

画像情報特論 (10)

- その他の話題 (1)

- マルチキャスト
- CDN
- P2P

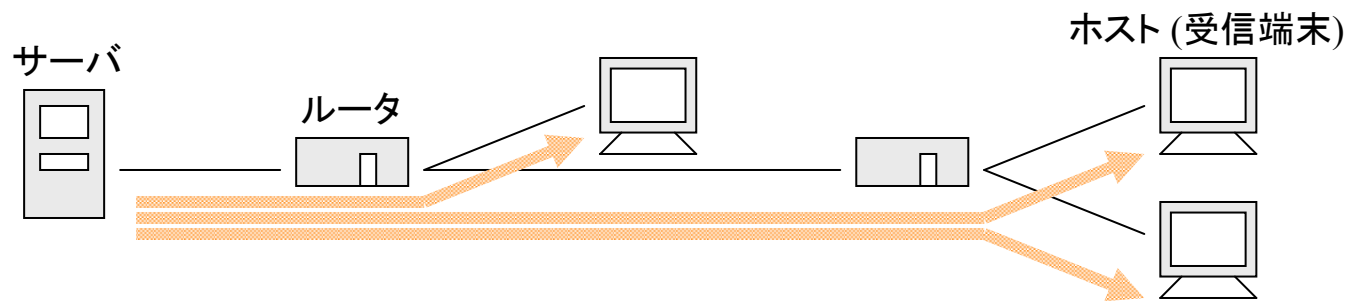
2004.07.02

情報ネットワーク専攻 甲藤二郎

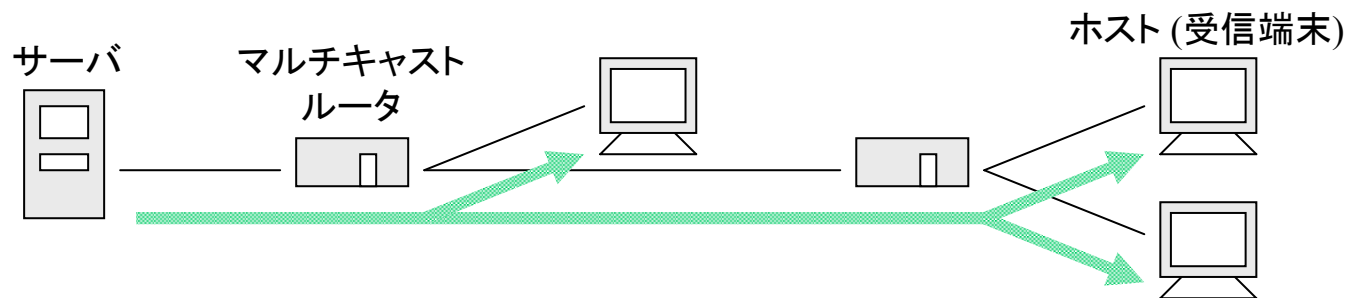
E-Mail: katto@waseda.jp

マルチキャスト

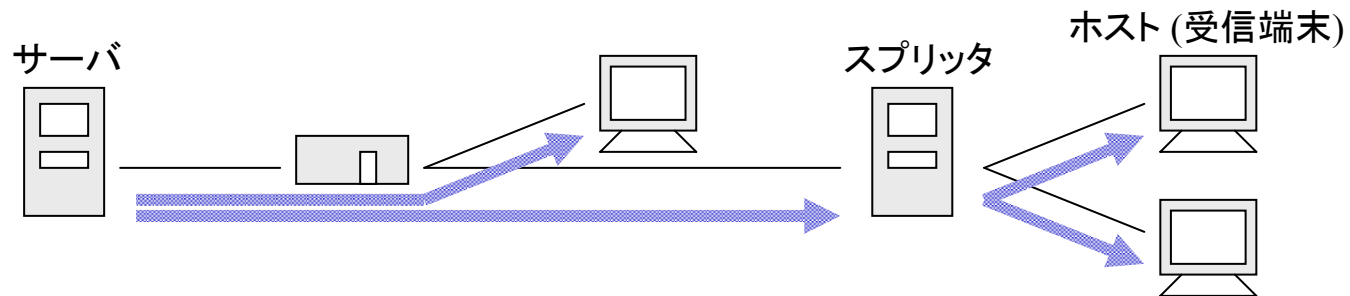
マルチキャスト



(a) ユニキャスト

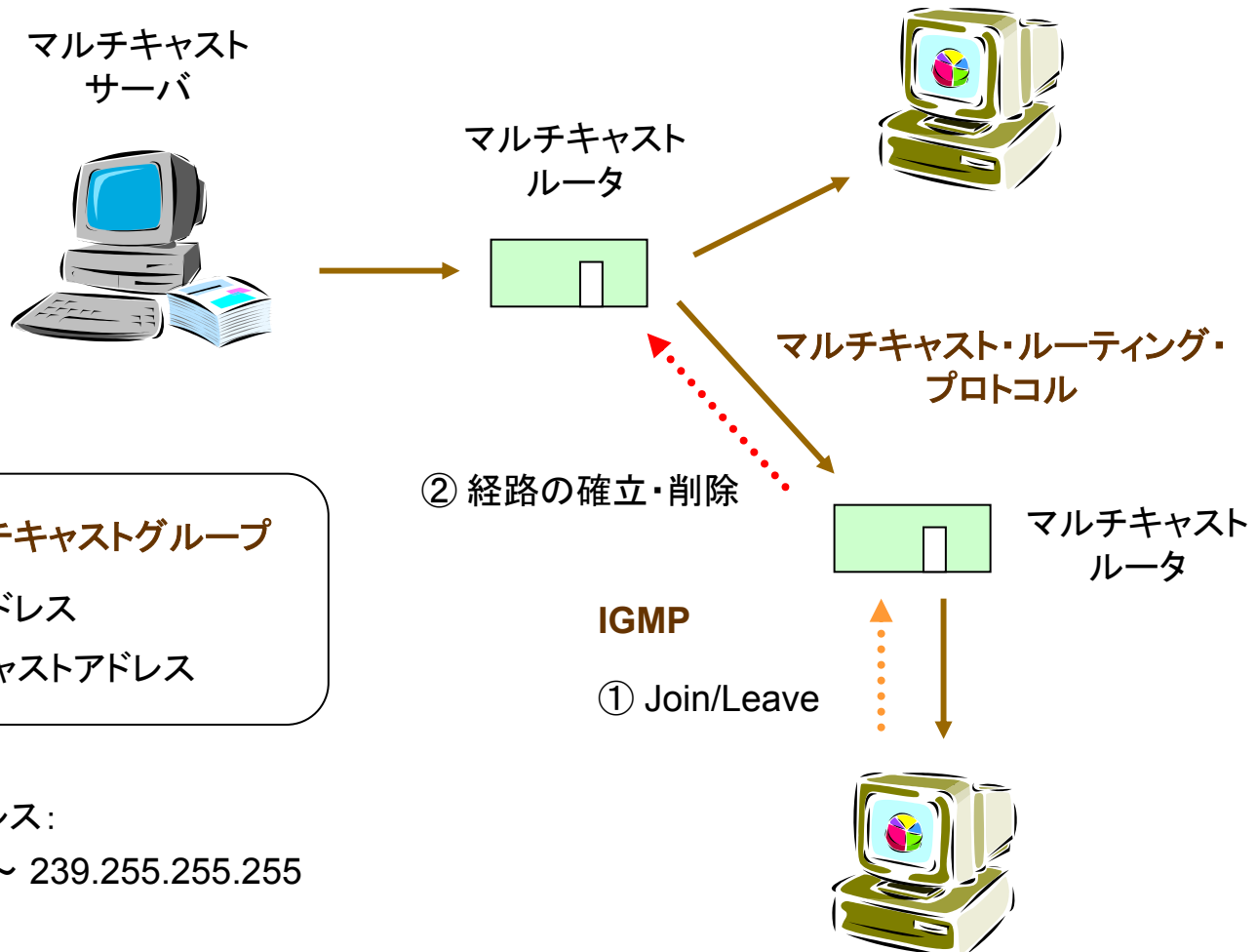


(b) マルチキャスト



(c) スプリッタ (アプリケーション層マルチキャスト)

IPマルチキャスト (1)



(S,G): マルチキャストグループ

S: 送信者アドレス

G: マルチキャストアドレス

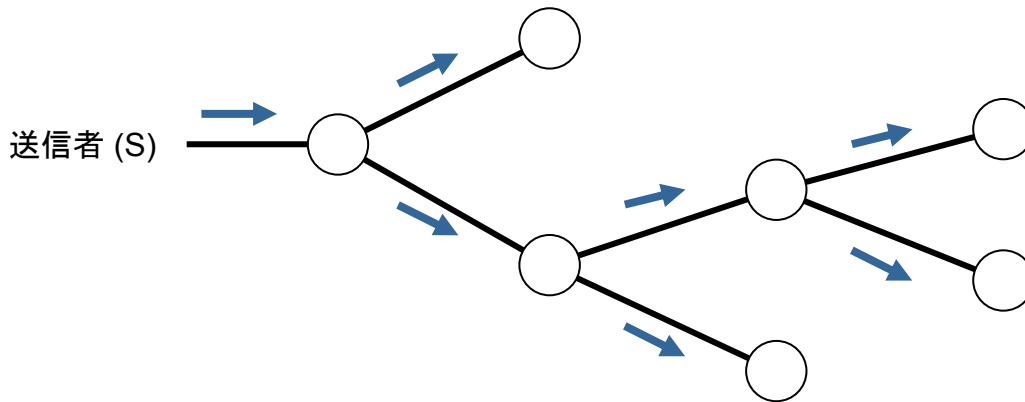
クラスDアドレス:

224.0.0.0 ~ 239.255.255.255

IPマルチキャスト (2)

• Shortest Path Tree と Shared Tree

Shortest Path Tree : (S, G)

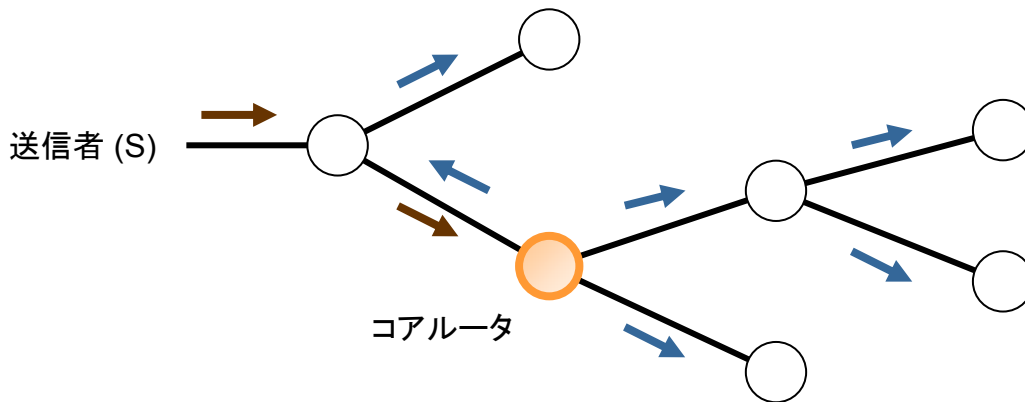


フラッディング:

各ルータは、パケットを受信したインタフェース以外すべてのインタフェースにパケット転送。(S,G) エントリによる経路管理。

下流のルータは、状況に応じて転送停止・再開要求を出し、経路を確定。

Shared Tree : (*, G)



コアルータ:

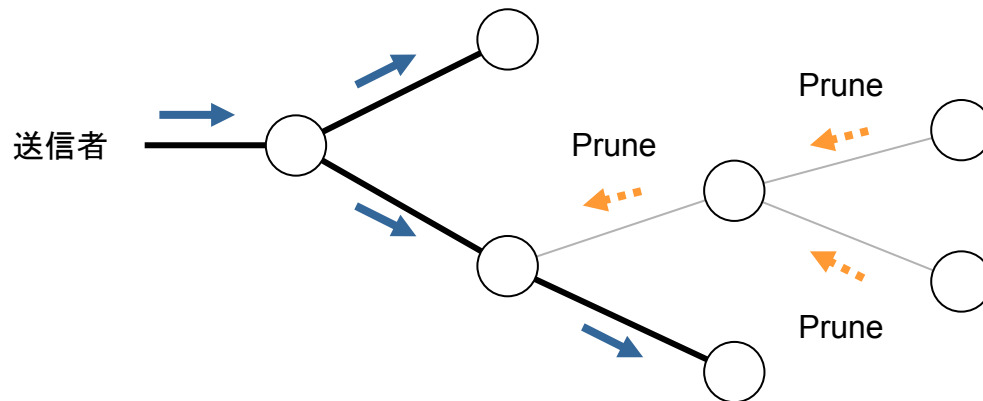
マルチキャストグループ毎に特定のコアルータにパケットをいったん集約。こまでは、(S, G) エントリによる経路管理。

下流のルータは、必要に応じてコアルータに参加要求を出し、経路を確定。コアルータ以下は、(*, G) エントリによる経路管理。

IPマルチキャスト (3)

• DVMRP version 3

Prune メッセージ

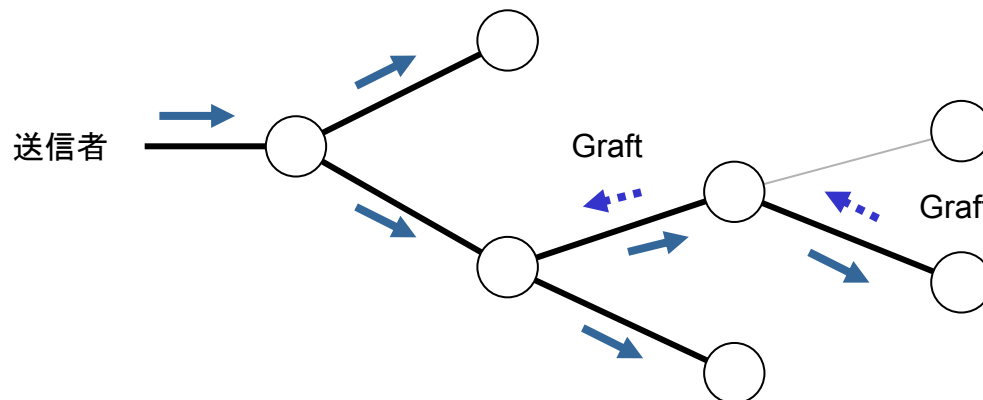


Prune (刈り取り):

下流にマルチキャストグループ参加者がいない場合、上流ルータにパケット配送停止を要求。

途中のルータ: (S, G) エントリ削除。

Graft メッセージ



Graft (接ぎ木):

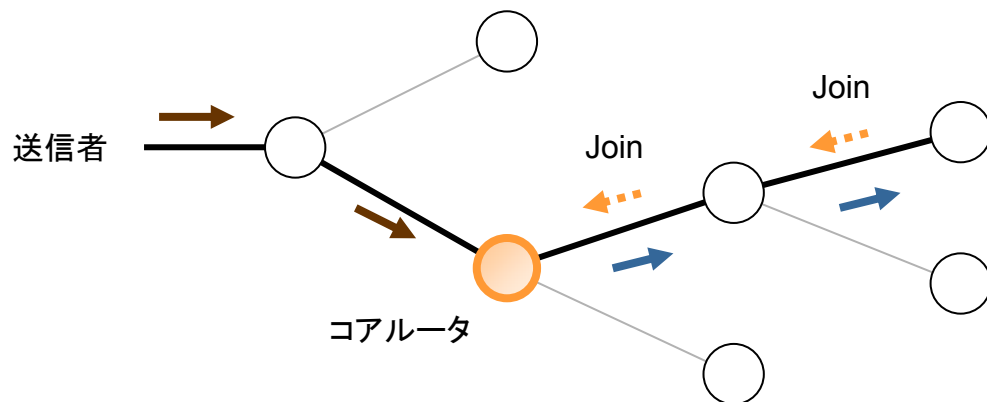
下流にマルチキャストグループ参加者が現れた場合、上流ルータにパケット配送再開を要求。

途中のルータ: (S, G) エントリ追加。

IPマルチキャスト (4)

• PIM-SM

Join メッセージ

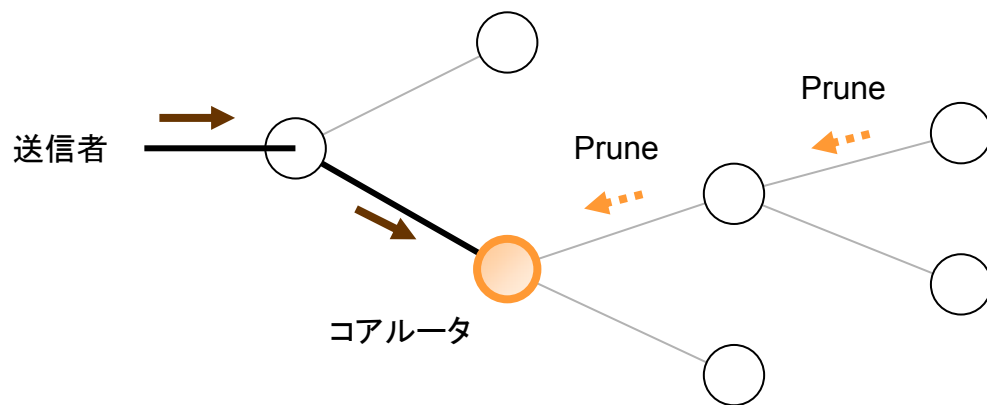


Join (参加):

下流にマルチキャストグループ参加者が現れた場合、上流ルータにパケット配送開始を要求。

途中のルータ: (*, G) エントリ追加。

Prune メッセージ



Prune (離脱):

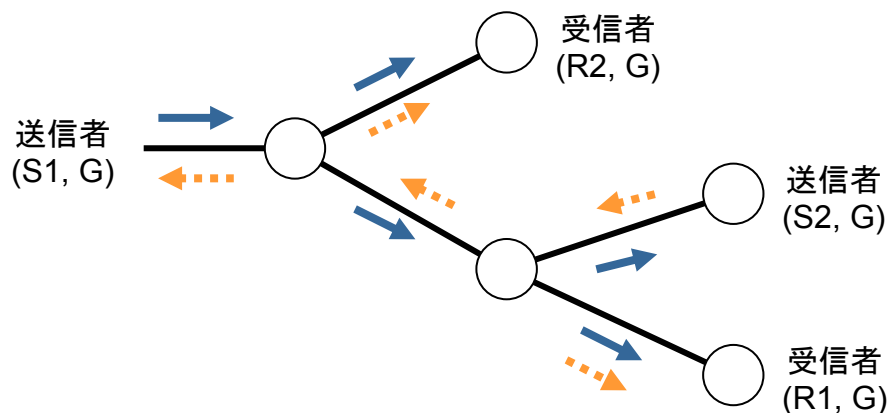
下流のマルチキャストグループ参加者が離脱した場合、上流ルータにパケット配送停止を要求

途中のルータ: (*, G) エントリ削除

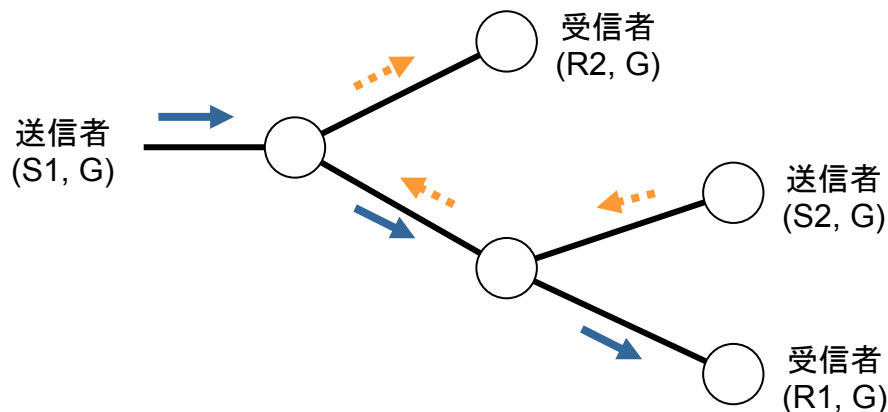
IPマルチキャスト (5)

• SSM

Any Source



Source Specific



ASM (Any Source Multicast: 従来)

同じマルチキャストアドレス G を使用するセッションのすべての参加者にパケット配信

⇒ 同じマルチキャストグループに複数の送信者が送信可能 (many-to-many)

⇒ 多人数会議

SSM:

送信者によって限定される (S, G) セッション参加者のみにパケット配信

⇒ 送信者を一人に限定 (one-to-many)

⇒ インターネット放送

(232.0.0.0 ~ 232.255.255.255)

Source Specific Multicast

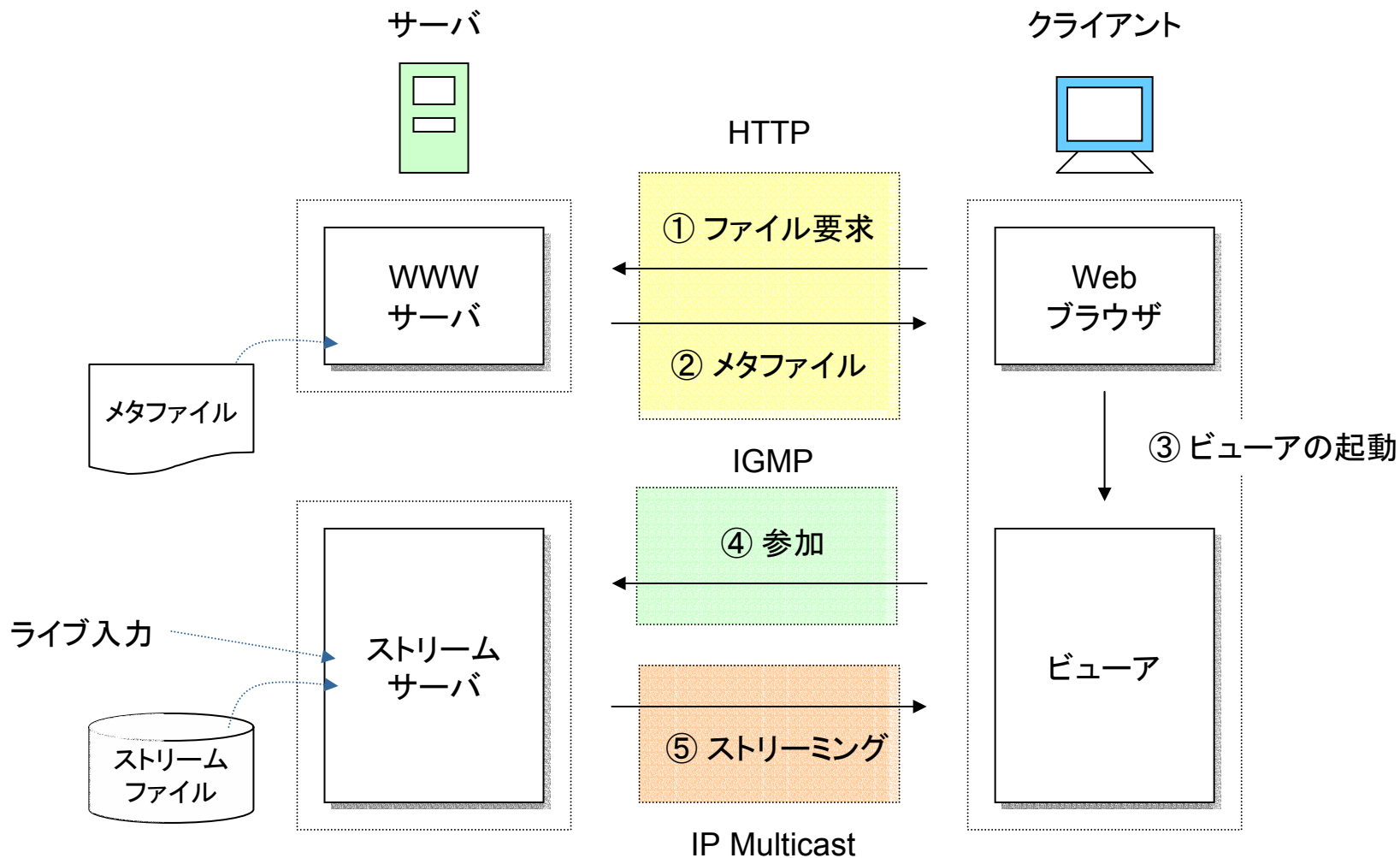
IPマルチキャスト (6)

・まとめ

プロトコル名	特徴	長所	短所
DVMRP	最小経路 (S, G) 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ヒックの増加 ⇒ 拡張性
PIM-SM	送信者・コアルータ: 最小経路 (S, G) コアルータ・受信者: 共有経路 (*, G) 送信者がコアルータに「登録」すると、最小経路を確定 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 ⇒ 拡張性	共有経路が必ずしも最短経路にならない コアルータの決定方法 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) 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 PIM-SM とのハイブリッド構成 (PIM-SSM)	1 対多に限定 IGMP v3 が必須

マルチキャスト放送 (1)

• (1) WWW による番組案内

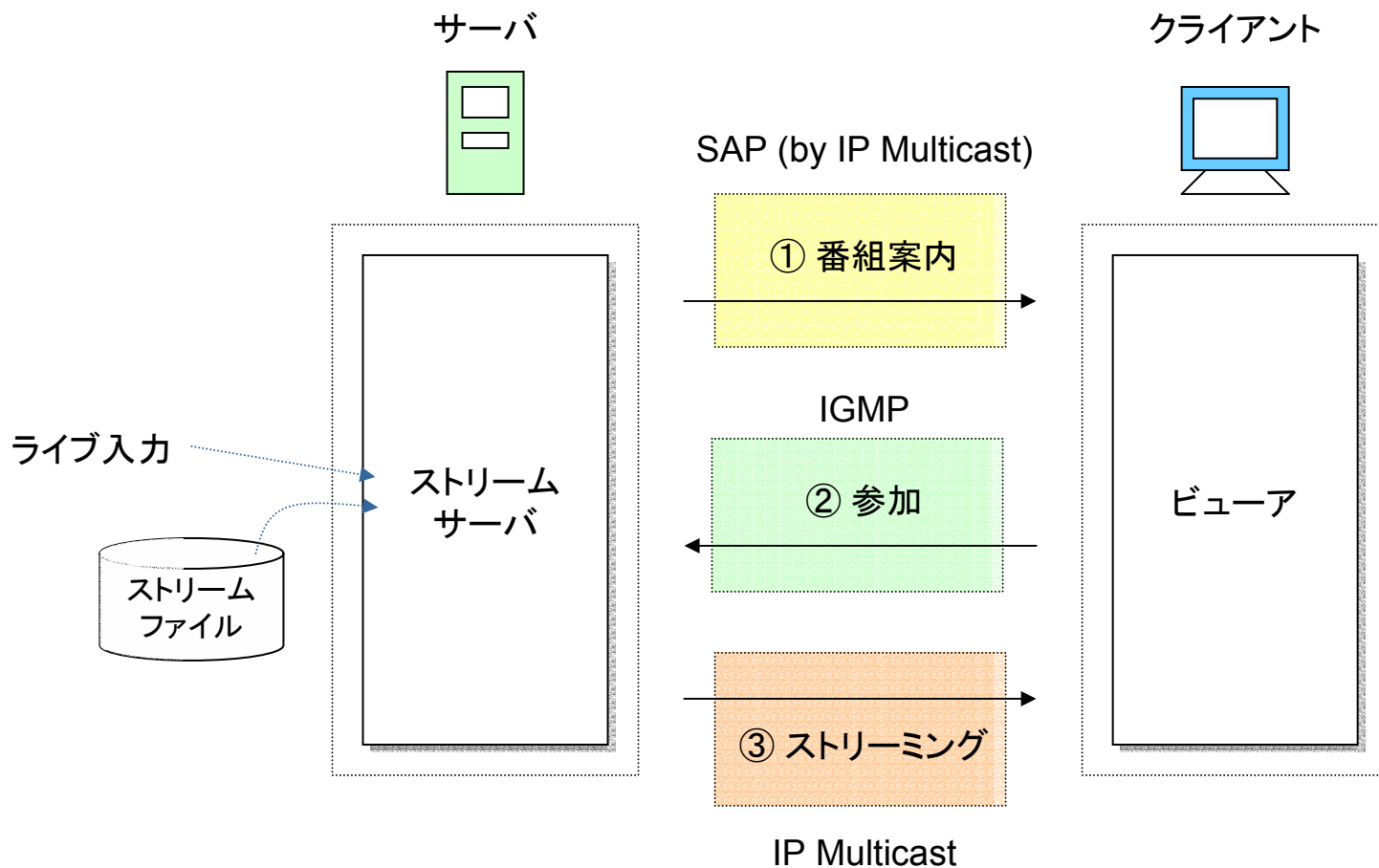


マルチキャスト放送 (2)

• (2) SAP による番組案内

SAP: Session Announcement Protocol

定期的に番組案内 (SDP) をマルチキャスト



マルチキャスト放送の長所と短所

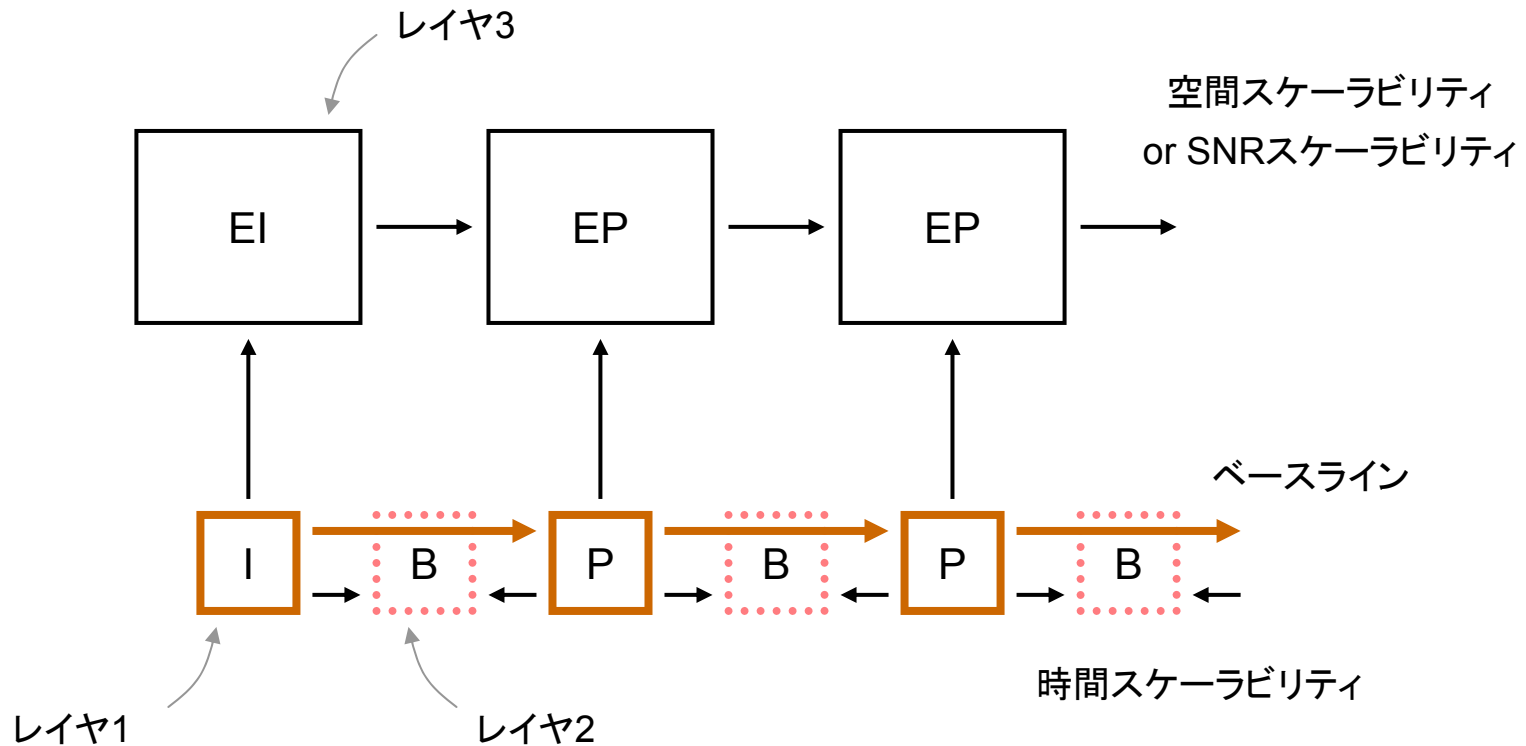
	ユニキャスト放送	マルチキャスト放送
長所	既存のシステムの変更が不要 クライアントの接続状況に合わせたふくそう制御が可能	トラフィックの削減 (原理的に冗長なパケットは発生しない)、およびサーバ負荷の削減
短所	クライアントの増加に伴うトラフィックの爆発、 ならびにサーバ負荷の増大 (線形増加)	マルチキャストルータの普及と各種設定 クライアント毎のふくそう制御が困難
課題		マルチキャストルーティングプロトコル ふくそう制御アルゴリズム



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



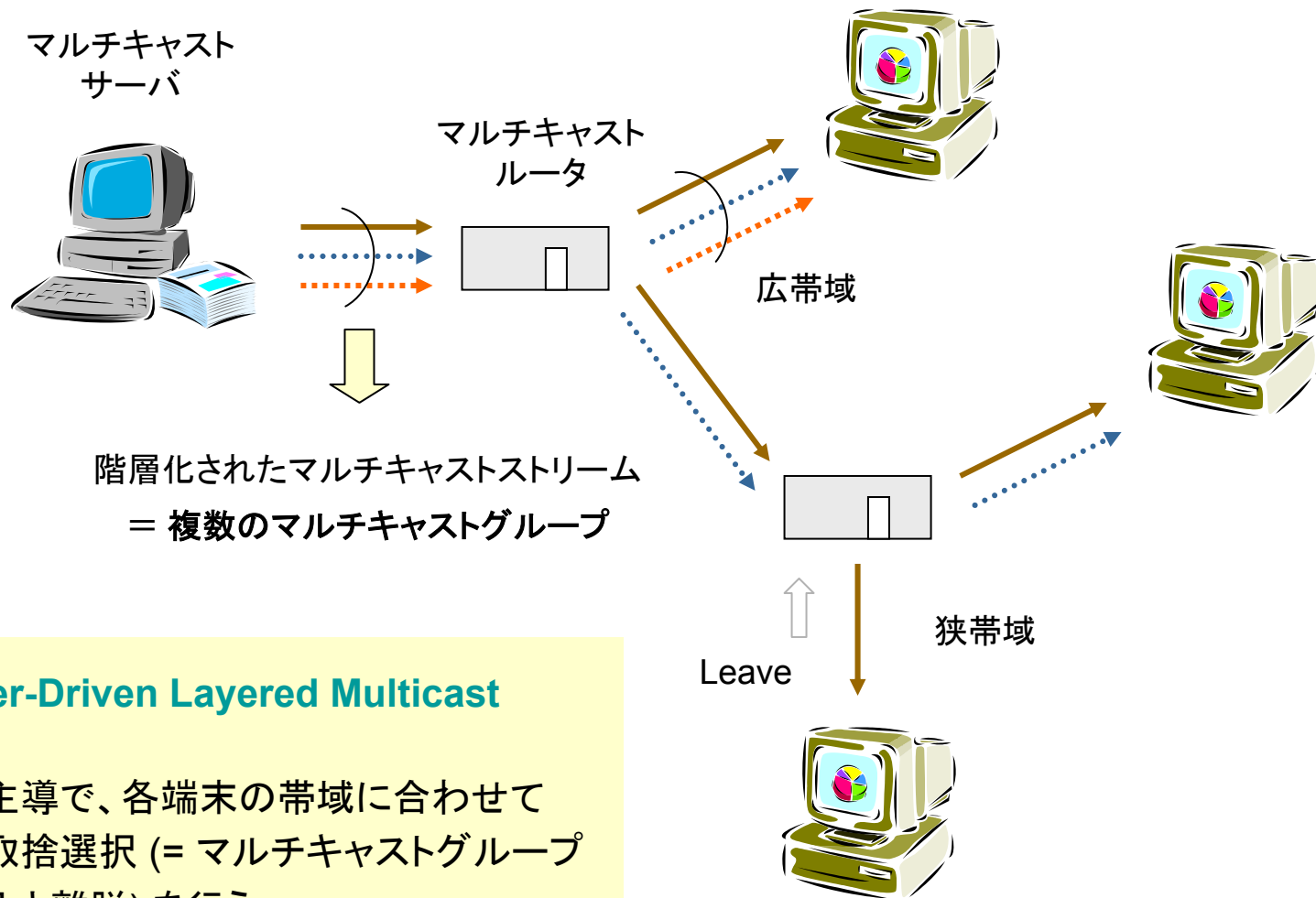
- 空間解像度の階層化: 空間スケーラビリティ
- 時間解像度の階層化: 時間スケーラビリティ
- SNRの階層化: SNRスケーラビリティ

レイヤ1のみ: 低品質、低レート



すべてのレイヤ: 高品質、高レート

階層化マルチキャスト (1)



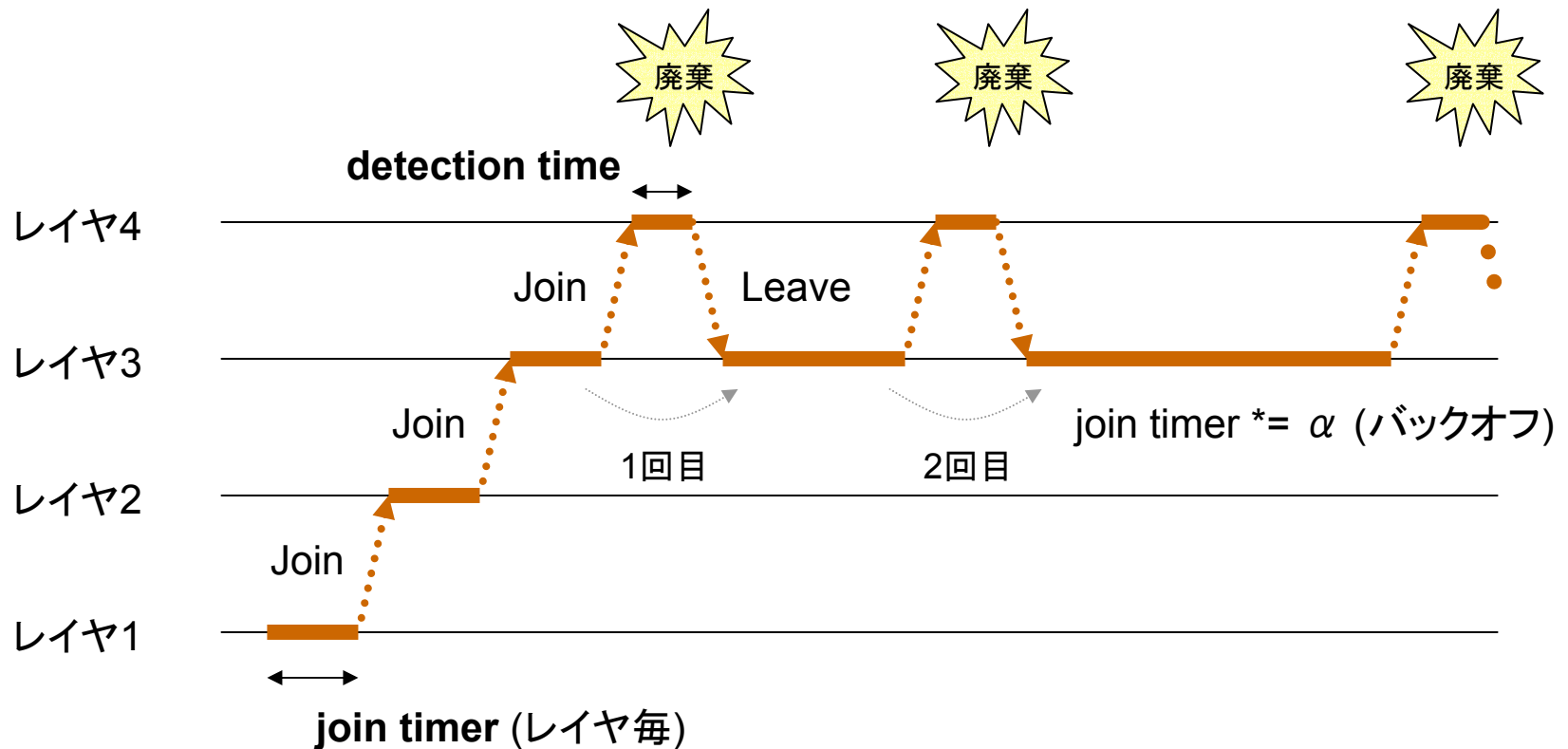
Receiver-Driven Layered Multicast

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

階層化マルチキャスト (2)

• Join Experiment

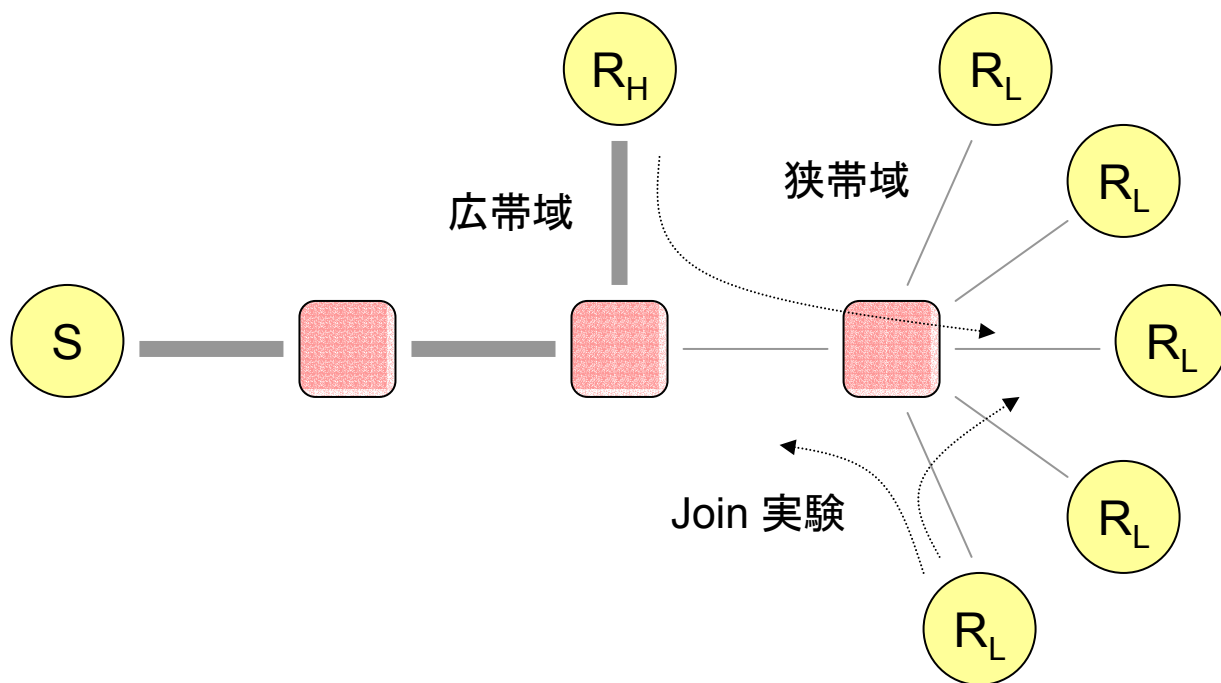
Join、Leave (ふくそう検出)、バックオフを繰り返し、レートを安定させる



階層化マルチキャスト (3)

• Shared Learning

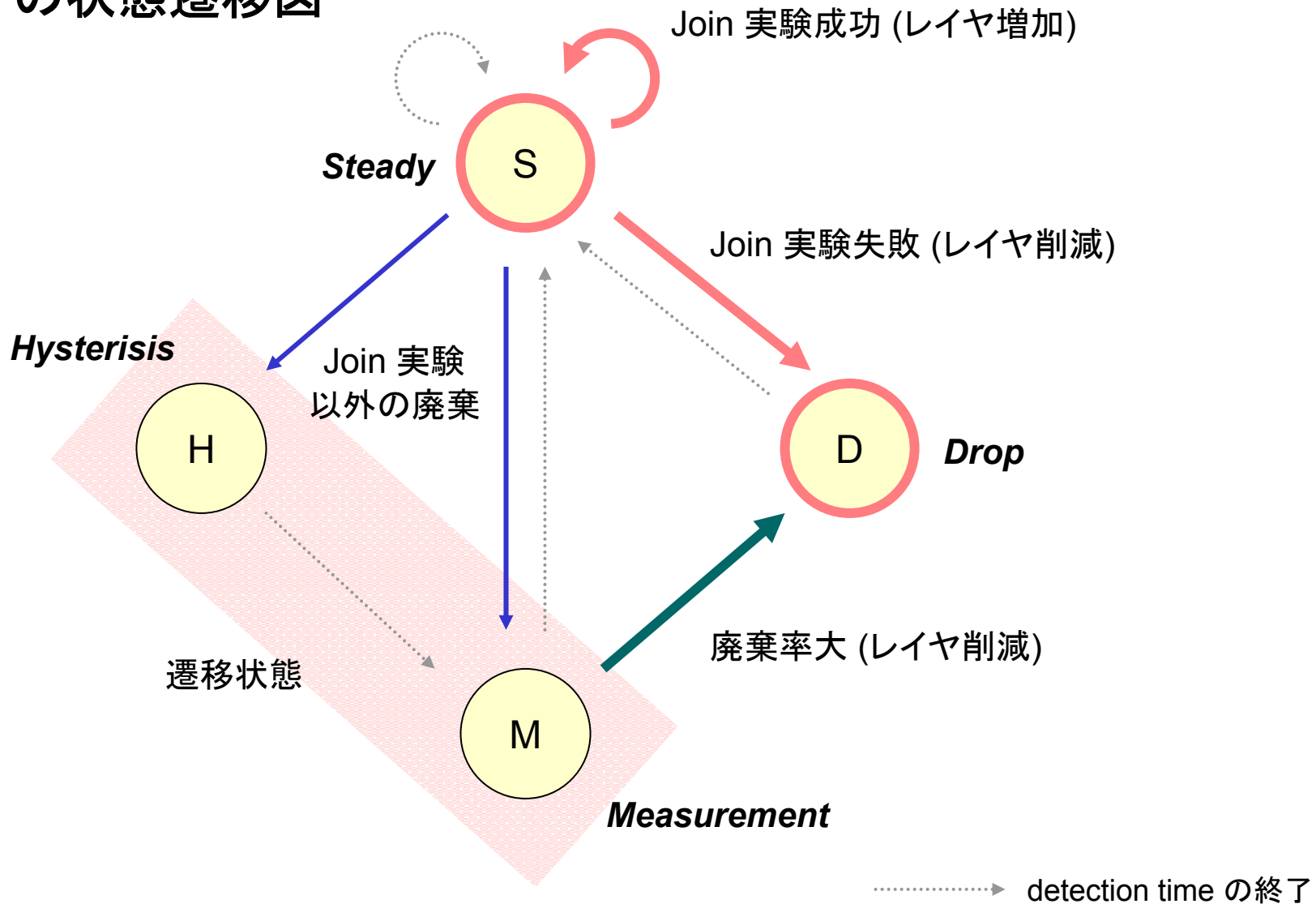
Join 実験の他の端末への通知



- 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

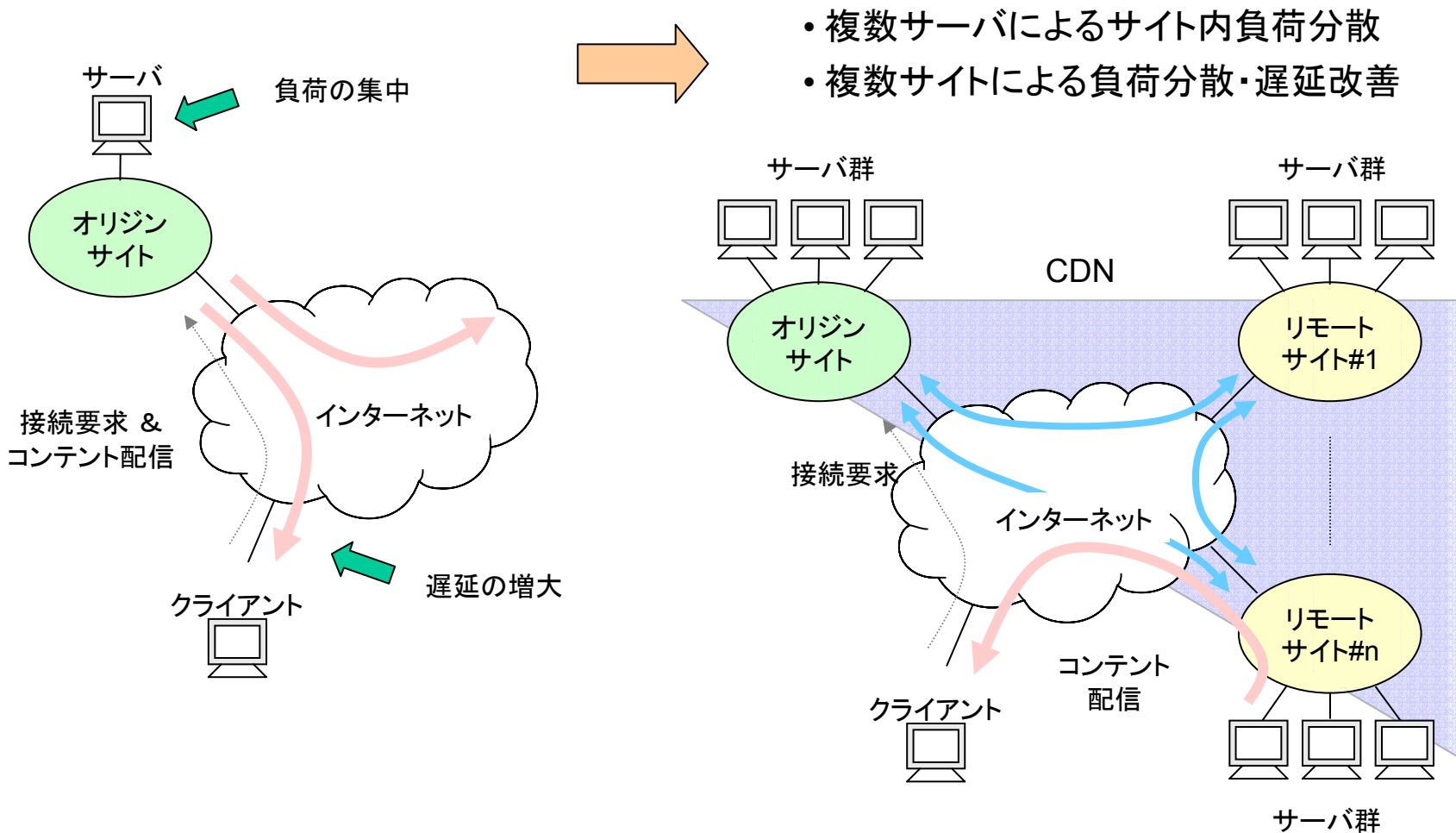


CDN

Content Delivery Network

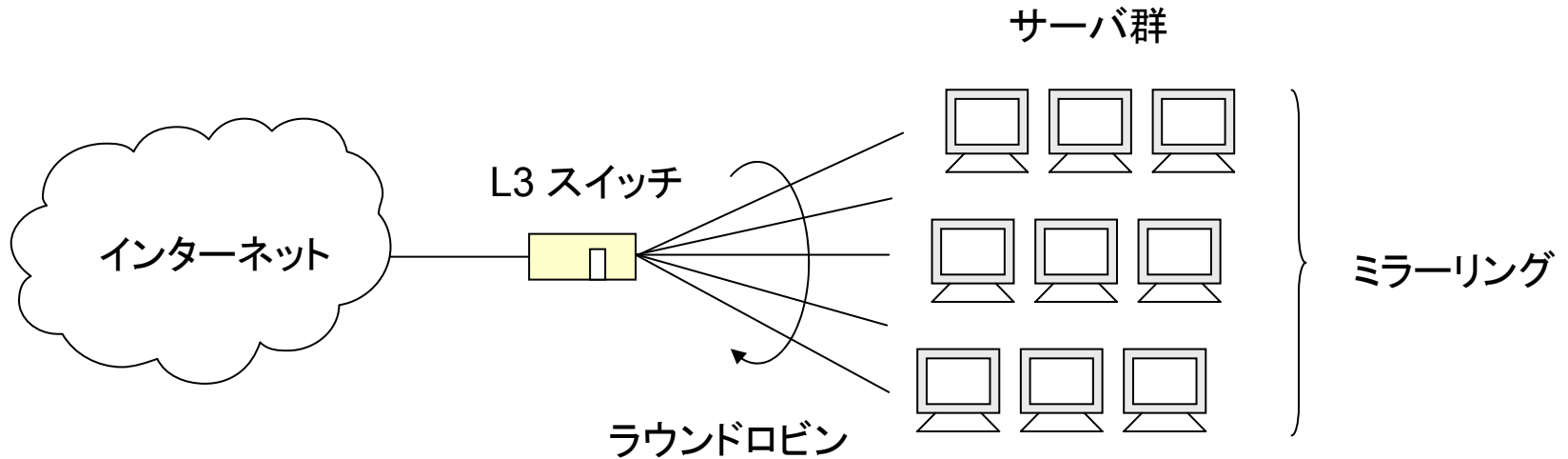
CDN

・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



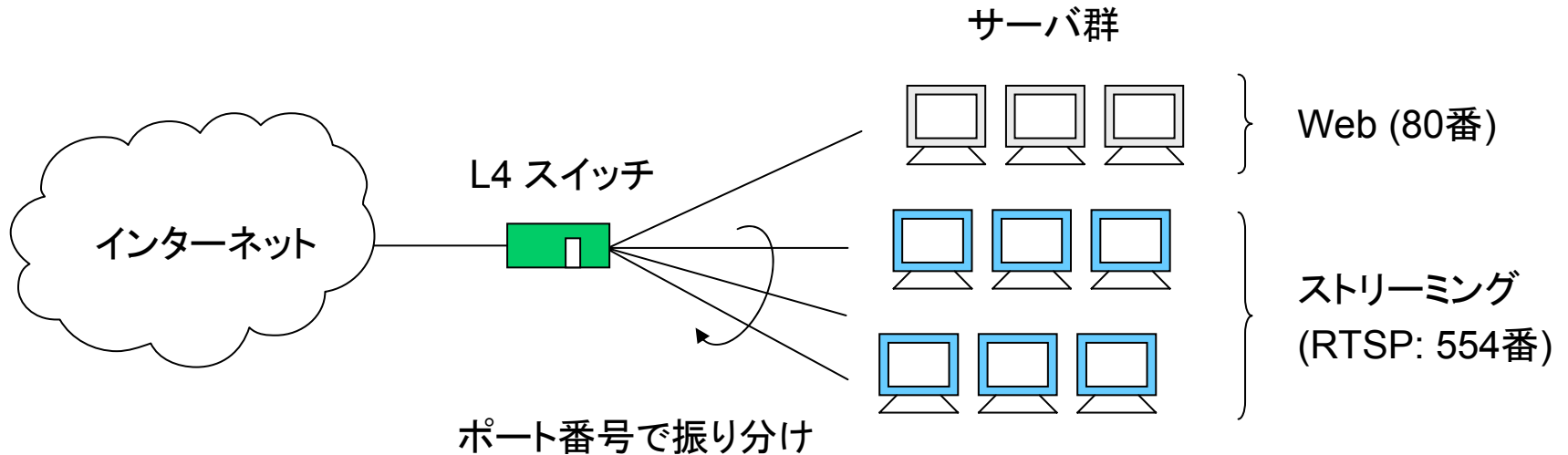
ミラーリングとラウンドロビンによる負荷分散:

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



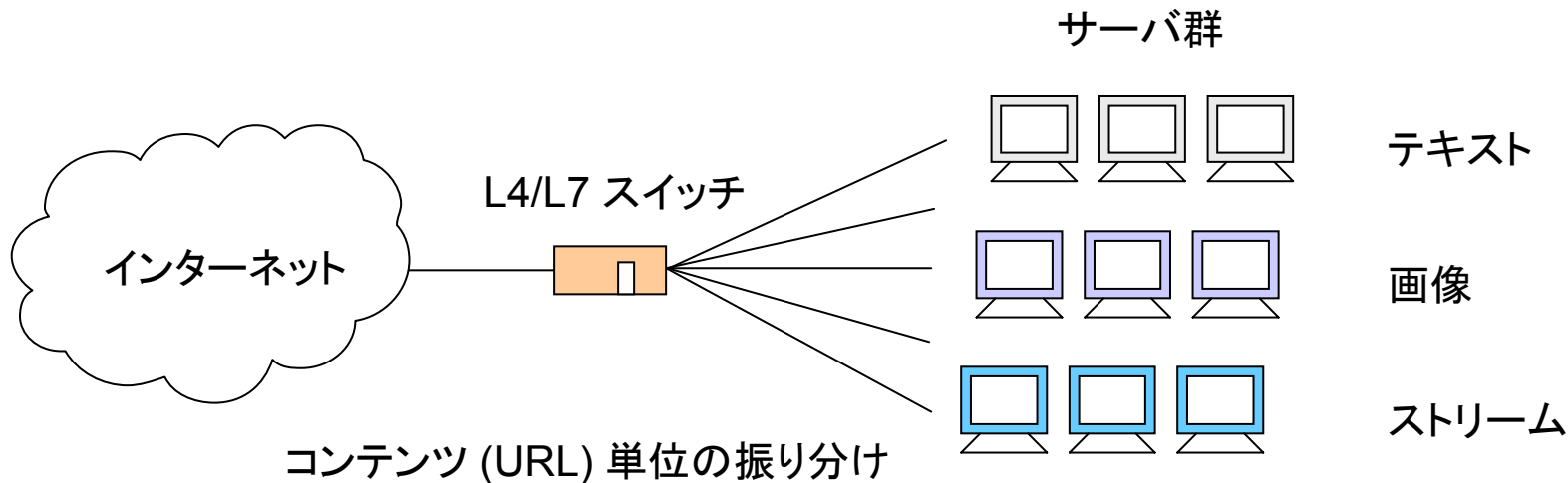
アプリケーション (ポート番号: L4情報) に応じた分散サーバ配置:

長所: アプリケーションに応じたきめ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:

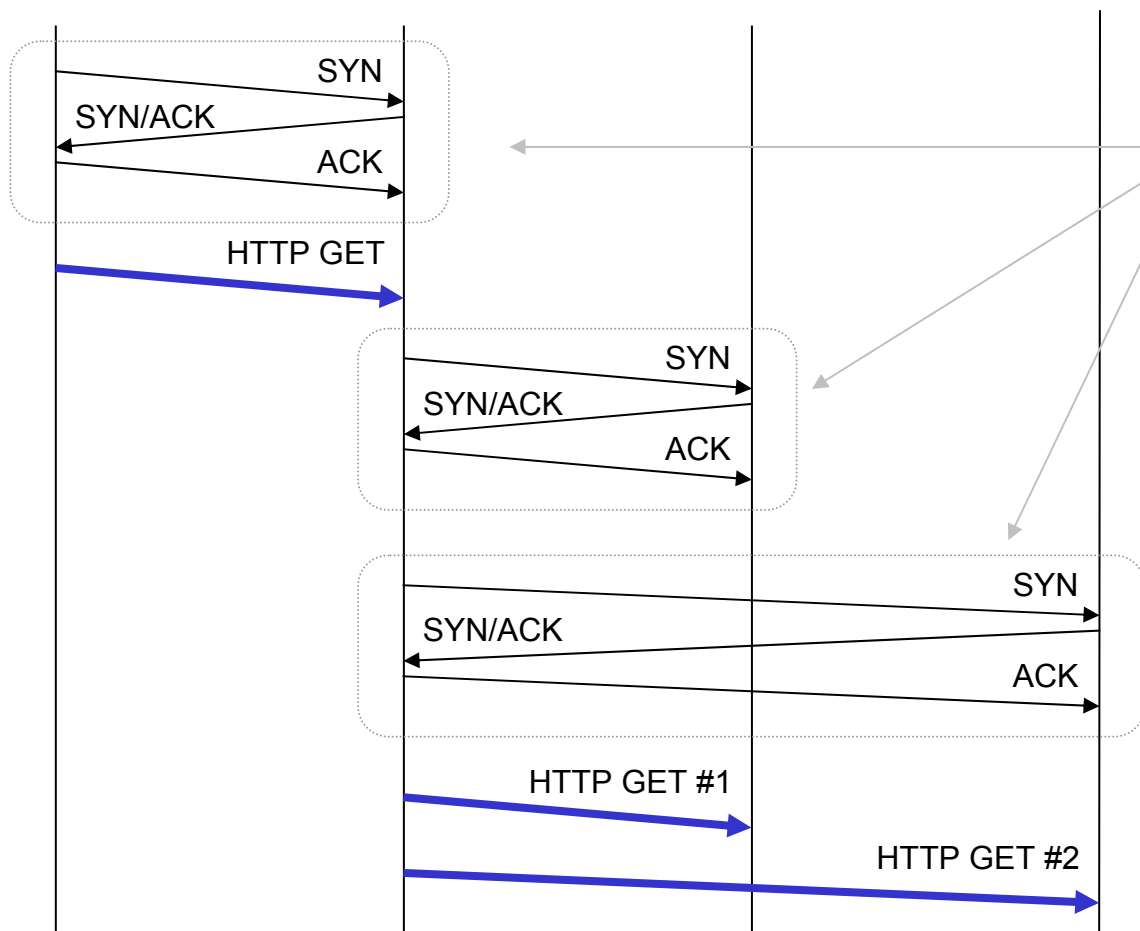
長所: コンテンツ単位のさらにきめこまかい負荷分散が可能

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)

クライアント L4/L7スイッチ サーバ#1 サーバ#2

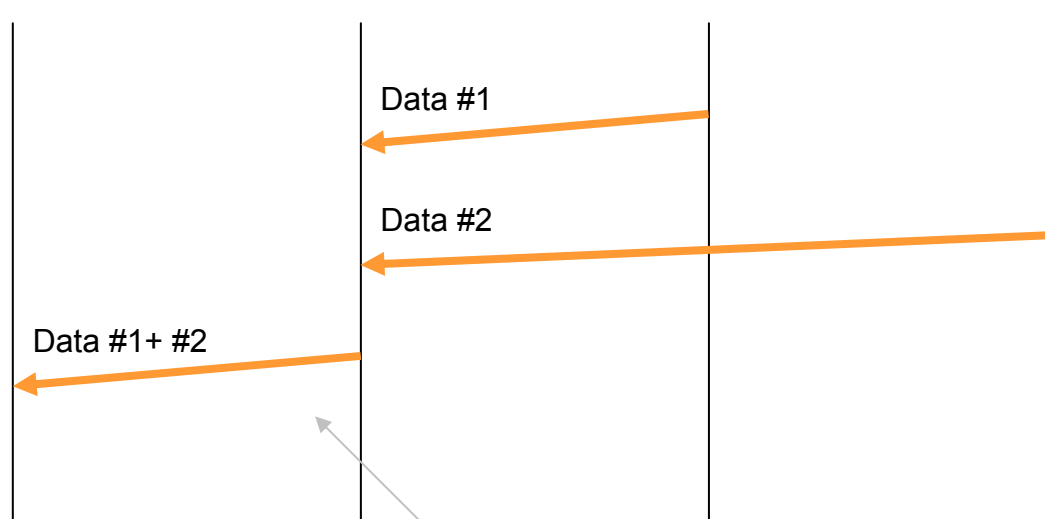


クライアント・スイッチ間、
スイッチ・サーバ間で
複数の TCP コネクション
を終端
= Delayed Bound

サイト内負荷分散 (5)

• Delayed Bound (2)

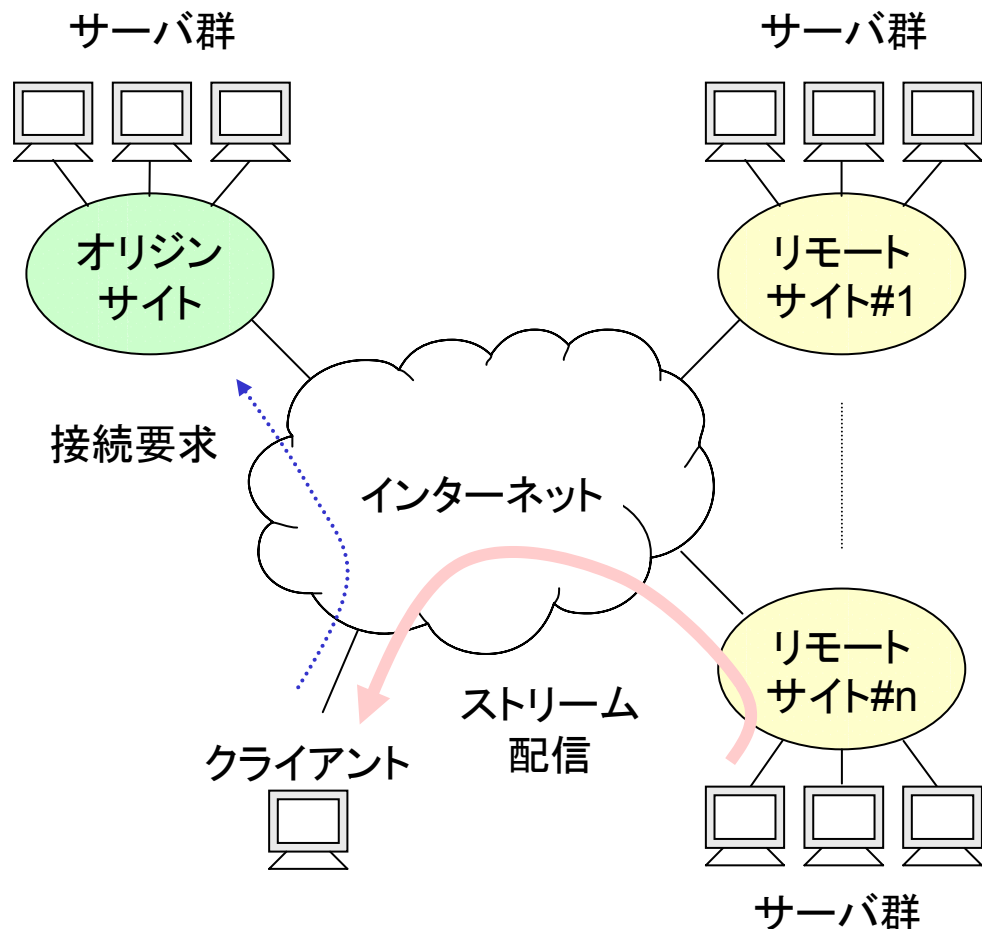
クライアント L4/L7スイッチ サーバ#1 サーバ#2



サーバ#1、サーバ#2
からのデータを集約
= Aggregate

サイト間負荷分散

・サイト間負荷分散 & 転送遅延の改善



複数サイト (サーバ群)
の分散配置



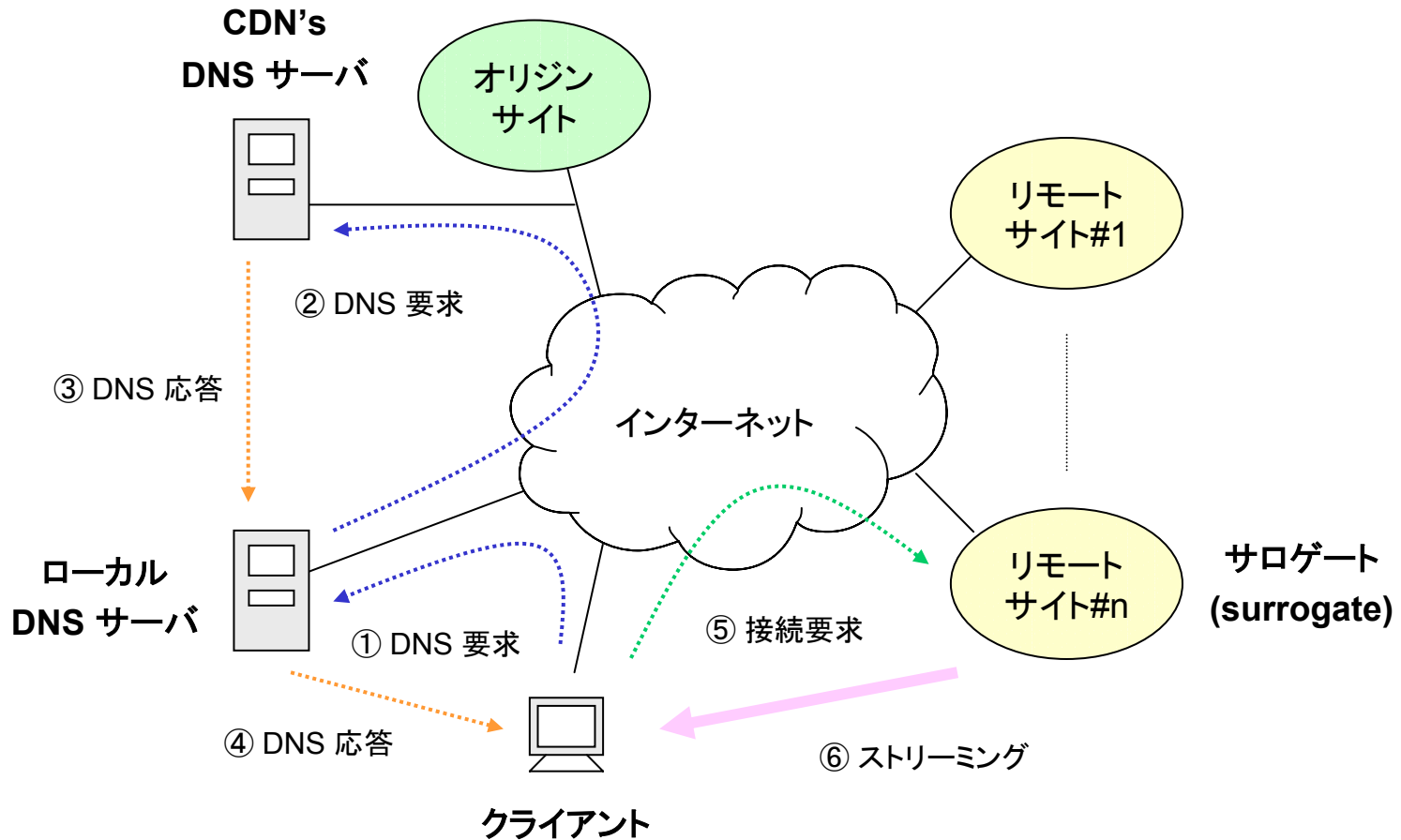
クライアントからの要求
に応じて、適切なサイト
を選択、誘導



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)



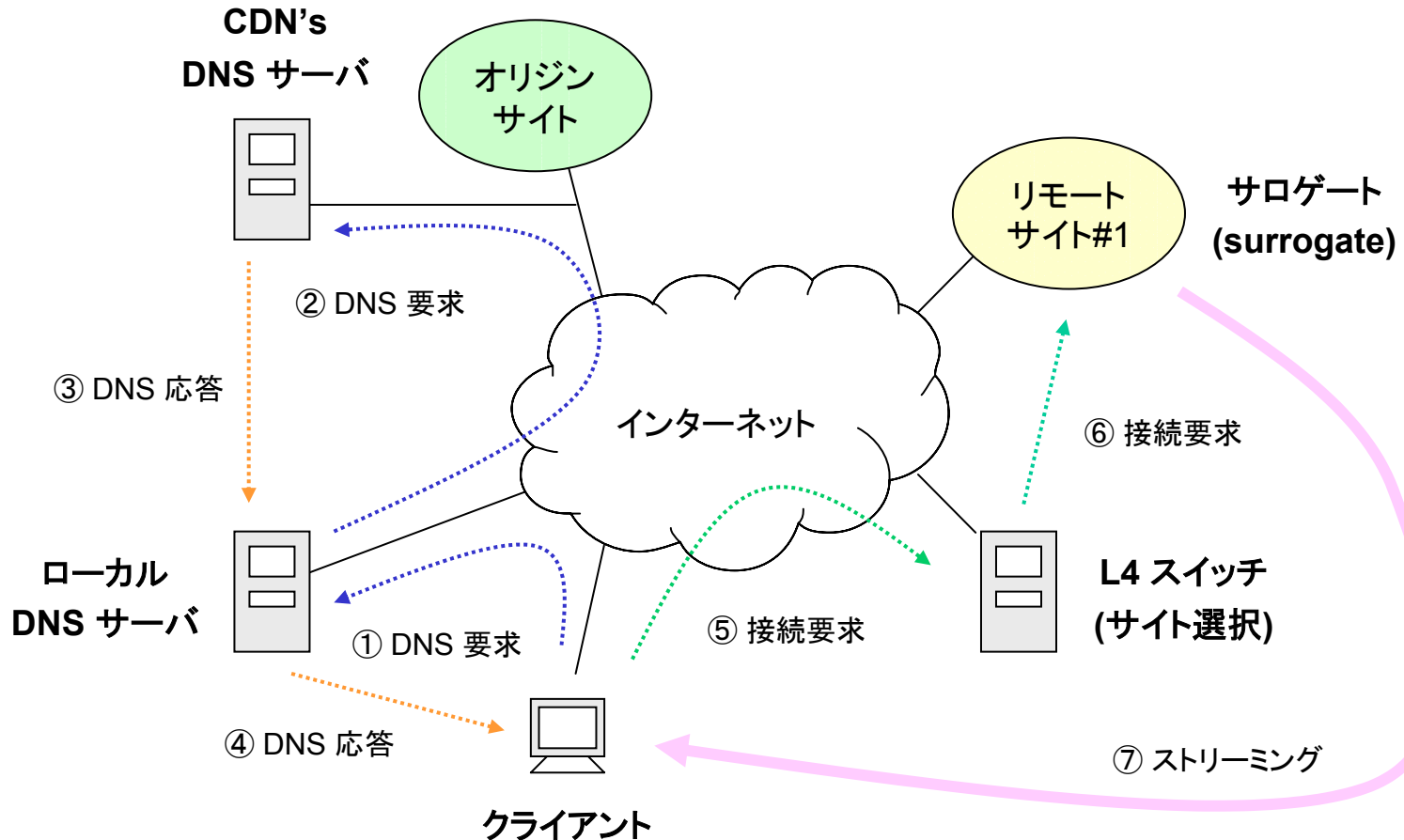
リクエストルーティング (2)

• 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 (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 (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 (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 (例: stream.com → site1.stream.com → 192.168.0.4)
Object Encoding	DNS の名前に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 (例: stream.com → mpeg_content1.site1.stream.com → 192.168.0.5)

リクエストルーティング (3)

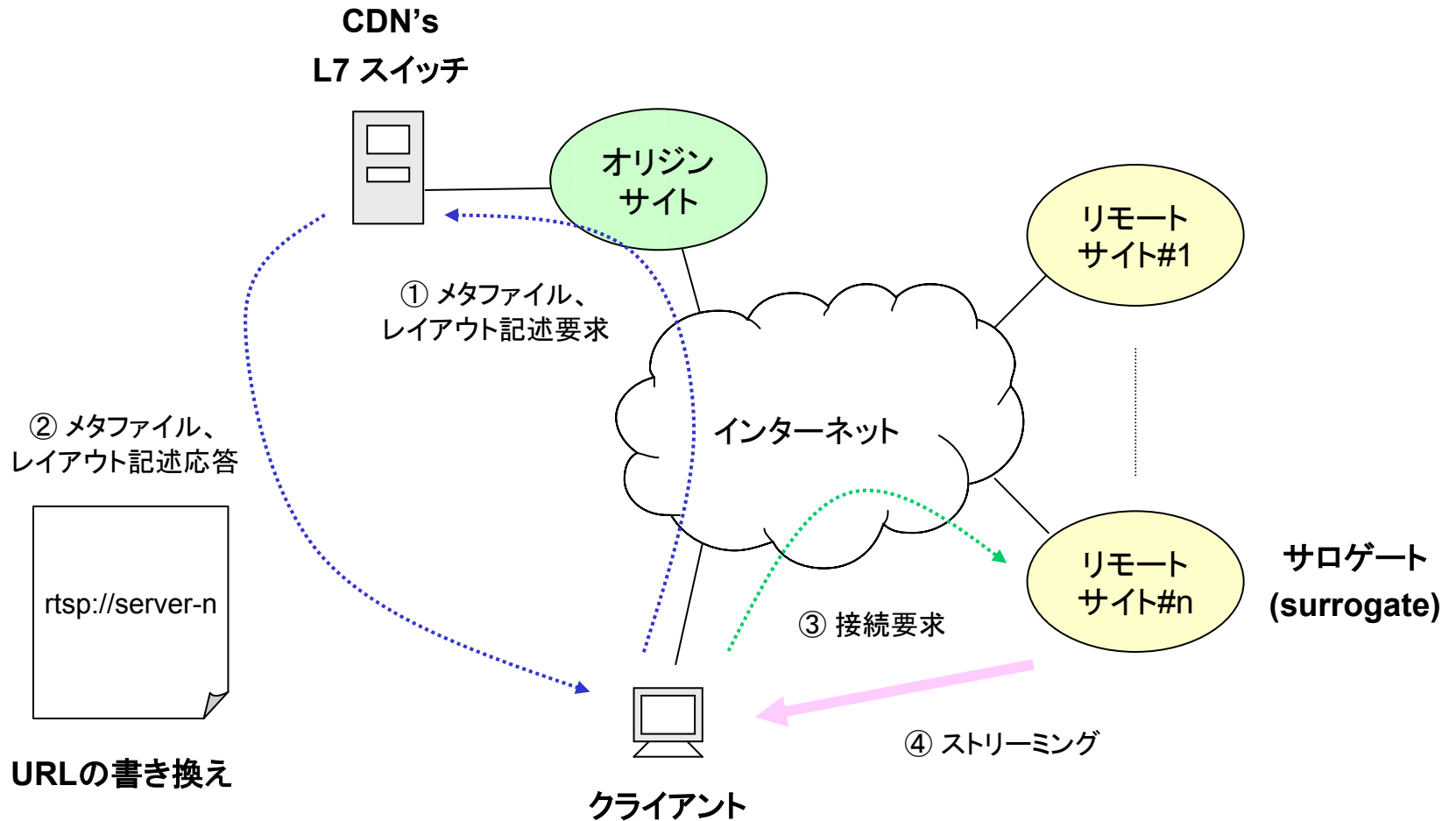
• DNS リダイレクション + L4 スイッチ



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 (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 (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 (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
Proximity Measurement	クライアントに最も近いサロゲートの推定方法 (1) Active Probing : ping 等のプローブパケットの利用 (2) Passive Measurement : クライアントパケットのモニタリング 基準: 遅延、パケットロス、ホップ数、等 関連分野: インターネットの帯域測定技術
Surrogate Feedback	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 基準: CPU 負荷、インターフェース負荷、コネクション数、等 関連分野: 負荷分散技術

リクエストルーティング (7)

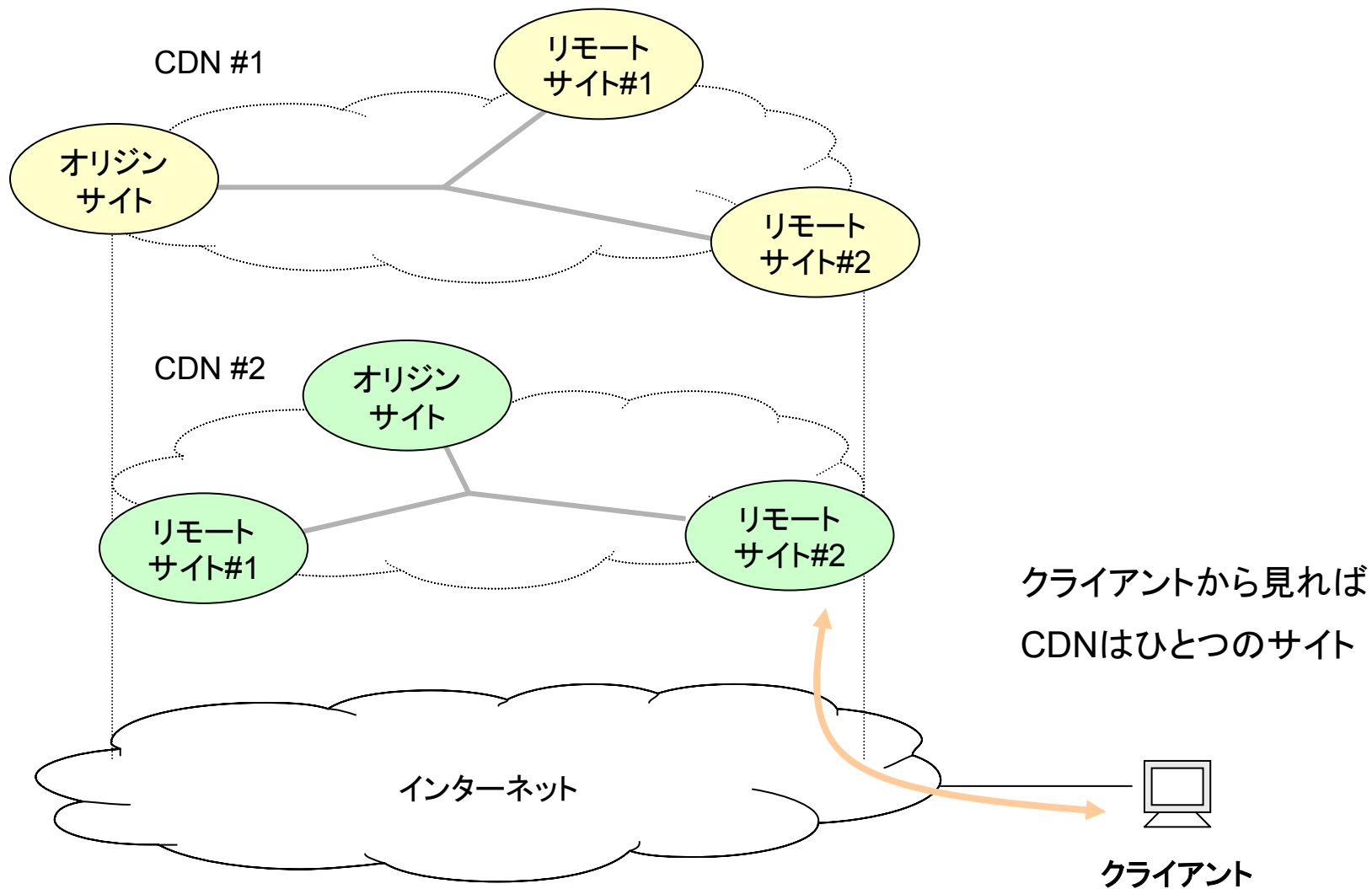
• CDN ベンダの例

CDNベンダ	コンテンツルーティング
Adero	DNSリダイレクション (full-site)
Akamai	ハイブリッド
Clearway	URLリライト
Digital Island	DNSリダイレクション (partial-site)
Fasttide	ハイブリッド
Mirror Image	DNSリダイレクション (full-site)
NetCaching	DNSリダイレクション (full-site)
Solidspeed	DNSリダイレクション (partial-site)
Speedera	DNSリダイレクション (partial-site)
Unitech Networks	DNSリダイレクション (full-site)

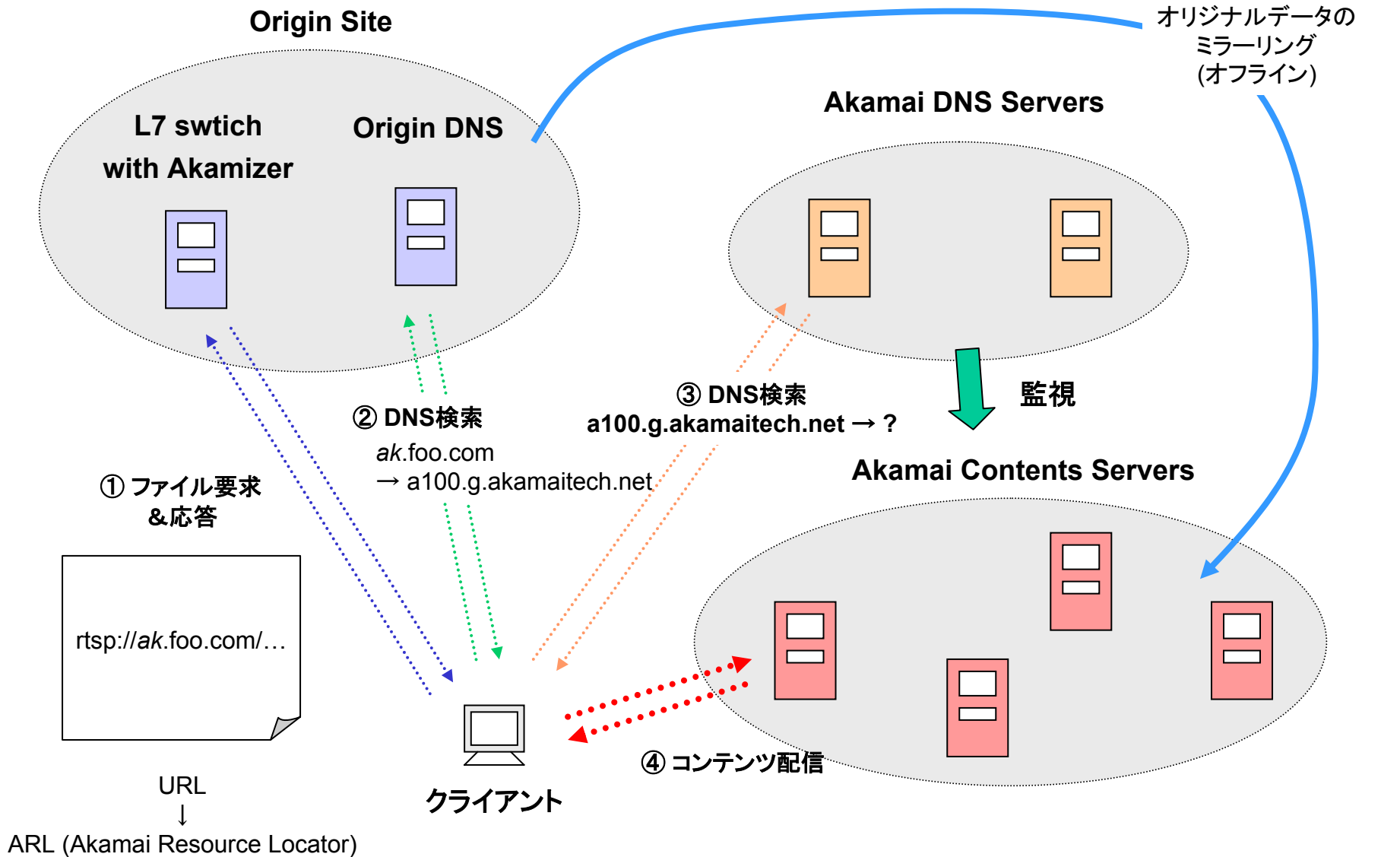
full-site: リモートサイトがオリジンサイトの完全ミラー

partial-site: リモートサイトがオリジンサイトの部分ミラー

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?)

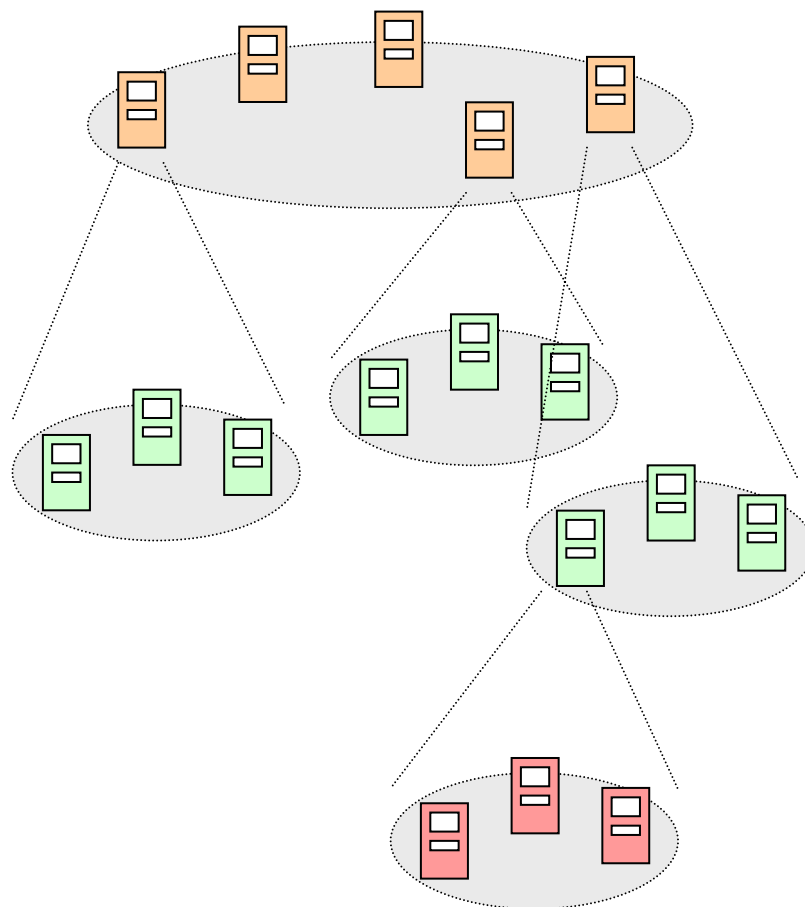
za.akamaitech.net
zb.akamaitech.net
...
zr.akamaitech.net

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



Akamai FreeFlow (3)

The image displays a network traffic analysis tool window overlaid on a web browser. The browser shows the CNN.com website. The network tool window is divided into several sections:

- Packet List:** A table showing network packets. An orange arrow points from a packet in this list to the packet details section.
- Packet Details:** A detailed view of a selected packet, showing its structure and contents. A green arrow points to the DNS response section.
- Hex Dump:** A hex dump of the packet data at the bottom.

Destination	Protocol	Info
133.9.1.4	DNS	Standard query A f.cnn.net
133.9.92.217	DNS	Standard query response A 64.236.16.137 A 64.236.16.138 A 64.236.16.139
133.9.1.4	DNS	Standard query AAAA activex.microsoft.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response
133.9.1.4	DNS	Standard query A activex.microsoft.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response A 207.46.196.108
133.9.1.4	DNS	Standard query AAAA codecs.microsoft.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response
133.9.1.4	DNS	Standard query A codecs.microsoft.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response A 207.46.196.120
133.9.1.4	DNS	Standard query AAAA f.a.cnn.net
133.9.1.4	DNS	Standard query AAAA ar.atwola.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME ads.web.ad1.com
133.9.1.4	DNS	Standard query A ar.atwola.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME ads.web.ad1.com A 132.163.208.185 A
133.9.1.4	DNS	Standard query AAAA www.cnnaudience.com
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME cnnaudience.com
133.9.1.4	DNS	Standard query A www.cnnaudience.com
133.9.1.3	DNS	Standard query AAAA f.a.cnn.net
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME custom.f.cnn.net.edgesuite.net CNAME
133.9.1.3	DNS	Standard query A f.a.cnn.net
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME custom.f.cnn.net.edgesuite.net CNAME
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME cnnaudience.com A 207.25.73.193
133.9.92.217	DNS	Standard query response CNAME custom.f.cnn.net.edgesuite.net CNAME

```
Frame 199 (510 bytes on wire, 510 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:02:b3:1c:e1:f2:07, Dst: 00:10:b0:62:1f:f1:45
Internet Protocol, Src Addr: 133.9.1.3 (133.9.1.3), Dst Addr: 133.9.92.217 (133.9.92.217)
User Datagram Protocol, Src Port: 53 (53), Dst Port: 3020 (3020)
  Source port: 53 (53)
  destination port: 3020 (3020)
  Length: 476
  (checksum: 0xa60c (correct))
Domain Name System (response)
  Transaction ID: 0x0158
  Flags: 0x8180 (Standard query response, No error)
  Questions: 1
  Answer RRs: 4
  Authority RRs: 0
  Additional RRs: 0
  Queries
    f.a.cnn.net: type A, class Inet
  Answers
    f.a.cnn.net: type CNAME, class Inet, CNAME custom.f.cnn.net.edgesuite.net
    custom.f.cnn.net.edgesuite.net: type CNAME, class Inet, CNAME a1921.ad1.akamai.net
    a1921.ad1.akamai.net: type A, class Inet, addr 64.236.45.55
    a1921.ad1.akamai.net: type A, class Inet, addr 64.236.45.71
  Authoritative nameservers
```

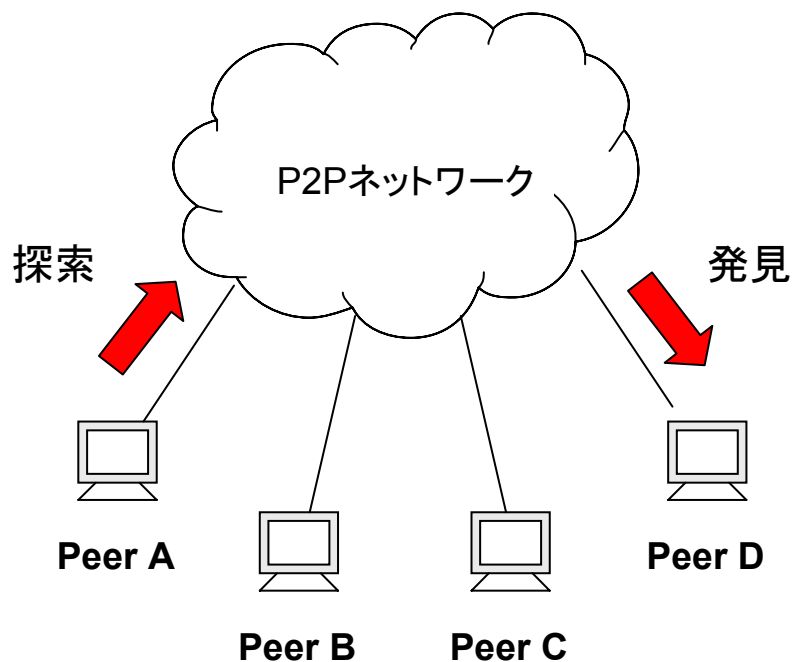
Hex dump:

```
0000 0D 0B 0B 62 FF 45 00 02 83 C8 F1 07 08 0D 45 00  ...D.B...E...
0010 01 F0 8F F0 00 00 3B 11 87 1E 81 09 01 03 85 09  ...:.....:.....
0020 5b 89 00 35 0b c0 01 8c a6 0c 01 18 81 80 00 01  [...].....f.a.cnn.n
0030 0D 04 00 09 00 09 01 69 01 61 03 63 6e 6e 03 6e  et.....f.a.cnn.
0040 85 74 0D 0D 01 00 01 01 89 01 81 03 63 6e 6e 03
```

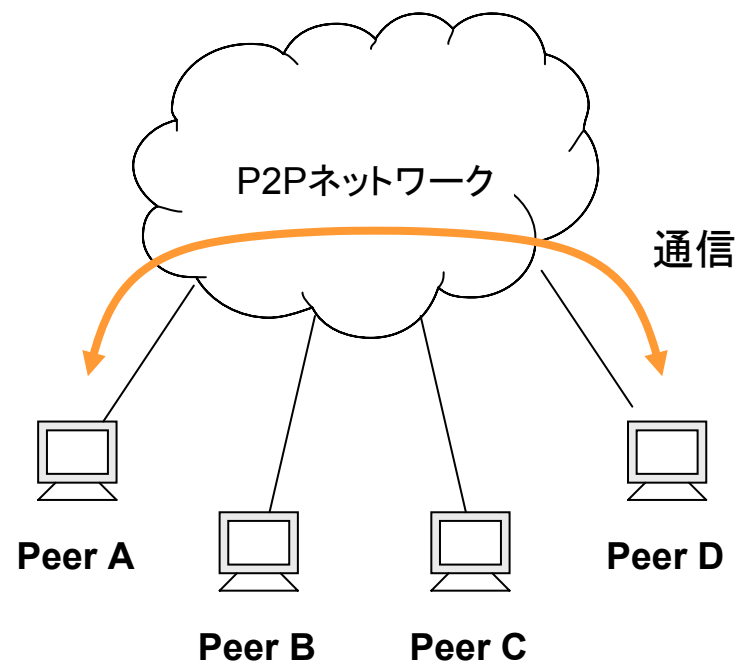
P2P
(peer-to-peer)

P2P (1) 基本機能

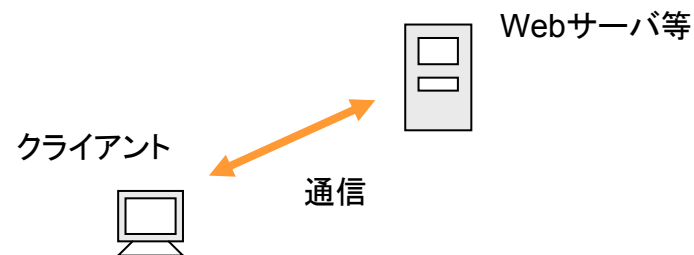
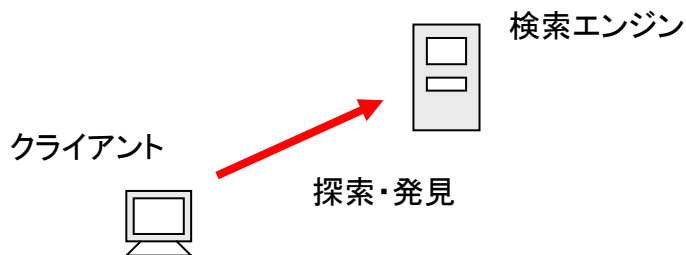
(1) 探索・発見フェーズ



(2) 通信フェーズ

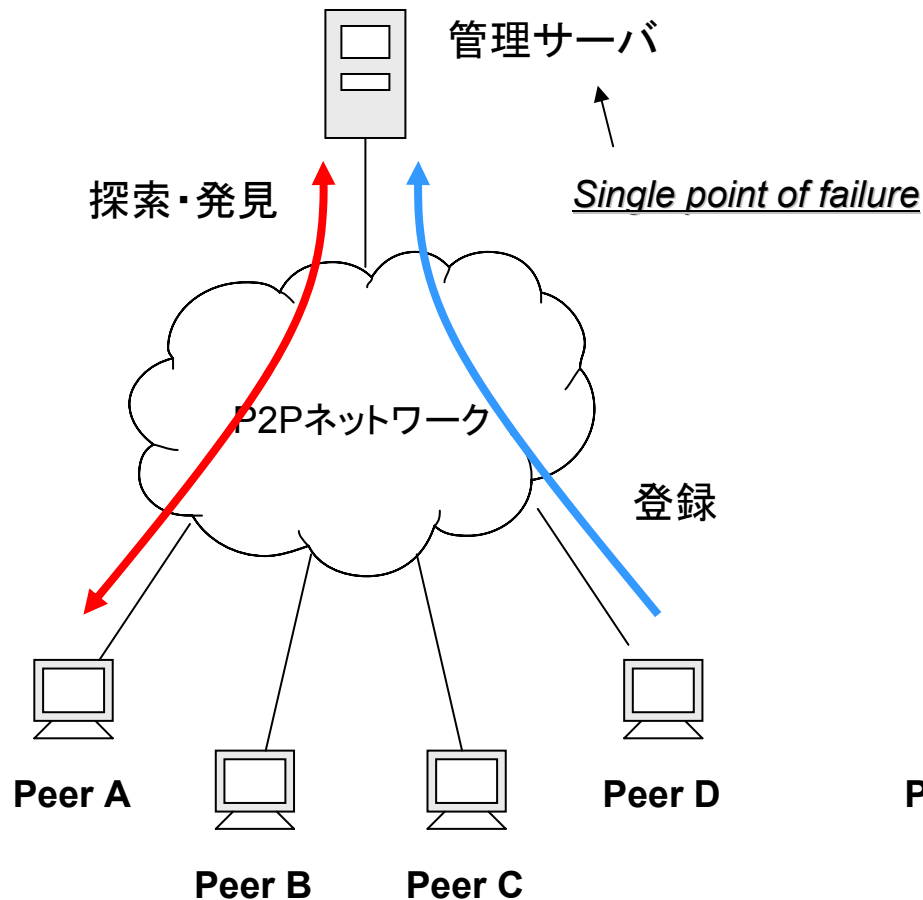


従来:

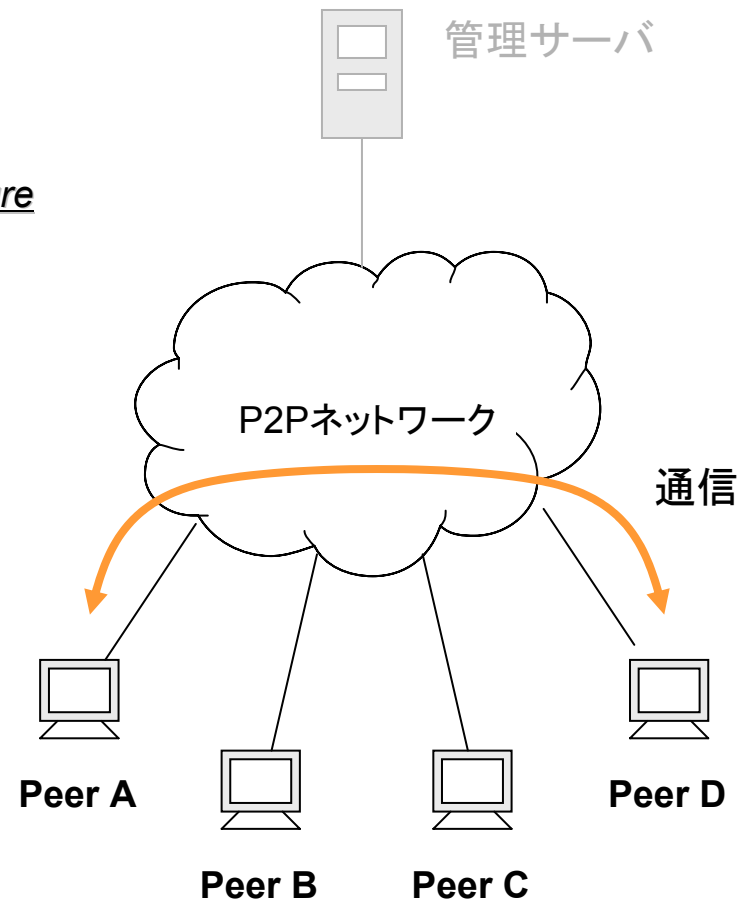


P2P (2) Napster型

(1) 登録+探索・発見フェーズ

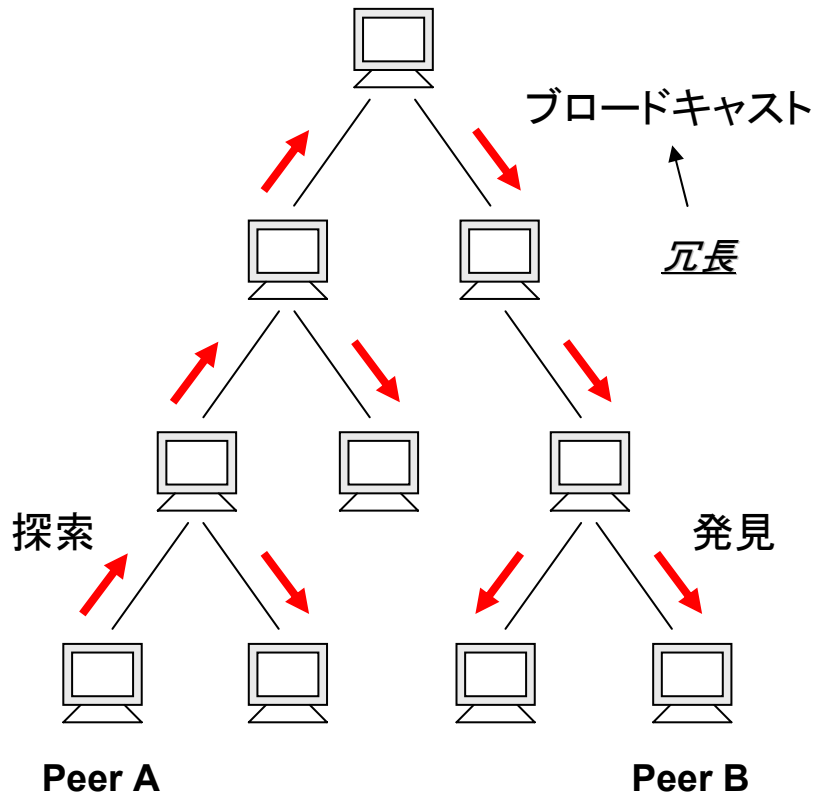


(2) 通信フェーズ

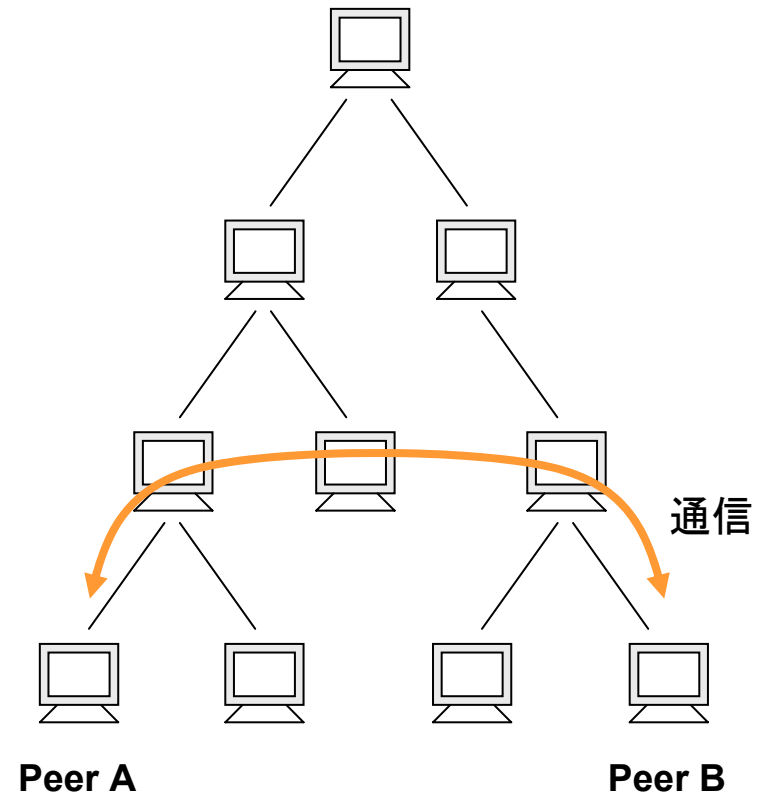


P2P (3) Gnutella型

(1) 探索・発見フェーズ



(2) 通信フェーズ



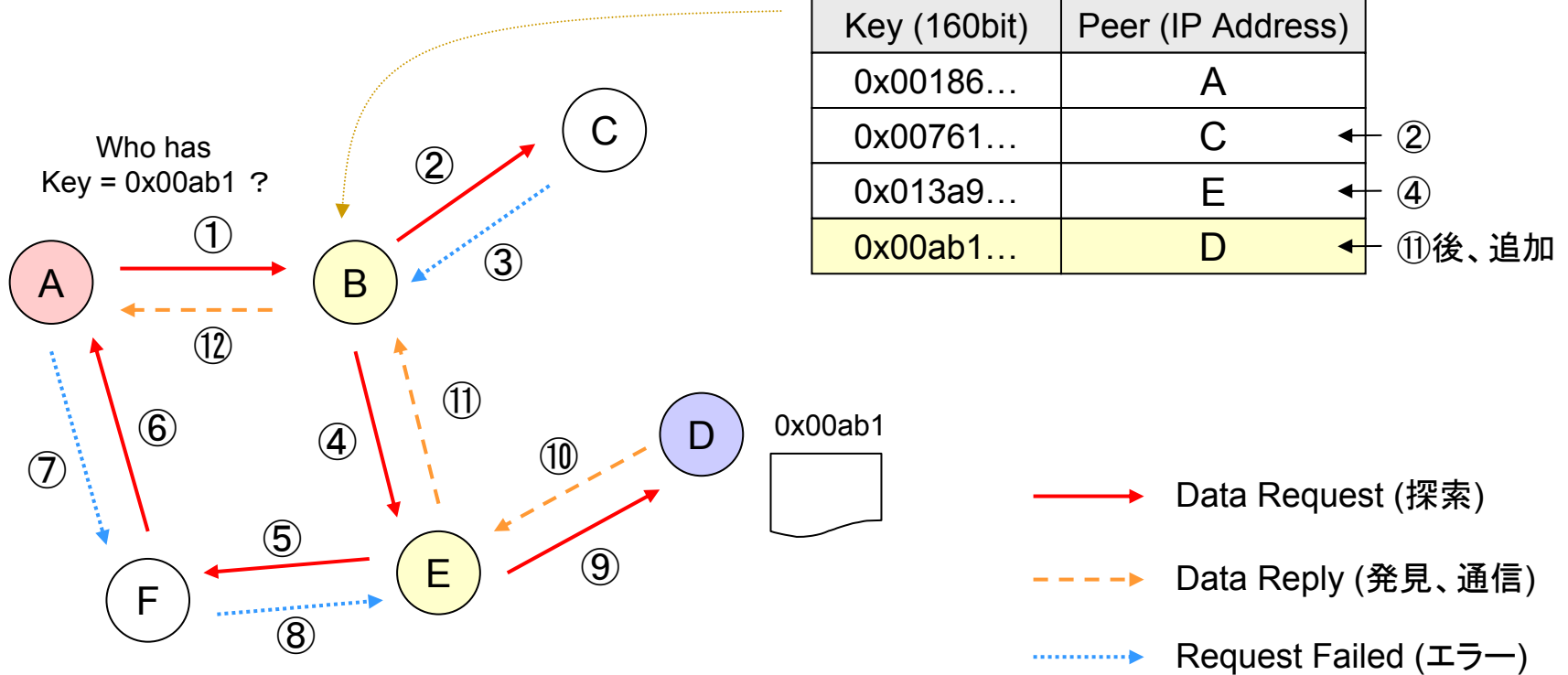
P2P (4) Freenet

問合せノード: ファイル名をハッシュ関数で数値化 (Key) して問合せ

中間ノード: 問合せ Key に「近い」Key を持つ peer に順次転送

Node B's Routing Table

Key (160bit)	Peer (IP Address)
0x00186...	A
0x00761...	C
0x013a9...	E
0x00ab1...	D

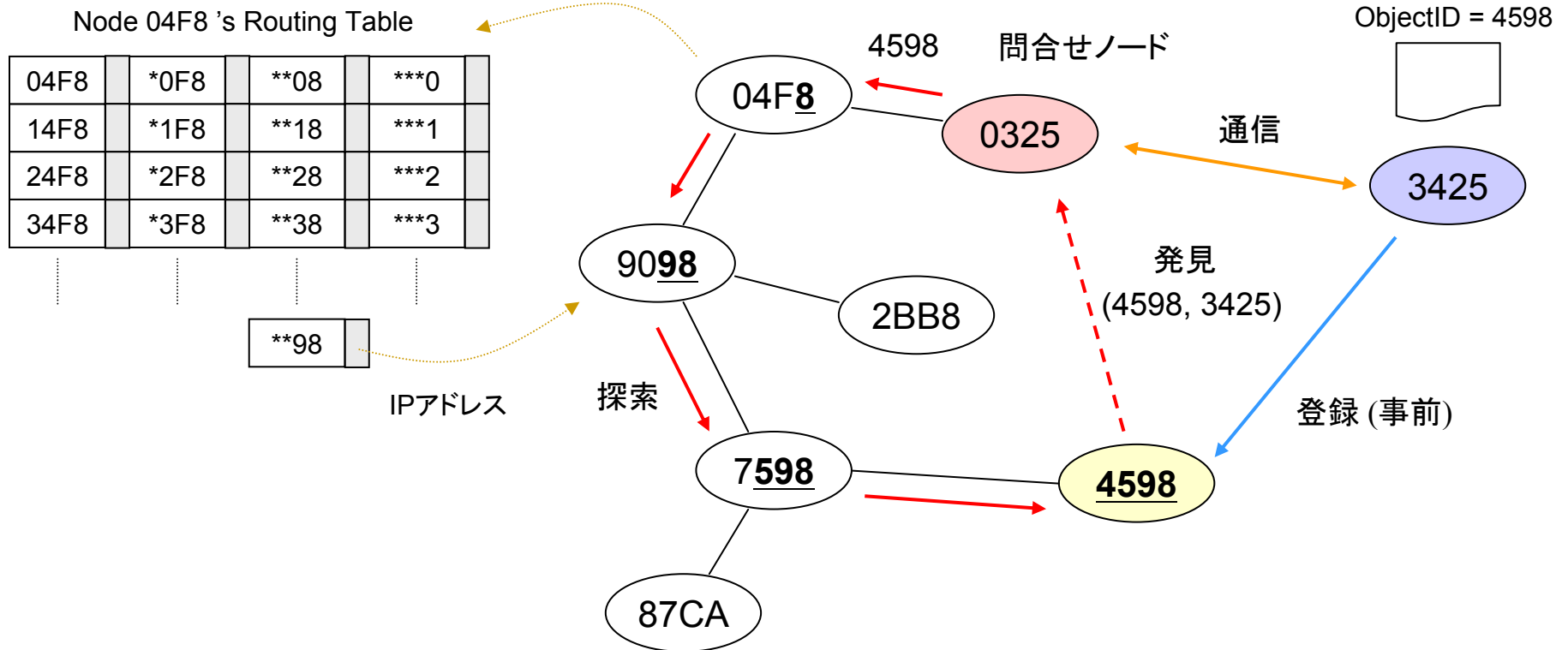


P2P (5) Plaxton's Algorithm

ファイル名、ノードアドレス共にハッシュ関数で数値化 ... (ObjectID, NodeID)

各ノードは、ObjectID = NodeID となるファイルの保有ノード情報を保持 (root node)

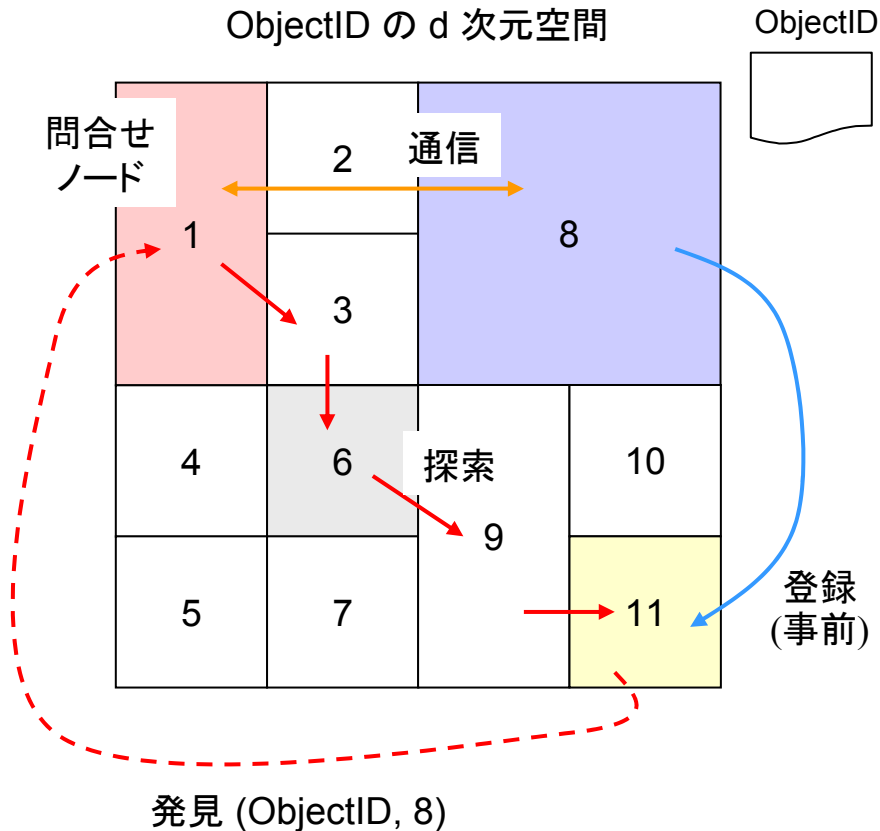
***8 ⇒ **98 ⇒ *598 ⇒ 4598 の順に探索、発見 (ObjectID = 4598 の場合)



P2P (6) CAN

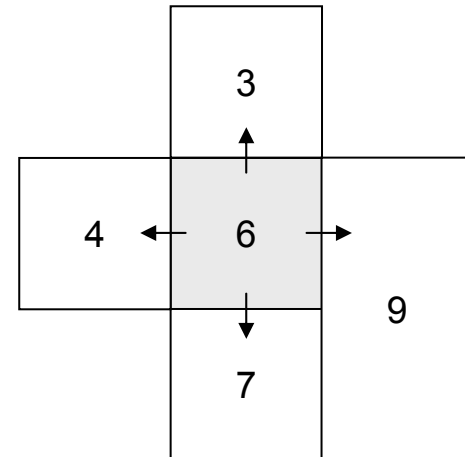
Plaxton's Algorithm の変形、拡張

各ノードは、d 次元空間中の特定の範囲の ObjectID を持つファイルの保有ノード情報を保持



(例) ノード6におけるルーティング:

- ・ 隣接 peer に限定
- ・ ObjectID に近い peer に転送



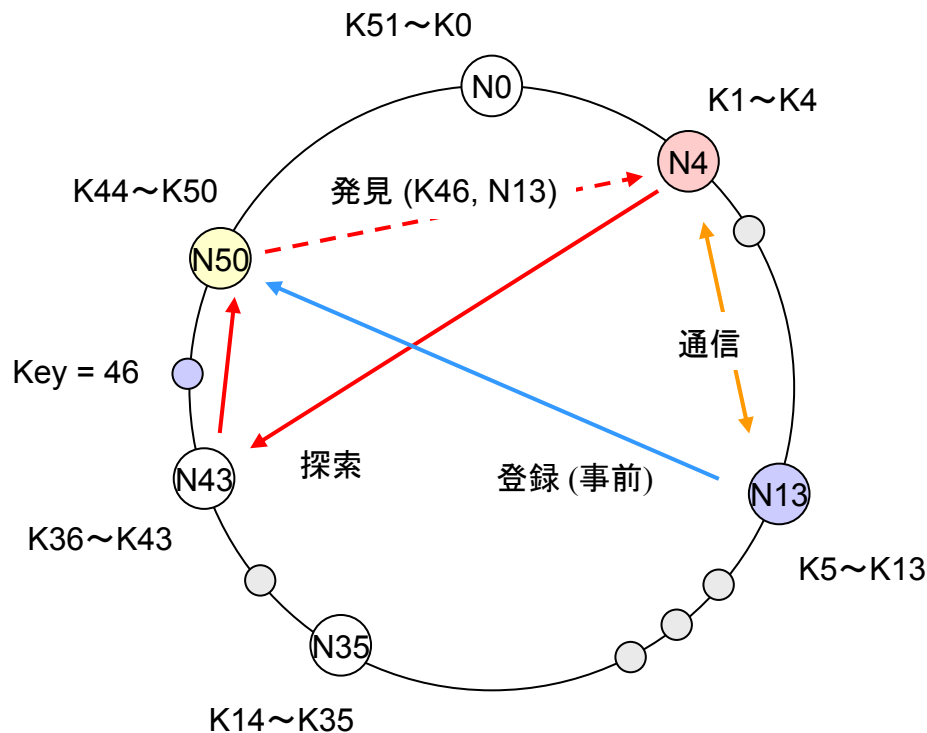
P2P (7) Chord

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 を持つ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

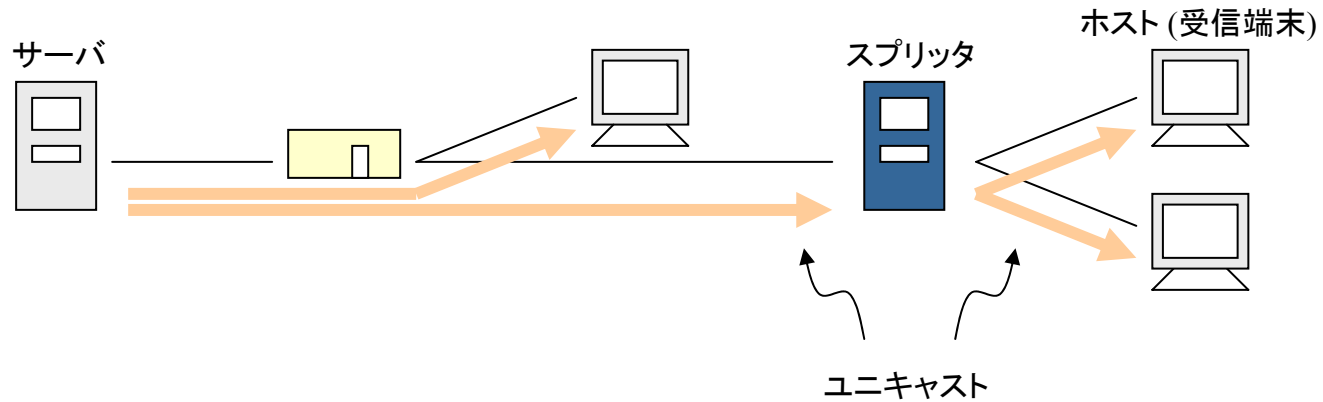
Key	Interval	Successor
5 ($=4+2^0$)	[5,6)	13
6 ($=4+2^1$)	[6,8)	13
8 ($=4+2^2$)	[8,12)	13
12 ($=4+2^3$)	[12,20)	13
20 ($=4+2^4$)	[20,36)	35
36 ($=4+2^5$)	[36,4)	43

Node 43 のfinger table

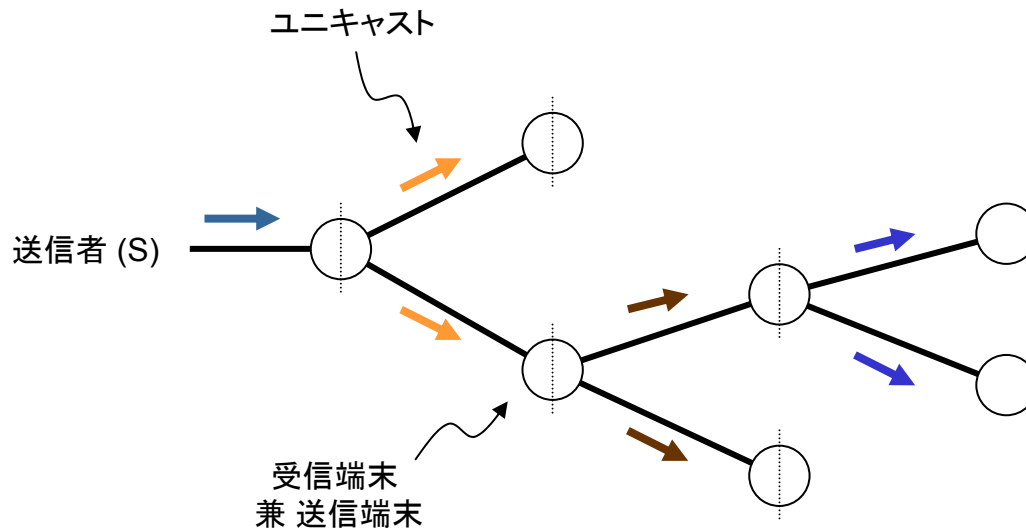
Key	Interval	Successor
44 ($=43+2^0$)	[44,45)	50
46 ($=43+2^1$)	[46,48)	50
48 ($=43+2^2$)	[48,51)	50
51 ($=43+2^3$)	[51,59)	0
59 ($=43+2^4$)	[59,11)	0
11 ($=43+2^5$)	[11,43)	13

アプリケーション層マルチキャスト (1)

- スプリッタ

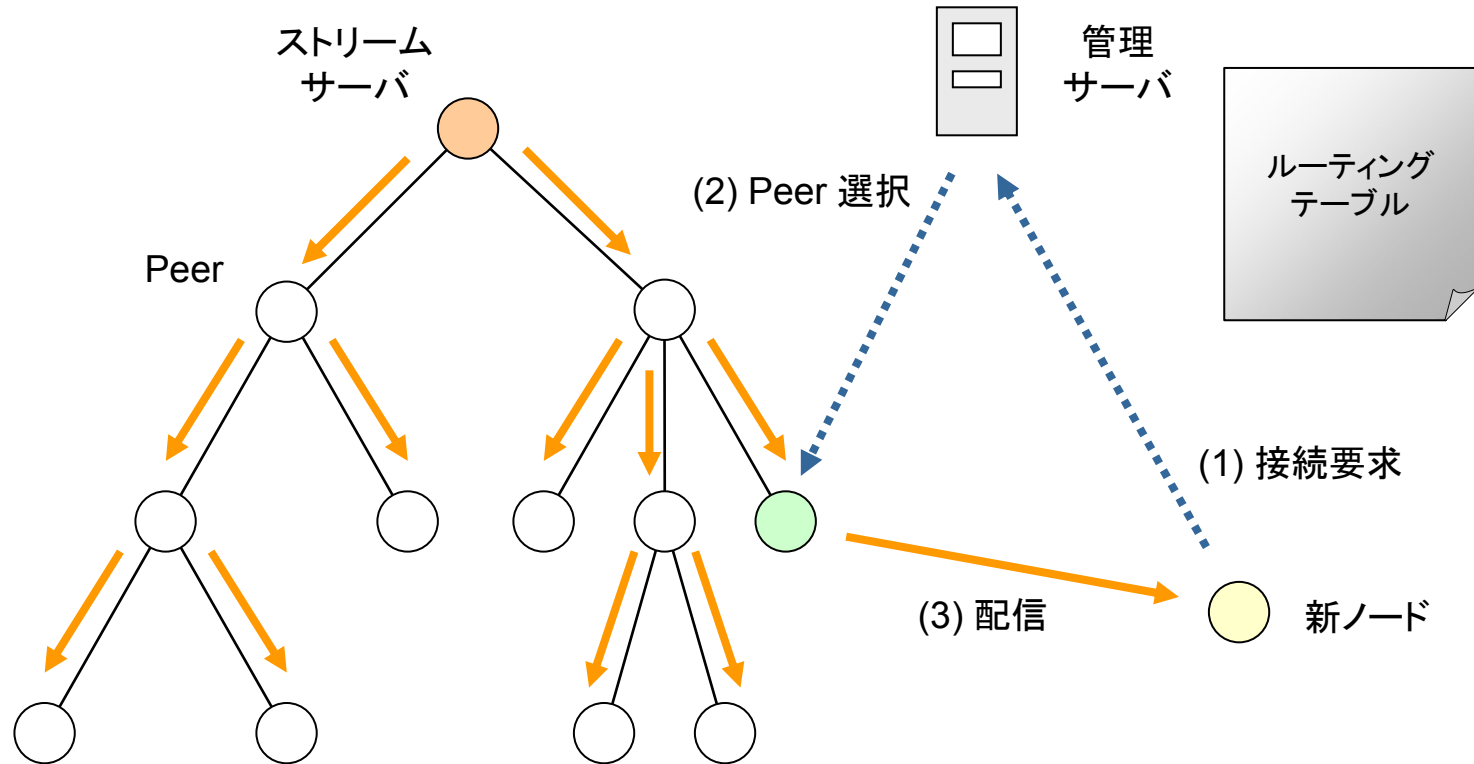


- P2P (Peer-to-Peer)



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

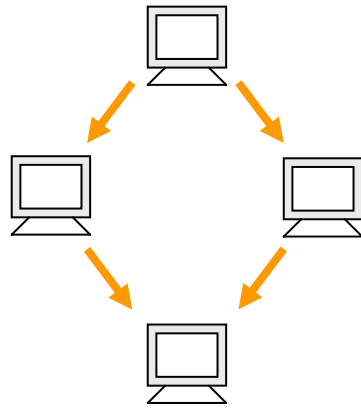
短所: 転送トラヒックの増加、経路の準最適性、管理サーバの負荷

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

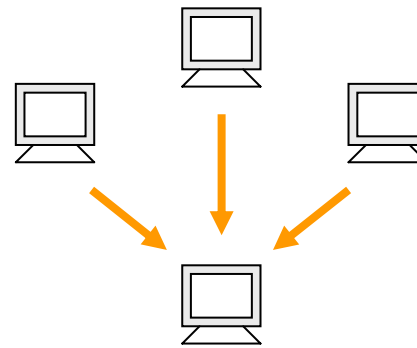
検討課題

- P2P をどのようにストリーミングに適用するか？
 - P2P-CDN: cache and replication
 - P2P Multicast: centralized or decentralized
 - Diversity: path diversity and server diversity

Path diversity



Server diversity



- いくつかの実験例