

第2編 マルチキャストネットワーク設計指針

第2編 マルチキャストネットワーク設計指針

| | |
|--|------|
| 第1章 IP マルチキャストによる映像配信の検討..... | 1-1 |
| 1. 1 IP マルチキャスト技術と映像配信への適用検討..... | 1-1 |
| 1. 1. 1 検討概要..... | 1-1 |
| 1. 1. 2 映像の流れと映像情報共有化システムの設計における基本的課題..... | 1-1 |
| 1. 1. 3 IP(Internet Protocol)の採用..... | 1-5 |
| 1. 1. 4 マルチキャスト..... | 1-5 |
| 1. 1. 5 トラフィック低減対策の効果とその他の対策..... | 1-11 |
| 1. 1. 6 その他の映像通信網との関連..... | 1-11 |
| 1. 2 IP マルチキャスト網の基本動作の確認..... | 1-12 |
| 1. 2. 1 検討概要..... | 1-12 |
| 1. 2. 2 映像配信ネットワークに関する検討..... | 1-12 |
| 1. 2. 3 今後の展望(SSM, IPv6)..... | 1-18 |
| 1. 3 ネットワーク構成とアドレス付与計画の検討..... | 1-22 |
| 1. 3. 1 検討概要..... | 1-22 |
| 1. 3. 2 行政 LAN との接続に関する検討..... | 1-22 |
| 1. 3. 3 QoS の設定ルールに関する検討..... | 1-23 |
| 1. 3. 4 マルチキャストの配信範囲制御..... | 1-25 |
| 1. 3. 5 国電通仕第52号..... | 1-27 |
| 第2章 道路管理用高速ネットワークにおけるマルチキャスト網の設計..... | 2-1 |
| 2. 1 統合体系IPアドレスとアドレス集約..... | 2-1 |
| 2. 2 IP バックボーンにおける基本機能..... | 2-2 |
| 2. 2. 1 ユニキャスト通信の負荷分散..... | 2-2 |
| 2. 2. 2 マルチキャスト通信の負荷分散..... | 2-2 |
| 2. 2. 3 複数経路の迂回制御..... | 2-3 |
| 2. 2. 4 優先制御..... | 2-3 |
| 2. 3 マルチキャストルーティング..... | 2-4 |
| 2. 3. 1 基本設計..... | 2-4 |
| 2. 3. 2 BSR の設定指針..... | 2-4 |
| 2. 3. 3 RP の設定指針..... | 2-7 |
| 2. 4 ユニキャストルーティング..... | 2-8 |
| 2. 4. 1 IP バックボーンにおける基本構成..... | 2-8 |
| 2. 4. 2 異なる地方整備局の事務所間直接接続..... | 2-9 |
| 2. 4. 3 地方整備局間幹線系ネットワーク相互接続..... | 2-10 |
| 第3章 外部機関とのマルチキャスト接続手法..... | 3-1 |
| 3. 1 基本構成..... | 3-1 |
| 3. 2 通信形態とセキュリティ対策..... | 3-1 |
| 3. 3 アドレス体系とストリームの扱い..... | 3-2 |

| | |
|--------------------------------------|------|
| 3. 3. 1 基本的な考え方 | 3-2 |
| 3. 3. 2 IPv6 移行を見据えた暫定体系..... | 3-2 |
| 3. 3. 3 アドレス標準における付与規則 | 3-3 |
| 3. 4 外部機関との接続手順 | 3-4 |
| 3. 4. 1 Web など不特定の利用者端末を相手にする通信..... | 3-4 |
| 3. 4. 2 特定のサーバ間に限定されたデータ通信 | 3-4 |
| 3. 4. 3 映像マルチキャストなど放送型の通信 | 3-5 |
| 3. 5 マルチキャスト通信に対応したファイアウォール | 3-7 |
| 3. 5. 1 ファイアウォールに求められる要件 | 3-7 |
| 3. 5. 2 現状の構成手法 | 3-8 |
| 3. 5. 3 現状手法における課題..... | 3-9 |
| 3. 5. 4 マルチキャスト・ドメインの分割による課題解決 | 3-10 |
| 第4章 今後に向けた検討課題 | 4-1 |

第1章 IP マルチキャストによる映像配信の検討

1. 1 IP マルチキャスト技術と映像配信への適用検討

1. 1. 1 検討概要

多数の映像情報を広域的に共有できる「映像情報共有化システム」について、詳細な技術検討を行うとともに、具体的なシステムの構成を示し、地方整備局等での展開を可能とする技術指針等の作成を目的としている。

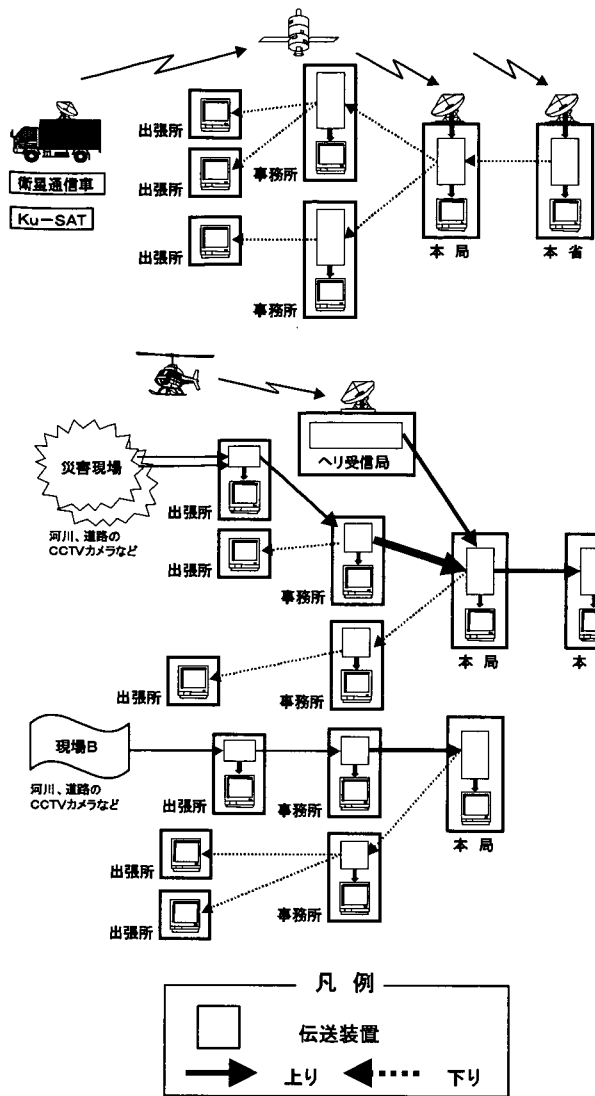
はじめに、大規模な映像ソースを切替・分配して個人のパソコンにてモニタするには、IPの採用が不可欠であることを示した。次に、映像を受信しながら再生する「ストリーミング」を効率的に行うための技術として、マルチキャストが有効であることを明らかにし、その適用手法に加えてトラフィック低減手法を示した。

1. 1. 2 映像の流れと映像情報共有化システムの設計における基本的課題

(1) 映像の流れ

国土交通省における映像ソースである CCTV カメラや災害対策用映像伝送機材は、社会の情報化が進むとともに増加の一途をたどり、今後も増加し続けることが確実である。撮影された映像は、光ファイバや衛星といった通信回線の充実にともない、特に事故・災害時を中心に地方整備局本局や本省をはじめ、外部機関などでも広域的に利用されつつある。

現場で映像を入手してから、広域的に伝送され利用されるまでの流れを模式的に図 1-1に示す。



衛星通信による映像の伝送

本省、本局は、衛星のダウンリンクを直接受信できるため、地上系の上り回線は必要としない。

ただし、同時受信可能映像数は限られているため、映像数が多い場合には他局で受信した衛星からの映像が地上系で送られてくる場合もある。

地上系通信（光ファイバ通信、マイクロ波無線通信）による CCTV カメラ・ヘリコプタ映像の伝送

上りは災害現場を管轄する出張所から本省まで伝送する例。

ヘリコプタからの映像の下りは、ヘリコプタが撮影している地域を管轄する出張所まで伝送するものとした。

いずれも、地上系伝送路はツリー型トポロジーを想定している。

図 1-1 映像の入手から利用までの流れ

CCTV カメラの増加に伴い、本局・本省向けのの上り方向の映像伝送数を増やすことが望まれている一方、災害時には下り方向や水平方向の映像伝送への要望も強くなっている。例えば、①衛星通信車・ヘリコプタからの映像の事務所・出張所での視聴、②河川管理・道路管理の双方に関連する橋梁等の映像共有、③災害支援をしている事務所での状況把握などである。

(2) 映像伝送による通信トラフィック

映像情報は音声（電話）や数値データに比べて極めて大きな情報量を持ち、そのことが映像情報共有化システムの実現への障害になると考えられる。映像伝送によって生ずる通信トラフィックを以下のようにシミュレートした。

① 映像ソース(CCTV カメラ)の台数と組織数の想定

カメラ台数や組織数は地域や年度により異なる。ここでは、平均的な値として表 1-1 を採用している。

表 1-1 システム規模(想定)

| カメラ | 出張所 | 事務所 | 本局 | 本省 |
|---------|---------|---------|--------|---------|
| 10台/出張所 | 5箇所/事務所 | 30箇所/局 | 10箇所/省 | 1箇所/全国 |
| カメラ累計 | 10台/出張所 | 50台/事務所 | 1500/局 | 15000/省 |

② 映像利用者の想定

映像情報共有化システムは「いつでも」、「誰でも」、「どのカメラの映像でも」自由に選択して必要な映像を視聴できることを目的としている。その利用ニーズは、組織機能や業務状況等により異なるが、個人が自由に利用するために机上のパソコン(PC)により視聴されるものと考えている。組織毎の映像視聴のニーズを以下のように想定した。

・ 本省・本局

本省・本局では、平常時にも若干の視聴はあるものの、主な利用は災害時に集中すると想定し、災害時の映像ニーズを表 1-2 のように想定した。

表 1-2 本省・本局における最大視聴映像数(想定)

| 映像ニーズ | 伝送路種別 | 本省 | 本局 |
|---------|---------------------|--|---|
| 映像種類 | 地上系 | {河川(ダム・砂防含む)×5+道路×5}×2地方整備局 | {河川(ダム・砂防含む)×4}4事務所、{道路×4}×4事務所 |
| | 衛星系 | 衛星通信車/ヘリコプタの計2種類 | 同左 |
| 同時視聴画面数 | 地上系 (衛星系は共視聴とした) | 155人(災害対策関係)×1/2(同時視聴数)×2(視聴画面)合計155画面(地方整備局当たり77.5画面×2) | 122人(災害要員)×1/2(同時視聴数)×2(視聴画面)合計122画面(事務所当たり15.25画面×8) |

・ 事務所・出張所

a. 平常時の映像情報共有化システムによる映像視聴

天候の急変時や出退庁時などに、監視業務担当者以外の職員が、工事状況や河川・道路等の概況を把握するために、主として管内のCCTVカメラ映像を執務室にて机上のPCを用いてランダムに視聴すると想定した。

b.災害時の映像情報共有化システムによる映像視聴

事故や災害発生(予測)時には、管轄外の隣接事務所等のCCTVカメラ映像や衛星通信車・ヘリコプタから得られる映像も視聴される。平常時には広く分散していた映像ニーズが、災害時には危険箇所、災害発生箇所の映像に固定、集中する。事務所・出張所の映像ニーズの最大値を表 1-3 のように想定した。

表 1-3 事務所・出張所における最大視聴映像数(想定)

(事務所・出張所内のみで運用されるローカル系(アナログ)映像は含まれていない)

| 映像ニーズ | 伝送路種別 | 事務所 | 出張所 |
|--------------------------|---------|---|--|
| 映像種類 | 地上系(上り) | (4分割された画面1種類)×5出張所=5種類 | CCTVカメラからの映像は、ローカル系システムで視聴 |
| | 衛星系(下り) | 管外のCCTVや災害時の衛星/ヘリコプタからの映像を合計2種類 | 管外のCCTVや災害時の衛星/ヘリコプタからの映像を合計2種類 |
| 同時視聴画面数(ローカル系を除く映像共有系のみ) | | 管内映像:100(事務所人員)×0.1(同時視聴者割合)×1(視聴画面)=合計10画面 管外映像は共視聴による2画面 | 出張所管外映像2種類を所内1箇所画面表示(2画面)出張所管内映像はローカル系にて視聴 |

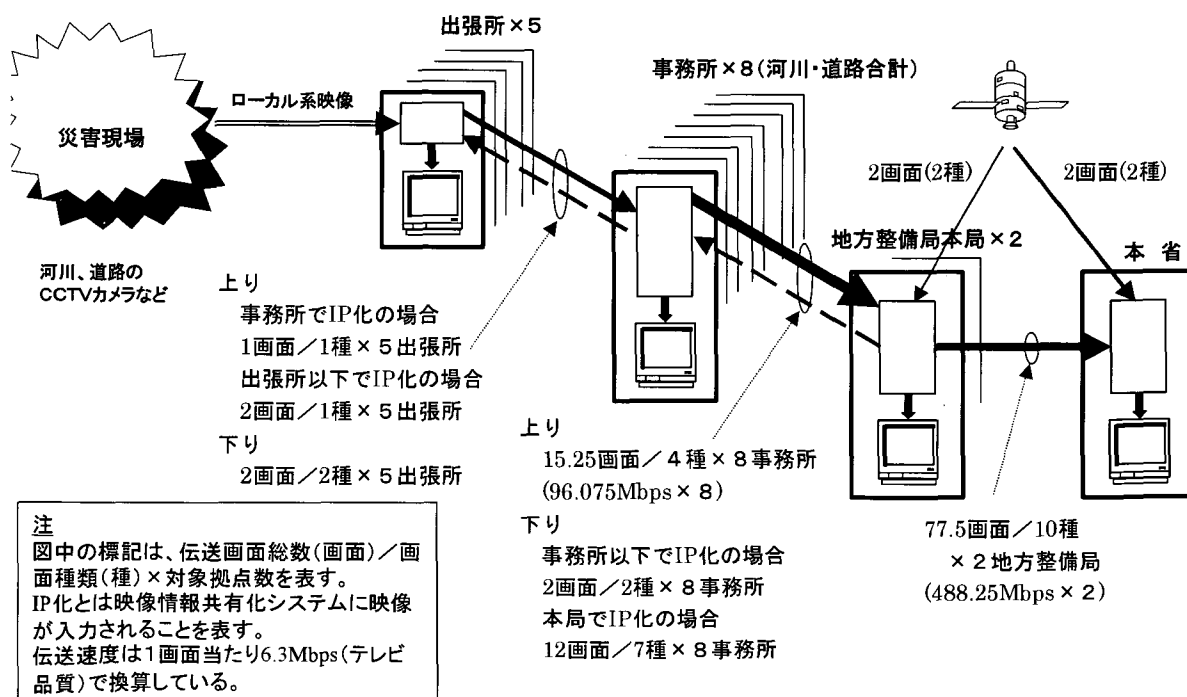


図 1-2 映像トラフィックの想定

(3) 映像情報共有化システムの設計における基本課題

基本課題として、次の2つがある。技術的検討を示し、上記の課題の解決を図ることとする。

- ・ 大量の映像の切替・分配手法: 従来の技術手法を用いて多数のCCTVカメラを職員が自由に視聴する「映像情報共有化システム」を実現するには、利便性、経済性の面から極めて困難である。
- ・ 通信トラフィック: トラフィック低減対策を行わない場合には、利用者の視聴画面総数の映像を伝送する必要がある、経路によっては必要な伝送速度が数百Mbpsに達する。

1. 1. 3 IP (Internet Protocol) の採用

映像ソース(配信元)・映像利用者(配信先)が数千を超える規模に対し、伝送路切替による映像の分配・切替を行うことは、運用の複雑性並びに配信元数×配信先の組み合わせ分の映像回線確保という点から、実現が極めて困難である。

これに対し、IP(Internet Protocol)で採用されているルーティング方式は、容易にN:Mでのデータ交換が可能である。さらにコストパフォーマンスも高いうえ、詳細な設計検討に基づく通信制御が必要ないといった利点がある。また、映像のIP化により、このような数値情報との一体化が容易となり、加えてイントラネットとすることで、PC(Web)を利用して容易な映像選択を提供するユーザインタフェースを実現できる。

上記のメリットに加え、前述のように「映像情報共有化システム」の利用は机上のPCを想定していることから、本システムの基本的な通信方式として「IP」を採用する。

1. 1. 4 マルチキャスト

(1) インターネットでの映像配信

近年、インターネット上での放送サービスが数多く登場し、ライブやオンデマンドの映像・音声配信が行われている。そこで使われている技術は、「ストリーミング」と呼ばれる。比較的大規模なストリーミング配信では、ユニキャストに「キャッシュサーバ」の分散配置を併用している。現在のストリーミング配信サービスでは、後述するマルチキャストではなく、ユニキャストとキャッシュサーバが併用されている。

(2) マルチキャストとその効果

これに対し、ネットワーク技術によって映像ストリームを減らし、トラフィックを低減させる手法が

「マルチキャスト」である。マルチキャストでは、ストリームを必要に応じてネットワークノードでコピーして配信する。このため、複数の箇所や端末から同じ映像の要求があった場合、同じ経路上に一つの映像ストリームしか流れない。

ユニキャスト、キャッシュサーバ分散配置、マルチキャストによる映像ストリームの状況を模式的に図1-3に示した。表1-4は、各リンクにおける最大トラフィック量(ストリーム数)を示す。 ϕ 、 δ はそれぞれブランチのルータ数とそのルータに接続する受信システム数を表す。

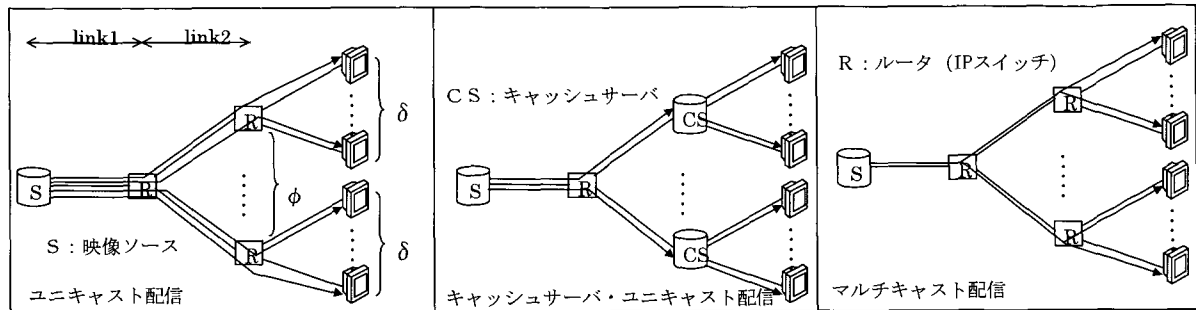


図1-3 映像配信の形態

表 1-4 各配信方式におけるトラフィック及び最大トラフィック量(ストリーム数)

| 配信方式 | トラフィック | | エンコーダでの最大送出 ストリーム数(1台当り) |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| | link1 | link2 | |
| ユニキャスト配信 | $S \times \phi \times \delta$ | $S \times \delta$ | $\phi \times \delta$ |
| キャッシュサーバ・ユニキャスト配信 | $S \times \phi$ | S | ϕ |
| マルチキャスト配信 | S | S | 1 |

インターネット上のストリーミング配信サービスでは、様々なレベルのルータ等に対応する必要があり、また、ネットワーク負荷を低減させるインセンティブが大きく働かないことから、後述するマルチキャスト技術が普及していない。しかし、サーバ方式は、情報システム技術なので、画像符号化方式の変更やシステム構成の変化(カメラの追加など)など、今後想定される要件に対応した改良や拡張をしなければならない。これに対し、マルチキャストは、純粋なネットワーク技術であるため、アプリケーションの変更などの影響を受けない。

国土交通省内のネットワークでは、設備の仕様を規定することが可能であること、並びに、ネットワーク負荷低減による経済性の向上が明確であることから、コストや拡張性に優れている「マルチキャスト」の採用を推奨する。

(3) マルチキャスト導入の検討

国土交通省内のネットワークでは、設備仕様を規定することが可能であるため、マルチキャストの実現は容易である。さらに、ネットワーク負荷やエンコーダ負荷の低減による経済性向上が明確であり、キャッシュサーバよりマルチキャストルータの導入によるシステム構築が低コストである。以上の理由から、拡張性に優れている「マルチキャスト」の採用を前提に検討を進めることとした。

IPネットワーク上でのマルチキャストを実現する技術は、

- ・ 配信ソースを識別するための「グループアドレス」
- ・ グループへの参加メンバを管理するための「マルチキャストグループ管理プロトコル」
- ・ 広域網での配信経路を制御するための「マルチキャスト経路制御プロトコル」

である。ここでは上記に示す技術について検討を行った。

(4) 映像配信のためのIPアドレス

映像のマルチキャスト配信を行うためにはマルチキャストグループを形成し、参加表明を受け付ける必要がある。国土交通省内などプライベート網におけるマルチキャストグループについては、RFC2365において以下に示すクラスDアドレス空間(224.0.0.0～239.255.255.255)を利用することが推奨されている。

① Organization Local Scope(239.192.0.0 ～ 239.195.254.255)約 26 万

② Site Local Scope (239.255.0.0 ～ 239.255.254.255)約 6 万 5 千

このうち、Site Local Scope については、既に情報コンセントに割り当てられており、これに影響を与えないアドレス付与のために Organization Local Scope を使用することとし、国電通仕52号に従い以下の体系とする。

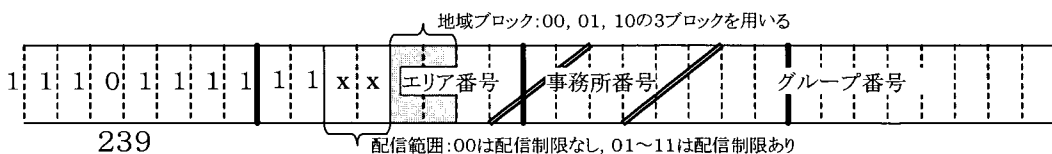


図 1-4 マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス

- ①配信範囲: ネットワーク内において宛先アドレスによる配信範囲の制御を行う場合に使用する。00 は配信制限なしとし通常の広域配信に用いる。01～11 は配信範囲の制限を行う場合に用いる。
- ②地域ブロック: 00, 01, 10 の3ブロックとする。
- ③エリア番号: 地方整備局等を識別する番号である。図 1-4 に示す範囲で可変長とする。
- ④事務所番号: 事務所等を識別する番号である。図 1-4 に示す範囲で可変長とする。
- ⑤グループ番号: 事務所番号までに用いたビットの残りをを使い、宛先ごとにユニークに付与する。

(5) マルチキャストグループ管理プロトコル

マルチキャストグループ管理プロトコルは、ルータ(L3スイッチでも可能。以下同様にスイッチも含めて「ルータ」と表現する)において、直接接続しているサブネット上のホストがどのマルチキャストグループに参加するかを管理するために運用される。標準化動向から、「IGMP(Internet Group Management Protocol) version2 (RFC2236)」を採用することとした。

(6) マルチキャスト経路制御プロトコル

マルチキャスト経路制御プロトコルは、ルータ間で情報を交換することによりマルチキャストツリーを構築するために使用される。マルチキャスト経路制御プロトコルには、PIM-DM、PIM-SM、DVMRP、MOSPF、CBT などがある。

これらの中から、RFCの状況や適用事例・製品といった完成度、並びに、方式の特性(ユニキャスト経路制御プロトコルに対する非依存性)から、PIM(Protocol Independent Multicasting)を選択した。PIMは、基盤となるユニキャストIPの経路制御機構に依存することなく、マルチキャストパケットの経路を制御できる。PIMにはSM:Spares Mode(疎モード)とDM:Dense Mode(密モード)という二つのモードがある。

PIM-DMは、始点ツリー(データ駆動)型であり、flooding(フラッディング)によりドメイン全域へのデータ配信をしてからプルーニング(不要ブランチの削除)を行うことでツリーを構築する。不要ブランチがプルーニングされるまでの間に無駄なトラフィックがネットワークリソースを浪費してしまう点と、プルーニング機能を維持しなければならないということから、豊富な帯域があり受信者が密集しているような環境に適する。

PIM-SMは、共有ツリー型であり、予め基幹となる共有ツリーを用意し、受信側が明示的にツリーへの参加を要求するにしたがってツリーを構築していく。これらは、最初に共有のツリーをどのように設定するか設定しなければならないという点と、使用・未使用にかかわらずツリーを維持しなければならないという点でデメリットがあるが、帯域幅に制限があり、かつ、受信者が低密度で分散しているような広域ネットワークに適する。

DMのFloodingによるトラフィックは極めて大きなものとなり、ネットワークの負荷として耐えられなくなることに加え、ルータに対しても大きな負荷がかかることが算出された。

PIM-SMは、マルチキャストデータを流し始めるランデブーポイント(RP:Rendezvous Point)の配置、ランデブーポイントの配置情報を統合するブートストラップルータ(BSR)の配置といった複雑さ

③ソース配信シーケンス

マルチキャストソース(エンコーダ)から送信されたマルチキャストデータ(映像)を最初に受信したルータは、宛先であるグループアドレスを扱うRPに向けてレジスタ(Register)メッセージを送出する。RPは、該当グループアドレスにマルチキャストデータがあることを登録する。

④メンバ参加シーケンス

映像を視聴する端末(PC)は、接続しているルータ(R_1)からの映像マルチキャスト情報(IGMP クエリ)メッセージに対して、返事(IGMP レポート)を送信し、マルチキャストグループへの参加を表明する。 R_1 は、そのマルチキャストグループに対するRPを選択し(BSMの情報から得る)、そのRPへの転送エントリ(映像データ)を持っていないければ、RPに向けて参加(Join)メッセージを送信する。 R_1 からRPまでの途中のルータで転送エントリ(映像データ)を持っていれば、そこで映像をコピーして配信(転送)する。RPへの転送エントリを持っていないければ、さらにRPに向けてJoinを送信する。RPにJoinが到達した時点で R_1 までのマルチキャストデータが転送され、PCは映像を視聴できるようになる。

⑤配信経路の確定

マルチキャストデータには配信先アドレスが示されている。配信経路上のルータは配信元を認識し、ユニキャストの経路情報に基づき、必要に応じて当初のRP経由の経路から最短経路(Shortest Path Tree)への切替を行う。

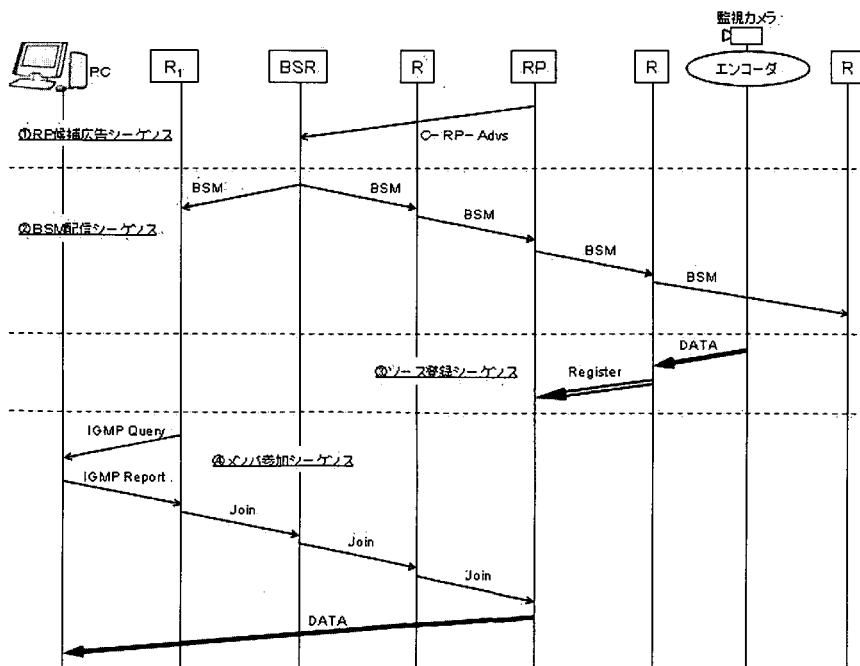


図 1-6 PIM-SMの時系列的動作シーケンス

表 1-5 マルチキャストを実現する技術

| 要素技術 | 採用仕様 |
|-------------|---|
| グループアドレス | RFC2365 に規定される Organization Local Scope の範囲 |
| グループ管理プロトコル | IGMP version2 (RFC2236) |
| 経路制御プロトコル | PIM Sparse Mode (RFC2362) |

1. 1. 5 トラフィック低減対策の効果とその他の対策

以上のマルチキャスト技術、動画像符号化技術によるトラフィック低減対策の効果を図 1-7 に示す。このように必要伝送容量の大幅な削減が図られ、現在の標準的な通信設備の伝送能力で対応が可能となる。

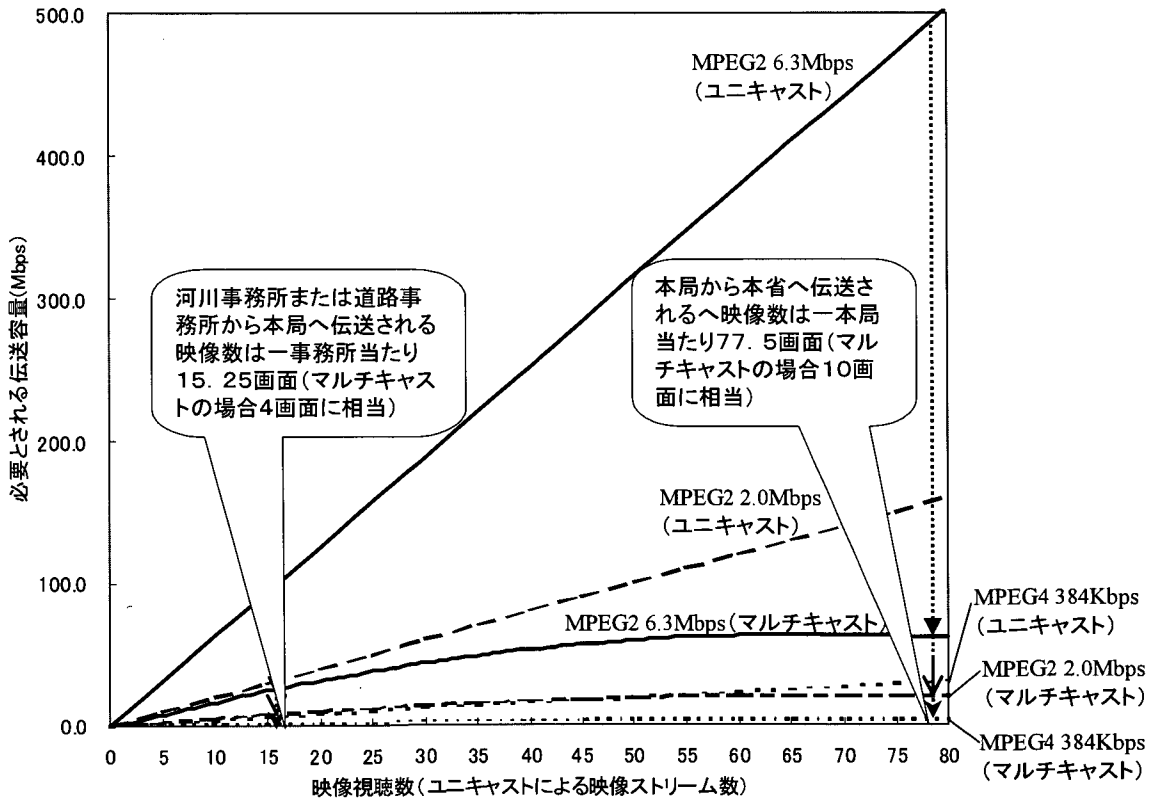


図 1-7 トラフィック低減効果

1. 1. 6 その他の映像通信網との関連

(1) 専用高画質系

河川や道路等を直接管理している出張所や事務所等では、距離が短いこと、カメラ数が比較的

少ないこと、放送事業者へ提供していることなどから、高画質の主にアナログの画像伝送が行われている。また、ヘリコプタなどからの災害映像伝送は、さらに上位機関(本省や内閣府)での意志決定に利用される可能性があることから、人手をかけても高画質(MPEG-2)で確実な伝送を保証している。

これらの専用高画質系映像システムと映像情報共有化システムとの統合化を、メリット、デメリットを見極めて行うことが今後の課題である。

(2) 一般市民への配信について

国土交通省の映像に対する一般市民のニーズに応えるためには、インターネットや第3世代携帯電話(IMT2000)で配信することも考えなくてはならない。それら一般的な通信手段では、通信会社やインターネットプロバイダーを経由することとなり、各会社の既存設備、セキュリティ、経営戦略などからくる制約がある。すなわち、プロバイダのストリーミング配信サービス約款や、携帯電話会社のサーバ使用等の条件に従わなければならない。このため、本システムとは異なる伝送速度、アドレス、ストリーミング方式へ変換して配信することになる。

1. 2 IP マルチキャスト網の基本動作の確認

1. 2. 1 検討概要

映像配信ネットワーク、マルチキャストルーティング、映像情報の提供、映像情報の管理について検討を行った。映像配信ネットワークの実験システムを関東地方整備局内に構築し、検証を行っている。

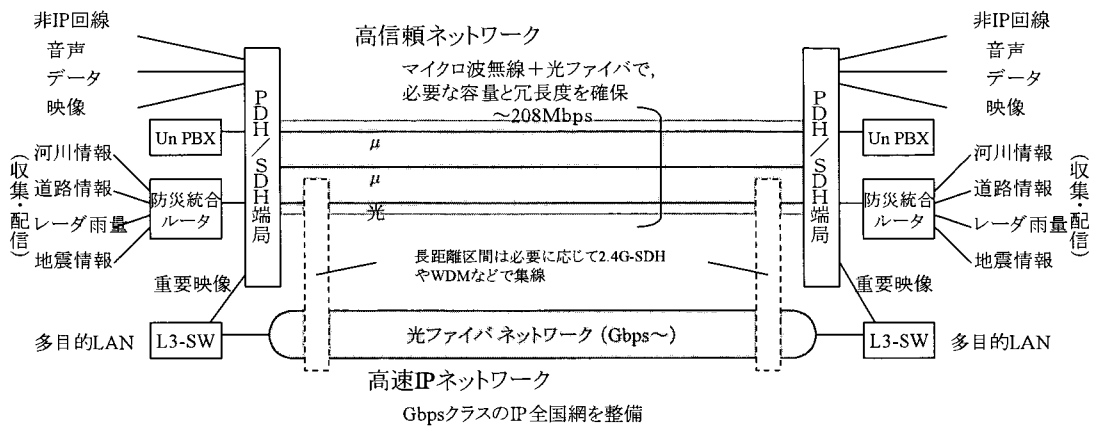
IP による映像配信ネットワークは、ルータやスイッチの多段接続による遅延増大などの悪影響が気になるところであるが、実験により、多段接続(実験環境ではレイヤ3スイッチを5段構成)においても伝送遅延の増大は計測可能な範囲以下であり、現実的な構成においてもあまり問題とならないことが示されている。

1. 2. 2 映像配信ネットワークに関する検討

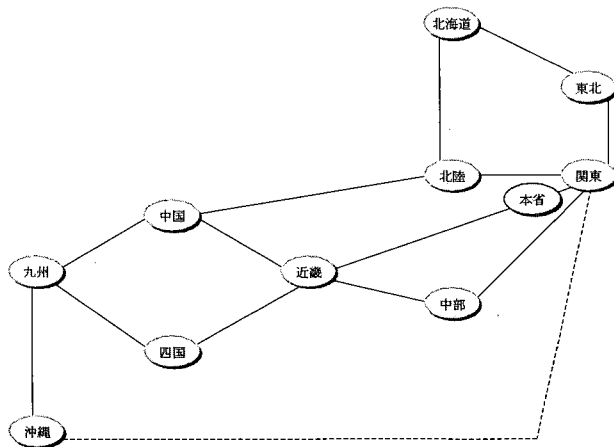
(1) 映像配信ネットワーク

中期的に目標とするネットワーク構成を図 1-8 に示す。マイクロ波無線回線に一部光ファイバ回線を組み合わせ、必要な容量と冗長性を確保した高信頼ネットワークと、光ファイバ回線による Gbps クラスの全国的な高速 IP ネットワークの2つから構成される。

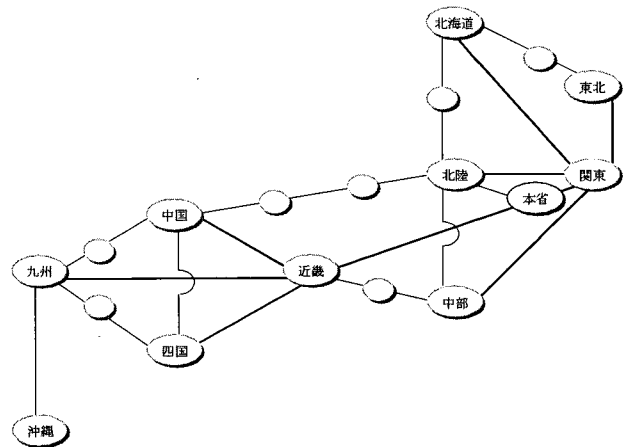
ネットポロジは、本省への一極集中を是正し、関東と近畿の整備局を核とした分散構成を志向する。マイクロ波無線回線では、搬送端局を用いて IP ノード(ルータ、L3SW)間に長距離回線を設けることが容易である。また組織のハイラークキに従った集配信が中心となるため、図 1-8 の b. のような複合ループ構成で十分である。これに対して光ファイバ回線では、隣接地方整備局間での通信トラフィックも相当発生すると予想され、図 1-8 の c. のような幹線系との相互接続点を多く設けた構成が必要となる。



a. 各種メディアの収容方式(防災情報システム系は統合するが、2つのバックボーンを使い分ける)



b. マイクロ波無線回線での IP 網



c. 光ファイバ回線での IP 網

図 1-8 整備目標とするネットワーク構成

このような全国規模での IP ネットワーク構築においては、多段構成によるレスポンス変化がどの程度のものなのかを検証しておく必要がある。また容量的に制約のあるマイクロ系などでの利用を勘案し、伝送容量の限界近くまで通信を行ったときの振る舞いについて検証しておく必要がある。さらに、トラフィック監視及び映像信号の送出制御の方法などネットワーク管理手法についての検討も必要である。これらについて、次項以降で詳細に検討する。

(2) ルータ、スイッチの多段構成によるレスポンス変化の検討

実験によりルータ、スイッチの多段構成によるレスポンスの変化を考察している。PIM-SM を用いた L3-SW 5段構成においては、有意なレスポンスの違いは認められない。

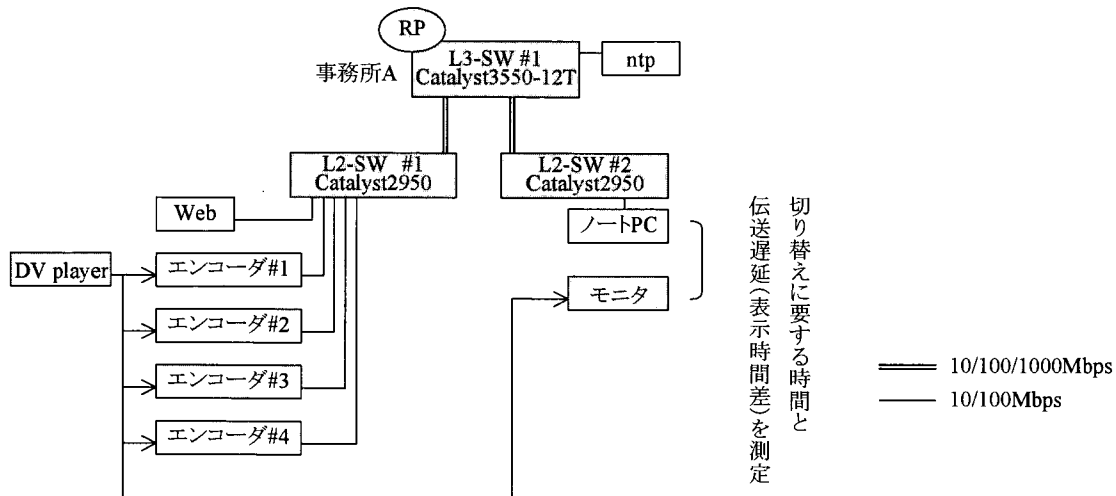


図 1-9 実験構成図(最小構成)

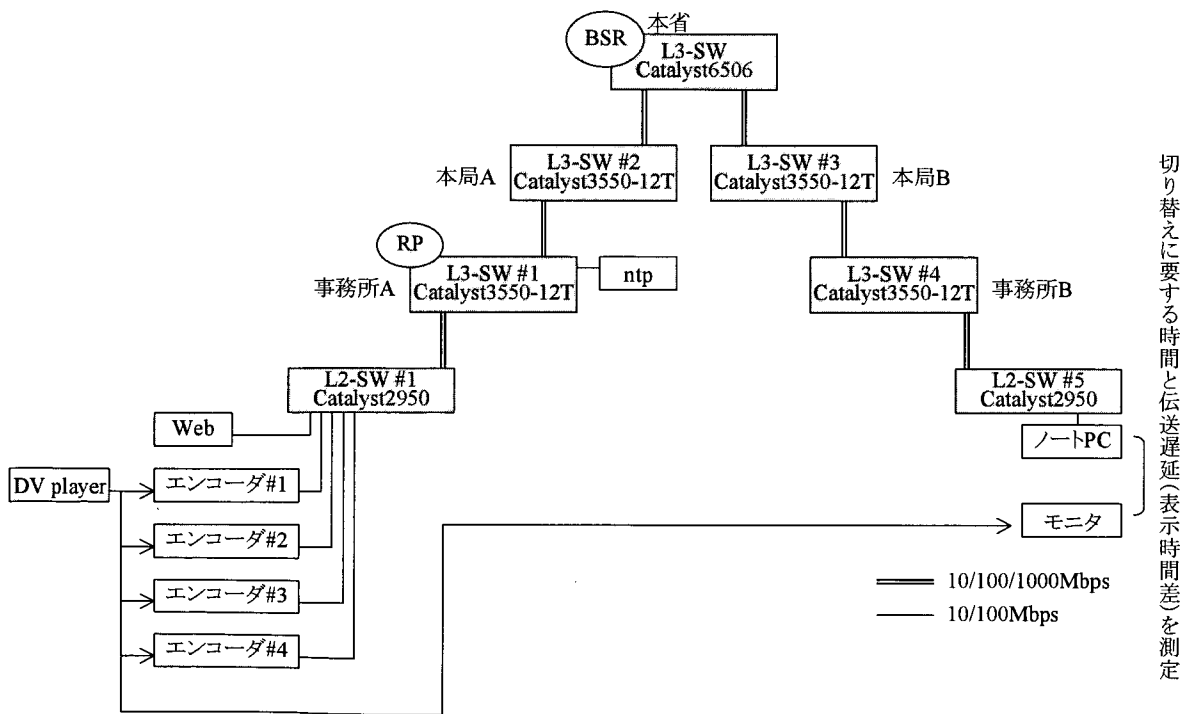
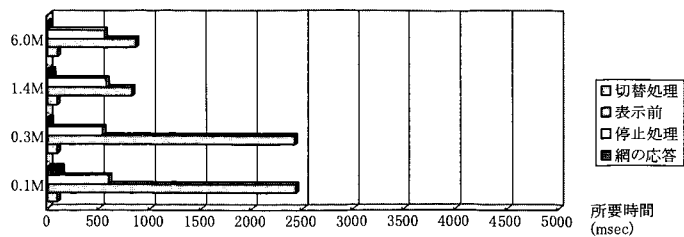
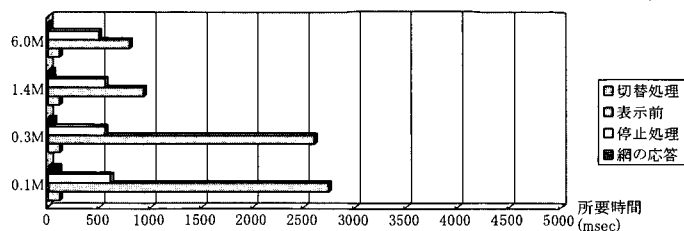


図 1-10 実験構成図(最大構成)

| 種別 | 単位(msec) | | | | |
|------|----------|--------|---------|-------|-------|
| | 切替処理 | 表示前 | 表示中 | 停止処理 | 網の応答 |
| 6.0M | 96.1 | 859.5 | 19149.2 | 555.1 | 未計測 |
| 1.4M | 93.7 | 822.1 | 19186.6 | 572.0 | 48.1 |
| 0.3M | 90.0 | 2420.3 | 17589.7 | 535.2 | 25.0 |
| 0.1M | 93.7 | 2436.9 | 17571.7 | 596.3 | 129.0 |



| 種別 | 単位(msec) | | | | |
|------|----------|--------|---------|-------|-------|
| | 切替処理 | 表示前 | 表示中 | 停止処理 | 網の応答 |
| 6.0M | 110.3 | 793.6 | 19215.1 | 491.9 | 未計測 |
| 1.4M | 109.0 | 926.9 | 19084.2 | 556.1 | 43.1 |
| 0.3M | 110.1 | 2600.1 | 17414.9 | 550.9 | 56.4 |
| 0.1M | 109.0 | 2740.7 | 17258.2 | 608.7 | 102.0 |



| 種別 | 伝送遅延 | 種別 | 伝送遅延 |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| エンコーダ#1 実験(最小) | 13frame (433msec) | エンコーダ#2 実験(最小) | 28frame (933msec) |
| | 12frame (400msec) | | 28frame (933msec) |
| エンコーダ#3 実験(最小) | 16frame (533msec) | エンコーダ#4 実験(最小) | 14frame (466msec) |
| | 16frame (533msec) | | 13frame (433msec) |

図 1-11 最小構成実験と最大構成実験でのレスポンスの違い

図 1-11 は、最小構成実験と最大構成実験でのレスポンスの違いを示したものである。上段は、エンコーダの切り替え時間の比較であり、PIM-SM 制御シーケンスのレスポンスの違いを調べたものである。平均値をみると、低速なストリームほど最大構成実験において切替時間が長いという傾向を示している。しかし、低速ストリームでは、Iピクチャを掴むタイミングにより表示開始の時間は大きく変動する。スニファーを用いて計測した制御パケットの通過タイミング(網の応答として示した数値)では、最小構成実験と最大構成実験では有意な差はない。他の変動要素の影響に比べ多段接続の影響は無視できるほど小さい。図の下段は、映像ストリーム本体の伝送遅延を求めたものである。やはり有意な差は認められない。

(3) ネットワークの実効伝送容量の検討

L3-SW を対向で接続した場合、その回線は2つのノードが全二重で接続されることとなり、いわゆるコリジョンは発生しない。このため、100Mbps の限界ぎりぎりまでの通信が可能である。

(4) QoSの有効性の確認

次の2つの実験において、QoSの優先設定の有効性が確認できた。

実験の構成を以下に示す。

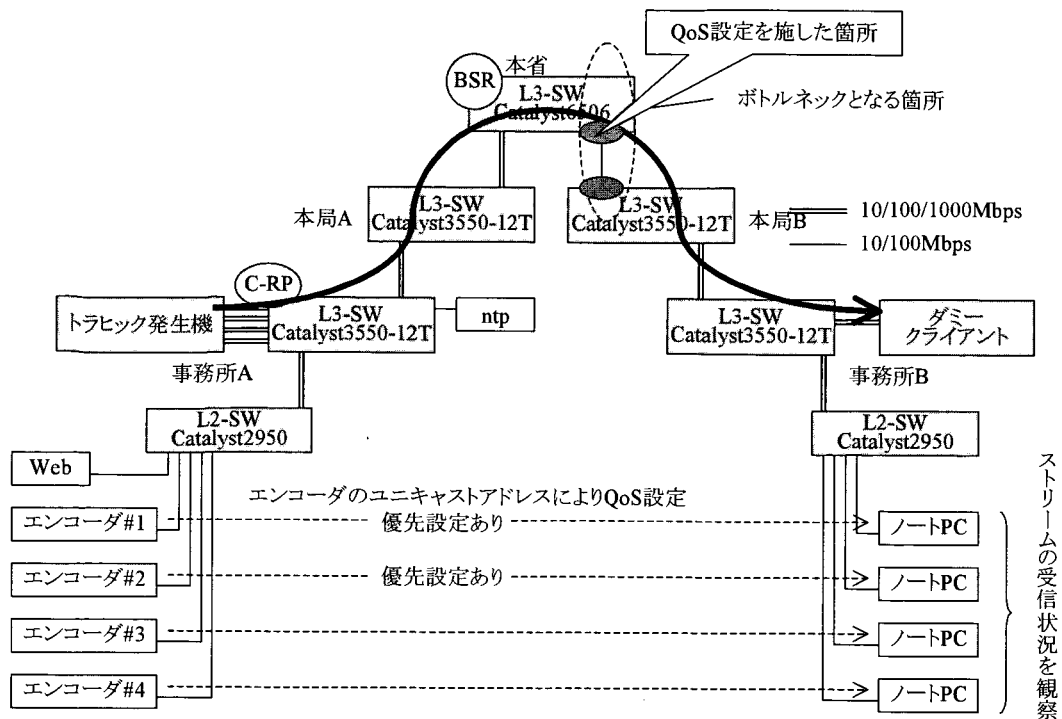


図 1-12 QoSの有効性における実験構成

① QoS 設定の有無による映像ストリームの挙動

4台あるエンコーダのうち、2台に対しては QoS の優先設定を行い、残り2台に対しては QoS の優先設定を行わない状態とした。ここで、各エンコーダからの映像ストリームを1:1に4台のノート PC で受信し、さらに、映像ストリームと順方向に優先設定されていない擬似ストリームを多数流した。

QoS の優先設定をしていないエンコーダからのストリームは、擬似ストリームを発生させた瞬間にフリーズが多発した。一方、優先設定を行っているエンコーダからのストリームは、その間影響を受けなかった。

② QoS 設定の有無による非ストリーム通信の挙動

前項の状態において、クライアントPCから各エンコーダに対して、連続的にPingを発行し、優先設定されていない擬似ストリームを多数流し、Pingの挙動を観察した。

QoS の優先設定をしていないエンコーダへの Ping は、擬似ストリームを発生させた瞬間からタイムアウトないしは遅延増大が多発した。一方、優先設定を行っているエンコーダへの Ping は、その間影響を受けなかった。

(5) ネットワーク管理手法の検討

多数の映像ソースが視聴されることにより、LANや伝送路に想定を越えた大量のトラフィックが発生すると、画面のブラックアウトやフリーズなど多様な症状が表われる。また、共用している映像視聴以外の用途(電子メールや Web ブラウザなど)の通信も圧迫され、利用できなくなる。

完全な QOS 制御には複雑な仕組みが必要であるが、ルータの設定によりネットワーク制御用通信や重要なデータ通信の伝送路使用優先度を映像データよりも高くすることは容易であり、実施すべきである。

また、利用者を系に取り込むことで、簡便かつ効果的にトラフィック増加によるネットワークの破綻を回避できる。例えば、トラフィックの増加により支障が生じ始めたら、見ていないあるいは不要不急の受信画面を閉じることの周知や、トラフィック情報を利用者が見られるようにするなどの方策が考えられる。

1. 2. 3 今後の展望 (SSM、IPv6)

(1) SSM (Source Specific Multicast)

SSM (Source Specific Multicast) と呼ばれる新しいマルチキャストアーキテクチャの動向が注目される。1つのマルチキャストアドレスに対する送信元を1つに限定することで、既存のマルチキャストアーキテクチャの諸問題の解決を図ろうというものである。まだ検討段階の技術であり、ただちに適用可能ではないが、運用規模の拡大に伴う課題の顕在化への対策として、将来の移行を視野に入れておくべき技術である。

従来のマルチキャストは、Many to Many の通信形態を前提に1つのマルチキャストアドレスに対して複数の送信元が存在することを許していた。例えば、テレメータによるデータ収集にマルチキャストを適用するのであれば、多数の観測局からのマルチキャストを幾つかの監視局で受信するということが想定される。このような場合、1つのマルチキャストアドレスをある特定地域内の複数観測局に割当てるといった方法をとれば、無線電波の周波数割当てと同様な運用が可能となる。監視局装置では、ある1つのマルチキャストアドレスを選択するだけで、特定地域内の複数観測局から送信されるデータパケットを次々に受信することが可能となる。

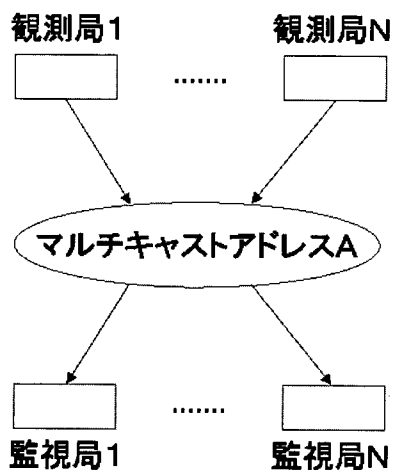


図 1-13 Many to Many 形態による通信イメージ

一方、多くのマルチキャスト利用のアプリケーションは、Few to Many あるいは One to Many といったいわゆる放送型である。ここで検討している映像配信ネットワークも、典型的な放送型のアプリケーションであり、受信側端末ではその能力的限界もあり、多数の送信元からのマルチキャストを同時に受信する場面は想定されない。国土交通省において既に運用開始した事例でも、1つのマルチキャストアドレスで1ストリームだけを扱うこととしている。

このような放送型のアプリケーションへの適用を前提に、1つのマルチキャストアドレスに対する

送信元を1つに限定するのが SSM である。受信端末が受信要求を出す時点でマルチキャストアドレスではなく送信元のユニキャストアドレスを指定するという点に特徴があり、このことにより経路上のルータがマルチキャスト配信ツリーの状態を保持する負担を軽減している。

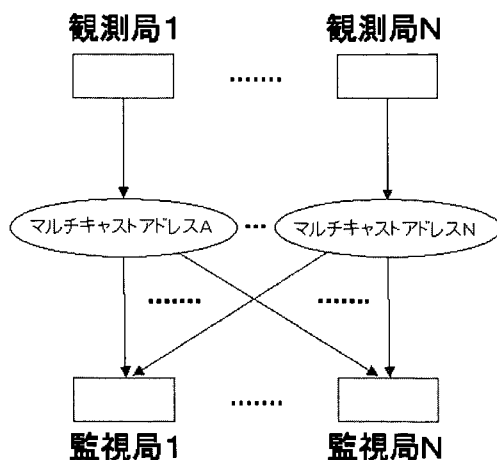


図 1-14 One to Many 形態による通信イメージ

具体的には、Request for Comments 3569 及び Internet-Draft において、PIM-SM の拡張と、IGMP の拡張として検討されている。PIM-SM では、通常は共有ツリーによる経路制御プロトコルと分類されるが、SSM では送信元ツリーでの運用に限定される。これは Source Join のみを用いることで送信元ツリーとして運用するものであり、RP を送信元ルータと一致させることと等価である。また、従来の IGMP ではマルチキャストアドレスを用いて受信要求を行っていたが、送信元アドレスを用いた受信要求を通知できるように拡張される予定である。

マルチキャストアドレスは、IANA (Internet Assigned Number Authority) からアドレスとして 232.0.0.0/8 が割当てられており、インターネット上での実験が開始されている。また、配信ツリーの識別は送信元アドレスと、マルチキャストアドレス下位3オクテットとの組合せを用いて行なわれる。同一のマルチキャストアドレスでも、送信元アドレスが異なれば別の配信ツリーとして扱われることとなる。

(2) IPv6 におけるマルチキャスト

次世代のインターネットプロトコルの標準が IPv6 である。現行の IPv4 では、マルチキャストは拡張仕様の1つとして位置付けられており、マルチキャストへの対応は義務付けられていない。従って、既存のマルチキャスト経路制御プロトコルは、マルチキャストに対応していないルータの存在を意識した実装が必要であった。これに対して IPv6 では、マルチキャストは基本仕様の一部であり、全ての IPv6 ルータは、マルチキャストに対応しているとの仮定でプロトコルの実装を行うことができる。

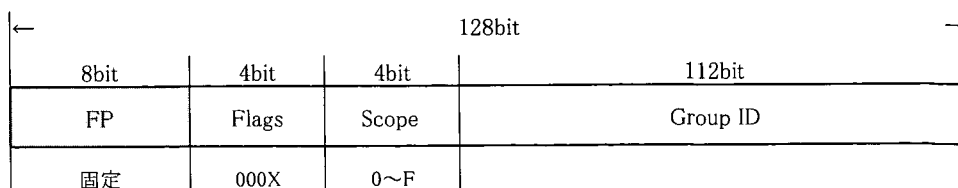
① マルチキャストアドレス

IPv6 での IP アドレスは 128bit となり、IPv4 での 32bit に比べ桁違いに大きなアドレス空間が確保された。その中で、マルチキャストにおいては、先頭 8bit が 11111111 で始まる範囲を用いることとされている。

図 1-15 に、IPv6 におけるマルチキャストアドレスの構成を示す。先頭 8bit は、Format Prefix と呼ばれ、マルチキャストを示すものとして、「11111111」(ff と表記)に固定である。

次の 4bit はフラグと呼ばれ、現在は下位 1bit のみ定義されている。事前に定義された周知のアドレスは「0000」(0 と表記)であり、それ以外のものは「0001」(1 と表記)である。残りの上位 3bit は未定義であるが、SSM (Source Specific Multicast)の識別に 1bit 用いる提案が行なわれている。

次の 4bit は、IPv4 における RFC2365 と同様に配信範囲を管理するためのスコープを示す。現在、0, 1, 2, 5, 8, e, f の7つが予約あるいは定義されている。



FP = Format Prefix(固定:11111111 [2進数])
 Flags = 000X(上位 3bit は将来の拡張用。現在は 3bit とも "0")
 X=0: 事前に定義された割り当て
 X=1: 一時的な割り当て(特定のスコープ内でのみ有効)
 Scope = 0~F(000~1111) マルチキャストが有効な範囲(スコープ)
 0000 (0): 予約
 0001 (1): ノードローカルスコープ
 0010 (2): リンクローカルスコープ
 0101 (5): サイトローカルスコープ
 1000 (8): 組織ローカルスコープ
 1110 (e): グローバルスコープ
 1111 (f): 予約

図 1-15 IPv6におけるマルチキャストアドレス

② MLD (Multicast Listener Discovery)

IPv4 における IGMP (Internet Group Management Protocol)に相当するものが、MLD (Multicast Listener Discovery)である。現在の MLD の仕様は、IGMP version2 がベースとなっている。

③ PIM の IPv6 対応

PIM は、当初より IPv6 への対応を意識して設計されており、大きな修正なく IPv6 に対応可能とされている。なお、PIM-DM(Dense Mode)については規模の制約があるため標準化は進展しておらず、PIM-SM(Sparse Mode)が現在のところ IPv6 におけるマルチキャスト経路制御プロトコルとして事実上唯一の選択肢である。

④ IPv6 における SSM

One to Many の放送型アプリケーションを対象とした SSM (Source Specific Multicast)の IPv6 対応についても検討が進められている。SSM 用のアドレス空間としては、前述のようにフラグ部に識別子を 1bit 設ける提案がある。また、MLD や PIM の次期バージョンの提案には、SSM に対する機能拡張が含まれている。

1. 3 ネットワーク構成とアドレス付与計画の検討

1. 3. 1 検討概要

行政 LAN との接続、品質確保のための設定ルールの検討、配信範囲制御などの検討を行った。さらに、アドレス標準の見直しを行い、国電通仕第52号の草案としている。

1. 3. 2 行政 LAN との接続に関する検討

従来、多くの場合システムごとに閉じた LAN を構成し、それらを必要に応じて相互接続するという手法がとられてきた。一方、IP ネットワークの特徴は、インターネットが典型であるが利用者が必要とする情報源に自由にアクセスできる点に加え、それらの N:M の複雑な通信パスをシンプルな網構成に収容できる点にある。この特徴を生かすためには、特に利用者端末を収容する LAN を論理的に一つに統合された空間とし、様々な情報源へのアクセスの自由度を確保することが望まれる。

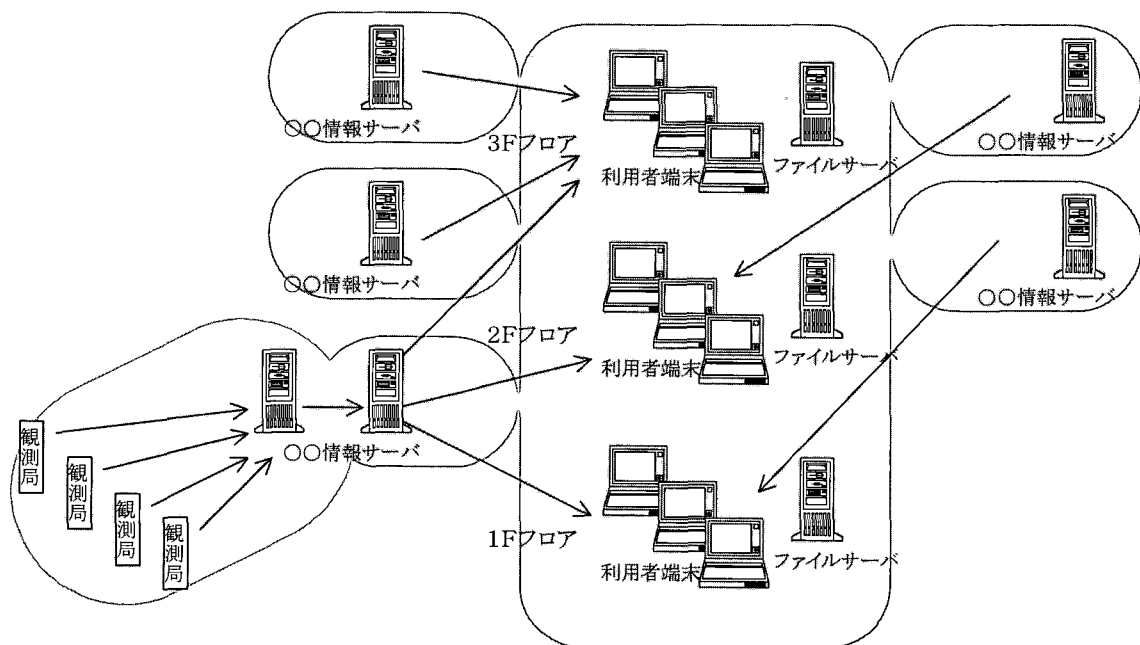


図 1-16 LAN の統合化

図 1-16 は、LAN の統合化イメージを示したものである。中央に利用者端末を収容する LAN を設け各種制約の少ないオープンなエリアとし、周囲にサーバ機器を収容する LAN など様々な情報源を配置する。これらの情報へのアクセスに関する制限やセキュリティ面での対策などは、これらの LAN の境界や個々のサーバで必要に応じて行うこととする。さらに、管理施設の制御など一般職員からの直接アクセスの必要が無いものやむしろ積極的に隠蔽することが必要であるものについて

は、分離独立したネットワークとするなどの対策をとるものとする。

1. 3. 3 QoS の設定ルールに関する検討

(1) 設定ルールの必要性

マイクロ波無線通信回線におけるPDH 端局装置網や光ファイバ通信回線におけるSDH 端局装置網など、従来の国土交通省専用ネットワークは時分割多重をベースにしたものである。これらのネットワークにおいては、設計時に綿密なトラフィック計算を行い、そこで計画した回線容量(ch 数)を端局装置に設定し、運用段階では各回線(個々の ch)が正常に運用されているかを掌握していれば十分であった。

一方、IP ネットワークでは設計はノード間(リンク)単位で束の容量を決めるだけある。綿密な容量計算は必要なく、設計自体は容易である。しかしながら、実際にどのように利用されるかは運用してみないとわからない。万が一、能力以上のトラフィックが流入すれば、たちまち輻輳状態となり、ネットワーク全体の破綻といった事態も引き起こしかねない。

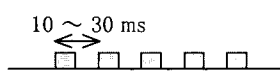
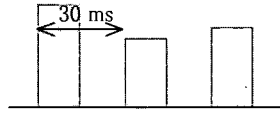


IP ネットワークの運用では、構成装置の維持管理ではなく、ネットワークを利用者が実際にどのように利用しているか(=トラフィックのフロー)の掌握が最重要な事項となる。

(2) 実施にあたって留意すべき点

ネットワークで扱わなければならない情報メディアは、音声、映像、その他一般データといったクラスに分けられる。それぞれのクラスで必要とするサービス品質(QoS:Quality of Service)の内容とレベルは異なる。

表 1-6 は、メディアクラスと必要とするサービス品質を整理したものである。音声(通話)は、人間同士の会話を円滑に成立させる必要があり、求めるサービス品質には厳しいものがある。ただし、必要な帯域は少ない。一方映像は、1秒間に30のフレームを次々と遅滞なく伝送する必要があり、遅延のゆらぎに対しては1/30秒以内であることが望まれる。絶対的な遅延については、画面を見ながらカメラ操作を行う場合と単に見るだけの場合に分けて考える必要がある。前者では手元での操作指示結果がモニタ画面に反映されるまでのトータルでの応答時間を500msec程度に抑える必要があり、符号化遅延などを加味するとネットワークに許容される遅延は通話同様に数10msecである。

表 1-6 メディアクラスと必要とするサービス品質(QoS)

| | トラフィック特性 | 遅延/ジッタ要求 | パケットロス要求 |
|--------|---|---|---|
| 音声, 通話 |  | 高い ・ 円滑な会話には低遅延性が強く求められる ・ エンドtoエンドで150ms以内 | 高い ・ ノイズが発生してしまう ・ 程度により会話に支障 |
| 動画像 |  | 高い ・ ジッタ30ms以内 ・ カメラ操作を行う場合には低遅延性が強く求められる | 高い ・ 視覚的なノイズとなり, 目立つ |
| 監視・制御 |  | 高い ・ 特に調整制御では数十ms~百msの低遅延が必要 | 高い ・ 再送手順でリカバリするが, 調整制御時には支障が起こる可能性が高い |
| 一般データ |  | 低い ・ 最も厳しいWebなど会話型アプリケーションでも~1秒程度で十分 | 低い ・ 再送手順でリカバリされる |

以上を考慮すると、国土交通省 IP ネットワークとしてのサービスレベルの目標は次のようになる。

① ネットワークとしての設計目標

- ・ 本省、本局、事務所までの区間のバックボーンネットワークにおいて常に利用可能であることとする。
- ・ 本省と各事務所のバックボーンネットワークにおける往復遅延時間の月あたり平均が 50ms 以下とする。

※本省[ping 送信]-(基線:15ms)→本局-(幹線:10ms)→事務所[応答]-(幹線:10ms)→本局-(基線:15ms)→本省 [受信]

② メディアごとの設計目標

- ・ 音声(通話)サービスは、符号化ならびに復号化に要する時間を含め、片道の遅延 150msec を設計目標とする。
- ・ 映像配信サービスは、符号化ならびに復号化に要する時間を含め、片道の遅延 1sec 程度でも問題ない。ただし、カメラ操作を行うような場面では、片道の遅延 250msec 程度が望まれる。

ネットワークとしての設計目標を達成するには、可用性を高め、かつ、必要な通信容量を確保し、災害時のアクセス集中などにも充分対応できるだけの余裕を持たせた設計が不可欠である。

バックボーンの往復遅延時間などは、各階層(基線、幹線)数ホップ程度の構成であれば充分目標値以内に収まるものであり、慢性的な輻輳を生じないことを規定しているに等しい。

一方、メディアの特性に応じた設計目標は、人間工学的な観点にたった利用者のニーズに基づき設定したものであり、送受信端末機器における符号化や復号化の時間などを勘案するとかなり厳しい数値である。端末機器における符号化や復号化に要する時間短縮努力が必要だけでなく、トポロジを工夫し多段接続とならぬように努める必要がある。また、パケット多重を行う IP ネットワークでは、秒とか分のオーダーでの平均値としては輻輳に至らぬ場合でも、瞬間的なバーストラフィックにより、遅延に揺らぎを生ずることはしばしば発生する。これを防ぐためには、メディアの要求特性に応じて優先度を設けたり、一定の帯域を割り当てるなどのサービス品質(QoS)確保のための設定が必要である。

なお、QoS 確保のための設定は、一般に IP ノード間の各リンク毎に行われる。これらの設定に統一性がなければ、望むレベルの品質確保は困難である。なんらかの統一的な設定ルールを設ける必要があるが、技術的な検討課題も多く残されており、今後検討を重ねていく必要がある。

1. 3. 4 マルチキャストの配信範囲制御

(1) 配信範囲制御の必要性

仮に 2Mbps～6Mbps のストリームが 15,000 本同時に流れるとするならば、30Gbps～90Gbps のスループットを必要としネットワークは簡単に破綻してしまう。実際には、15,000 の映像ソースを同時に見たいという利用ニーズが発生する可能性は考えにくい。地域的な偏りなどを考慮すると、特に集中する個所での最繁時でも 200～300 ソース程度に納まるものと想定できる。

しかしながら、何も制御機構がない状態で、確率的な根拠に期待することはあまりにも危険である。あるゾーンに流れるトラフィックが一定限度内に納まることを保証する制御機構が必要である。

(2) アドレス境界を用いた配信範囲制御

マルチキャストの配信範囲制御の方法として、RFC2365 (Administratively Scoped IP Multicast) において、アドレス境界 (boundary) を用いる案が規定されている。図 1-17 はその概念を示したものである。

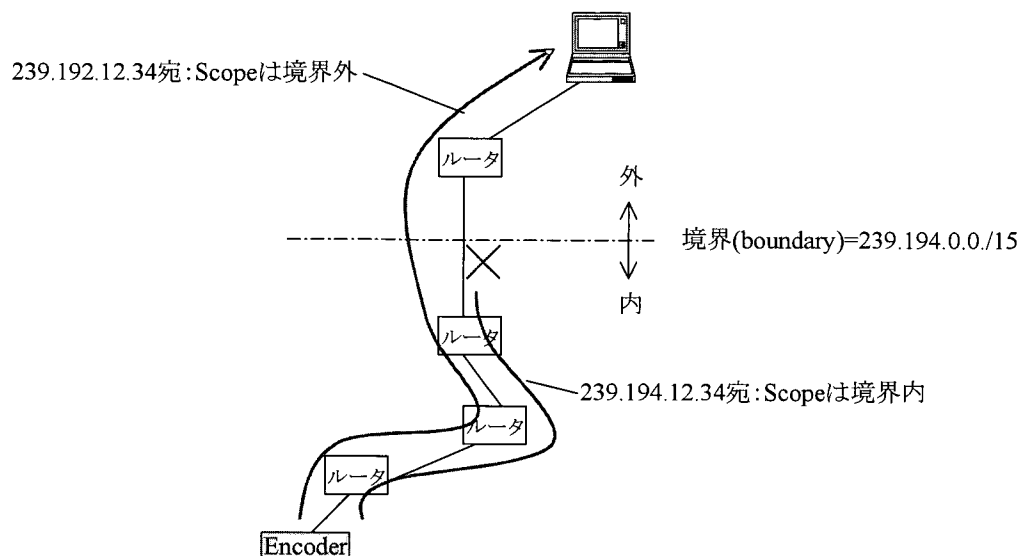


図 1-17 アドレス境界を用いた配信範囲制御

ネットワーク上に境界を定め、その範囲 (Scope) を仮に 239.194.0.0/15 とする。宛先アドレスが 239.194.12.34 宛てのストリームは Scope 内であると判定され、境界を越えて外へ出て行くことは許されない。一方、239.192.12.34 宛てのストリームは Scope 外であると判定され、境界外へも送信される。

1. 3. 5 国電通仕第52号

(1) マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス（国土交通省内部ネットワーク）

国土交通省内部ネットワークにおいてマルチキャストの宛先に用いるグループアドレスは、239.192.0.0～239.251.255.255 を用いることとし、次の体系とする。

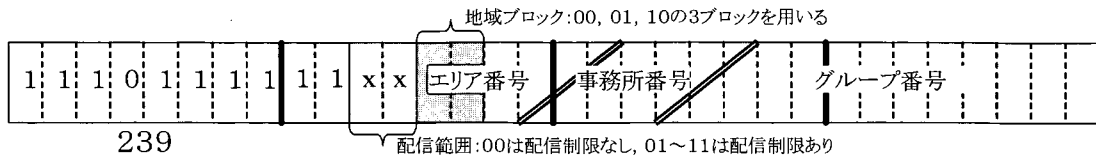


図 1-18 マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス

- ①配信範囲： ネットワーク内において宛先アドレスによる配信範囲の制御を行う場合に使用する。00 は配信制限なしとし通常の広域配信に用いる。01～11 は配信範囲の制限を行う場合に用いる。
- ②地域ブロック： 00、01、10 の3ブロックとする。
- ③エリア番号： 地方整備局等を識別する番号である。図 1-18 に示す範囲で可変長とする。
- ④事務所番号： 事務所等を識別する番号である。図 1-18 に示す範囲で可変長とする。
- ⑤グループ番号： 事務所番号までに用いたビットの残りをを使い、宛先ごとにユニークに付与する。

(2) マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス（他機関が用いるアドレス）

地方公共団体や公団などの関連機関と相互接続する場合、相手機関が発信するマルチキャストの宛先に用いるグループアドレスは次の体系とする。

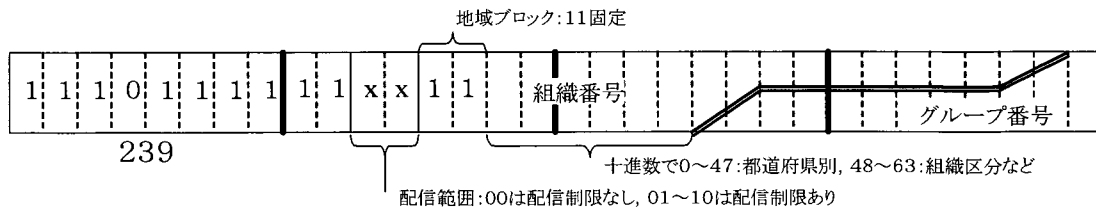


図 1-19 マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス(関連機関との相互接続)

- 配信範囲： ネットワーク内において宛先アドレスによる配信範囲の制御を行う場合に使用する。00 は配信制限なしとし通常の広域配信に用いる。01～10 は配信範囲の制限を行う場合に用いる。
なお、11 は IANA による割当空間 (239.192.0.0～239.251.255.255) の範囲を超えるのを防ぐため使用しない。
- 組織番号： 装置に付与するアドレスと同じ番号を各組織に割り当てる。

(3) マルチキャスト・ルーティング

マルチキャスト・ルーティング・プロトコルとして PIM-SM を用い、以下のように運用する。

- ・ 事務所に設置するエンコーダのランデブーポイントは、事務所に設置するルータ(レイヤ3スイッチを含む。以下同じ。)に設定することを基本とする。
- ・ 地方整備局本局、国土交通本省などに設置するエンコーダのランデブーポイントは、それぞれに設置されるルータに設定することを基本とする。
- ・ ランデブーポイント(RP)の情報を管理するためのブートストラップルータ(BSR)は、本省に第1候補を設定し、各地方整備局・事務所に第2候補以降を設定し冗長化を図る。

第2章 道路管理用高速ネットワークにおける マルチキャスト網の設計

2.1 統合体系IPアドレスとアドレス集約

国電通仕第52号で規定した統合体系は、システム系統別を廃すことによりアドレス集約を実現しルーティング処理の効率化を狙ったものである。アドレス集約の効果を発揮するためには、IPバックボーンに収容する全ての機器のアドレスにおいて統合体系に従ったものでなければならない。

統合体系でIPアドレスを付与している各地方整備局の幹線系ネットワークは、それぞれ独立したOSPFで動作している自律システムである。これら自律システムは、統合体系でIPアドレスを付与しているためIPアドレスは地方整備局毎に以下のように集約可能である。

| | | |
|------------------|-------------------|------------------|
| 本省:10.96.0.0/15 | 北海道:10.104.0.0/13 | 東北:10.112.0.0/12 |
| 関東:10.160.0.0/12 | 北陸:10.176.0.0/13 | 中部:10.184.0.0/13 |
| 近畿:10.240.0.0/13 | 中国:10.232.0.0/13 | 四国:10.224.0.0/13 |
| 九州:10.248.0.0/13 | 沖縄:10.100.0.0/14 | |

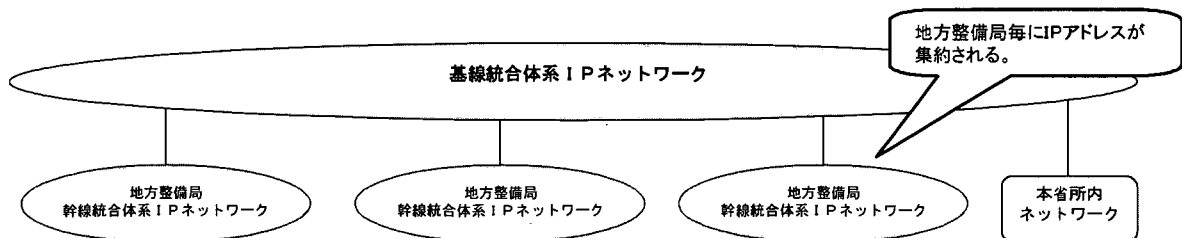


図 2-1 論理ネットワーク構成

2. 2 IP バックボーンにおける基本機能

2. 2. 1 ユニキャスト通信の負荷分散

L3-SWのルーティングテーブル上で宛先ネットワークまでの中継コスト値が同一の中継方路がある場合、トラフィックを分散させる。また、端末間通信ごとに使用する回線を変えることにより、負荷分散を行う。

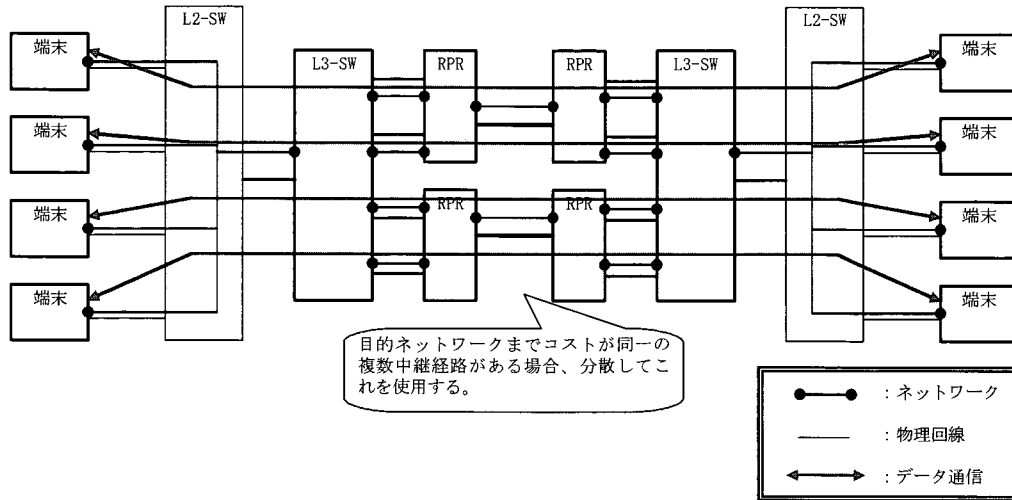


図 2-2 ユニキャスト通信の負荷分散

2. 2. 2 マルチキャスト通信の負荷分散

デコーダ収容L3-SWからのマルチキャストJoin送出する回線を変えることにより、エンコーダから送信されるマルチキャストデータの負荷分散を行う。

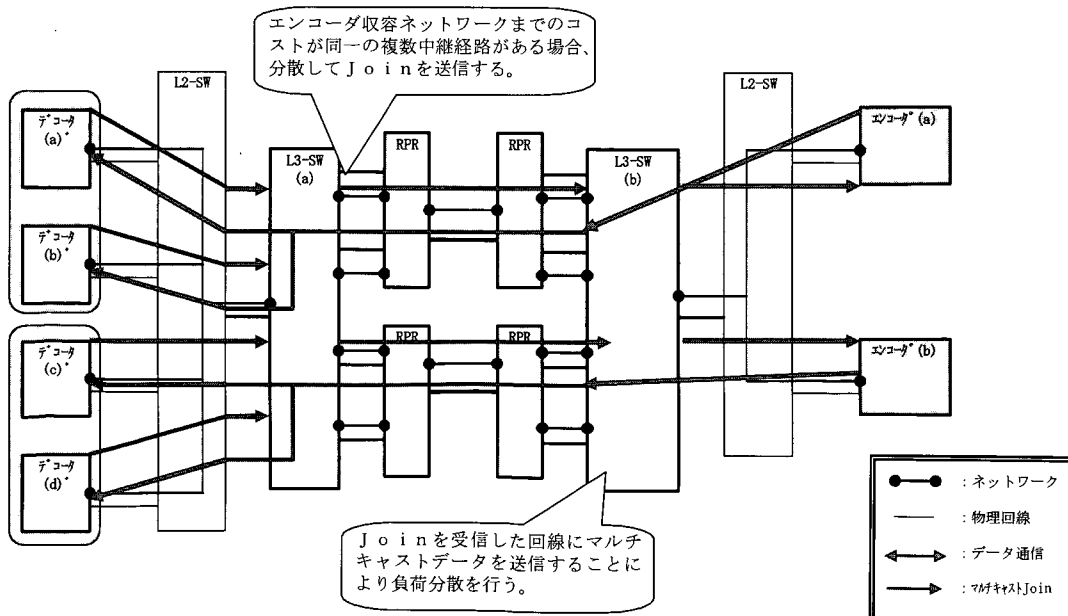


図 2-3 マルチキャスト通信の負荷分散

2. 2. 3 複数経路の迂回制御

IPバックボーンでは、ダイナミックルーティングを使用するが、メディア、アプリケーション毎に中継経路を変更および輻輳時の迂回を行うことは技術的に困難である。方路の切替えは、目的ネットワークまでの経路情報が該当方路から受信できなくなった場合のみ行われる。

第1方路： WDM/RPR回線(2.4Gbps×n本) ⇒ 画像データを含む全メディア

第2方路： SDH回線(50Mbps) ⇒ 画像データを除くメディア(画像データは要検討)

第3方路： マイクロ回線(6Mbps) ⇒ 画像データを除くメディア(画像データは要検討)

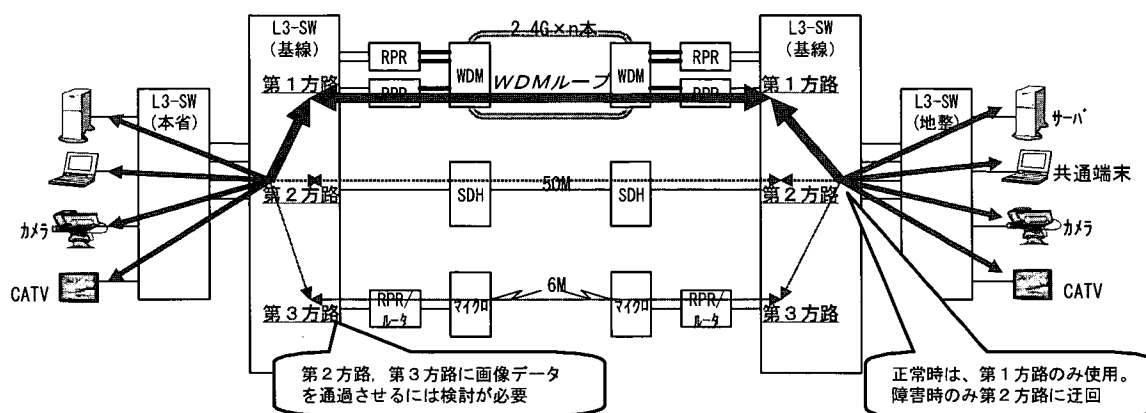


図 2-4 回線迂回制御

2. 2. 4 優先制御

優先制御は、国土交通省IPネットワーク全体で統一したポリシーで設計する必要がある。IPバックボーンでは、IPパケットのTOSフィールドを目印に優先制御を行うこととする。優先を必要とするメディアは、メディアを直接收容するL3-SWもしくはルータで優先TOS値にIPパケットを変更してWAN回線へ転送する。

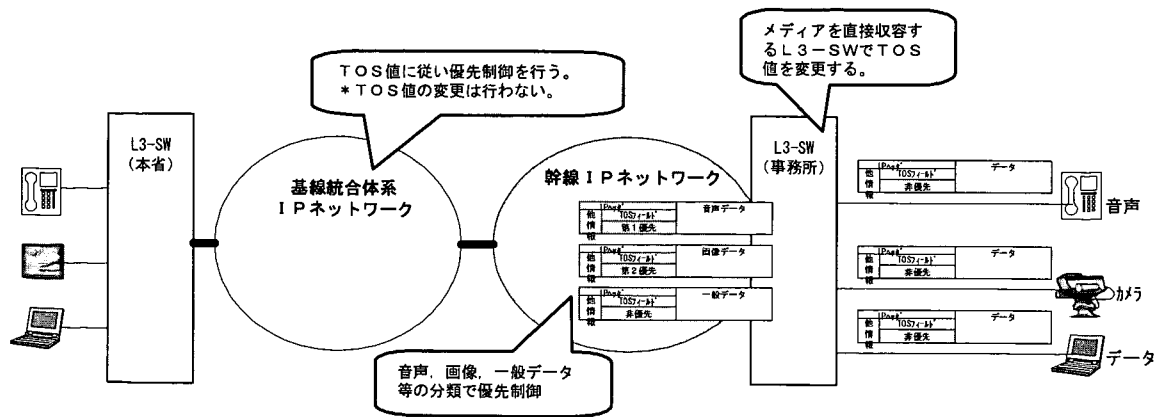


図 2-5 優先制御

2. 3 マルチキャストルーティング

2. 3. 1 基本設計

BSRは、本省設置の基線L3-SWが国土交通省全体のBSRとして動作するよう設定する必要がある。RPは、各事務所に1個のみ設定する。(複数設定した場合には、RPテーブルが大きくなりすぎマルチキャストが正常に動作しない可能性がある。)

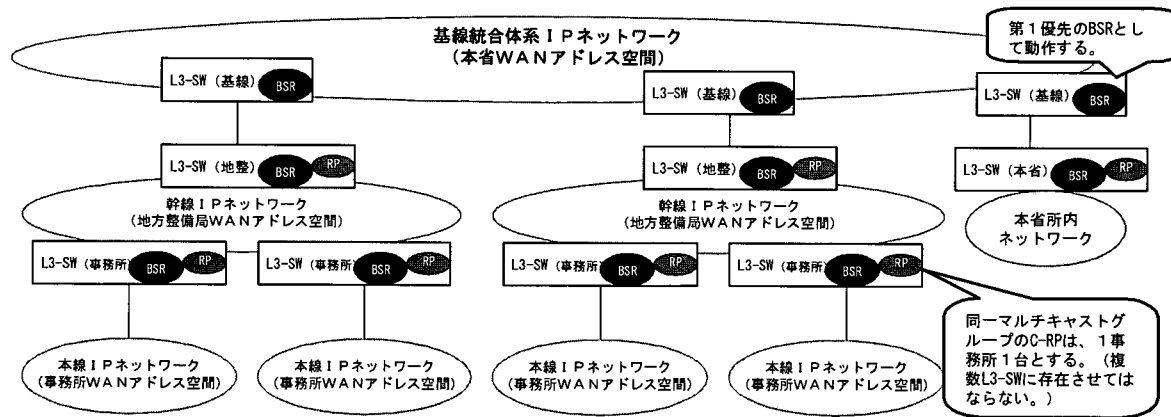


図 2-6 マルチキャストルーティング

2. 3. 2 BSR の設定指針

BSRとして動作するL3-SWは、国土交通省全体の大規模マルチキャストネットワークを支える基盤となる装置である。ツリー構造の国土交通省IPネットワークにおいては、BSRの切替えが発生した場合の影響範囲を少なくするため、基線、幹線、本線の順でBSRが動作するようにプライオリティを設定することが望ましい。

なお、BSRプライオリティは、255~0の範囲で設定可能である。

[第1優先:基線統合体系IPネットワーク]

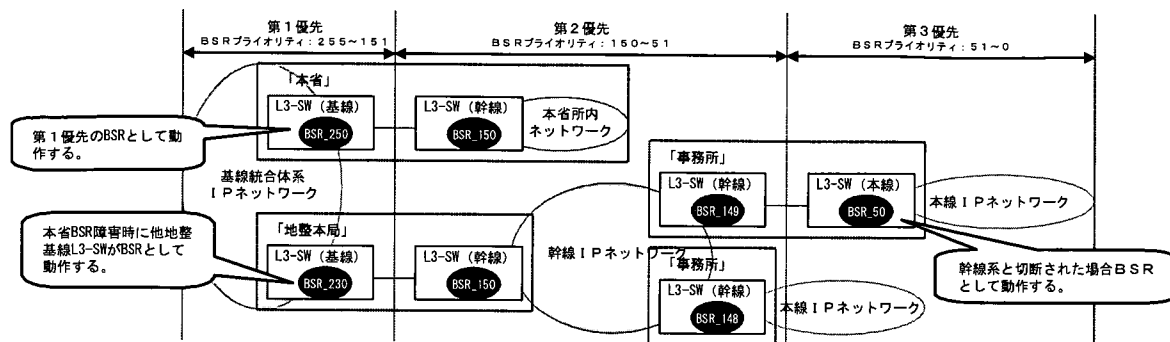
- ・ BSRプライオリティ使用範囲:255～151
- ・ 東西WDMループが接続している本省、関東、近畿の順で付与。
- ・ 本省および各地方整備局の本局基線系L3-SW毎に設定する。

[第2優先:幹線IPネットワーク]

- ・ BSRプライオリティ使用範囲:150～51
- ・ 各地方整備局でネットワーク構成に合わせて任意に付与。
- ・ 本省所内LANおよび各地方整備局の幹線系L3-SW毎に設定する。(本局、事務所に1台ずつ設定する。)

[第3優先:本線IPネットワーク]

- ・ BSRプライオリティ使用範囲:50～0
- ・ 事務所ネットワーク内のL3-SW1台に付与。
- ・ 幹線、本線の明確な境界がないネットワーク構成の場合は、幹線系のプライオリティを使用する。



| BSR優先度 | プライオリティ | 設定対象ネットワーク | 付与 | 基線WDMループ | 備考 | | | |
|--------|---------|------------|---------|-----------|---|--------------|--|---|
| 高 | 255~241 | 基線系ネットワーク | 本省 | 東西ループ | 同一プライオリティを使用するとIPアドレスの比較でBSRが選定されてしまうため国土交通省全体で同一プライオリティを設定してはならない。 | | | |
| | 240~236 | | 関東地方整備局 | 東西ループ | | | | |
| | 235~231 | | 近畿地方整備局 | 東西ループ | | | | |
| | 230~226 | | 中部地方整備局 | 東ループ | | | | |
| | 225~221 | | 九州地方整備局 | 西ループ | | | | |
| | 220~216 | | 東北地方整備局 | 東ループ | | | | |
| | 215~211 | | 中国地方整備局 | 西ループ | | | | |
| | 210~206 | | 北陸地方整備局 | 東ループ | | | | |
| | 205~201 | | 四国地方整備局 | 西ループ | | | | |
| | 200~196 | | 北海道開発局 | - | | | | |
| | 195~191 | | 沖縄総合事務局 | - | | | | |
| | 190~151 | | 予備 | | | | | |
| | ↓ | | 150~51 | 幹線系ネットワーク | | 各地方整備局および事務所 | | 1事務所1プライオリティを設定する。プライオリティは、地方整備局内の幹線系ネットワーク内で同一値を使用してはならない。 |
| | | | 50~0 | 本線系ネットワーク | | 各地方整備局および事務所 | | 1事務所1プライオリティを設定する。極力プライオリティは、地方整備局内の幹線系ネットワーク内で同一値を使用してはならない。 |
| | 低 | | | | | | | |

* 高プライオリティ値が優先で動作する。同一コストの場合は、IPアドレスの大きい方がBSRとして動作する。

(注意事項)

基線系ネットワークを経由しないで地方整備局が接続されている場合には、BSRメッセージが他地方整備局に流入しないよう設定する必要がある。

【現状設定プライオリティ】

| プライオリティ | 道路管理用高速ネットワークL3-SW |
|---------|--------------------|
| 50 | 本省 |
| 49 | 近畿地整 |
| 48 | 北海道開発局(未設定) |
| 47 | 東北地整 |
| 46 | 中部地整 |
| 45 | 北陸地整 |
| 44 | 中国地整 |
| 43 | 四国地整 |
| 42 | 九州地整 |

図 2-7 BSR の設定指針

2. 3. 3 RP の設定指針

RPは、本省、各地方整備局本局、事務所内に割り当てられている新IPアドレス空間を集約して1台のL3-SWに設定する。(事務所及びその管理出張所内に1個RPを設定可能とする。)

- ・ 基線系L3-SWには、端末系を直接収容することがないのでRPの設定は行わない。
- ・ 同一事務所内で幹線系、本線系L3-SWが分かれている場合、幹線系L3-SWにRPを設定しない。
- ・ 端末系を直接幹線系L3-SWに収容している場合、マルチキャストの特性上、端末系を本線系L3-SWに収容替えすることが望ましい。
- ・ 同一事務所内で幹線系、本線系L3-SWが分かれてない場合、幹線系L3-SWにRPを設定する。
- ・ 事務所及びその管理出張所内に1個RPを設定する。(1個以上のL3-SWに設定することは不可)

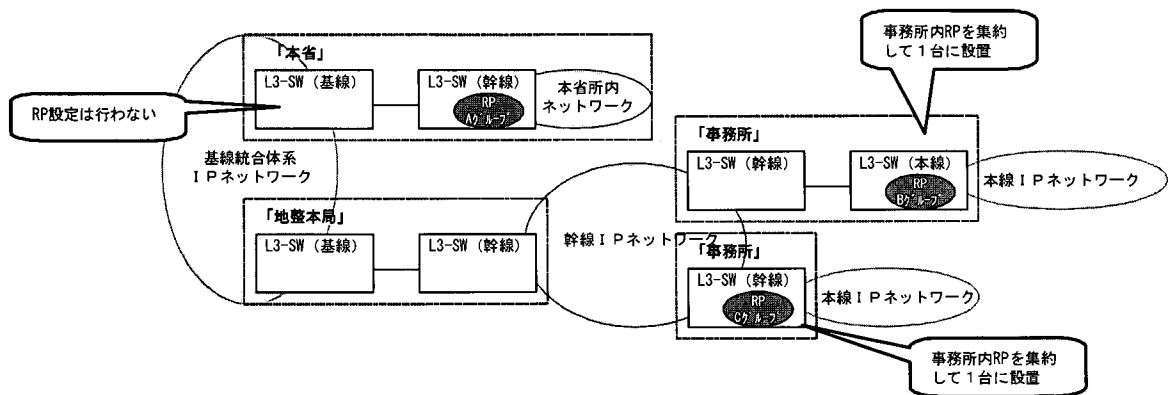


図 2-8 RP の設定指針

なお、RP の設定時には、事務所毎に1つの設定単位となるようアドレス集約を行わなければならない。

マルチキャストアドレス

| 1byte | 2byte | 3byte | 4byte |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 1 1 0 1 1 1 1 | 1 1 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 x x x | x x x x x x x x |

- : プライベートアドレスClassA固定
- : エリア番号(例)マルチキャスト:000000 ←本省, 地方整備局識別用
- : 地整内番号(例)000~111 ←事務所識別用の番号を地方整備局が任意に付与
- : 配信範囲(配信制限無し:00)
- x : 任意空間

「RPの設定値」(本省の場合)

239.192.0.0/21

図 2-9 マルチキャストアドレスの集約単位

2. 4 ユニキャストルーティング

2. 4. 1 IPバックボーンにおける基本構成

各地方整備局は、独立したOSPFバックボーンを構築している。このため、基線統合体系IPネットワークと各地方整備局間のIPルーティングドメインを独立させる必要がある。(ルーティングで地方整備局の幹線系NWが影響を受けないようにするため。)

- ・ 基線統合体系IPネットワーク内は、OSPFバックボーンエリアを使用する。
- ・ 地方整備局～基線統合体系IPネットワーク間は、スタティックルーティングで設定する。

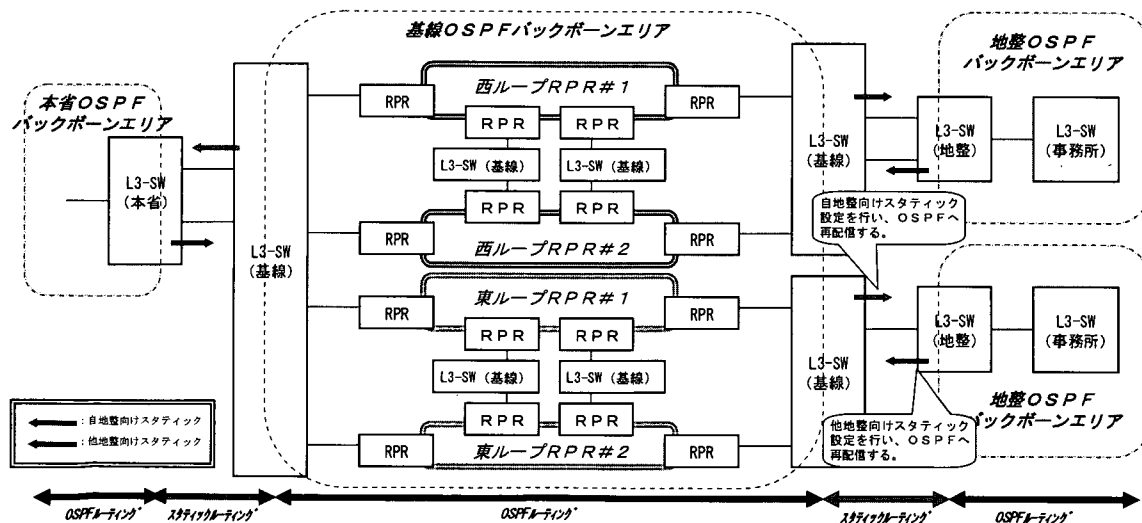


図 2-10 IPバックボーンにおけるユニキャストルーティング

2. 4. 2 異なる地方整備局の事務所間直接接続

異なる地方整備局の事務所間を相互に直接接続して通信を行う場合、この通信により他の幹線系、基線系通信に影響を与えないよう事務所L3-SWを設定する必要がある。事務所間を直接接続することは推奨しない。

- ・ 事務所間通信を行うネットワークのみルーティング可能とするスタティックルーティングを各L3-SWに設定する。
- ・ 事務所間を相互接続した回線を利用して特定ネットワークのみ直接通信が可能となる。
- ・ スタティックルーティングを設定した情報がOSPF等のダイナミックルーティングで幹線系、基線統合体系IPネットワークに送信されないよう事務所L3-SWに設定する。
- ・ 不要なルーティング情報が転送されることにより、幹線系、基線系へ影響を与え、事務所間相互接続回線を他のトラフィックが使用してしまうことを防ぐ。
- ・ 幹線系障害時の迂回経路として使用することは不可とする。

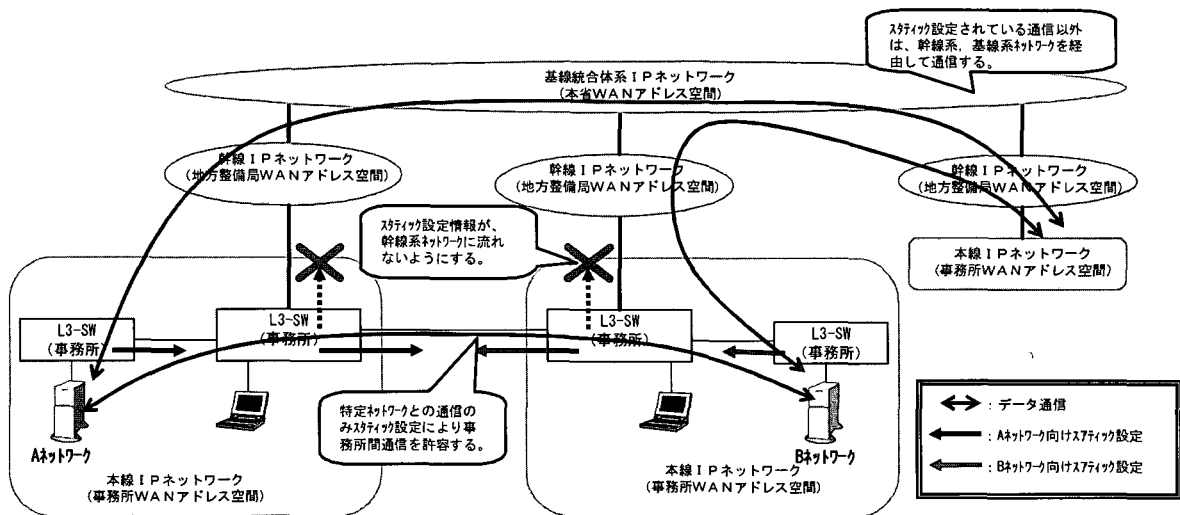


図 2-11 異なる地方整備局の事務所間直接接続

2. 4. 3 地方整備局間幹線系ネットワーク相互接続

他地方整備局の設備(装置、光ファイバ)を使用して幹線系ネットワークを構築した場合、物理的には地方整備局間の設備を接続可能であるが、論理的(IPレベル)には地方整備局間で通信をしてはならない。

[物理構成]

- ・ 各地方整備局のRPR等を利用し、物理的にループ構成を構築する。
- ・ 回線障害時には、RPRにより高速切替え迂回が可能となる。

[論理構成]

- ・ 地方整備局毎にVLANを構成し、幹線系ネットワークにおいてIPレベルでの直接通信は許容しない。(基線経由の通信とする。)
- ・ 地方整備局毎にIPアドレスの集約が可能となる。

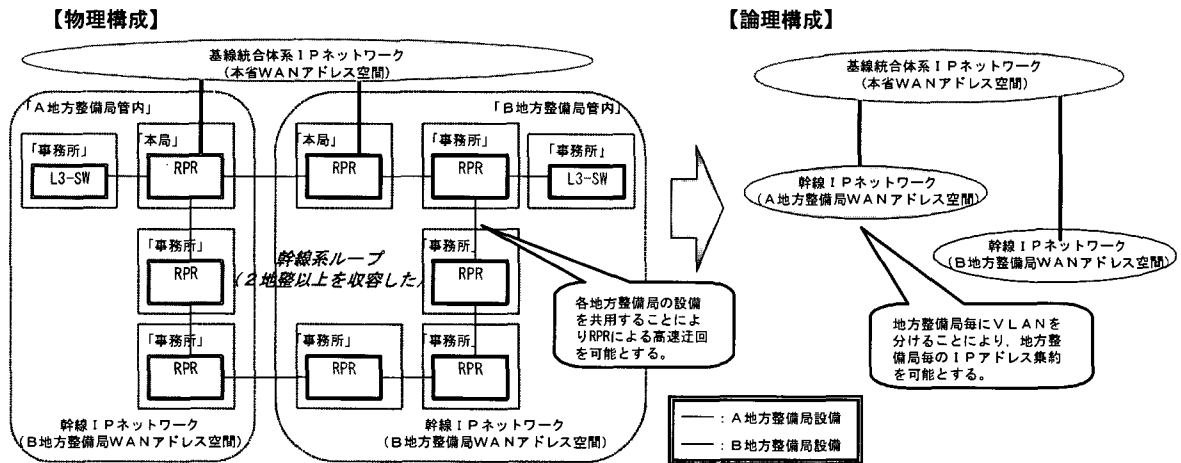


図 2-12 地方整備局間幹線系ネットワーク相互接続

第3章 外部機関とのマルチキャスト接続手法

3.1 基本構成

国土交通省以外へ映像を提供する場合のネットワークの基本構成は、図 3-1に示すように、内部網 - 相互接続網 - 内部網 というエリアに分けて考えることを基本とする。各組織は、それぞれの内部網と相互接続網の境界上で所定のレベルのセキュリティ対策を施すこととする。したがって、内部網を相互接続網から自衛する方向での対策が基本となる。また、共有エリアである相互接続網に対し、セキュリティ上問題となる通信を流出させてはならない。

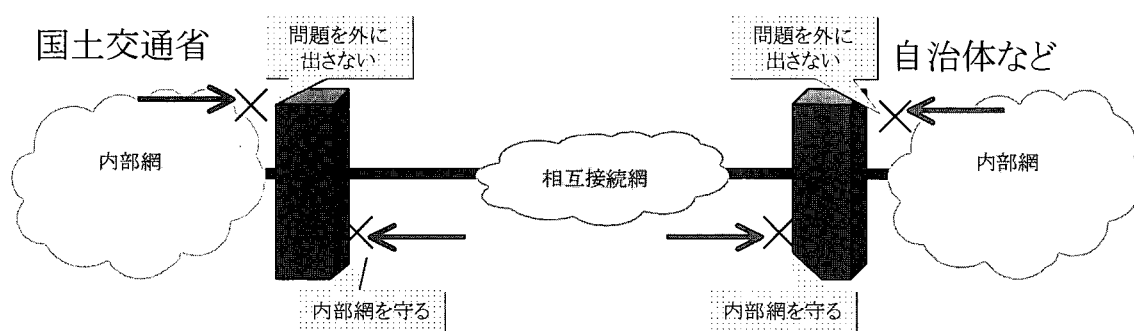


図 3-1 ネットワークのエリア構成

3.2 通信形態とセキュリティ対策

相互接続網を利用する通信形態は、セキュリティ対策の観点から、次の3つに分類することができる。

① Web など不特定の利用者端末を相手にする通信

各組織がWebサーバを設置し、相互接続網の参加者に対して情報発信するという利用形態である。相互接続網をインターネットに見立て、一般的な Web サーバ公開の為の構成をとる。

② 特定のサーバ間に限定されたデータ通信

河川情報などオンラインデータを特定のサーバ間で 1:1 に通信する場合である。特定サーバ間専用の通信路を設けることで対応する。

③ 映像マルチキャストなど放送型の通信

高速動画(6Mbps)をゲートウェイすることは困難であり、狭義のファイアウォールを適用することは難しい。片方向性の通信であることに着目し、マルチキャスト・ストリームを安全に通過させる機構を併設し対応する。

3. 3 アドレス体系とストリームの扱い

3. 3. 1 基本的な考え方

相互接続網を介し、各組織が内部網(プライベートネットワーク)を相互接続するためのアドレス体系の考え方を以下に示す。

図 3-2は、アドレス体系を検討する上で基本となるエリア分けである。国土交通省の内部網は、IPv4 プライベートアドレスを採用している。また、参加組織の内部網も一般に IPv4 プライベートアドレスが採用されていると思われる。この場合、各組織の内部網同士は重複するアドレスを用いている可能性が高く、そのままでは相互接続が困難である。このような場合、ファイア・ウォールにて NAT(ネットワークアドレス変換)を施す方法が一般的である。しかし、高スループットを要し複雑なマルチキャストルーティングを必要とする映像ストリームについては、できればアドレス変換を施さないことが望まれる。

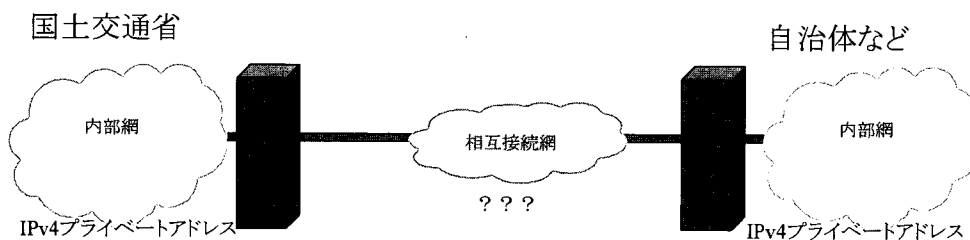


図 3-2 アドレス体系としてのエリア分け

3. 3. 2 IPv6 移行を見据えた暫定体系

表 3-1は、相互接続網のアドレス体系をどのように定めるべきかを示したものである。整備当初は、国土交通省発信の映像ストリームが大多数であると予想される。したがって、相互接続網のアドレス体系としては、国の体系に準拠することが得策である。

本来、このような相互接続は、各組織の内部アドレスと重複する可能性のないアドレス(すなわちグローバルアドレス)を介して行うべきである。中間段階としてグローバル案を示す。なお、最終のアドレス体系としては、IPv6 が想定される。一般に IPv6 は既に実用化段階であるとされているが、残念ながら IPv6 マルチキャストをハードルーティングするスイッチ製品はまだ登場していない。相互接続網での IPv6 移行にはあと数年を要する見込みである。

表 3-1 相互接続網のアドレス体系

| | 国の内部網 | 相互接続網 | 参加組織の内部網 |
|-----------|-----------------------------|----------------|----------------------------|
| 整備当初 | 国電通仕第 29 号 (IPv4 プライベート) | ←国に準拠 | IPv4 プライベート |
| (中間段階) | 国電通仕第 29 号 (IPv4 プライベート) | IPv4 グローバルアドレス | IPv4 プライベート |
| 最終のアドレス体系 | IPv6 化 | IPv6 化 | IPv4 プライベート あるいは IPv6 化 |

(注: 矢印と「変換」の文字は、IPv4 グローバルアドレスと IPv4 プライベートとの相互変換を示す)

3. 3. 3 アドレス標準における付与規則

(1) 装置に付与するアドレス

地方公共団体や公団などの関連機関と相互接続する場合、組織間に設けるネットワークに収容する装置に付与するアドレスは、172.16/12 のアドレス空間を用いることとし、次の体系とする。

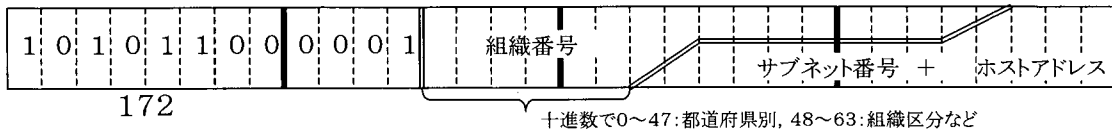


図 3-3 装置に付与するアドレス(関連機関との相互接続)

- 組織番号: 上位 6 ビットを用いて、所在する都道府県の識別 (0~47 を割当) およびの相手組織の識別 (48~63 を割当) を行う。続くビットは市町村など組織の細分を行うために用いる。
- サブネット番号
ホストアドレス: 組織番号を割り当てた残りのビットは、各組織でサブネット番号とホストアドレスに割り振る。

なお、接続元の国土交通省側でも本アドレス標準の一部を用いることとする。

(2) マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス

地方公共団体や公団などの関連機関と相互接続する場合に、相手機関が発信するマルチキャストの宛先に用いるグループアドレスは、次の体系とする。

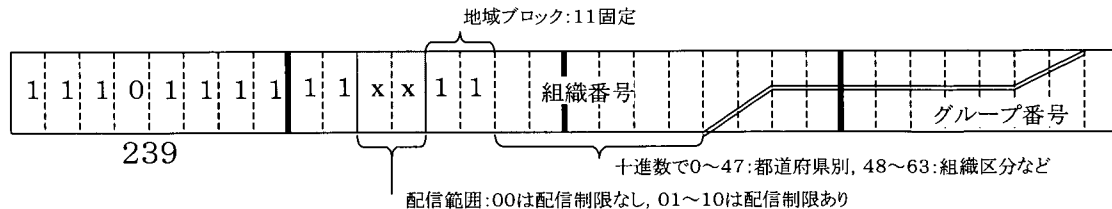


図 3-4 マルチキャストの宛先に用いるグループアドレス(関連機関との相互接続)

- 配信範囲: ネットワーク内において宛先アドレスによる配信範囲の制御を行う場合に使用する。00 は配信制限なしとし通常の広域配信に用いる。01~10 は配信範囲の制限を行う場合に用いる。
なお、11 は IANA による割当空間 (239.192.0.0~239.251.255.255) の範囲を超えるのを防ぐため使用しない。
- 組織番号: 装置に付与するアドレスと同じ番号を各組織に割り当てる。

3. 4 外部機関との接続手順

3. 2 項で示した分類ごとにセキュリティ構成の例を示す。必要に応じてこれらを組合せて運用することとなる。

3. 4. 1 Web など不特定の利用者端末を相手にする通信

ファイアウォールで非武装セグメント(DMZ)を構成し、そこへ公開サーバを配置する。なお、防災情報を提供する場合、オンライン観測データを公開サーバに自動登録するための安全な通信路の確保を行わねばならない。

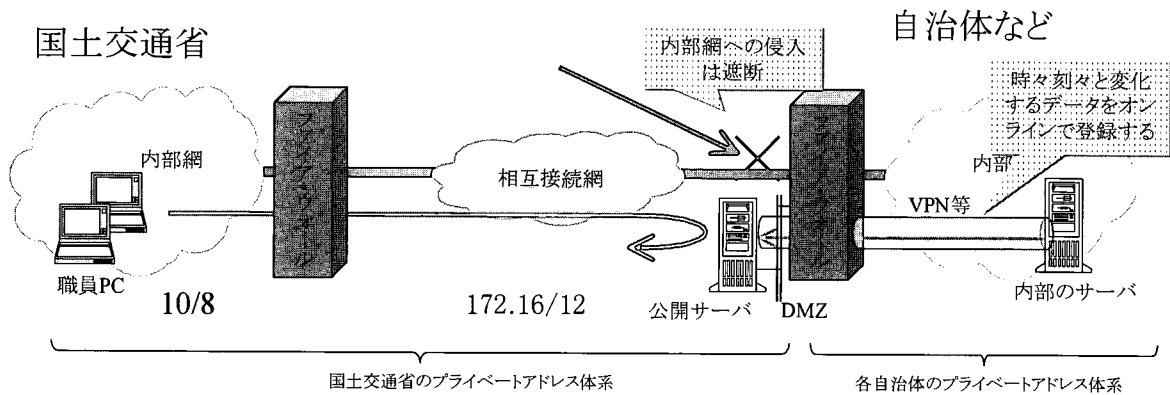


図 3-5 自治体発信の Web 情報を受信するための構成

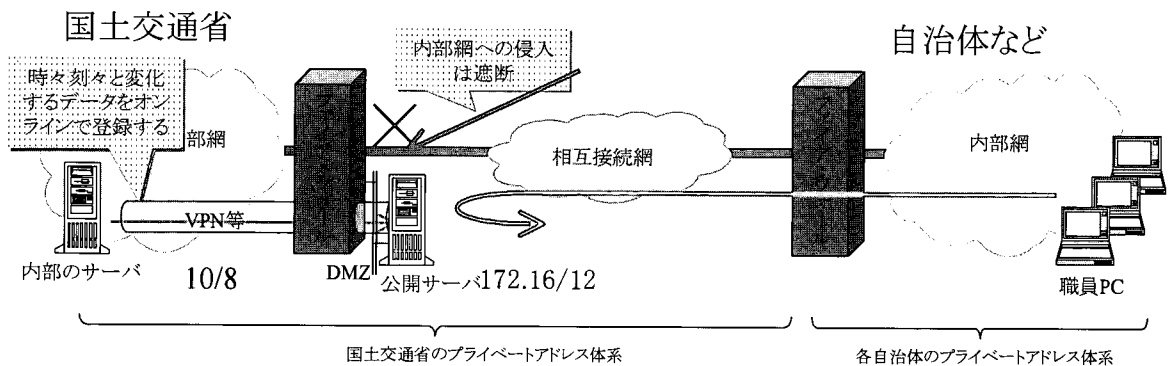


図 3-6 国土交通省発信の Web 情報を受信するための構成

3. 4. 2 特定のサーバ間に限定されたデータ通信

河川情報や道路情報などのように、収集したデータを互いのサーバ間で受け渡すという利用形態である。通信相手や通信手順をピンポイント(1:1)で限定し、それ以外の通信は遮断することが基

本となる。特定のサーバ間の通信(あるいは内部網の特定セグメント間の通信)をVPN(仮想プライベート網)化する構成である。

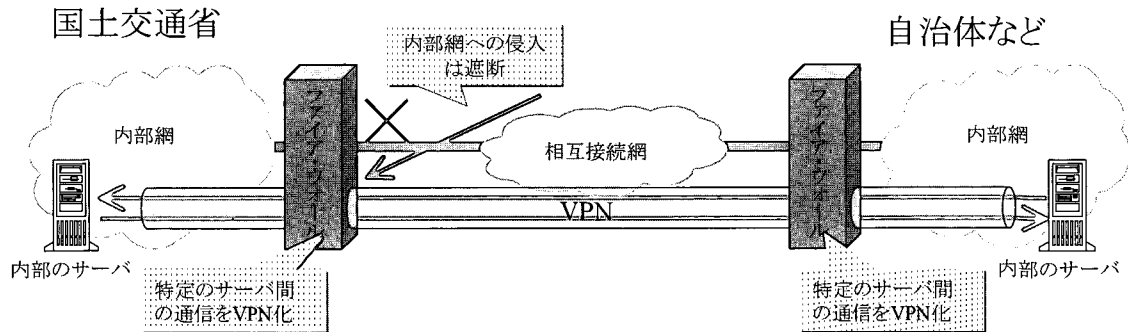


図 3-7 特定のサーバ間に限定されたデータ通信

3. 4. 3 映像マルチキャストなど放送型の通信

映像マルチキャストは、ストリームだけに注目すれば放送型の通信であり片方向性のものである。内部網と相互接続網のアドレスが同一体系であれば、ストリームのみを通過させる機構の設置は容易である。一方、相互接続網とアドレス体系の異なる自治体側ではストリーム受信に工夫が必要である。なお、カメラ選択やカメラ操作などは、①の Web アクセスと同様に扱こととし、分離して考える。

構成1:ハードデコーダでのNTSC映像受信

自治体のファイアウォールの手前にハードデコーダを設置し、映像はNTSC渡しとする構成である。自治体で映像は自治体の内部網へのWeb画面の提供は、図3-6と同様の構成で行うこととし、デコーダの受信映像選択メニュー画面は、Web画面として内部網の職員PCへ提供する。

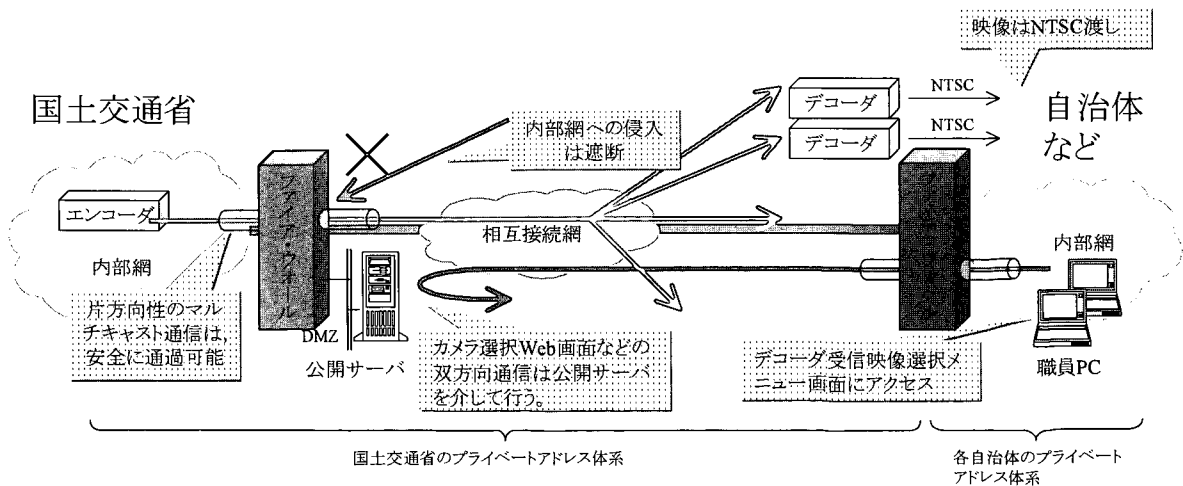


図 3-8 ハードデコーダを用いてNTSC信号で受信する構成

構成2:自治体に緩衝エリアを設ける

自治体側に緩衝エリアを設け、ここからは相互接続網と自治体内部網の両方にアクセスできるようにする構成である。緩衝エリアは国土交通省と同一アドレス体系とし、映像ストリームを流す構成とする。また、広域网 PC が専用端末化し、利便性が損なわれることを避けるため、緩衝エリアから逆 Proxy を介した当該自治体の内部網へのアクセスを許可する。

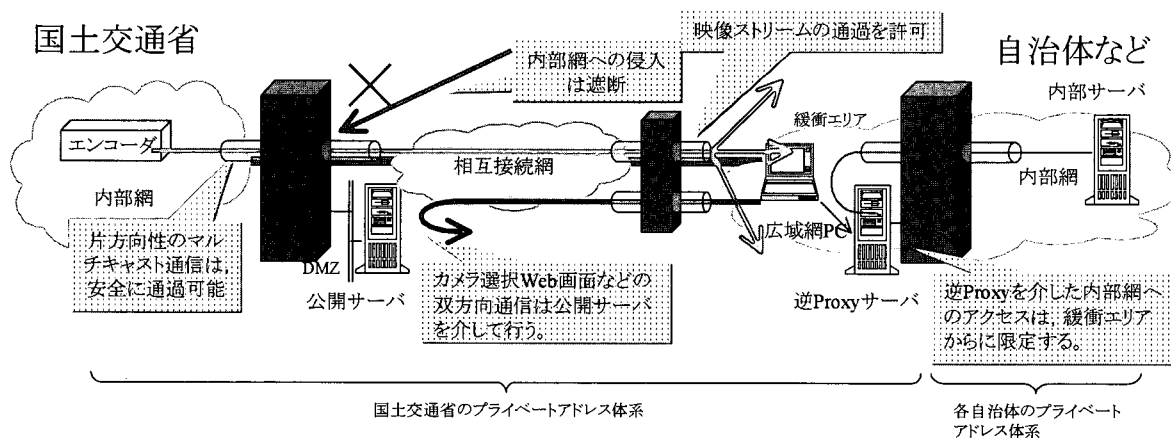


図 3-9 自治体側に緩衝エリアを設ける構成

構成3:トランスコーダで低速変換&アドレス変換

MPEG-2/6Mbps の高速ストリームを、MPEG-4/300kbps 程度の低速ストリームに変換する「トランスコーダ」を各自治体に設置する構成である。トランスコーダにてアドレス変換も行い、高速側と低速側はそれぞれ別ネットワークで扱うことができる。ただし、自治体での同時利用ニーズを満たすだけのトランスコーダの台数を確保する必要がある。また、自治体網内からは、トランスコーダの選択 + トランスコーダの受信ソース選択と2段階操作となってしまう、必ずしも利便性が良い構成とは言えない。

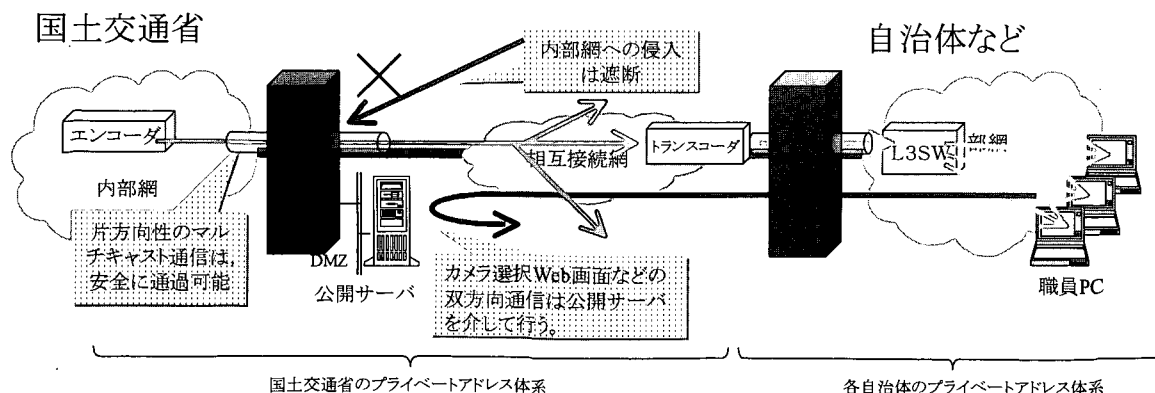


図 3-10 トランスコーダで低速変換&アドレス変換を行う構成

3. 5 マルチキャスト通信に対応したファイアウォール

3. 5. 1 ファイアウォールに求められる要件

(1) ファイアウォールの基本機能

一般に、ファイアウォールには次の機能が備わっているべきと考えられている。

- ・ 中継装置としての機能
- ・ 通過させていい通信かどうかの判断及び通過させてはならない通信の排除
- ・ 危険な兆候の検出と警告
- ・ 通信の許可、不許可状況などの記録の保存

(2) 中継機能と ACL (Access Control List)

中継装置としての機能の実装は、次の2種類の方式に大別される。

[パケットフィルタ方式]

ルータとして IP パケットを中継するものであり、通信を行いたい機器同士が直接通信できる方式である。

[アプリケーションゲートウェイ方式 (Proxy 方式)]

Proxy (代理) サーバに一旦接続して、接続相手を指示して代理通信させる必要があるため、Proxy 方式とも呼ばれる。直接的なパケット中継は行わず、要求を受けた Proxy が相手方と通信して必要な情報を取得してから受け渡す方式である。

また、通過させていい通信かどうかの判断、通過させてはならない通信の排除は ACL (Access Control List) により実装される。通信の発信元や相手先の IP アドレスやポート番号で許可、不許可を判断するものであり、パケットフィルタ方式では、フィルタ定義として ACL を適用する。一方、アプリケーションゲートウェイ方式では、Proxy サーバ機能が用意されたものだけがアクセスを許可される。

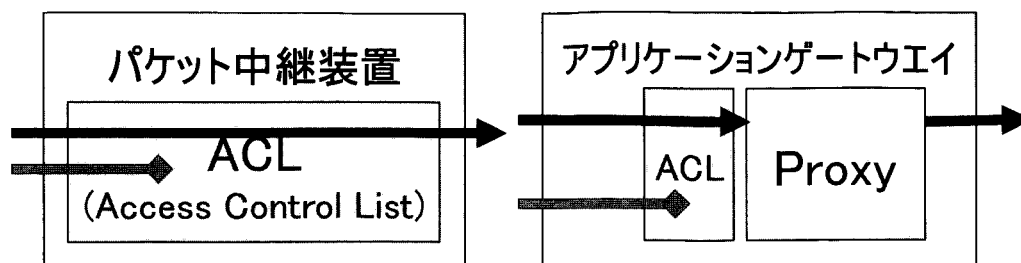


図 3-11 中継機能とACL

(3) 危険な兆候の検出と警告

通信拒否が頻発するなど、なんらかの攻撃的意図を持った通信の疑いがある場合、管理者に対して警告を発する機能を持つべきである。対象となる危険な兆候には次のようなものがある。

[不正な形式のパケットの検出]

- ・ 発信元詐称パケット(内部アドレスを詐称)
- ・ ソースルーティング指定パケット
- ・ 一部の TCP/IP 層レベルの攻撃パケット

[不正な通信内容(アプリケーションレベル)]

- ・ セキュリティホールへの攻撃など

(4) 通信の許可、不許可状況などの記録の保存

通信内容を「記録」することもファイアウォールの重要な仕事である。通過させなかった通信の記録だけでなく、通過した通信の記録も事象の追跡には不可欠である。また、セキュリティ面のみならず、利用状況の集計にも利用可能である。

3. 5. 2 現状の構成手法

ファイアウォールの構成手法には次の3レベルがある。

[レベル1:ルータでのパケットフィルタリング]

最も簡易な構成手法は、ルータや L3-SW 製品にパケットフィルタリングを施すものである。基幹

業務用のサーバなどを収容する内部網の一部を周辺から隔離して扱いたい場合など、低コストで高性能を求める場合などの簡略的な手法である。

[レベル2:ファイアウォール製品でのパケットフィルタリング]

汎用のファイアウォール製品では、http、ftp、smtp などの汎用プロトコルに対しては Proxy 機能が用意されるが、それ以外ではパケットフィルタリングを用いた構成手法がとられている。レベル1との本質的な差異は、通信記録の取得の有無である。

[レベル3:アプリケーションゲートウェイ]

Proxy (代理)サーバに一旦接続して、接続相手を指示して代理通信させる構成手法である。汎用のファイアウォール製品は、装置内に Proxy 機能を実装したオールインワン方式である。また、パケットフィルタリングを施したルータとProxy サーバを併用して複数装置を用いてファイアウォールを構成する手法もある。3レベルの中で最もセキュアな構成手法である。

3. 5. 3 現状手法における課題

MPEG 映像のマルチキャストに対応するファイアウォールの構成手法は、前項のレベル1あるいはレベル2が殆どである。これらの手法では、通過させる通信(PIM-SM 制御ユニキャストおよびストリーマルチキャスト)に対し、ファイアウォールはルータとして振舞う。一方、PIM-SMの制御パケットを外部網の受信側ルータが内部網のRPに対して送出する必要があるが、このためには、少なくともRPの所在を示すルーティング情報を外部網に広く示さねばならない。

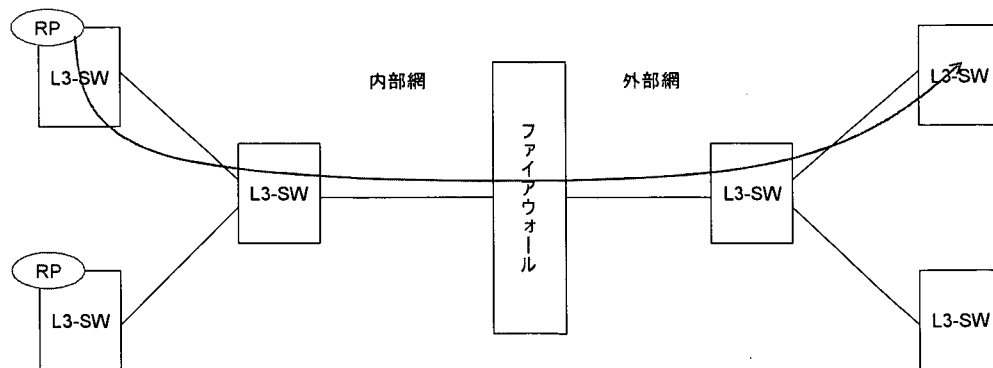


図 3-12 現状手法における課題 (RPを外部に見せる必要がある)

3. 5. 4 マルチキャスト・ドメインの分割による課題解決

国土交通省と自治体などとの間で IP マルチキャストによる映像情報の共有を行う場合において、セキュリティ確保のための構成を検討した。

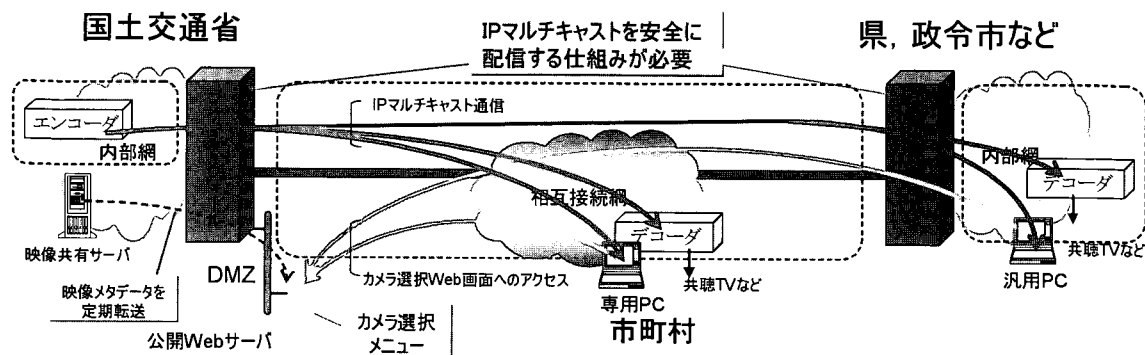


図 3-13 検討の対象とする構成

セキュリティ確保のための最も簡易な方法は、図でファイアウォールとした部分において IP マルチキャストを複数のデコーダで受信し、一旦非 IP の映像信号に戻した上でエンコーダにより再送信するものである。しかし、この方法では、国土交通省内に構築した IP マルチキャスト通信による映像共有の資産を有効利用しているとはいえない。同時配信に必要な映像数に応じてデコーダとエンコーダが多数必要となる他、映像情報共有化システムとして一元管理された配信先のグループアドレスなどの情報を流用することができなくなる。IP マルチキャストの利点を生かすためには、内部網で配信している映像 (MPEG-2/6Mbps, MPEG-4/384kbps など) をそのまま配信できることが望まれる。

一方、従来のパケットフィルタレベルのファイアウォールは、マルチキャストルーティングのための制御パケットとクラス D 宛のマルチキャストパケット以外を通過させないという方式であり、逆に通過させる通信に対しては、ルータとして振舞うため外部網から内部網の一部 (ランデブーポイントなど) が見えてしまうといった致命的な弱点を持つ。

これら弱点を克服するため、IP マルチキャスト映像を安全に配信する仕組みが必要であるが、それには次の要件が必要となる。

- ・ ファイアウォールを境界に論理的に分離した複数のネットワークを構成できること
- ・ 高い転送性能 (Gbps クラス) を持っていること

- ・ 通信ログの記録、SNMP による遠隔管理などの運用管理機能を備えていること

前述した課題を解決するため、ファイアウォールを境界としてマルチキャストルーティングを行うドメイン(範囲)を分割する案について詳述する。図 3-14は、内部網から外部網に向けて IP マルチキャストによる映像配信を行う場合の構成案である。マルチキャストルーティング(PIM-SM)とクラスD宛の IP マルチキャストの通信について、マルチキャストファイアウォールに実装されたプロキシ機能(代理中継機能)を介して行うことにより、内部網と外部網を論理的にも分離するものである。

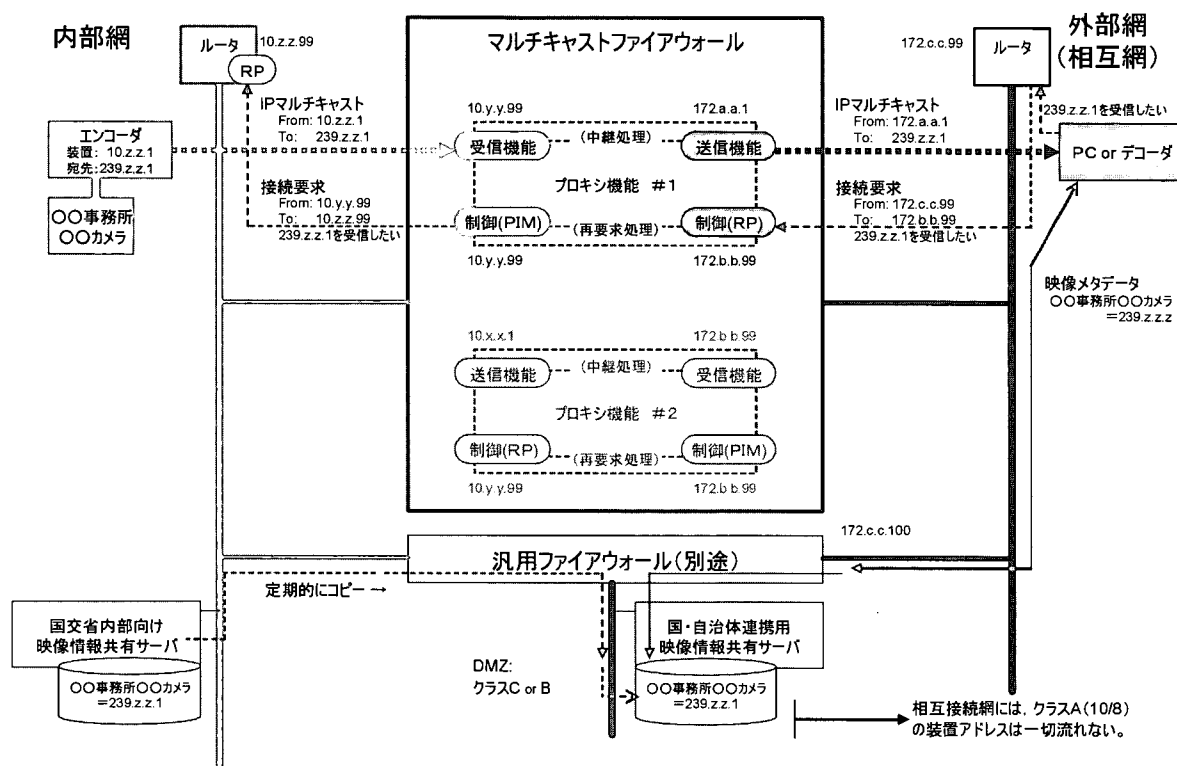


図 3-14 内部網から外部網への映像配信におけるドメイン分割構成

動作シーケンスを以下に示す。

- ・ DMZ上に映像情報共有サーバを配置し、国交省内のカメラのグループアドレスを公開する。ここでエンコーダなどの装置アドレスの公開は不要である。
- ・ 外部網(相互網)の受信端末(PCあるいはデコーダ)からは、最寄のルータにIGMPで239.z.z.1を受信したいとの要求がでる。
- ・ ルータは、239.z.z.1のランデブーポイントは172.b.b.99であることを予め知っており(相互網

内のBSRが通知)、このRP(実はマルチキャストファイアウォール上に定義された仮想のもの)宛てにPIMの参加要求が出る。

- RPとして要求を受け付けたマルチキャストファイアウォールは、内部網側では一般ルータとして振る舞い、内部網側に存在する本当のRPにPIMの参加要求を出す。
- エンコーダからのストリームをマルチキャストファイアウォールは受信し、一旦終端した上で送信元アドレスを 172.a.a.1 に付替えて相互網側のRPに向け送出する。

以上において、外部網(相互網)側には内部網の装置アドレス(クラスA)が流れることはない。

同様に、外部網に設置されたエンコーダから配信される映像を内部網で受信する場合の構成案と動作シーケンスを以下に示す。内部網発信の場合と左右対称のプロキシ機能により実現され、やはり内部網の装置アドレス(クラスA)は外部網に対して一切流れることがない。

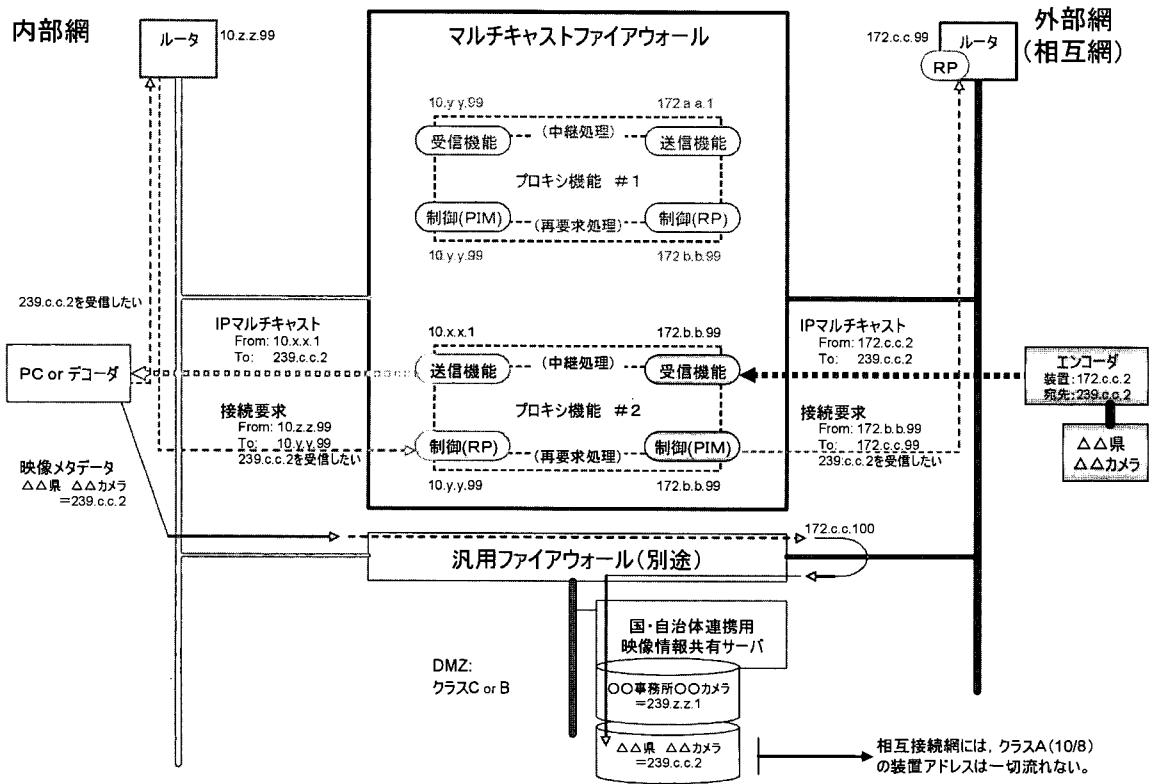


図 3-15 外部網から内部網への映像配信におけるドメイン分割構成

これらの応用として、接続先の自治体がマルチキャストによる映像配信に対応した内部網を既に整備している場合を以下に考える。この場合、図 3-16に示した構成のように国と自治体のそれぞれの内部網と相互接続網の間にマルチキャストに対応したファイアウォールを設け、互いの映像ソースを相互接続網に対して配信し、相互接続網上の仮想の映像ソース(相手機関のマルチキャストファイアウォールが送信元に見える)から必要なものを選択受信するといった構成となる。

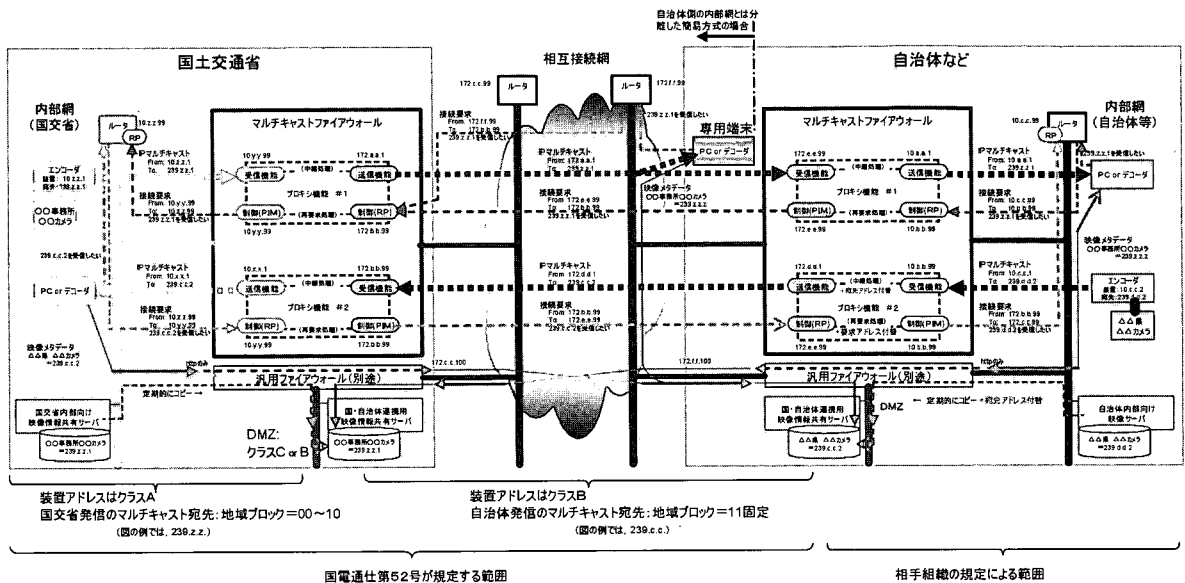


図 3-16 マルチキャストに対応した自治体内部網との相互接続

第4章 今後に向けた検討課題

全国規模での IP マルチキャストネットワークの整備が進み、MPEG-2/6Mbps の高品位な映像を効率よく配信する環境は整った。また、自治体などの対外接続における IP マルチキャストに対応したネットワークとしてのセキュリティ確保の手法も確立しつつある。

これらにより、定常的な状態における静的な運用は問題なく行えるレベルに達したと言えるが、大規模な災害発生などによりトラフィックの発生とその流れが大きく変動するような場合、それらの変化に動的に追従できる仕組みとしてはまだ課題が多い。具体的には以下の検討課題があげられる。

- ・ 光ファイバ通信回線において、マイクロ波無線通信回線への迂回が必要となるレベルの障害が同時多発的に起きた場合、発生状況を的確に把握し、優先度の高い通信を選別的に迂回させることにより、ネットワークの致命的な破綻を防止する仕組みの検討が必要である。
- ・ 外部の関係機関に IP マルチキャストで映像配信する場合、現時点で何がどこに対して配信されているかなどを掌握できる仕組み、並びに、応用として管理目的でカメラ操作を行う場面において、プライバシー侵害などに抵触することを避けるための外部配信であるか否かなどを操作者などへ周知するなどの仕組みの検討が必要である。
- ・ 人身事故の措置中の映像や幹部間の TV 会議を IP ネットワークで行う場合や映像内容に秘匿性が求められる場合、これらをどのように扱うべきかの検討が必要である。

参考文献

- [1] “映像関連システムの効果的な設計・運用に関する研究”、大臣官房技術調査課電気通信室他、国土技術研究会、2001.11.
- [2] “ストリーミングシステム(II)配信技術(IP マルチキャストと CDN)”, 藤井 直人, 鍋島 公章, Internet Week 2002,
<http://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2002/proceeding/T23-1.pdf> ,
<http://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2002/proceeding/T23-2pdf> .
- [3] “ファイアウォール ～安全性の意味と代償～”, 二木 真明, Internet Week 2002,
<http://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2002/proceeding/T11.pdf> .