

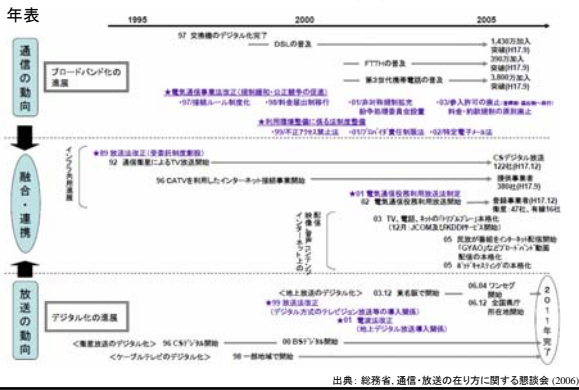
# 画像情報特論 (9)

- CDN/P2P、IPTV、放送と通信の統合

情報ネットワーク専攻 甲藤二郎  
E-Mail: katto@waseda.jp

# 放送と通信の統合

## 総務省資料 (1)



## 総務省資料 (2)

映像配信 (国内)

| 名称         | 運営主体        | 開始時期  | サービス概要                               | 配信端末 |
|------------|-------------|-------|--------------------------------------|------|
| e伝ネット      | NTT 47 7社   | 04/09 | 映画・ドラマ、音楽、テレビ番組のVOD                  | パソコン |
| UHD        | Ustream     | 05/04 | 映画、音楽、ドラマ、アニメのVOD (大衆型、後者は半額)        |      |
| Ustream    | Ustream (株) | 05/12 | 無料を中心としたVODサービスの提供から収入を得る「Ustream」事業 |      |
| Ustream    | Ustream (株) | 04/12 | 100%自営型VODサービス「Ustream」の提供           | STB  |
| あふりあ       | ソフトバンク      | 04/12 | 基本料金のみで毎月1000分見放題。映画・音楽・3D・7日最大1000分 |      |
| JCOM       | ソフトバンク      | 05/01 | 有線テレビネットワークを基盤に、無料映画、映画、3D・7日最大1000分 |      |
| Ustream    | ソフトバンク      | 05/02 | Ustream、映画、3D、7日最大1000分              | STB  |
| Ustream    | Ustream     | 05/02 | Ustream、映画、3D、7日最大1000分              |      |
| Ustream    | ソフトバンク      | 04/07 | 基本料金、7日最大1000分                       |      |
| Ustream TV | ソフトバンク      | 05/06 | Ustream                              |      |
| Ustream    | ソフトバンク      | 05/07 | Ustream、映画、3D、7日最大1000分              | パソコン |
| Ustream    | ソフトバンク      | 05/10 | Ustreamの通信のみで、Ustream中心に無料配信、音楽      |      |
| Ustream    | TBS         | 05/11 | Ustreamの通信のみで、Ustream中心に無料配信         |      |

出典：総務省、通信・放送の在り方に関する懇談会 (2006)

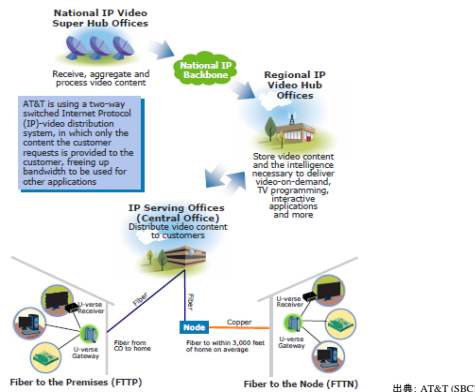
## 総務省資料 (3)

海外

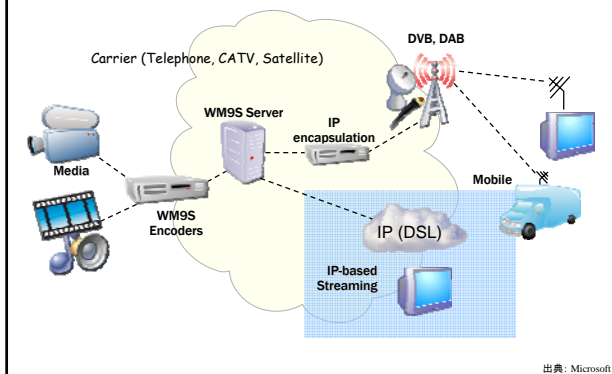
| サービス開始 (稼働開始) | 事業者の動向  |
|---------------|---|
| 2004年11月      | 英国 BT、ドイツ Telekom、米国 Verizon、韓国 SK、中国网通、韓国 SK、中国网通、韓国 SK、中国网通 |
| 2005年7月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2005年9月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2005年10月      | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2005年12月      | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年1月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年2月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年3月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年4月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年5月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年6月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年7月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年8月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年9月       | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年10月      | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年11月      | 中国 中国网通 (中国网通)  |
| 2006年12月      | 中国 中国网通 (中国网通)  |

出典：総務省、通信・放送の在り方に関する懇談会 (2006)

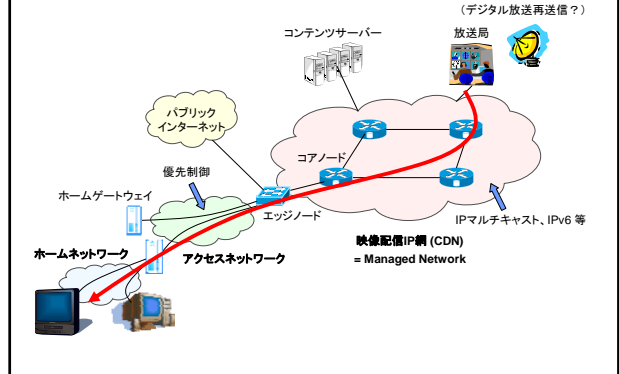
## AT&T U-verse



## Microsoft TV



## IPTVの一般形



## 総務省資料 (4)



## 総務省資料 (5)

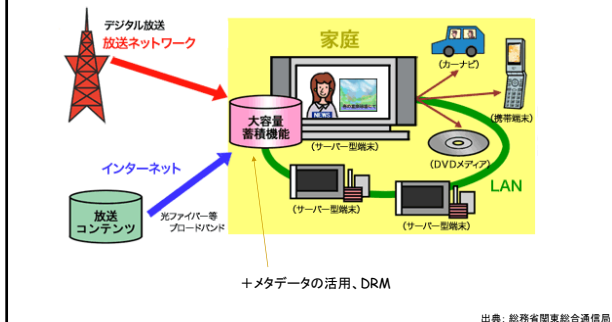
Triple Play = Voice + Video + Data

| サービス名                 | 電話サービス                         | インターネット接続サービス | 映像配信サービス                         | サービス別の基本料金 (円)               |
|-----------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------|
| ぷらぷら トリプルプレイ          | ぷらぷらフォン プレミアム接続 (NTT) 2,000円/月 | 最大30Mbps      | 多チャンネル放送 (SD画質以上)、VOD (4,500円/時) | 9,840円 (1ヶ月)<br>7,040円 (1ヶ月) |
| ぷらぷら ネットワーク           | ぷらぷらネットワーク大接続                  | 最大30Mbps      | 多チャンネル放送 (SD画質以上)、VOD (4,500円/時) | 6,630円 (1ヶ月)<br>7,040円 (1ヶ月) |
| OCN 光 with プレミアム      | OCN 光                          | 最大30Mbps      | VOD (100分以内視聴可能)                 | 8,694円 (1ヶ月)<br>6,174円 (1ヶ月) |
| KDDI 光プラス             | 光プラス大接続                        | 最大10Mbps      | 多チャンネル放送 (SD画質以上)、VOD (4,500円/時) | 9,555円 (1ヶ月)<br>7,245円 (1ヶ月) |
| ケーブルプラス               | ケーブルプラス                        | 最大10Mbps      | 多チャンネル放送 (SD画質以上)、VOD (4,500円/時) | 8,694円 (1ヶ月)<br>4,180円 (1ヶ月) |
| Yahoo BB 光 TV package | BB 光 TV package                | 最大30Mbps      | 多チャンネル放送 (SD画質以上)、VOD (4,500円/時) | 7,245円 (1ヶ月)<br>4,180円 (1ヶ月) |
| ソフトバンクグループ            | ソフトバンク                         | 最大30Mbps      | 多チャンネル放送 (SD画質以上)、VOD (4,500円/時) | 11,350円                      |

出典: 総務省、通信・放送の在り方に関する懇話会 (2006)

## サーバ型放送 (サービス)

ブロードバンド接続と大容量ホームサーバの活用



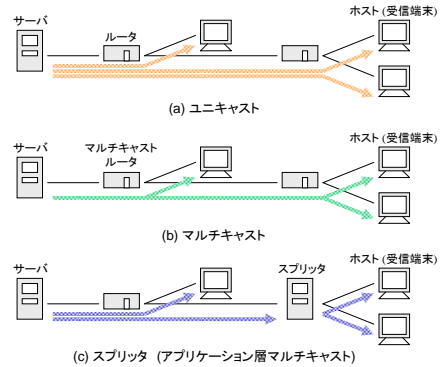
## ワンセグ

携帯端末向けデジタル放送

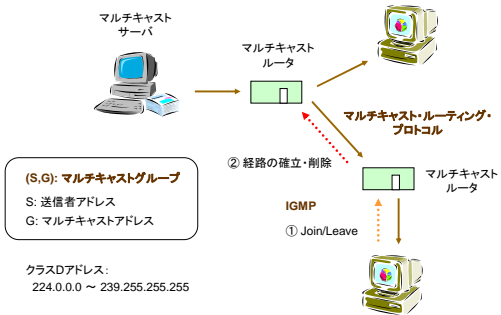


# IPマルチキャスト

## マルチキャスト

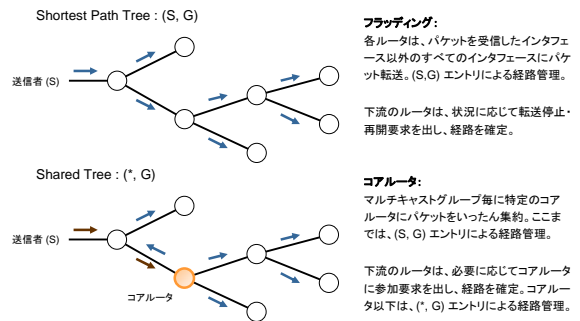


## IPマルチキャスト (1)



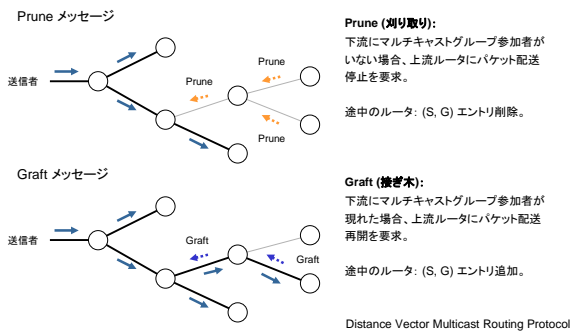
## IPマルチキャスト (2)

### • Shortest Path Tree と Shared Tree



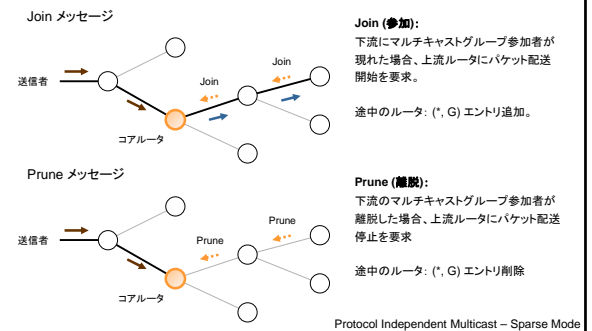
## IPマルチキャスト (3)

### • DVMRP version 3



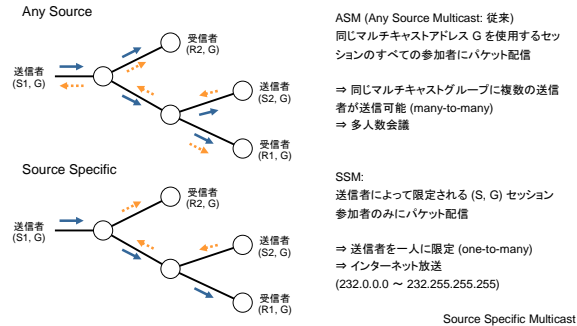
## IPマルチキャスト (4)

### • PIM-SM



## IPマルチキャスト (5)

### SSM



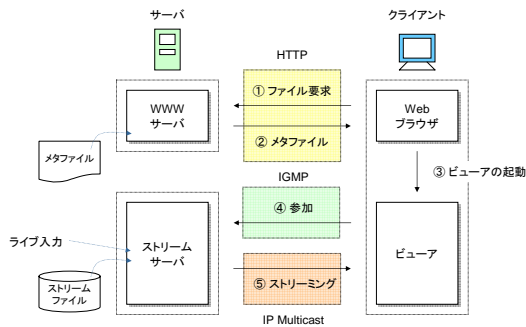
## IPマルチキャスト (6)

### まとめ

| プロトコル名 | 特徴  | 長所  | 短所   |
|--------|---|---|--|
| DVMRP  | 最小経路 (S, G)<br>送信者がパケットを投げると、フラッディングによって最小経路を確定、配信  | 最小経路  | フラッディングによる不要なトラフィックの増加<br>⇒ 拡張性                                  |
| PIM-SM | 送信者・コアルータ: 最小経路 (S, G)<br>コアルータ・受信者: 共有経路 (*, G)<br>送信者がコアルータに「登録」すると、最小経路を確定<br>受信者がコアルータに「参加」すると、共有経路を確定、配信 | フラッディングが不要<br>⇒ 拡張性                             | 共有経路が必ずしも最短経路にならない<br>コアルータの決定方法<br>プロトコルが若干複雑 (最短経路と共有経路の動的切替え) |
| SSM    | 最小経路 (S, G)<br>受信者が送信者に subscribe すると、最小経路を確定、配信  | 1 対多の放送型アプリケーション<br>PIM-SM とのハイブリッド構成 (PIM-SSM) | 1 対多に限定<br>IGMP v3 が必須   |

## マルチキャスト放送 (1)

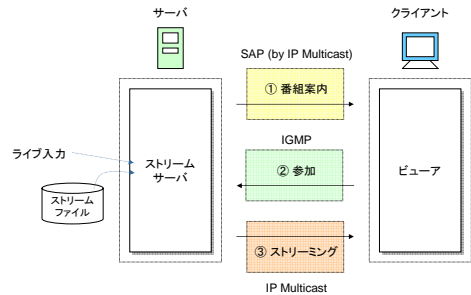
### (1) WWW による番組案内



## マルチキャスト放送 (2)

### (2) SAP による番組案内

SAP: Session Announcement Protocol  
定期的な番組案内 (SDP) をマルチキャスト



RFC 2974: vic/rat/sdr

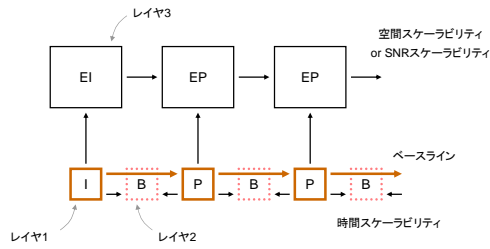
## マルチキャスト放送の長所と短所

|    | ユニキャスト放送                                   | マルチキャスト放送                                 |
|----|--|---|
| 長所 | 既存のシステムの変更が不要<br>クライアントの接続状況に合わせてふくそう制御が可能 | トラフィックの削減 (原理的に冗長なパケットは発生しない)、およびサーバ負荷の削減 |
| 短所 | クライアントの増加に伴うトラフィックの増発、ならびにサーバ負荷の増大 (線形増加)  | マルチキャストルータの普及と各種設定<br>クライアント毎のふくそう制御が困難   |
| 課題 |  | マルチキャストルーティングプロトコル<br>ふくそう制御アルゴリズム        |

例: 階層化マルチキャスト

## 階層化マルチキャスト

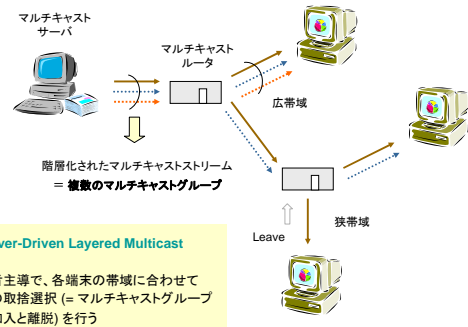
## スケーラブル符号化



- 空間解像度の階層化: 空間スケーラビリティ
- 時間解像度の階層化: 時間スケーラビリティ
- SNRの階層化: SNRスケーラビリティ

レイヤ1のみ: 低品質、低レート  
 全てのレイヤ: 高品質、高レート

## 階層化マルチキャスト (1)



### Receiver-Driven Layered Multicast

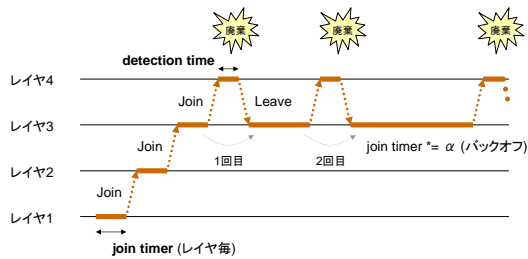
受信者主導で、各端末の帯域に合わせて階層の取捨選択 (= マルチキャストグループへの加入と離脱) を行う

S.MaCanné et al: "Receiver-driven Layered Multicast." SIGCOMM'96.

## 階層化マルチキャスト (2)

### Join Experiment

Join、Leave (ふくそう検出)、バックオフを繰り返し、レートを安定させる

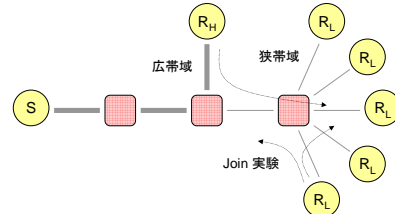


TCP タイムアウトと同様のバックオフメカニズム

## 階層化マルチキャスト (3)

### Shared Learning

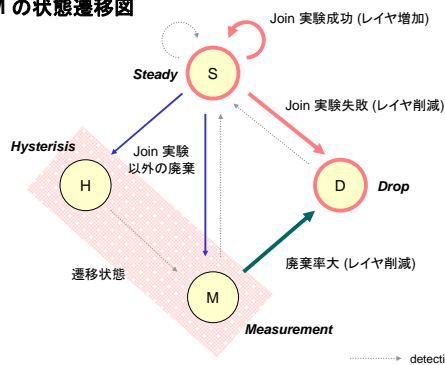
Join 実験の他の端末への通知



- 端末数の増加に伴う Join 実験の回数の増加を防ぐ
- 上流の広帯域 Join 実験と下流の狭帯域 Join 実験の結果の混同を防ぐ

## 階層化マルチキャスト (4)

### RLM の状態遷移図

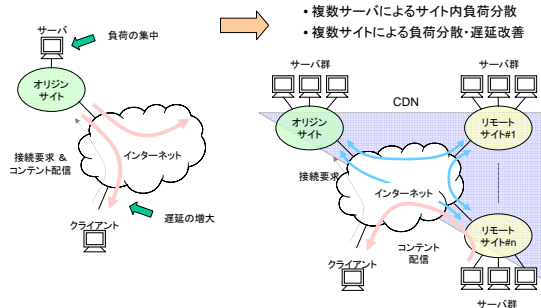


## CDN

Content Delivery Network

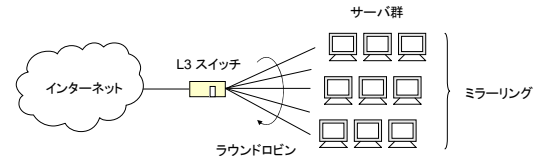
## CDN

### サーバの負荷分散 & 転送遅延の改善



## サイト内負荷分散 (1)

### • L3 スイッチ



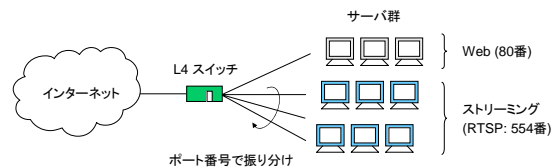
ミラーリングとラウンドロビンによる負荷分散:

長所: スイッチの負荷が軽い

短所: ミラーリングの効率が悪い (すべてのサーバが同じデータを持つ)

## サイト内負荷分散 (2)

### • L4 スイッチ



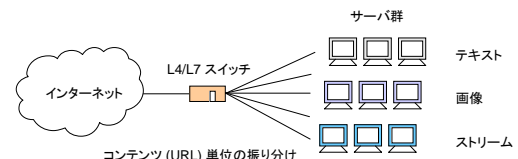
アプリケーション (ポート番号: L4情報) に応じた分散サーバ配置:

長所: アプリケーションに応じたきこまかい負荷分散が可能

(短所: L3 スイッチよりはスイッチの負荷が大きい)

## サイト内負荷分散 (3)

### • L4/L7 スイッチ



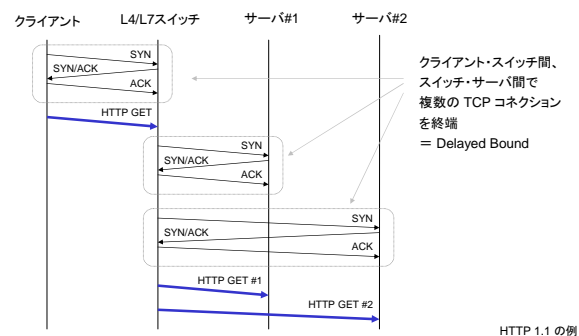
コンテンツ (URL: L7情報) に応じた分散サーバ配置:

長所: コンテンツ単位のさらにきこまかい負荷分散が可能

短所: スイッチの負荷が大きい

## サイト内負荷分散 (4)

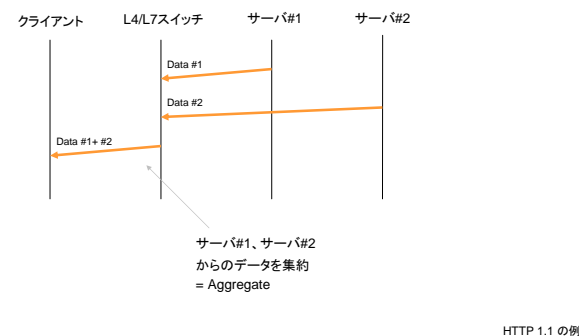
### • Delayed Bound (1)



HTTP 1.1 の例

## サイト内負荷分散 (5)

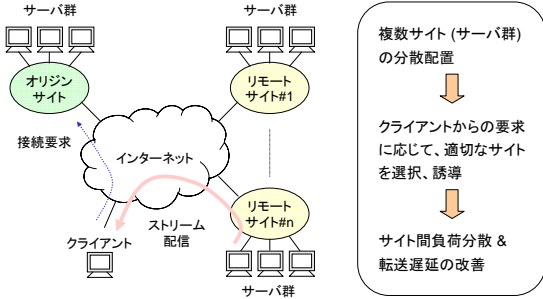
### • Delayed Bound (2)



HTTP 1.1 の例

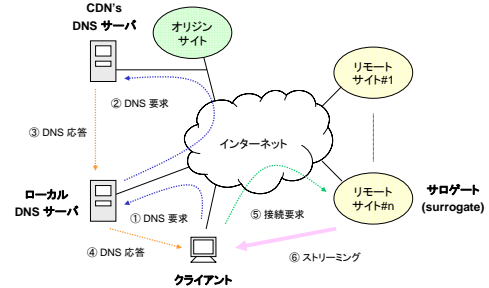
## サイト間負荷分散

### • サイト間負荷分散 & 転送遅延の改善



## リクエストルーティング (1)

### • DNS リダイレクション (1)



解像度: ドメイン単位 (粗い)

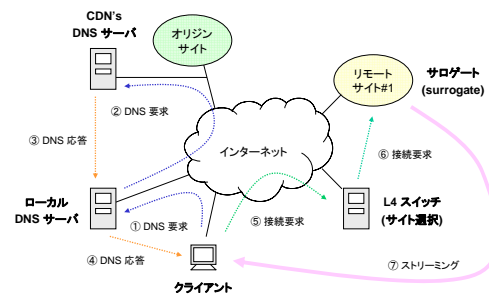
## リクエストルーティング (2)

### • DNS リダイレクション (2)

| DNS リダイレクション      | 方式   |
|-------------------|--|
| Single Reply      | CDN 内 DNS サーバが最適サロゲートを A レコード (IP アドレス) で返す方式<br>(例: stream.com → 192.168.0.1)   |
| Multiple Reply    | CDN 内 DNS サーバが複数のサロゲート候補を A レコードで返し、ラウンドロビンでサロゲートを選択する方式<br>(例: stream.com → 192.168.0.1, 192.168.0.2, 192.168.0.3 → 192.168.0.2)            |
| NS Redirection    | CDN 内 DNS サーバが、第三の DNS サーバに NS レコード (ネームサーバ) を返し、その DNS サーバが最適サロゲートを A レコードで返す方式<br>(例: stream.com → server1.site1.stream.com → 192.168.0.3) |
| CNAME Redirection | CDN 内 DNS サーバが、第三の DNS サーバに CNAME レコード (エイリアス) を返し、その DNS サーバが最適サロゲートを A レコードで返す方式<br>(例: stream.com → site1.stream.com → 192.168.0.4)       |
| Object Encoding   | DNS の名前オブジェクトのタイプ等を埋め込んでしまい、それに応じてサロゲートの IP アドレスを振り分ける方式<br>(例: stream.com → mpeg.content1.site1.stream.com → 192.168.0.5)                   |

## リクエストルーティング (3)

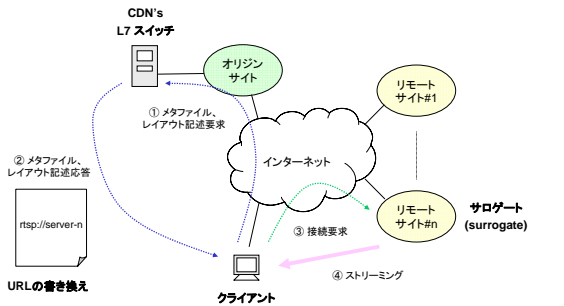
### • DNS リダイレクション + L4 スイッチ



サロゲートの IP アドレスを返す代わりに L4 スイッチの IP アドレスを返す (負荷分散)

## リクエストルーティング (4)

### • URL リライティング (L7 スイッチ)



解像度: クライアント単位 (細かい)

## リクエストルーティング (5)

### • URL リライティング (2)

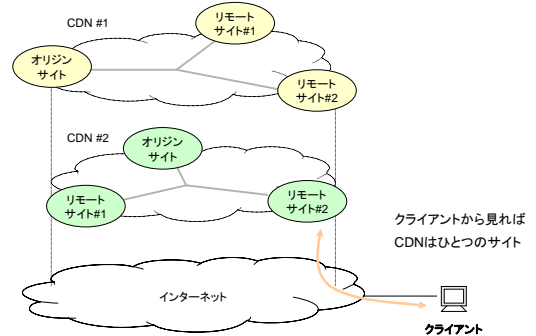
| URL リライティング           | 方式   |
|-----------------------|--|
| Header Inspection (1) | RTSP 記述内に仮想的なサロゲートの URL を記述しておき、アクセスが来たら最適サロゲートへの 302 リダイレクションコードを返す<br>(例) "302" Moved Temporarily                        |
| Header Inspection (2) | MIME ヘッダ内の Language、Cookie 等のフィールド情報に応じて、適切なサロゲートへのルーティングを行う<br>(例) stream.com → japanese.stream.com                       |
| Content Modification  | クライアントからのリクエストに応じて、メタファイルやレイアウト記述ファイル内の URL フィールドを最適サロゲートの URL に書き換えて返す<br>(例) rtsp://stream.com → rtsp://site1.stream.com |

## リクエストルーティング (6)

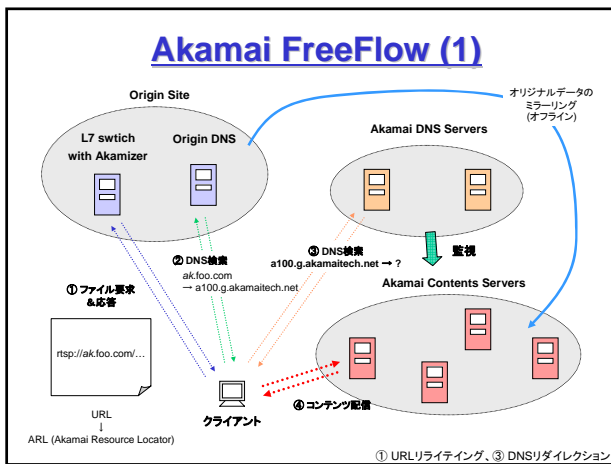
### • 最適サロゲートの推定方法

| 推定方法                         | 方式  |
|------------------------------|---|
| <b>Proximity Measurement</b> | クライアントに最も近いサロゲートの推定方法<br>(1) Active Probing : ping 等のプローブパケットの利用<br>(2) Passive Measurement : クライアントパケットのモニタリング<br>基準: 遅延、パケットロス、ホップ数、等<br>関連分野: インターネットの帯域測定技術 |
| <b>Surrogate Feedback</b>    | 管理サーバとサロゲートの情報交換: エージェントを用いた Probing<br>基準: CPU 負荷、インターフェース負荷、コネクション数、等<br>関連分野: 負荷分散技術   |

## オーバーレイネットワーク



## Akamai FreeFlow (1)



## Akamai FreeFlow (2)

### • Akamai DNS System

#### High-Level DNS Servers (世界中に13台?)

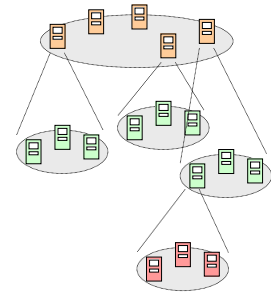
za.akamaitech.net  
zb.akamaitech.net  
...  
zr.akamaitech.net

#### Low-Level DNS Servers (50以上)

n1g.akamaitech.net  
n2g.akamaitech.net  
...  
n9g.akamaitech.net

#### Contents Servers (2000以上)

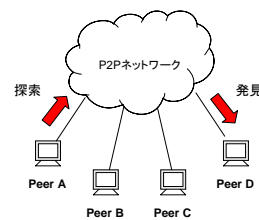
a0000.g.akamaitech.net  
a0001.g.akamaitech.net  
...  
annnn.g.akamaitech.net



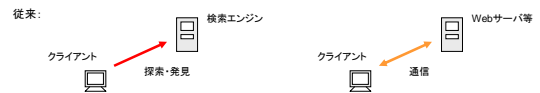
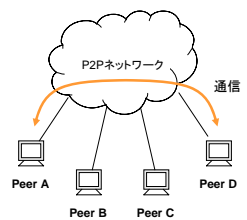
## P2P (peer-to-peer)

## P2P (1) 基本

### (1) 探索・発見

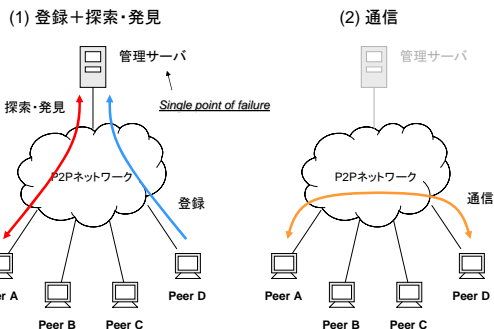


### (2) 通信

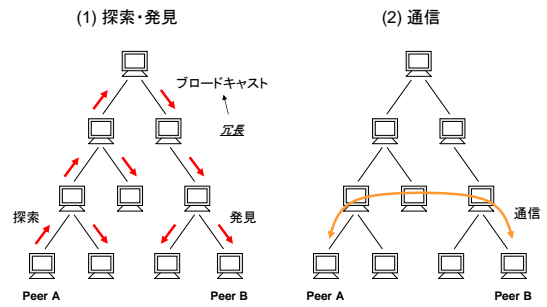




## P2P (2) Napster

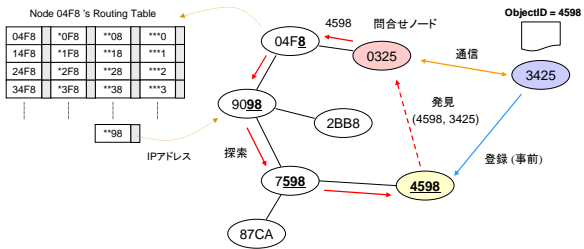


## P2P (3) Gnutella



## P2P (4) Plaxton's Algorithm

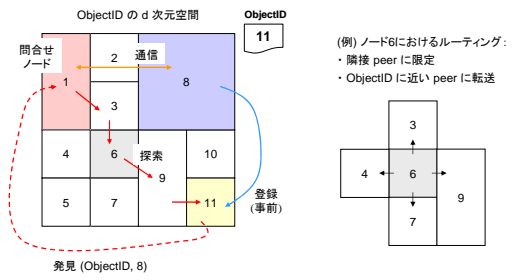
ファイル名とノードアドレスをハッシュ関数で数値化 ... (ObjectID, NodeID)  
 ノード番号が ObjectID に等しいノードに、そのファイルの保有ノード情報を登録  
 探索・発見: \*\*\*8 ⇒ \*\*98 ⇒ \*598 ⇒ 4598 の順に探索 (ObjectID = 4598 の場合)



Structured P2P

## P2P (5) CAN

Plaxton's Algorithm の変形、拡張  
 各ノードは、d 次元空間中の特定の範囲の ObjectID を有するファイルの保有ノード情報を保持

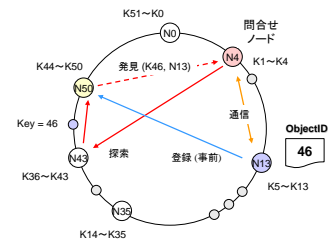


S.Ratnasamy et al: "A Scalable Content-Addressable Network." SIGCOMM'01.

## P2P (6) Chord

Plaxton's Algorithm の変形、拡張  
 各ノードは、1次元円周上の特定の範囲の ObjectID を有するファイルの保有ノード情報を保持

(例) Key (ObjectID) = 46 の探索:  
 ノード数64, NodeID = 0, 4, 13, 35, 43, 50 の場合



Node 4 の finger table

| Key                     | Interval | Successor |
|-------------------------|----------|-----------|
| 5 (=4+2 <sup>0</sup> )  | [5,6)    | 13        |
| 6 (=4+2 <sup>1</sup> )  | [6,8)    | 13        |
| 8 (=4+2 <sup>2</sup> )  | [8,12)   | 13        |
| 12 (=4+2 <sup>3</sup> ) | [12,20)  | 13        |
| 20 (=4+2 <sup>4</sup> ) | [20,36)  | 35        |
| 36 (=4+2 <sup>5</sup> ) | [36,4)   | 43        |

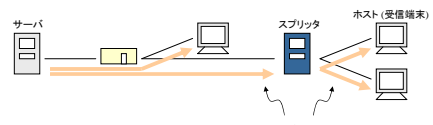
Node 43 の finger table

| Key                      | Interval | Successor |
|--------------------------|----------|-----------|
| 44 (=43+2 <sup>0</sup> ) | [44,45)  | 50        |
| 46 (=43+2 <sup>1</sup> ) | [46,48)  | 50        |
| 48 (=43+2 <sup>2</sup> ) | [48,51)  | 50        |
| 51 (=43+2 <sup>3</sup> ) | [51,59)  | 0         |
| 59 (=43+2 <sup>4</sup> ) | [59,11)  | 0         |
| 11 (=43+2 <sup>5</sup> ) | [11,43)  | 13        |

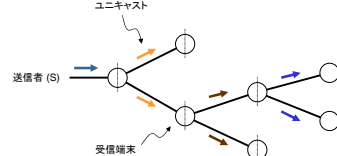
L.Stoica et al: "Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications." SIGCOMM'01.

## アプリケーション層マルチキャスト (1)

• スプリッタ

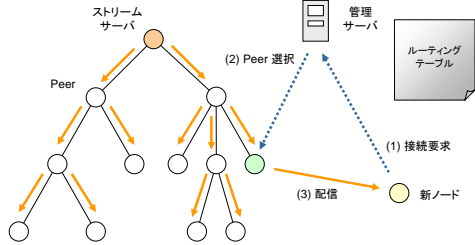


• P2P (Peer-to-Peer)



## アプリケーション層マルチキャスト (2)

### • P2Pマルチキャスト

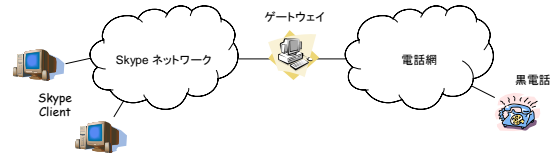


長所: 簡単、既存ルータの変更不要  
 短所: 転送トラフィックの増加、経路の非最適性、管理サーバの負荷  
 検討事項: ノードの追加と削除への対応、動的な経路変更、負荷分散

## Skype (1)

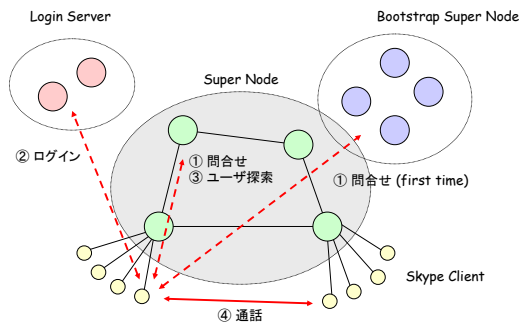
### • P2P 型 VoIP システム

- 音質向上: Global IP Sound (広帯域音声符号化)
- NAT超え: UDP ⇒ TCP ⇒ HTTP (80) ⇒ HTTPS (443) ⇒ proxy
- 暗号化: AES (Advanced Encryption Standard, 256 bit)
- SkypeIn / SkypeOut: 黒電話との発着信



## Skype (2)

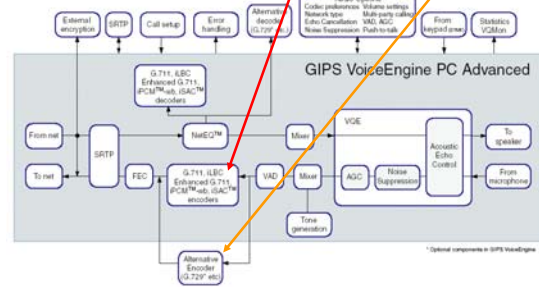
### • システムの構成要素



## Skype (3)

### • Global IP Sound

広帯域音声 (16/32kHz) ~ 狭帯域音声 (8kHz)

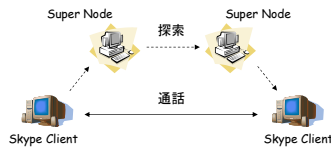


<http://www.globalipsound.com/>

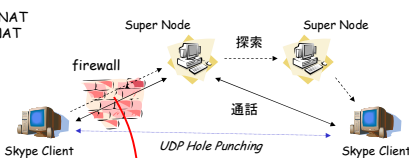
## Skype (4)

### • NAT超え

(1) Public ~ Public



(2) Public ~ NAT  
 (3) NAT ~ NAT



UDP ⇒ TCP ⇒ HTTP (80) ⇒ HTTPS (443) ⇒ proxy