一定間隔でポリシーの更新を行う。しかしポリシーが一定時間到達しない場合、ポリシールータはポリシールータがダウンしたと判断し、設定をを初期の状態へ戻す。

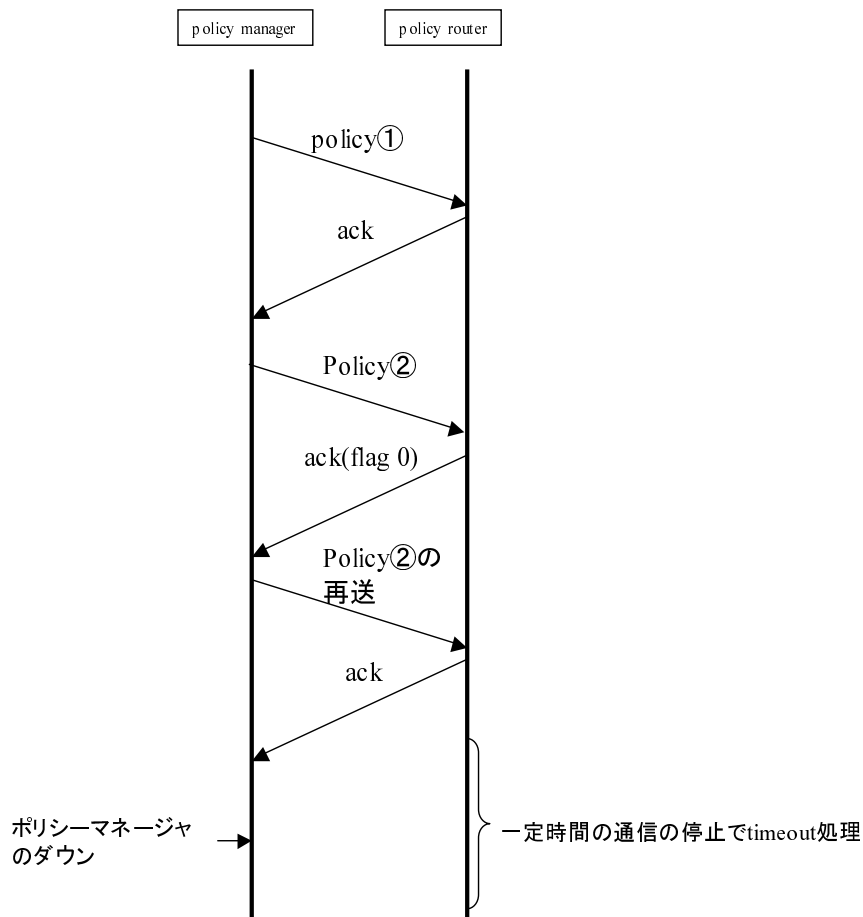


図 5.5: ポリシーマネージャとポリシールータ間の通信手順

第6章 実装

本章では、ポリシーマネージャの実装について述べる。

6.1 実装環境

本機構は FreeBSD 4.8-RELEASE 上で実装した。プログラミング言語は C 言語を用いて実装した。実際の AI3 ネットワークを利用する前に、衛星ネットワークを仮想的に構築し、その上で実装を行った。実装環境を表 5.1 に示す。

表 6.1: 実装環境

Operating System	FreeBSD 4.8-RELEASE
CPU	Pentium III 1.3GHz
Memory	512MByte
Hard Disk	40GByte
gcc version	2.95.4
SNMP manager	net-snmp 5.0.8

本研究では第 4 章で示した解決手法と第 5 章で示した設計方針を満たす機構の実装を行った。以下の各節において第 4 章で設計した機構の実装を述べる。本研究で実装した機能は以下の通りである。

- トラフィック測定
- 回線状態確認
- ポリシー作成方法変更機構
- ポリシー作成
- ポリシ設定の更新

各機構は相互にデータの送受信を行う。送受信するデータの構造体を図??に示す。

本機構は、サーバ・クライアントで構成した。ポリシーマネージャをサーバ、ポリシールータをクライアントとし、実装した。

6.2 実装の概要

実装は6つのモジュールから構成される。実装したモジュールを以下示す。
ポリシーマネージャ内

- トラフィック測定モジュール
- 回線状態確認機構
- ポリシ作成方法変更モジュール
- ポリシ作成モジュール

ポリシールータ内

- ON/OFF 確認サーバ
- ポリシー設定更新モジュール

これらのモジュールの情報共有のため、ファイルを作成する。作成するファイルを以下に示す。

- FILE_PARTNER:各 Partner ごとに貸し出したユニット数を記述
- rest_unit:残りユニット数ファイル
- rest_udl:UDL の残り帯域 (ユニット数ファイル)
- PM_switch:ポリシー ルータの ON/OFF ファイル

FILE_PARTNER は HUB 局との通信相手となる各 Partner ごとに作成する。

6.3 通信プロトコル

各モジュールの通信には全て TCP を用いた。

6.4 トラフィック測定 module の実装

本モジュールの処理の流れを以下に示す。本機構は以下の様に処理を行う。SNMPGET で取得できるのはインターフェイスの現在までの総受信バイト数のみである。そこで本実装はこの情報からトラフィック量を計算する。以下に計算部分のコードを示す。実際にポリシー作成機構へは5分間のトラフィック量の平均値を送信する。本機構は監視するインターフェイス毎に一つ立ち上げる必要がある。

1. 機構が起動
2. SNMPGET でトラフィック情報を取得

3. トラフィック量を計算する
4. トラフィック量から要求ユニット数を算出
5. ユニットを要求した場合、FILE_PARTNER の値を+1 rest_unit の値を-1
6. ユニットを回収可能な場合、FILE_PARTNER の値を-1 rest_unit の値を+1

6.5 回線状態確認 module の実装

本モジュールの処理の流れを以下に示す。

1. 機構が起動
2. Ping を送信
3. 3度 Ping の応答が無かった時、FILE_PARTNER の値を 0 に設定
4. FILE_PARTNER のパーミッションを変更し、トラフィック測定機構による更新ができないようにする
5. 応答があるが、すでにパーミッションが変更できない状態になっていた時、パーミッションを元に戻す
6. 2度まで Ping の応答が無かった時、応答が回復したら、counter 変数を 0 に戻す

Ping の送信はポリシールーティングの対象の全ての Receiver の受信インターフェイスに対して行う。本実装の動作概念図を図??に示す。

Receiver は UDL のデータを受け取るルータを指す。Receiver に対して 5 分毎に Ping を送信する。3 度とも続けて応答がなかった Receiver を利用する Partner の Point to Point Link からのポリシールーティングを停止する。その後も Ping の送信は継続的に行う。ポリシールーティングが停止状態にある Receiver からの応答が一度でもあれば、ポリシールーティングを再開する。ポリシールーティング再開のため、ポリシールータへポリシールーティング再開の指示を送る。

6.6 ポリシー作成方法変更 module の実装

本モジュールの処理の流れを以下に示す。

1. 機構が起動
2. 設定ファイルを読み込む
3. 設定ファイル内のポリシーと時刻を記録
4. 予約された時刻まで sleep し、予約時刻にポリシーをポリシー作成機構へ送信

5. 予約ポリシーが適用されている間、PM_switch を 1 に設定
6. ポリシ停止時刻まで sleep し、予約時刻にポリシの終了をポリシ作成機構へ通知
7. ポリシが停止した時、PM_switch を 0 に設定
8. 次のポリシ予約時刻まで sleep
9. 設定ファイルを更新した時は機構を再起動する

ポリシー作成方法変更機構は設定ファイルからユーザの指示を読み取る。設定内容はポリシーとポリシの開始時刻及び終了時刻である。本機構は機構の起動の時に設定ファイルを読み込む。そして、開始時刻、終了時刻、ポリシの値を構造体へ格納する。そして格納した情報から時刻間のインターバルを計算し、構造体へ格納する。以下、設定ファイルの情報に従って 4-7 の処理を行う。

次にポリシー作成機構へのデータの送信について述べる。

ポリシー作成機構へはポリシー、ポリシの開始又は終了時刻、その指示自体が開始か終了のものかを示す数値、を渡す。ポリシ変数にはユーザにより設定された Unit 数を代入する。開始/終了は flag 変数にセットする。開始を指示する場合は変数に 0 を代入し、終了を指示する場合は 1 を代入する。

6.7 ポリシー作成 module の実装

本モジュールの処理を以下に示す。本実装では割り当て Unit 単位を 100kbps とした。

1. 機構が起動
2. PM_switch から値を取得
3. PM_switch が 0 の時、ON/OFF サーバへ OFF メッセージを送信
4. PM_switch が 1 の時、ON/OFF サーバへ ON メッセージを送信し、FILE_PARTNER から情報を取得
5. このポリシ情報を元に設定ファイルを作成
6. ポリシ設定更新モジュールへ設定ファイルを送信

6.7.1 帯域割り当て関数

帯域割り当て関数では各モジュールから渡された指示に従ってポリシの作成が行われる。SNMPGET より得られたられたトラフィック量を元にポリシを作成する。ポリシの作成に二つの閾値を用いた。閾値 1 は閾値 2 より大きいことを前提とする。

帯域割り当て関数の処理を以下に示す。

1. トラフィック量を取得

2. 閾値 1 よりトラフィックが多い時、FILE_PARTNER を+1
3. 閾値 2 よりトラフィックが多い時、FILE_PARTNER を-1
4. 作成したポリシーは設定ファイルへと書き替え、ポリシー設定更新 module へ送信する

UDL 帯域は各 Partner に対して Unit に分割して割り当てられる。よって、二つの閾値を用意し、その値とトラフィック量から Unit を割り当てるか、回収するかを決定する。

6.8 ON/OFF サーバ

本モジュールの処理を以下に示す。

- 機構が起動
- メッセージ受信待ち
- ポリシーマネージャから ON/OFF メッセージを受信
- OFF なら PM_switch を 0 に設定
- ON のな愛 PM_switch を 1 に設定

本モジュールはポリシー作成方法変更機構や回線状態確認機構からの ON/OFF メッセージを受け、動的なポリシー変更への許可を変更する。

6.9 ポリシー設定更新 module の実装

ポリシー設定更新 module はポリシールータ上で動作する。本モジュールの処理を以下に示す。

1. 機構が起動
2. メッセージ受信待ち
3. ポリシーマネージャから設定ファイルの内容を受け取る
4. メッセージ中の設定ファイル部分を読み込む
5. 設定ファイルを書き替える
6. PM_switch が 1 であることを確認
7. 設定ファイルを更新
8. PM_switch が 0 なら、設定ファイルを破棄する

第7章 評価

7.1 定性的評価

本研究で構築した機構に対して定性的評価を行った。この評価内容について以下に述べる。

7.1.1 実験環境

実験環境について詳述する。

7.1.2 評価ネットワークの概要

実験用の OS には FreeBSD 4.8-RELEASE を用いた。実験環境として構築した評価ネットワーク構成図を以下図??示す。PM はポリシーマネージャ、PR はポリシールータである。この他の一台を Host と呼ぶこととする。

実験環境として実際の AI3 ネットワークのような Point to Point Link と UDL を併用した衛星ネットワークをエミュレートした。このためにルータ PR と Host 間の回線にはそれぞれ DUMMYNET を用いて帯域制限と遅延をかけている。ネットワーク B のリンクは帯域 9Mbps、往復 500ms となるよう設定した。ネットワーク C のリンクは帯域 2Mbps、往復 500ms となるよう設定した。

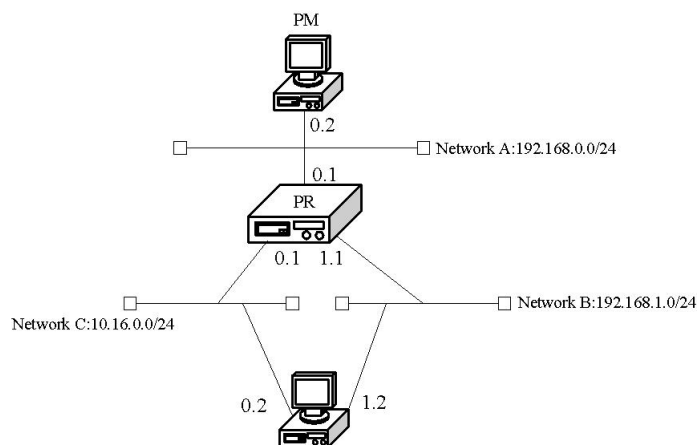


図 7.1: 評価環境

7.1.3 評価に用いたマシンの仕様

実験に用いたマシンを以下、表 7.1 に示す。

表 7.1: 実験評価に使用したマシンの仕様

HOST NAME	Operation System	CPU	Memory
Policy Manager	FreeBSD 5.1-RELEASE	Pentium III 1GHz	512MByte
Policy Router	FreeBSD 4.8-RELEASE	Pentium III 1GHz	512MByte
Router B	FreeBSD 4.8-RELEASE	Pentium III 1GHz	512MByte

モジュールを動作させるマシンとモジュールを以下表 7.2 に示す。

表 7.2: モジュールの動作環境

HOST NAME	Module
Policy Manager	トラフィック測定モジュール
Policy Manager	回線状態取得モジュール
Policy Manager	ポリシー作成方法変更モジュール
Policy Router	ON/OFF サーバ
Policy Router	ポリシー設定変更モジュール

以上の環境で定性的評価を行った。

7.1.4 実験内容

本定性的評価において行う実験内容を以下に挙げる。

- 各モジュールの動作確認
- モジュール間通信の検証
- システムとしての動作確認

本評価ではまず、実装した各モジュールの動作検証を行った。次に、全てのモジュールを動作させた時の稼動状態を検証した。

7.1.5 評価項目

本定性的評価の評価項目として以下の項目を挙げる。

- ポリシの書き替えが正常に行われた
- ポリシの On/Off が要求に対して正しく行われた

- Receiver の受信状態に応じたポリシの切り替えが正常に行われた

本システムはこれらの機能を複数のモジュールの動作から実現している。これらのモジュールを動作させた際、これらの機能が正常に働くことで本機構は第一章で述べた目的を達成する。よって、以上に挙げた項目の条件を満足させる事を本実装の目標とする。

7.1.6 実験結果

行った実験内容に対する実験結果を述べる。

各モジュールの動作確認

各モジュールと関連して動作するモジュール間で簡単に動作を検証した。全てのモジュールで第6章で述べた処理手順での動作を確認した。これにより、第5章で述べた設計方針、第4章で述べた解決方法を満たすモジュールであることを検証できた。

システムとしての動作確認

初期化スクリプトを用いて、モジュールをシステムとして動作させた。評価には実ネットワークにおける回線の状態の変化、トラフィック変化、ユーザーからの要求が必要となる。これらの入力についてトラフィックの変化は実際に実ネットワークへの SNMP により行い、その他は今回の実験では実験者が手動で設定を行った。これらの入力の変化に対する処理で評価項目に掲げた項目を満たすことができた。相互の処理インターバルによる処理のすれ違いやファイルの読み込みも問題なく、システムとして正常に動作したことを確認できた。よって、本機構が実ネットワーク上で検証を行うに足ることを検証できた。

7.2 評価のまとめ

本章では本研究で構築した機構の定性評価を行った。本機構は衛星ネットワーク上の共有回線を有効に利用するため、トラフィック情報に応じた動的なポリシ書き替え、ユーザー要求によるポリシ書き替え、回線状態に応じたポリシの書き替えの機能を実装した。定性評価の結果、本機構はシステムとして正常に動作することが検証された。よって今後、実験環境上や AI3 ネットワーク上でも評価を続けて行うこととする。

第8章 おわりに

8.1 結論

本研究では衛星ネットワーク上の共有回線を効率的に利用するための機構として、ポリシーマネージャを提案した。

機能として、トラフィック状態に応じた動的なポリシーの変更機能、回線状態に応じたポリシーの変更機能、ユーザーからの要求をポリシーに反映するための機構を実装した。

ポリシーマネージャは既存のポリシールータのポリシーを柔軟に変更可能にした。本システムの導入により、帯域の利用率の向上や管理コストの削減などの衛星ネットワーク全体の利便性の向上を実現できた。

8.2 今後の課題

今回はステータス情報の取得とその反映についての実装・評価を行った。今後はアルゴリズム内の実装を行い、動作検証していく。より利用しやすいシステムにするため、以下の機能を追加する。

- ユーザーインターフェイスの Web 化
- より適切な帯域割り当て機能
- 実ネットワークでの運用

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導いただきました、慶応大学環境情報学部教授の徳田秀幸博士、並びに村井純博士に深く感謝いたします。また、絶えずご助言とご指導をいただきました、同学部助教授の楠本博之博士、並びに中村修博士に深く感謝いたします。

本研究の全般に渡り、終始惜しみないご助言と叱咤激励をいただきました、慶応義塾大学政策メディア研究科の藤枝俊輔氏、Achmad Husni Tamlin 氏に深く感謝いたします。また、本論分の執筆にあたり常に励ましと御協力をいただきました、慶応義塾大学政策メディア研究科の西田視磨氏、片岡広太郎氏、臼井健氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] E. Duros, W.Dabbous, H. Izumiyama, N. Fujii, Y. Zhang. A Link-Layer Tunneling Mechanism for Unidirectional Links, March 2001.
- [2] SOI-ASIA. <http://www.soi.wide.ad.jp/>.
- [3] AI³(Asian Internet Interconnection Initiatives). <http://www.ai3.net/>.
- [4] 阿部 博信, 福田 雅裕, 虻川 雅浩, 泉 丙完. 衛星デジタルデータ放送を用いた IPv6 通信システムの構築. 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所, 2003.