

# 画像情報特論 (9)

- CDN/P2P、IPTV、放送と通信の統合

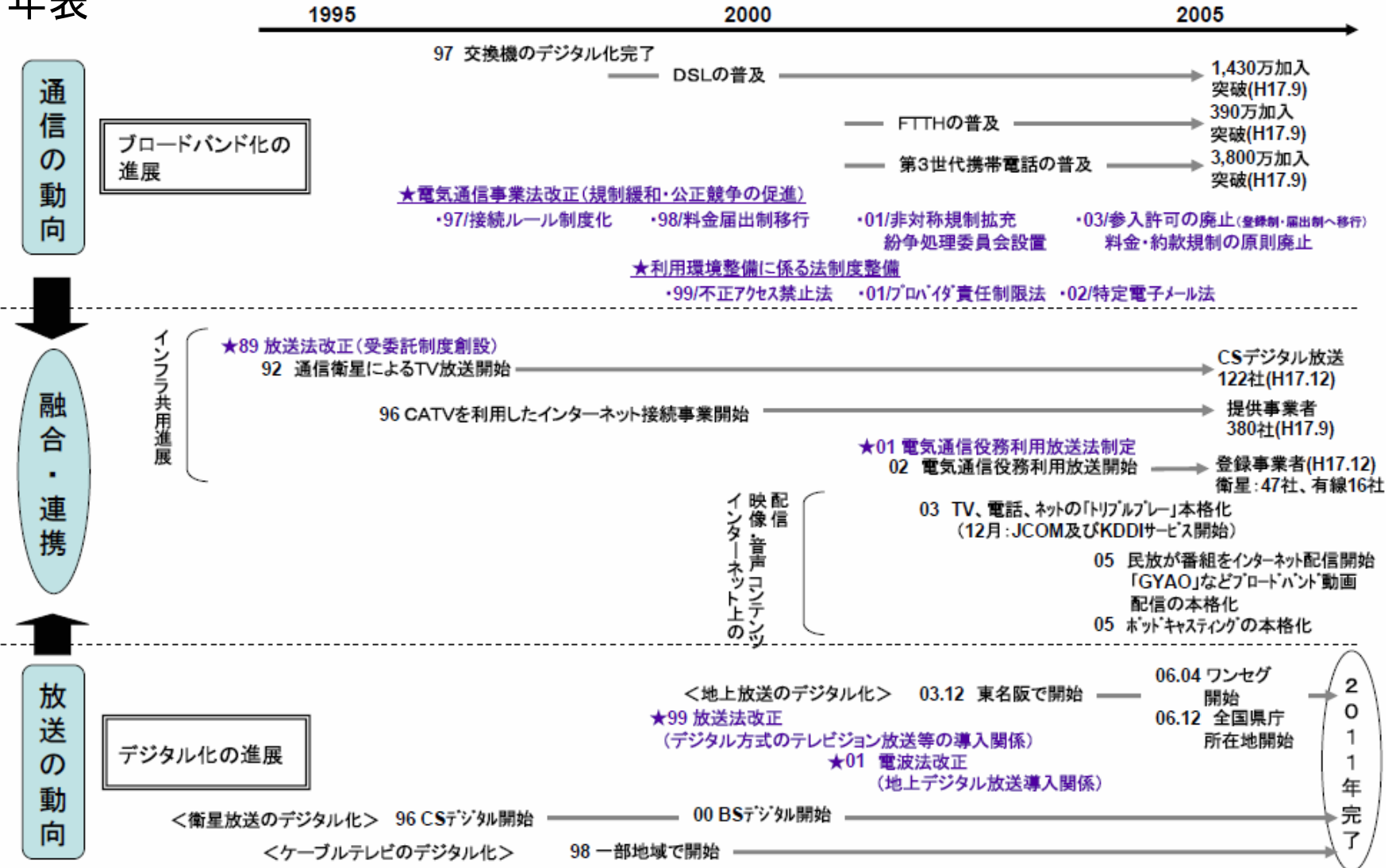
情報理工学専攻 甲藤二郎

E-Mail: [katto@waseda.jp](mailto:katto@waseda.jp)

# 放送と通信の統合

# 総務省資料(1)

年表



# 総務省資料(2)

## 映像配信(国内)

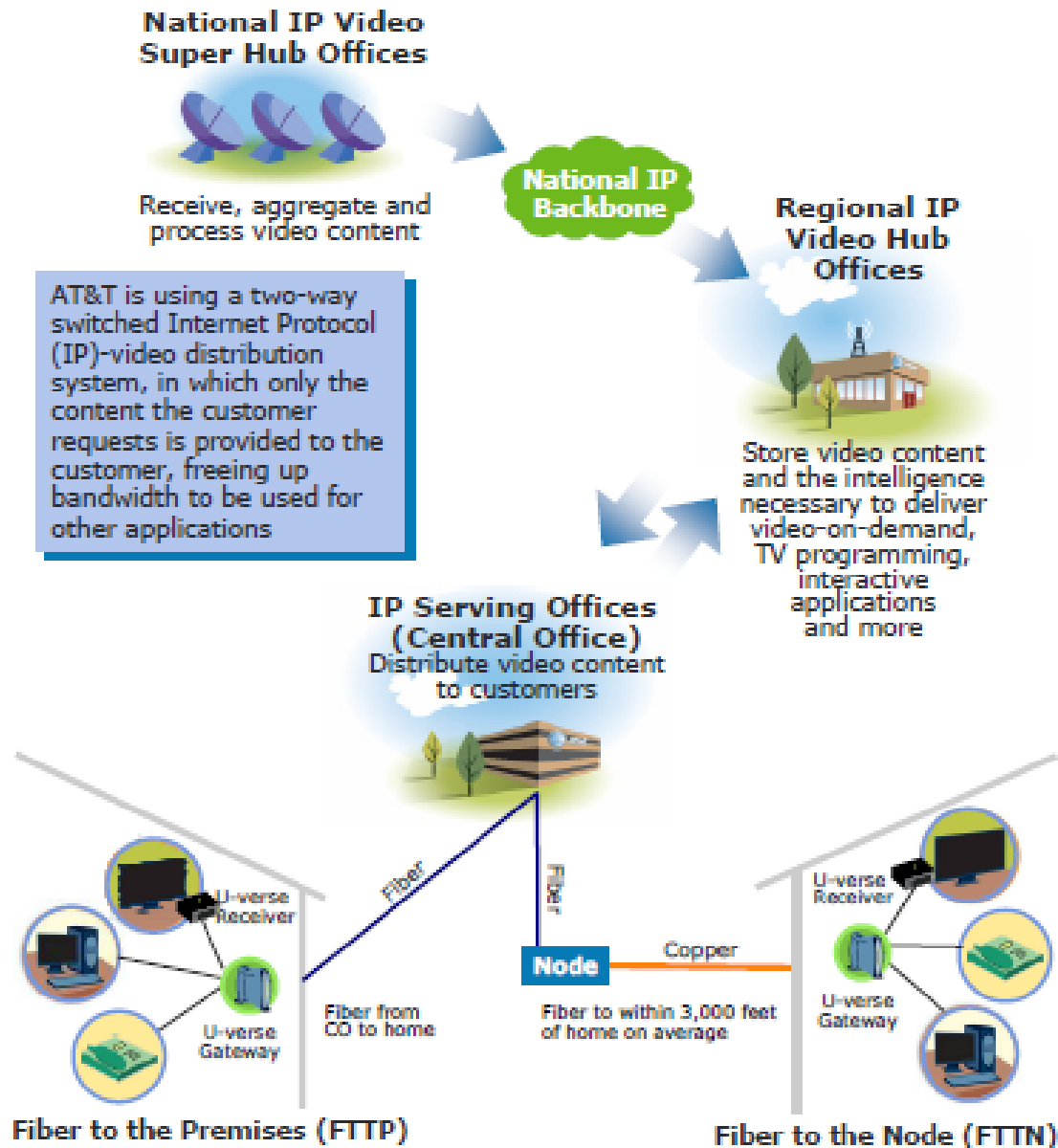
	名称	提供主体	開始時期	サービス概要	受信端末
通信系	eo光ネット	イー・オー・テレコム	04/09	映画・ドラマ、音楽、アニメなど6ジャンル	パソコン
	GYAO	USEN	05/04	映画・音楽・ドラマ・アニメなど11ジャンル (入会金、会費は不要)	
	TVバンク	ソフトバンク, yahoo	05/12	無料を中心とした約10万本のコンテンツ・広告主から収入を得るビジネスモデル導入	
	OCNシアター	NTTコミュニケーションズ	04/12	1000タイトル見放題コース ほか・情報コンテンツ等	STB
	おうちdeシアター	ビッパ東海	04/12	基本料金のみで毎月1000タイトル見放題、映画・音楽・スポーツ等最大1000タイトル	
	J:COMオンデマンド	ジュースターテレコム	05/01	年間契約サービス・一日視聴サービス等を実施、無料番組、映画、スポーツ等1500タイトル以上	
役務利用放送系	BBTV	ビバービーケーブ	03/03	ペーシック34ch、無料4ch、75歳以上3ch	STB
	光プラスTV	KDDI	03/12	ペーシック25ch、オプション5ch	
	4th MEDIA	オンラインティービー	04/07	基本25ch、オプション18ch	
	オンデマンドTV	アイキャスト	05/06	ペーシック21ch	
地上民放系	フジテレビ on Demand	フジテレビ	05/07	フジテレビ番組・映像コンテンツを有料配信	パソコン
	第2日本テレビ	日本テレビ	05/10	日本テレビの過去のテレビ番組を中心に有料配信、会員制	
	TBS BooBo BOX	TBS	05/11	TBSグループのテレビ番組や映像コンテンツを有料配信	

## 海外

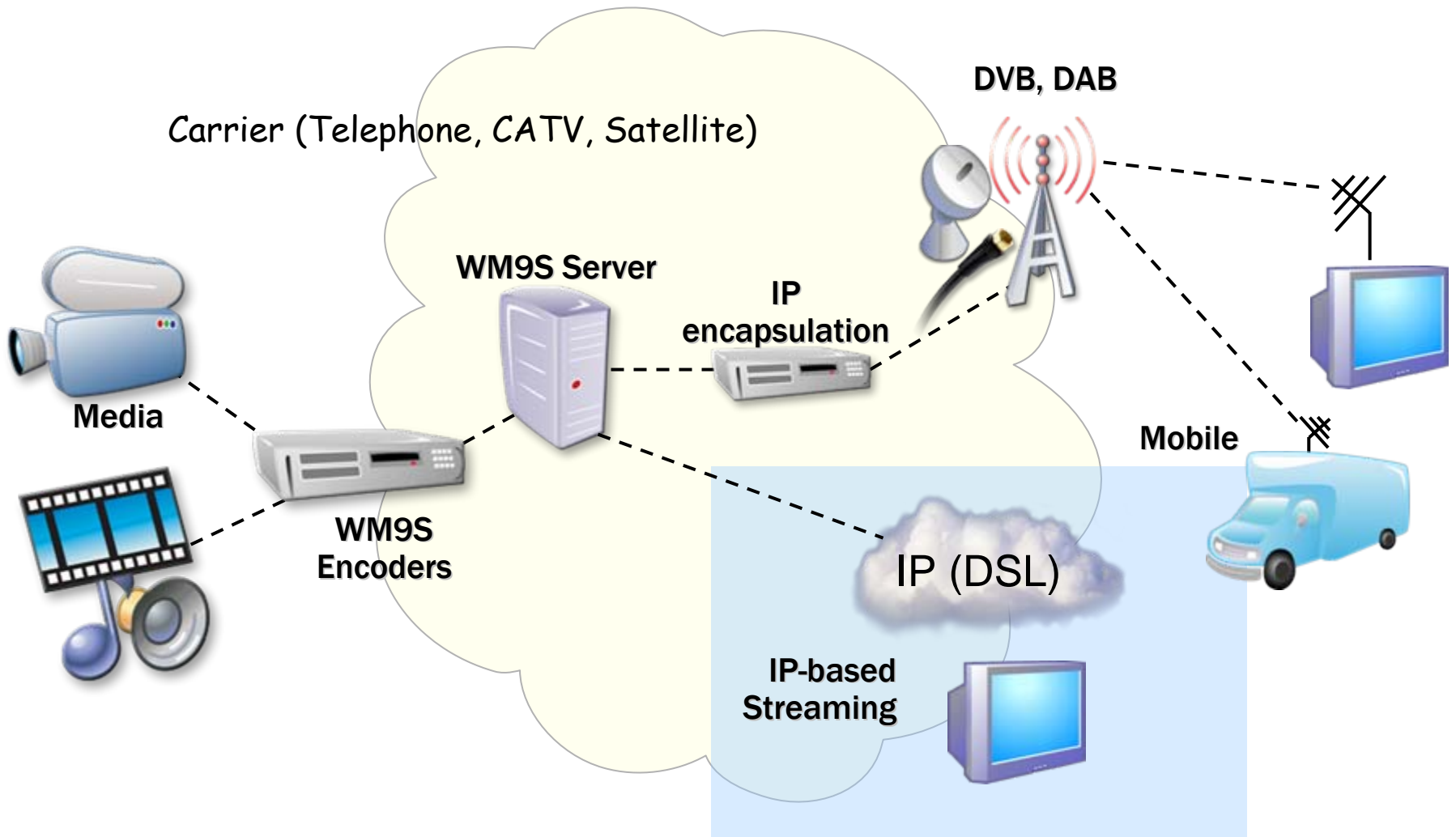
# 総務省資料(3)

	サービス開始 (実験含む)	事業者の動向
米 国	2004年11月	<u>SBCコミュニケーション(地域通信大手)</u> 2004年11月、光ファイバによるIPネットワークの構築及びテレビ・データ・音声の統合サービスの提供を開始することを発表。2005年第4四半期にはIPテレビサービスを開始、2007年末には1,800万世帯をカバーすることを目指す。
	2005年7月	<u>CBS(放送事業者)</u> 2005年7月、インターネットでニュース映像の無料配信を開始。
	2005年9月	<u>CNN、ABC(放送事業者)</u> 2005年8月、同年9月からヤフーを通じネットで番組を無料配信することを発表。
	2005年9月	<u>ペライゾン(地域通信大手)</u> 2005年1月、本年末よりテレビ番組配信サービスである「Fios TVサービス」を提供開始することを発表。 2005年9月、テキサス州ケラーにおいてサービスを開始
	2005年9月	<u>スプリント(通信大手)</u> 2005年9月、携帯電話を介して、テレビ番組を試聴できるサービス「スプリントTVライブ」提供を発表。
	2005年10～ 12月	<u>アップルコンピュータ(メーカー)</u> 2005年10月、ビデオやテレビ番組を再生できる携帯音楽プレーヤー「ipod」の新機種を発表。テレビ番組の配信では、米ウォルトディズニーと提携した。なお、iPodの累計販売台数は4,200万台(2005年10～12月期は1,400万台販売)。
		<u>ティーボ(テレビ番組録画サービス事業者)</u> 2005年11月、ヤフーと提携。両者の提携で、ティーボ加入者は自宅以外の場所でもヤフーのサイトからネット経由でテレビ番組を録画予約できる。ティーボは、10月末時点での全契約者数が400万人を超えた。
2006年1月	<u>ヤフー(インターネットサービス)</u> 携帯端末やテレビ画面向け新事業「ヤフー・ゴー」を発表。携帯電話やテレビ画面上でも、ニュースや電子メール閲覧など、ヤフーの各種サービスをパソコン並に利用できるようにする。(数ヶ月後にサービス開始予定)	
	<u>グーグル(インターネットサービス)</u> インターネットを通じてテレビ番組などの映像を配信する新サービス「グーグル・ビデオ・ストア」を近く開始する。米3大ネットワークの1つCBSテレビの番組等を提供する。価格は1本1～4ドル程度の予定。	
英 国	2006年春	<u>British Telecom(通信大手)</u> 2005年6月、BTの小売部門であるBT Retailは、英国内におけるTV番組配信にMicrosoft社のプラットフォームを用いることを発表。サービスの内容は、VOD/30チャンネルを超える地上波デジタル放送/テレビ電話/80時間録が可能なSTB/ゲームや電子商取引など。試験サービスを2006年春ないし初夏に、商用サービスを2006年晩夏ないし秋に提供開始の予定。
	2005年10月	<u>BBC(放送事業者)</u> 10月末にも「iMP(interactive Media Player)」サービスの実験を開始。すべての番組を対象に、見逃した番組を放送後1週間以内なら好きな時にパソコンにダウンロードして見られ、1週間先まで予約も出来る。対象は5000人、3ヶ月の実験予定。問題が生じなければ無料の正式サービスに移行。
仏	2004年7月	<u>France Telecom(通信大手)</u> 2004年7月、インターネット、IP電話、TVサービス(ADSL)、ネットゲームなどを1つのセントラルハブを通じて提供するLive Boxサービスを開始。2004年にはフランスで234,000件の契約を達成。2004年末までにイギリス、オランダ、スペインでサービスを開始する予定。

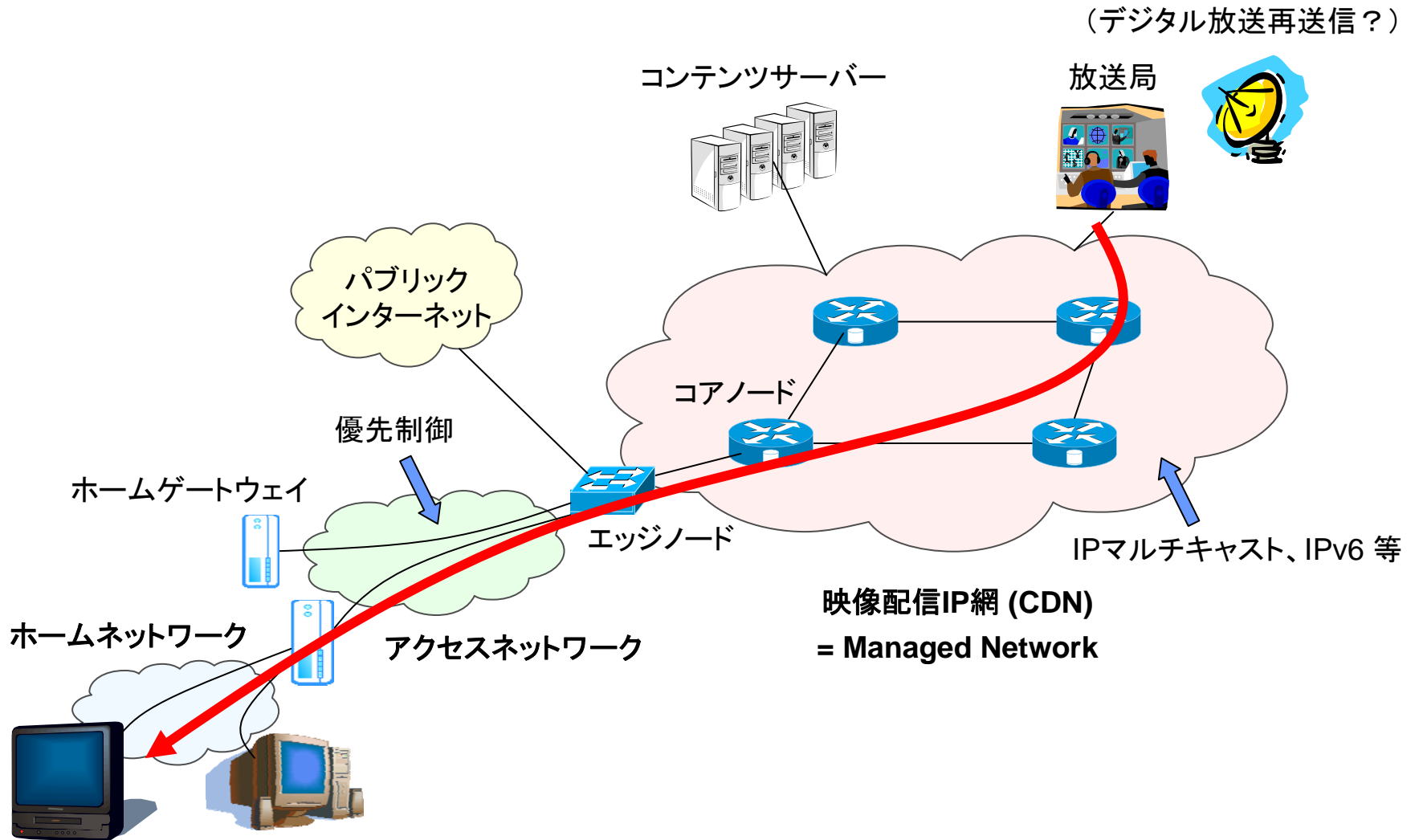
# AT&T U-verse



# Microsoft TV



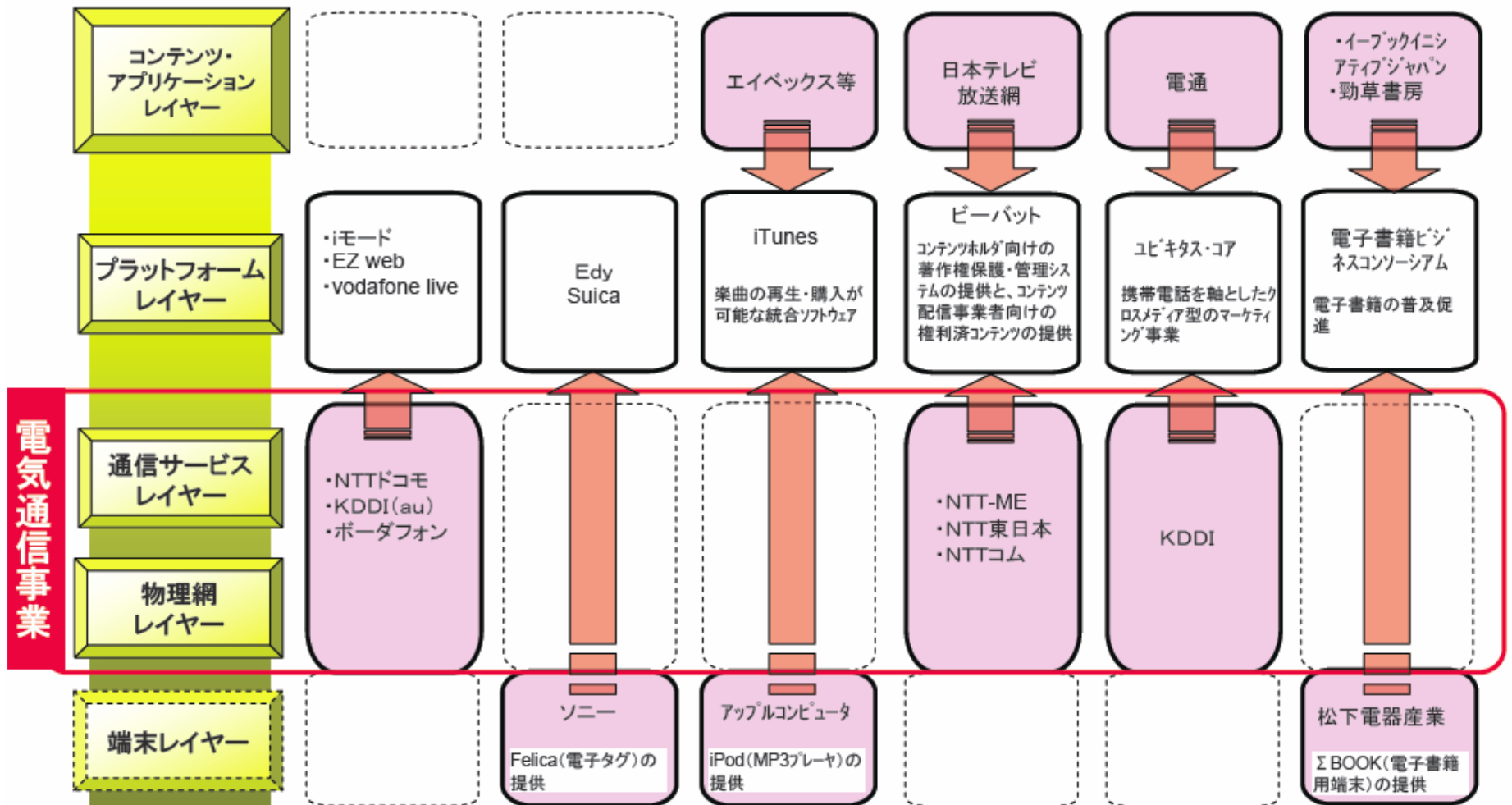
# IPTVの一般形





# 総務省資料 (4)

## サービス



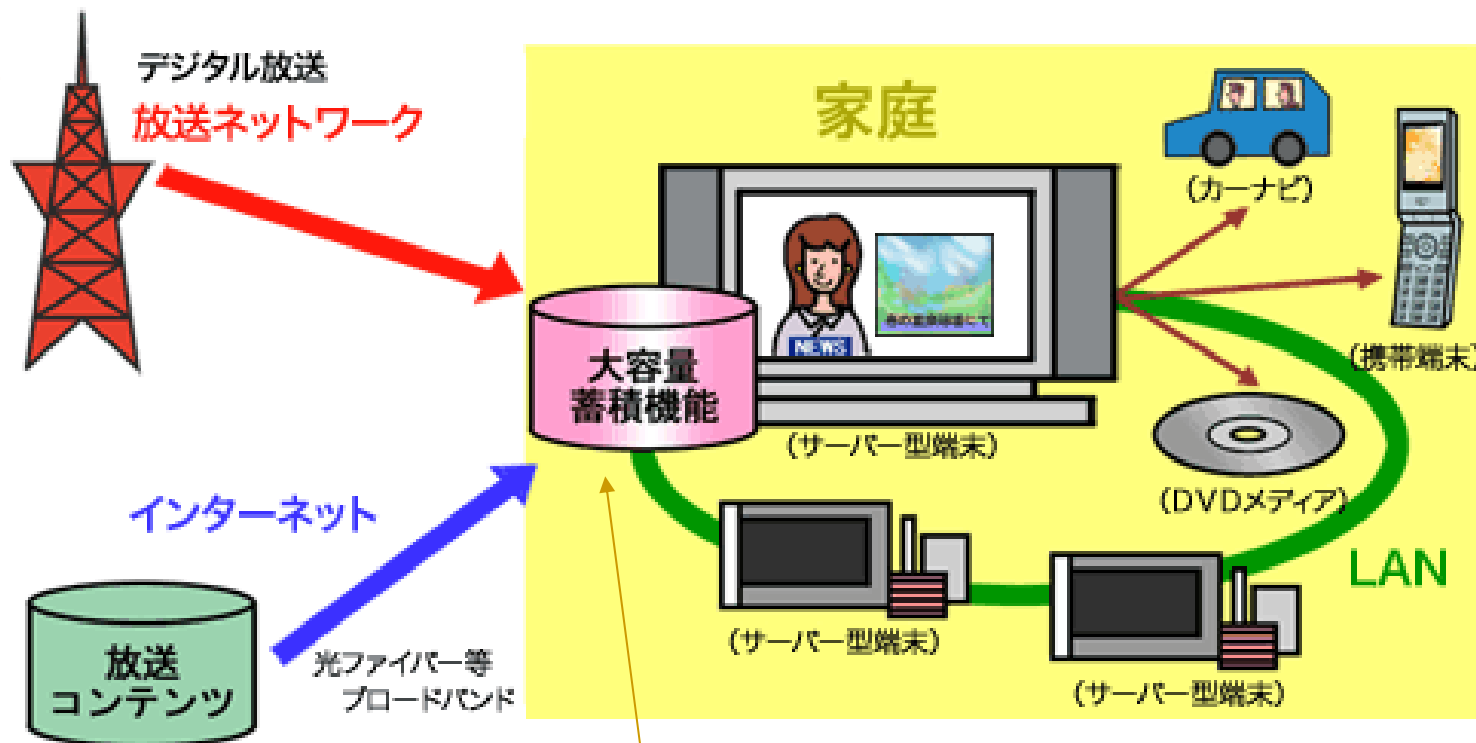
# 総務省資料 (5)

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	3サービス込みの 基本料金 ※1
ぷらら光 トリプルパック ※ ぷららネットワークス	ぷららフォンfor フレッツ間無料 国内8.4円(3分間) ※ ぷららネットワークス提供	最大100Mbps ※ ぷららネットワークス提供	多チャンネル放送(50ch以上)、VOD(4~5000本) ※ オンラインティーヴィ(4thMEDIA)提供	9,849円(一戸建) 7,066円(マンション)
フレッツ光プレミアム※2 (NTT西+OCN+オンデマンドTV) ※ NTT西	ドットフォン間無料 国内8.4円(3分) ※ OCN提供	最大100Mbps ※ OCN提供	多チャンネル放送(21Ch、CS番組) VOD(約3,000本) ※ アイキャスト(多チャンネル放送)、オンデマンドTV(VOD)提供	8,683円(一戸建) 7,024円(集合住宅)
OCN 光 with フレッツ ※ OCN(NTTコミュニケーションズ)	ドットフォン間無料 国内8.4円(3分) ※ OCN提供	最大100Mbps ※ OCN提供	VOD(100タイトル見放題) ※ OCN提供	8,694円(一戸建) 6,174円(集合住宅)
KDDI 光プラス ※ KDDI	光プラス間等無料 国内8.4円(3分) ※ KDDI提供	最大1Gbps ※ KDDI(DION)提供	多チャンネル放送(30Ch、CS番組) VOD(約4,500本)、通信カラオケ ※ KDDI提供	9,555円(一戸建) 7,245円(マンション) (KDDIまとめて割引適用時)
ケーブルプラス ※ KDDI+連携CATV会社	県内8.4円(3分) 県外15.75円/3分 ※ KDDI提供	各CATV会社のサービスによる 参考:最大100~20Mbps ※ 連携CATV会社提供	各CATV会社のサービスによる 参考:多チャンネル放送(100Ch、地上・BS・CS)など ※ 連携CATV会社提供	各CATV会社により料金は異なるが、JCN千葉の場合、 9,496円
Yahoo BB光 TV package ※ソフトバンクグループ	BBフォン間無料 国内8.4円(3分) ※ YAHOO BB提供	最大100Mbps ※ YAHOO BB提供	多チャンネル放送(41Ch、CS番組) VOD(約5,000本) ※ ビー・ビー・ケーブル提供	7,234円(一戸建) 4,189円(集合住宅)
J:COM ※ ジェイコム東京	市内8.3円(3分) J:COM Phone間 5.3円(3分) ※ ジェイコム東京提供	最大30Mbps ※ ジェイコム東京提供	CATV多チャンネル放送(81Ch、地上・BS・CS番組)、VOD(約3,500本) ※ ジェイコム東京提供	11,350円

# サーバ型放送(サービス)

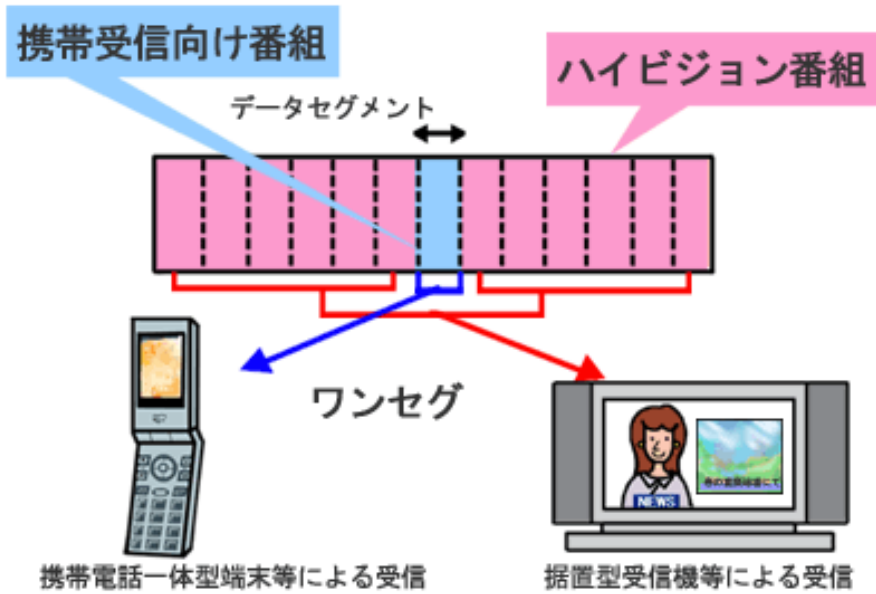
ブロードバンド接続と大容量ホームサーバの活用



+メタデータの活用、DRM

# ワンセグ

## 携帯端末向けデジタル放送



H.264



さらにネットに誘導

諸外国の動向:

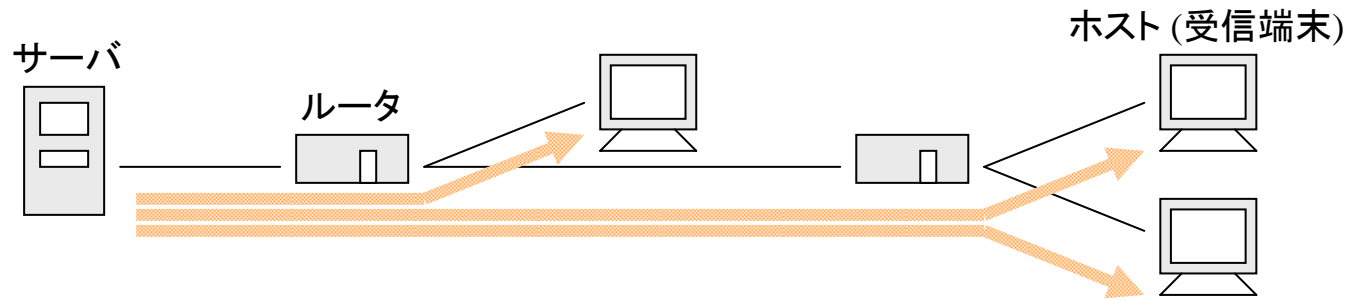
(欧州) DVB-H

(米国) MediaFLO

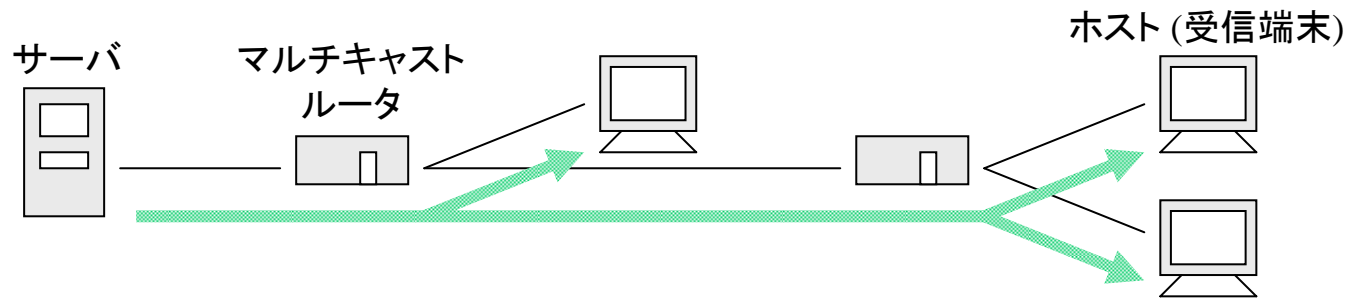
(韓国) DMB

IPマルチキャスト

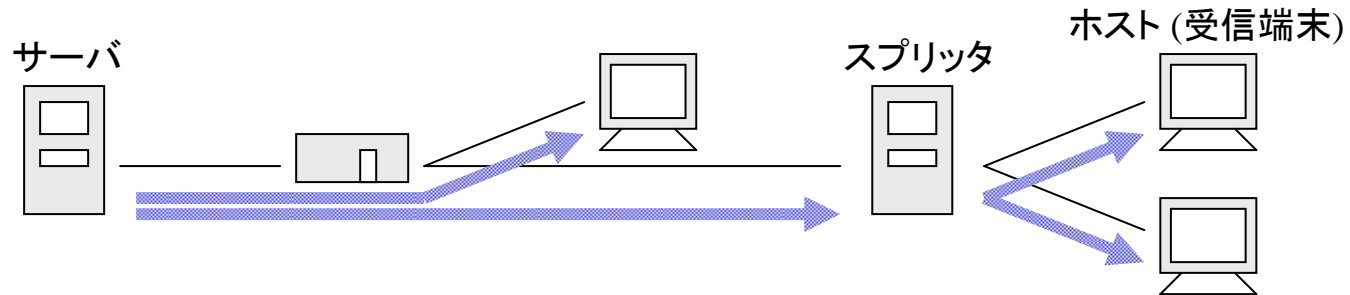
# マルチキャスト



(a) ユニキャスト

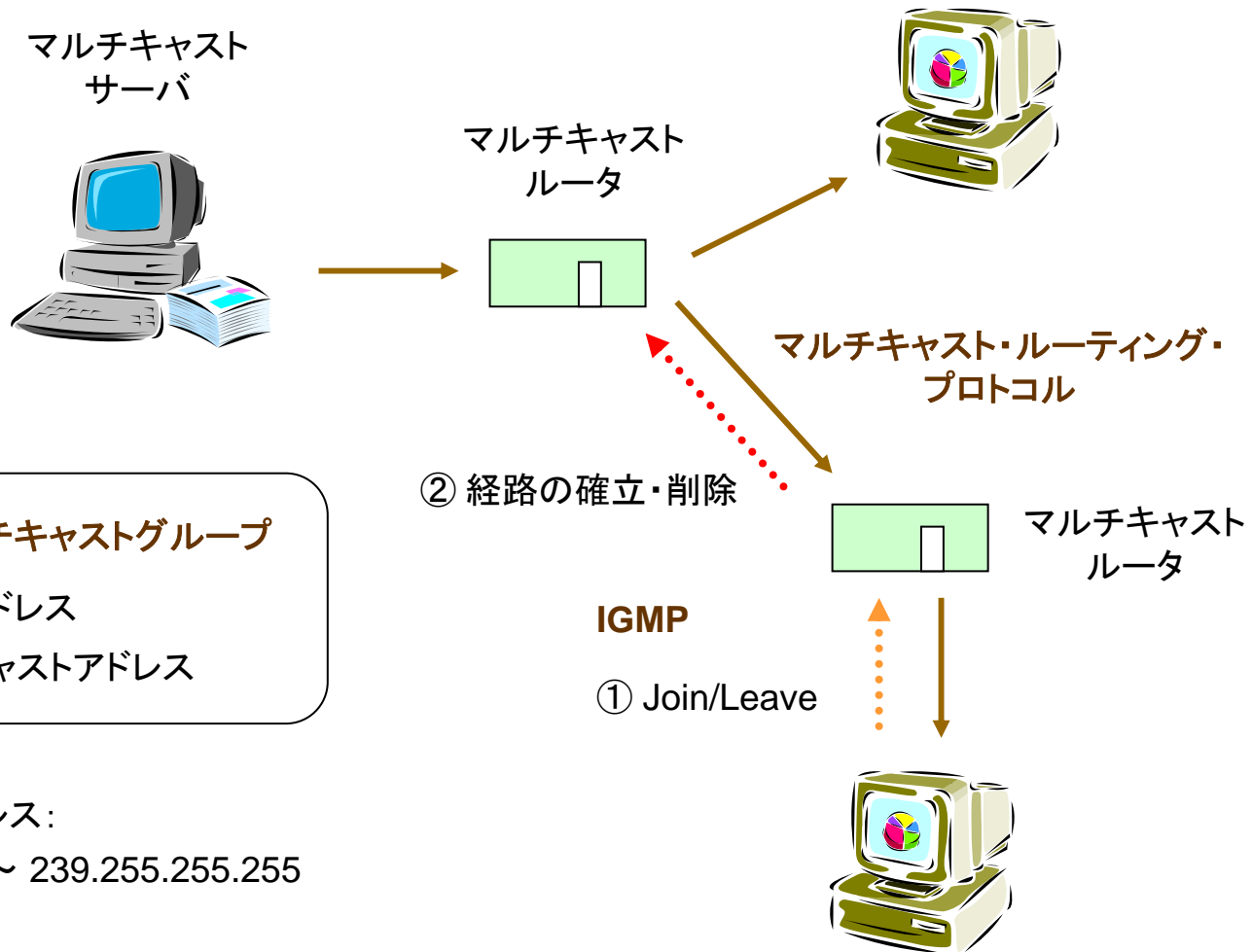


(b) マルチキャスト



(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

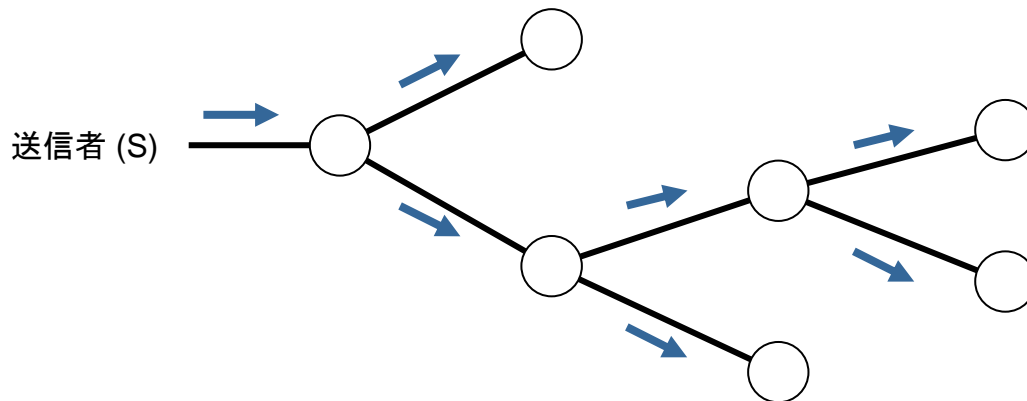
クラスDアドレス:

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)

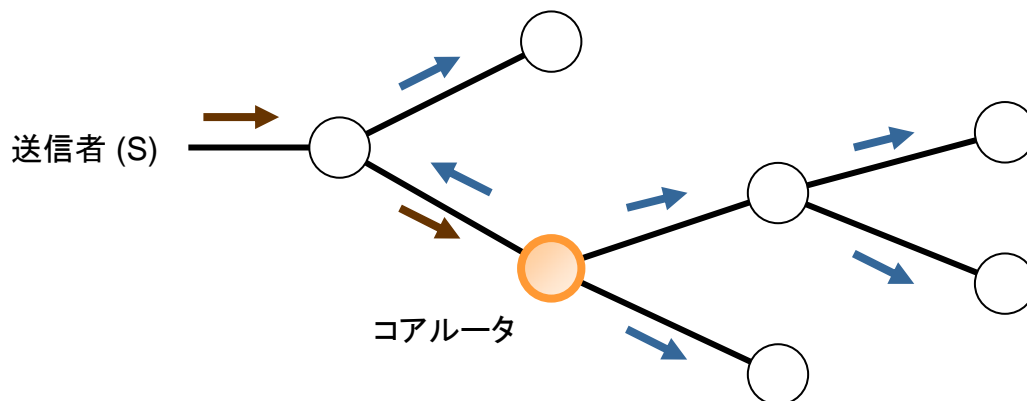


### フラッディング:

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。

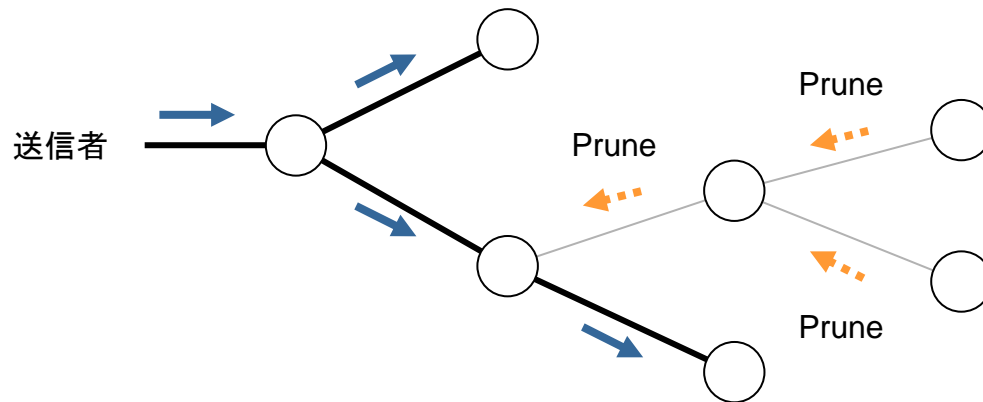
下流のルータは、必要に応じてコアルータに参加要求を出し、経路を確定。コアルータ以下は、(\*, G) エントリによる経路管理。



# IPマルチキャスト (3)

## • DVMRP version 3

### Prune メッセージ

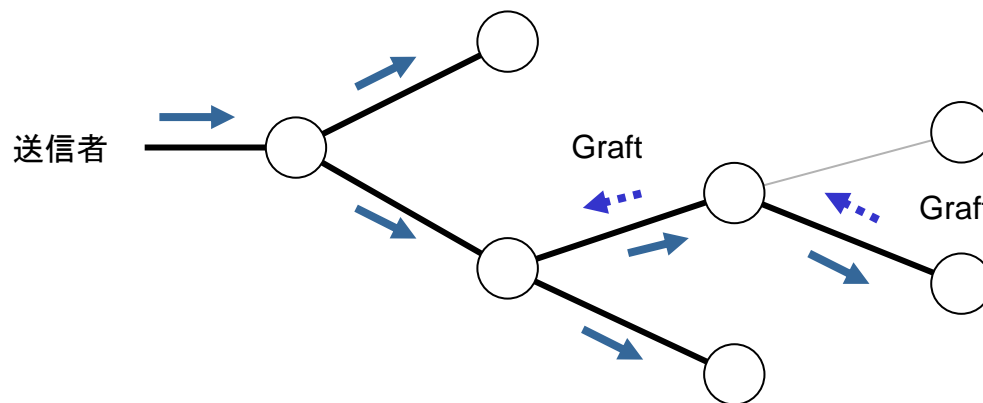


### Prune (刈り取り):

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):

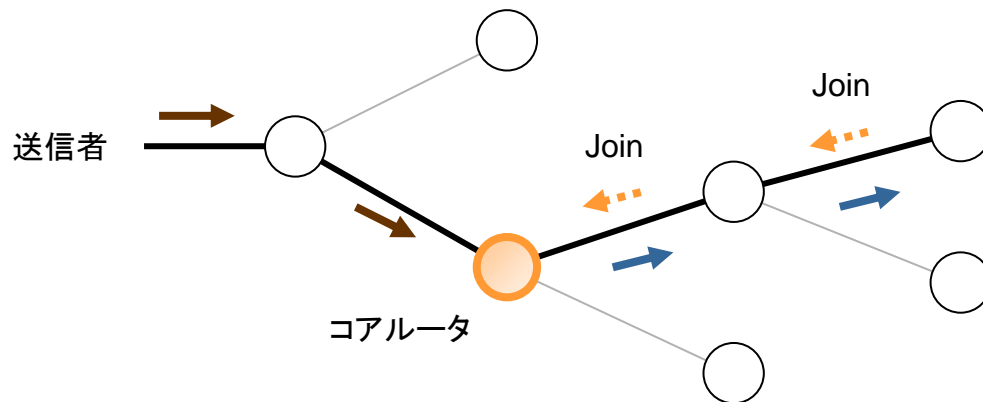
下流にマルチキャストグループ参加者が現れた場合、上流ルータにパケット配送再開を要求。

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

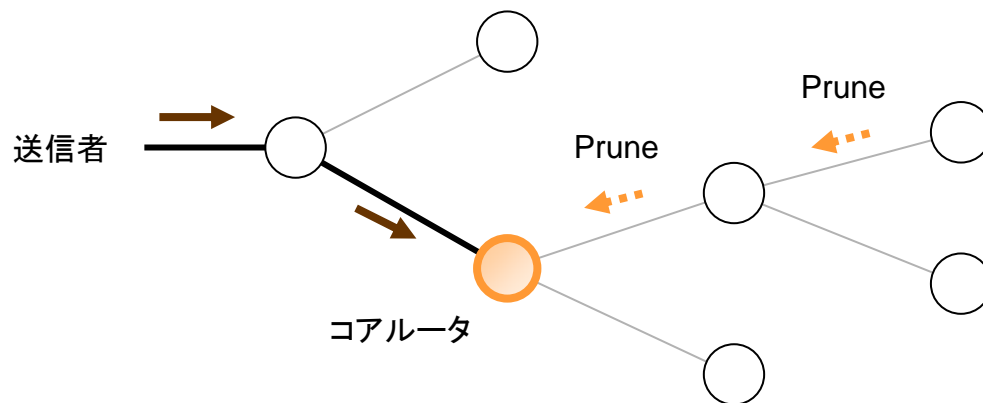


### Join (参加):

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):

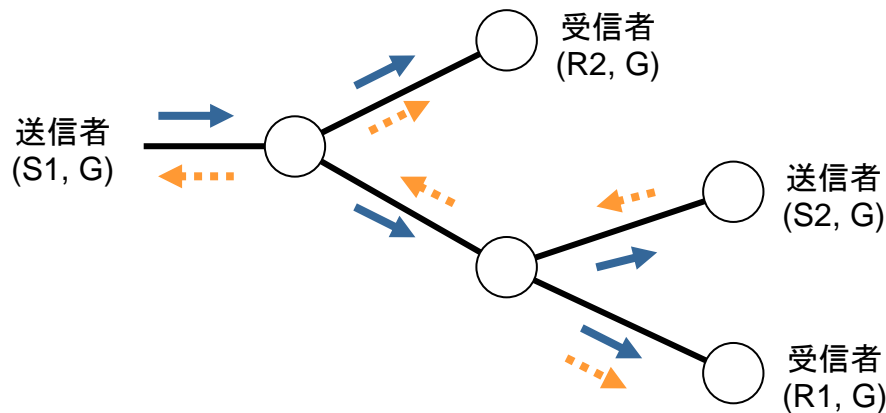
下流のマルチキャストグループ参加者が離脱した場合、上流ルータにパケット配送停止を要求

途中のルータ: (\*, G) エントリ削除

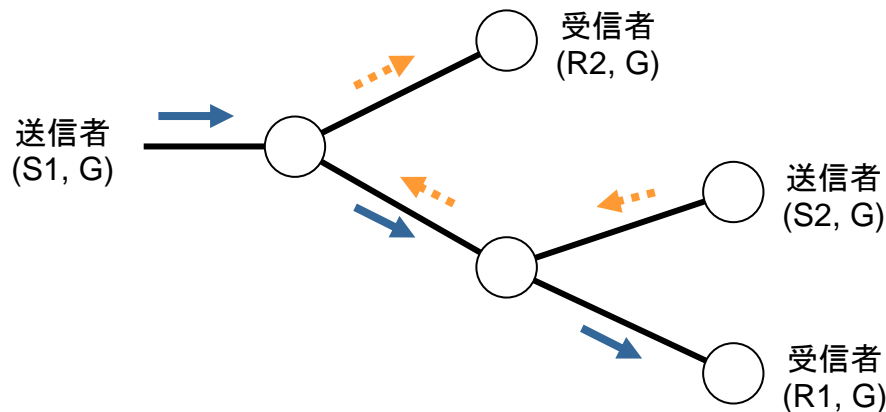
# IPマルチキャスト (5)

## • 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

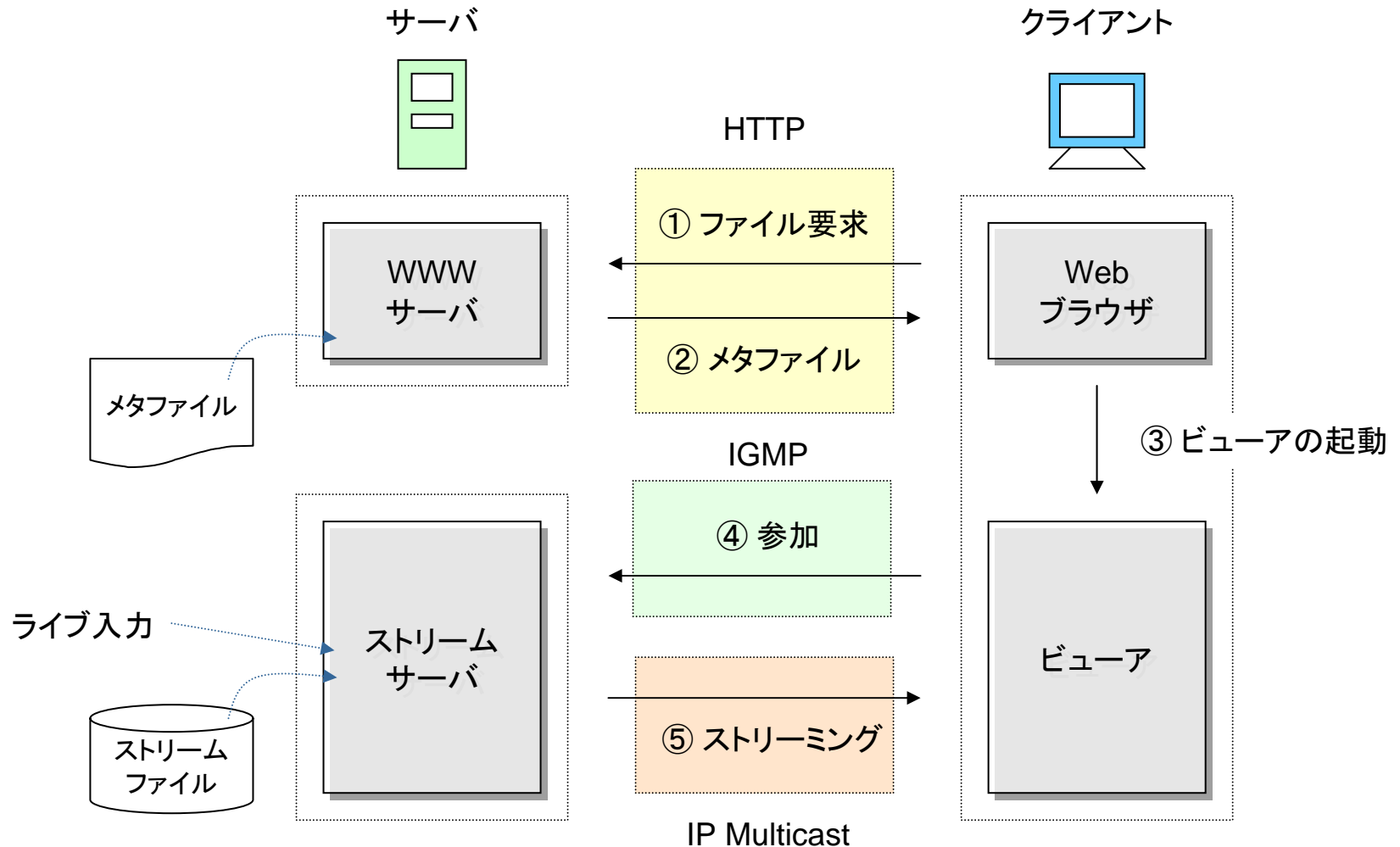
# IPマルチキャスト (6)

## • 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

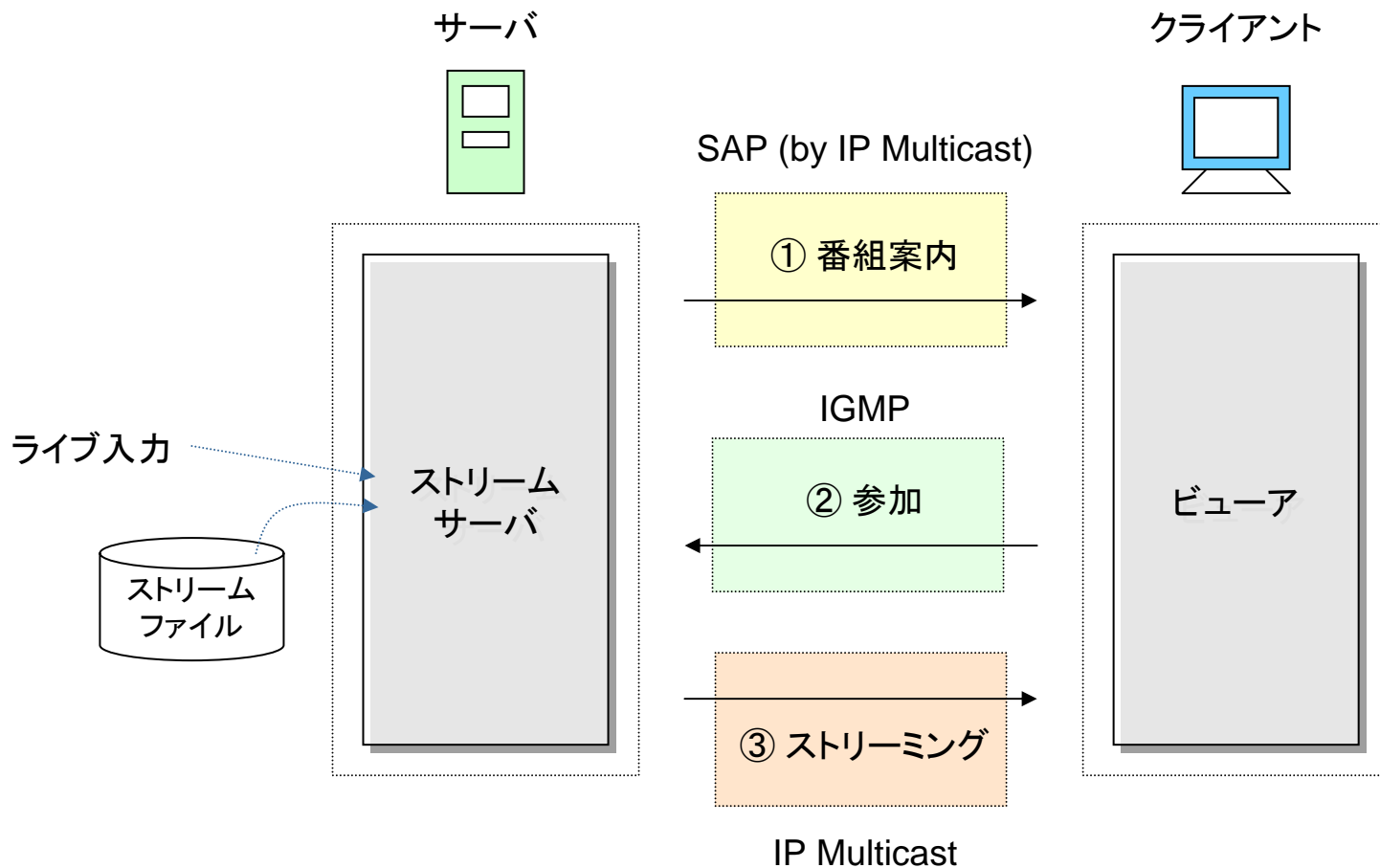


# マルチキャスト放送 (2)

## • (2) SAP による番組案内

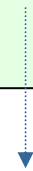
SAP: Session Announcement Protocol

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

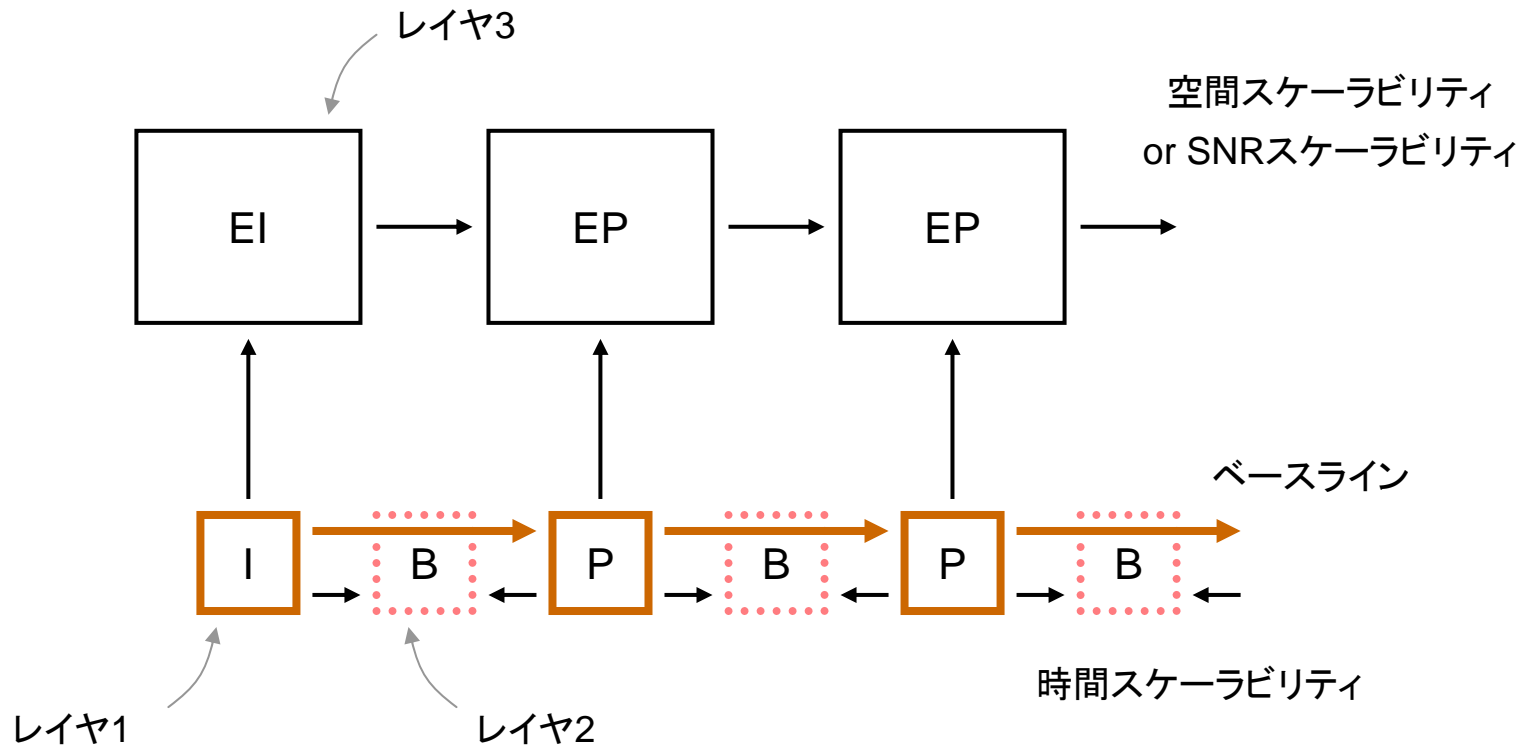


例：階層化マルチキャスト

階層化マルチキャスト



# スケーラブル符号化



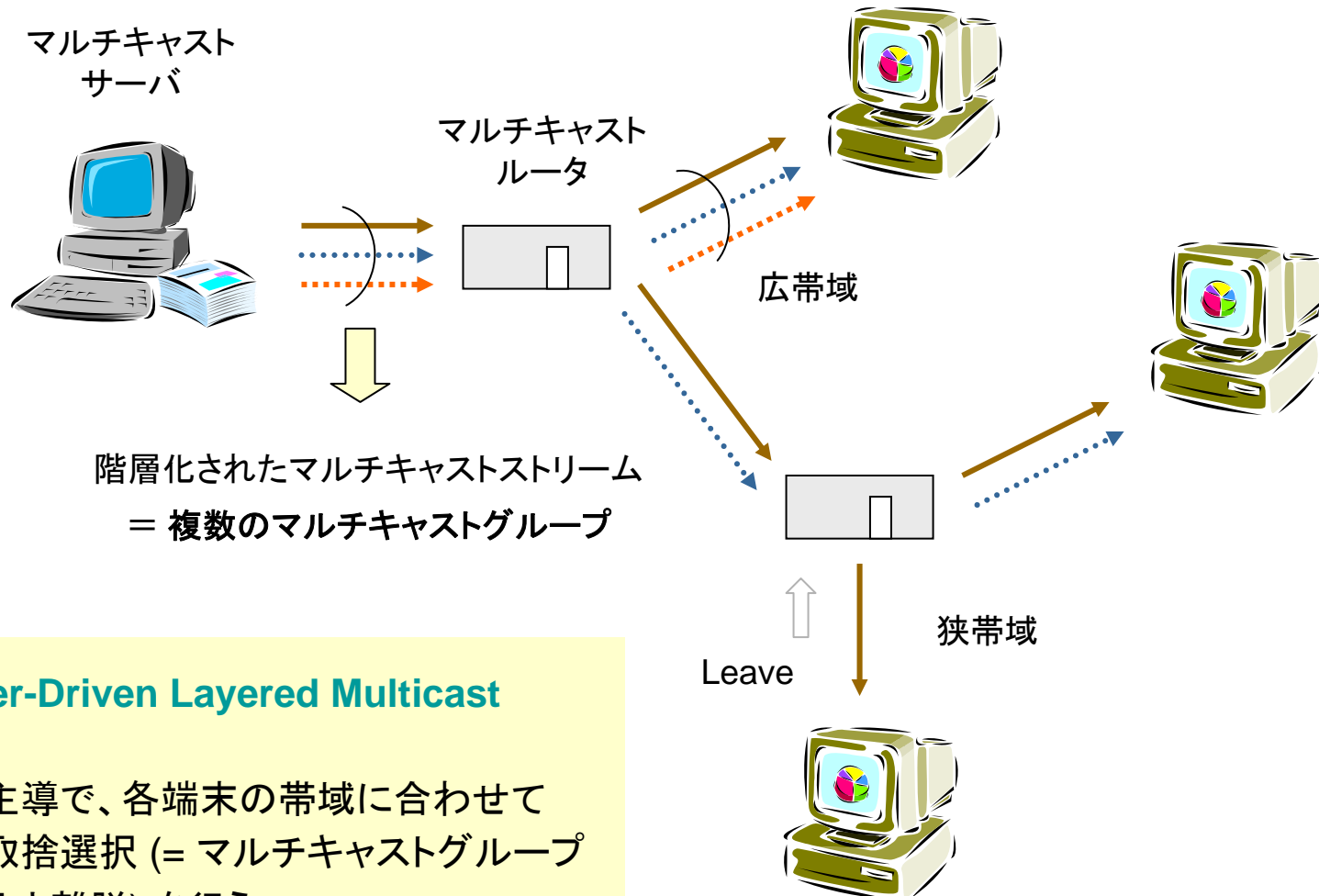
- 空間解像度の階層化: 空間スケーラビリティ
- 時間解像度の階層化: 時間スケーラビリティ
- SNRの階層化: SNRスケーラビリティ

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)



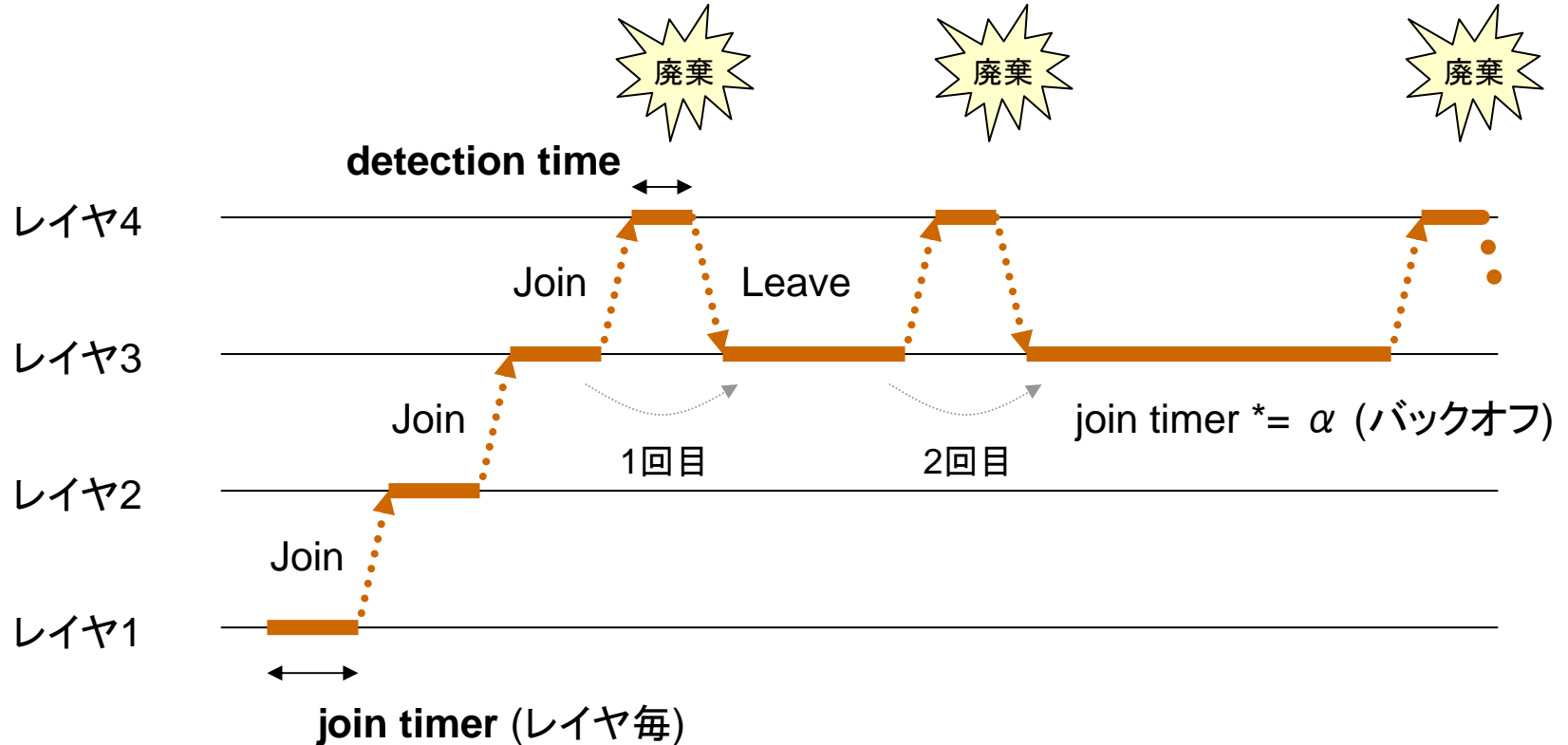
## Receiver-Driven Layered Multicast

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

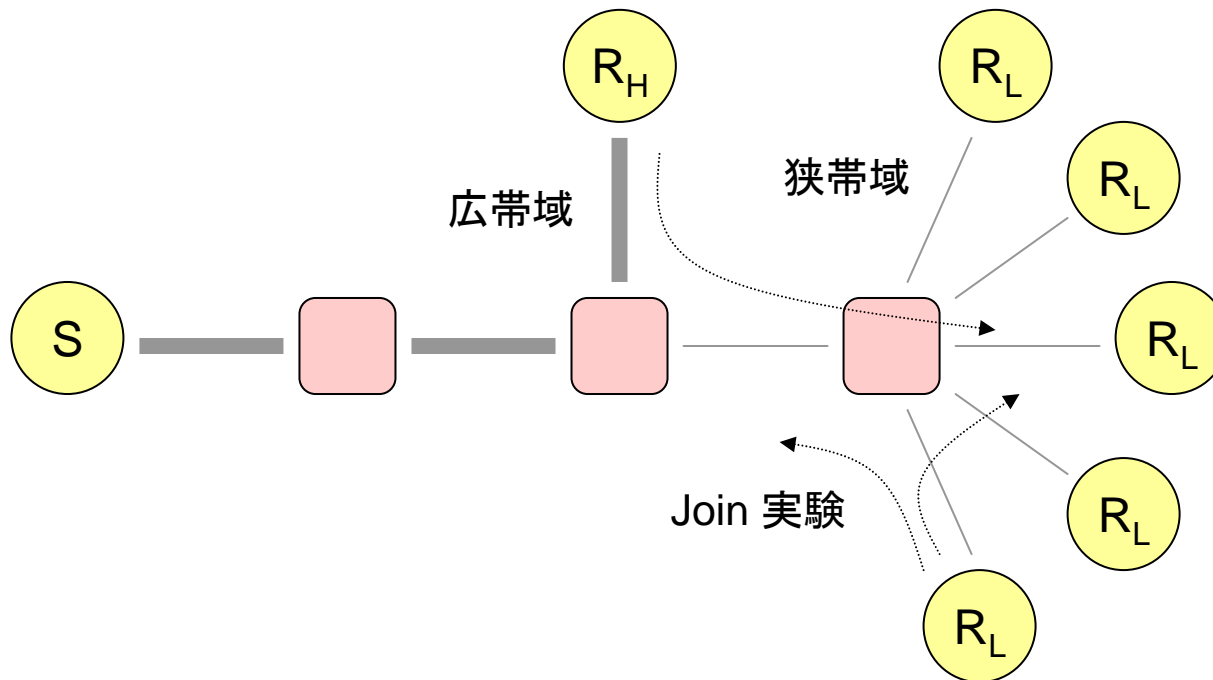
Join、Leave (ふくそう検出)、バックオフを繰り返し、レートを安定させる



# 階層化マルチキャスト (3)

## • Shared Learning

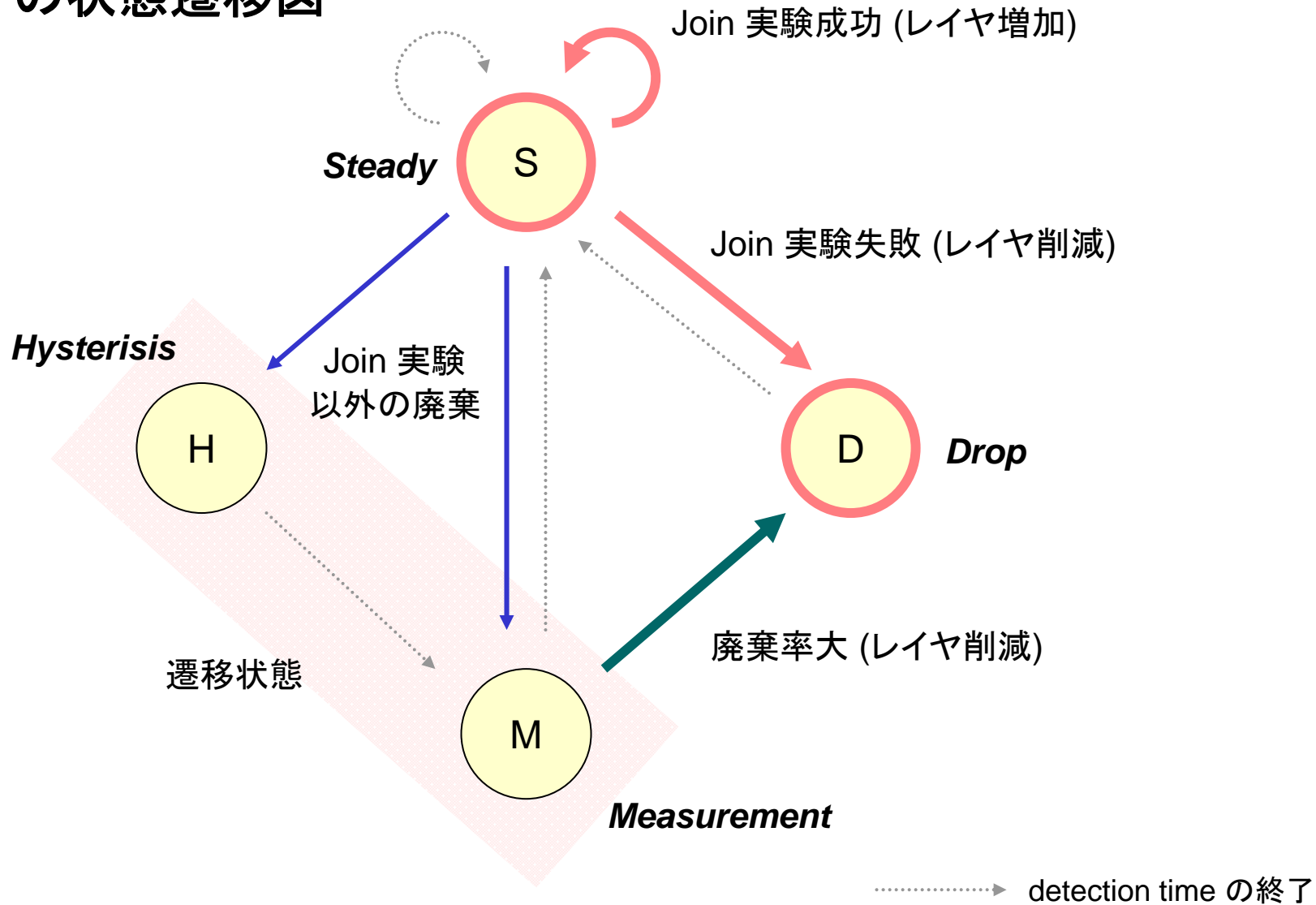
Join 実験の他の端末への通知



- 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

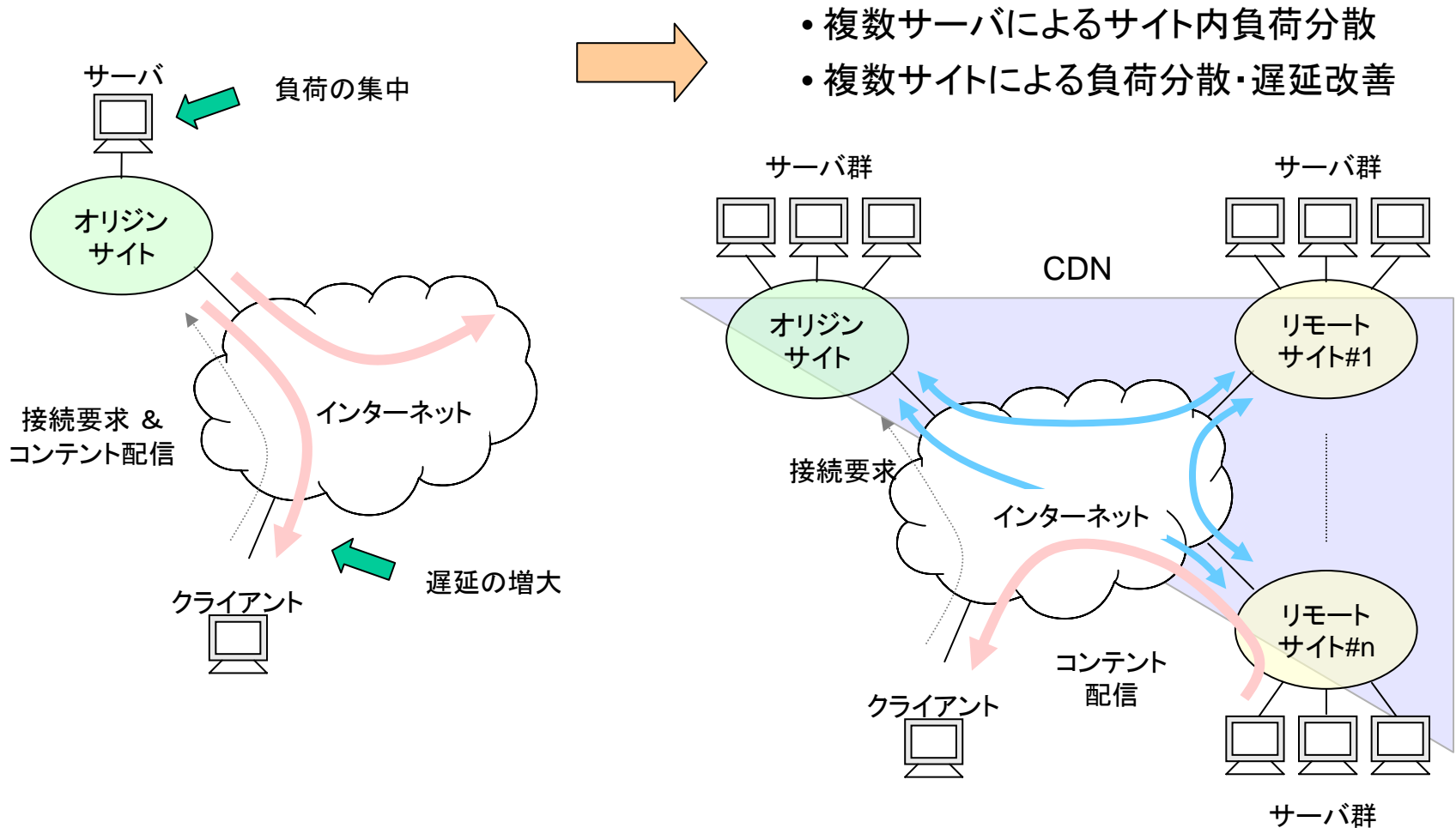


# CDN

Content Delivery Network

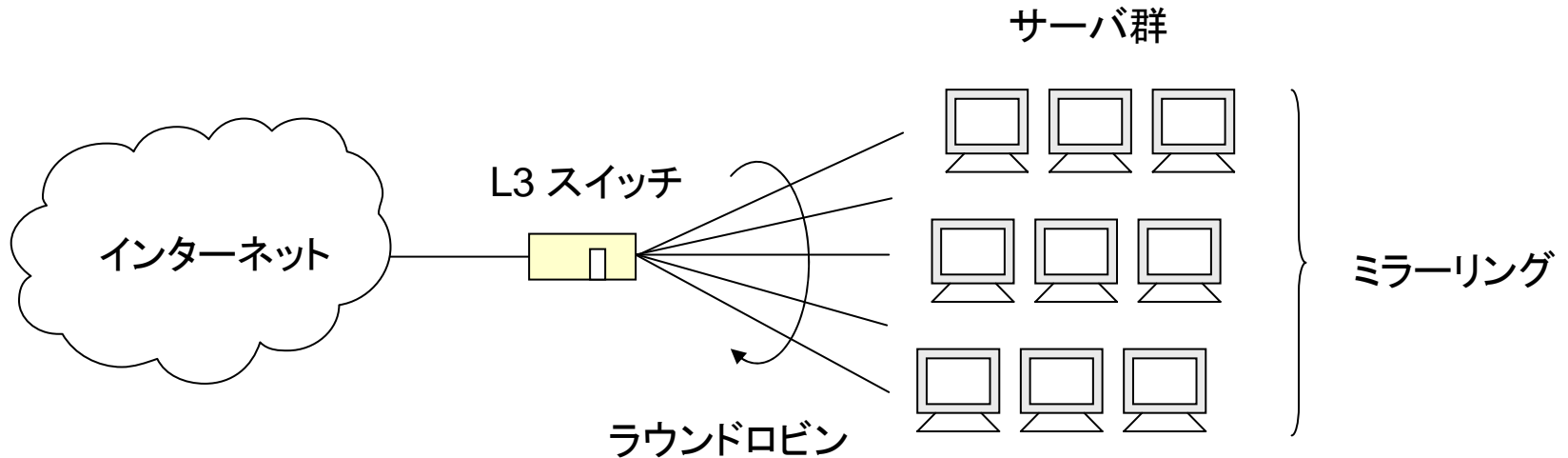
# CDN

## • 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:

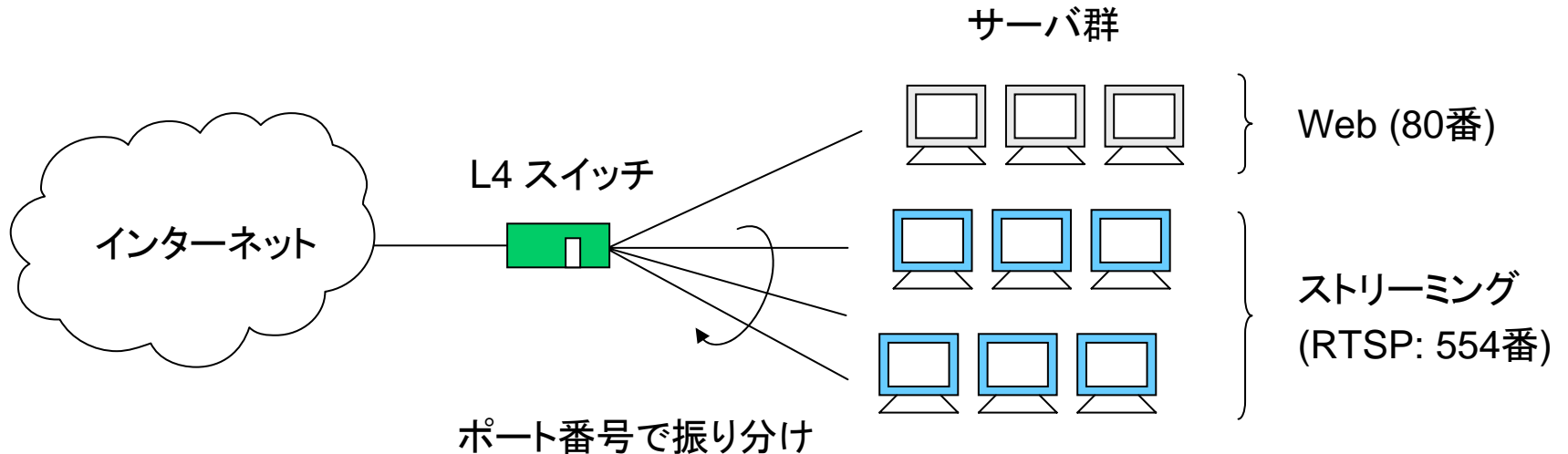
長所: スイッチの負荷が軽い

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



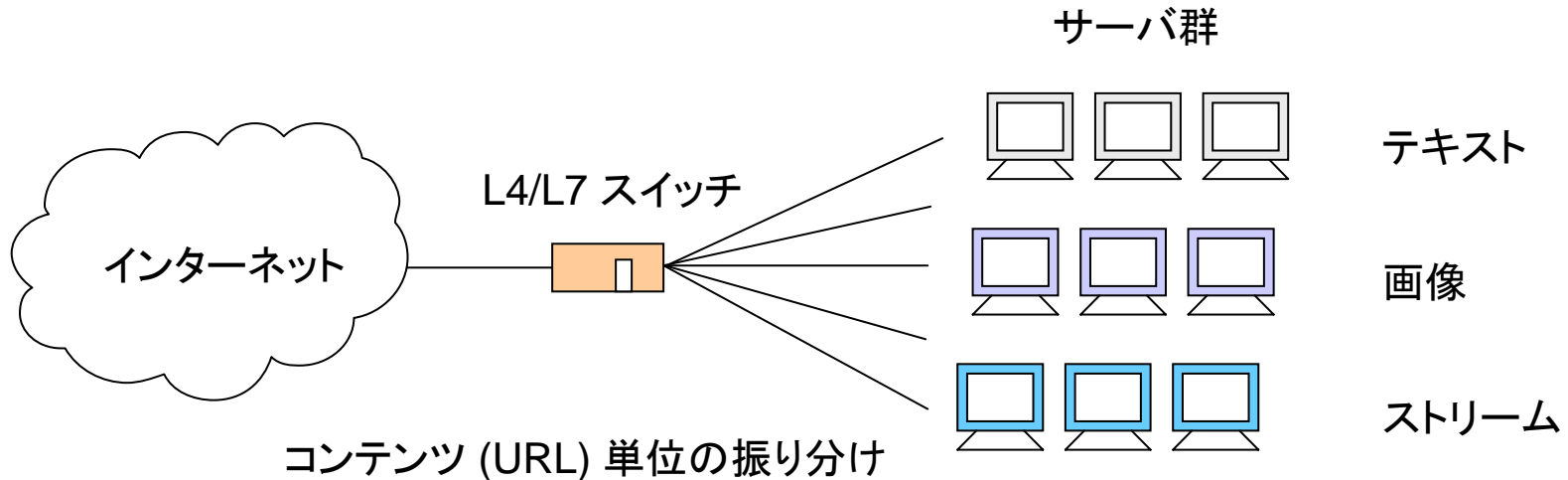
アプリケーション (ポート番号: L4情報) に応じた分散サーバ配置:

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:

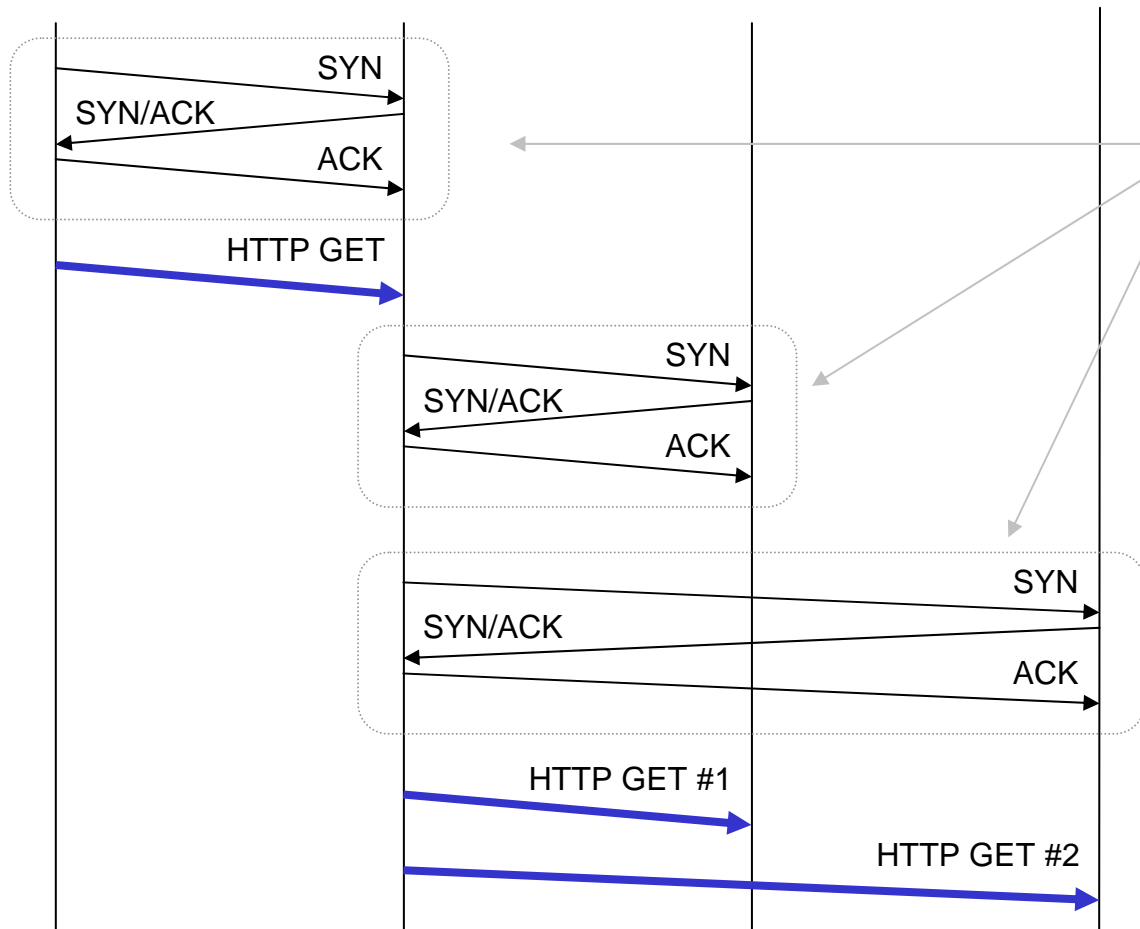
長所: コンテンツ単位のさらにきめこまかい負荷分散が可能

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)

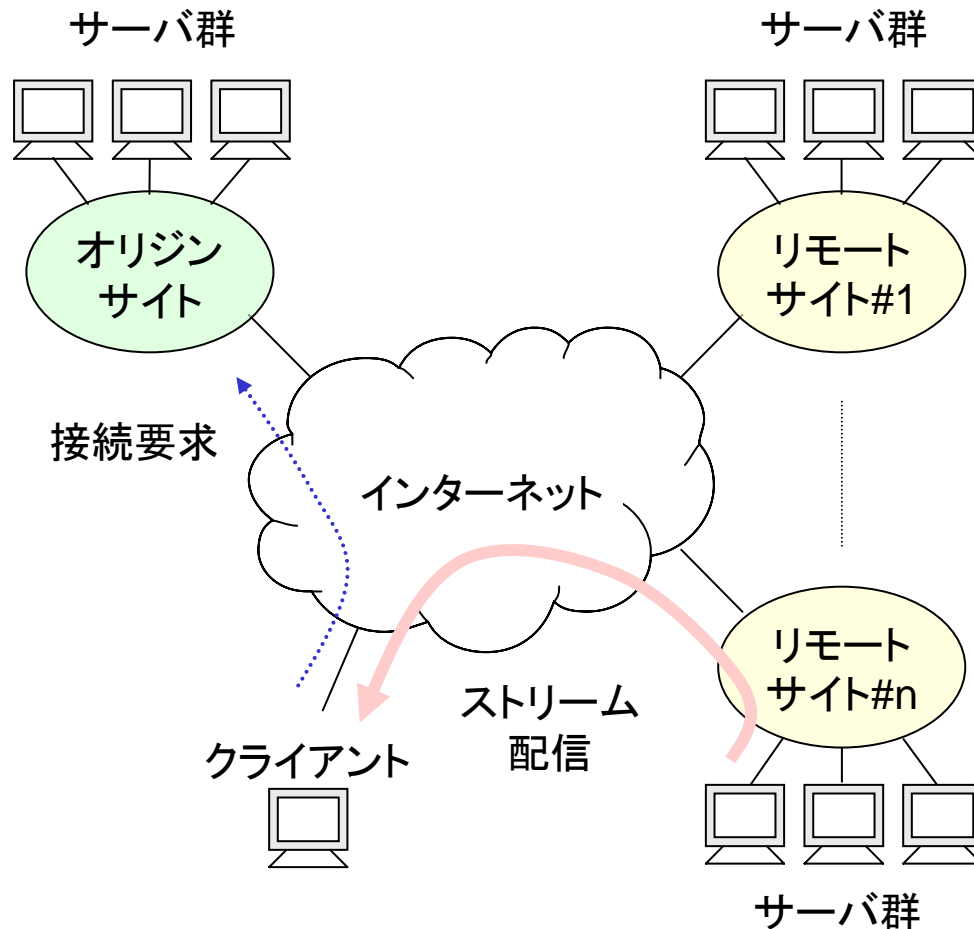
クライアント      L4/L7スイッチ      サーバ#1      サーバ#2



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



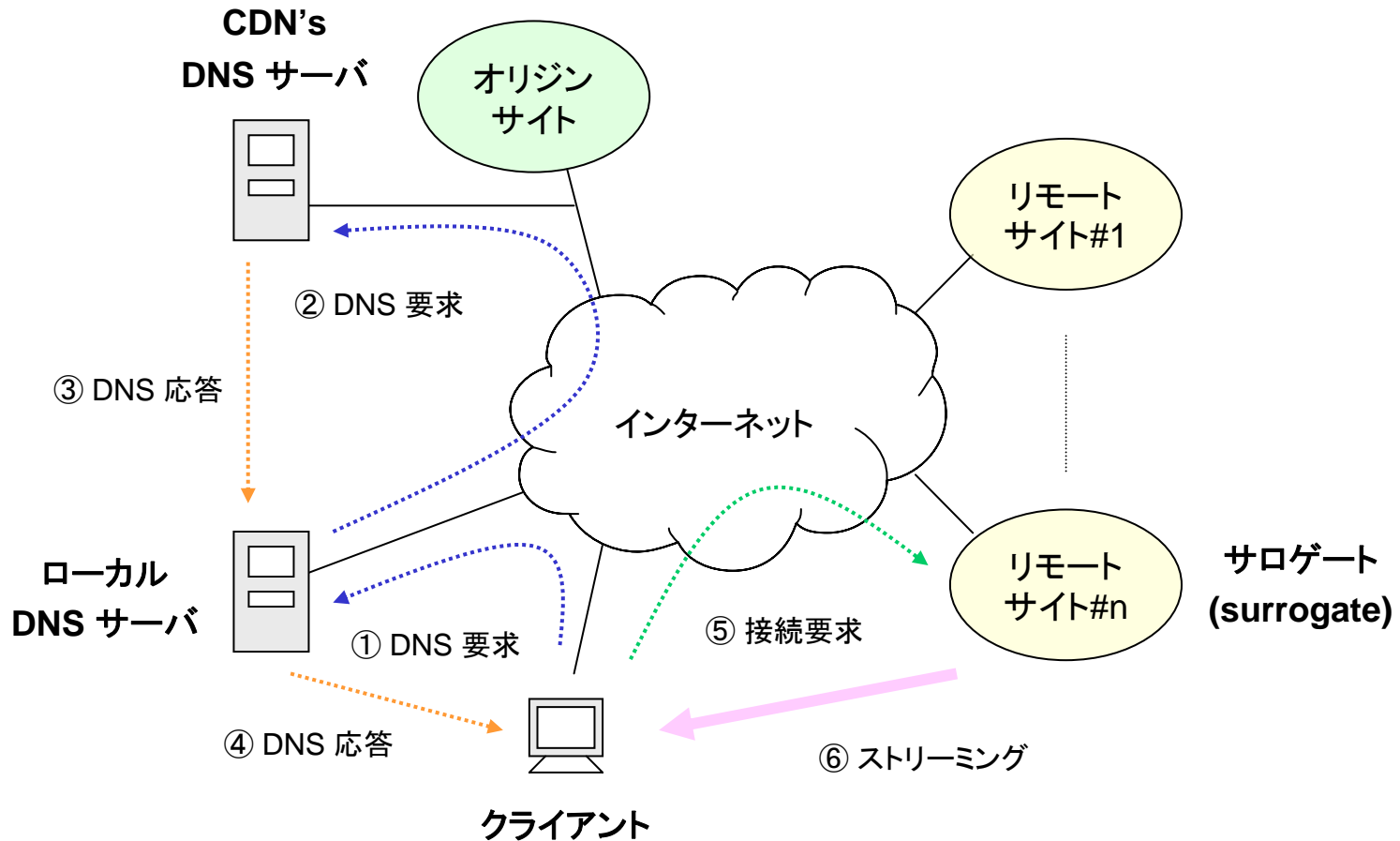
クライアントからの要求  
に応じて、適切なサイト  
を選択、誘導



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)



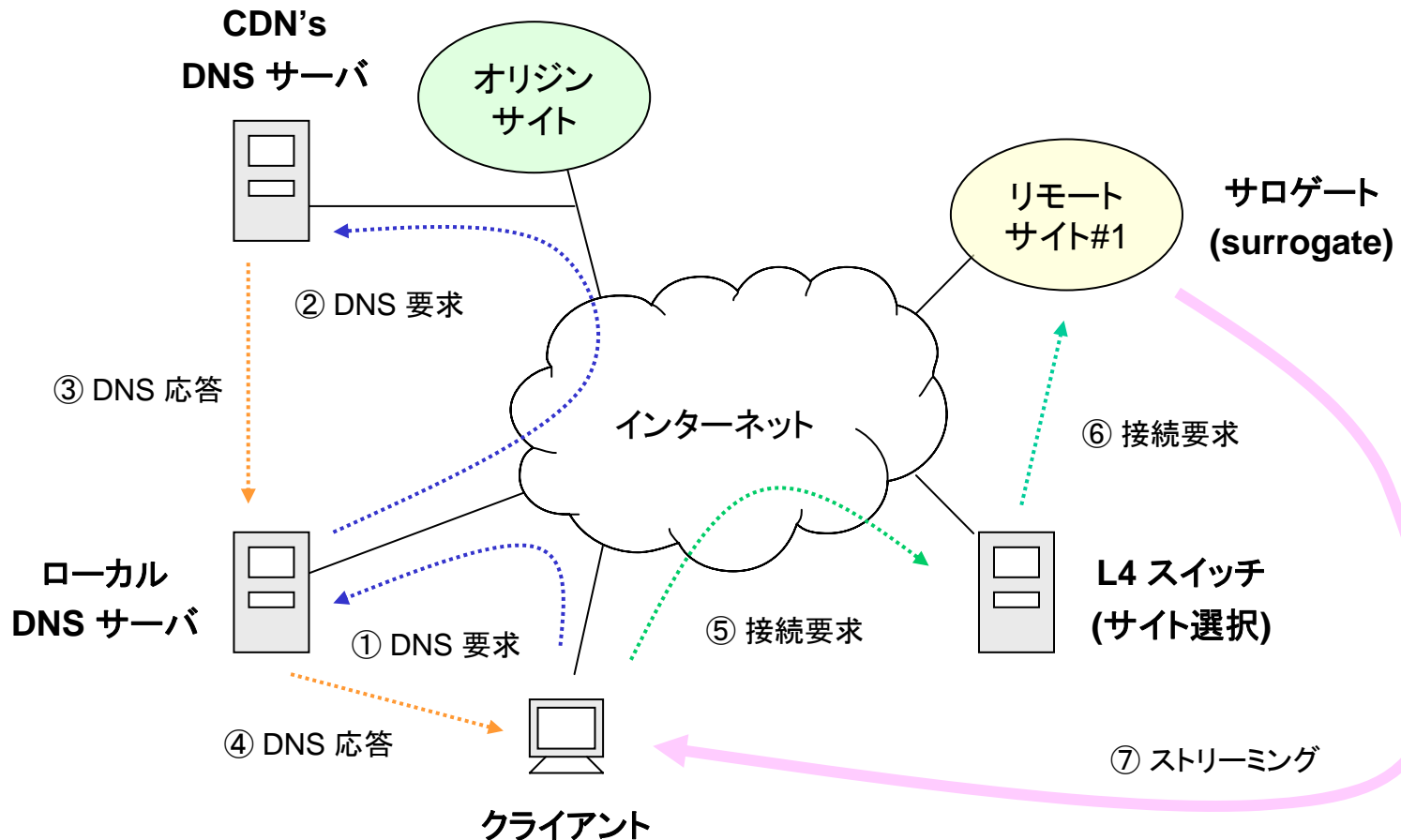
# リクエストルーティング (2)

## • 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

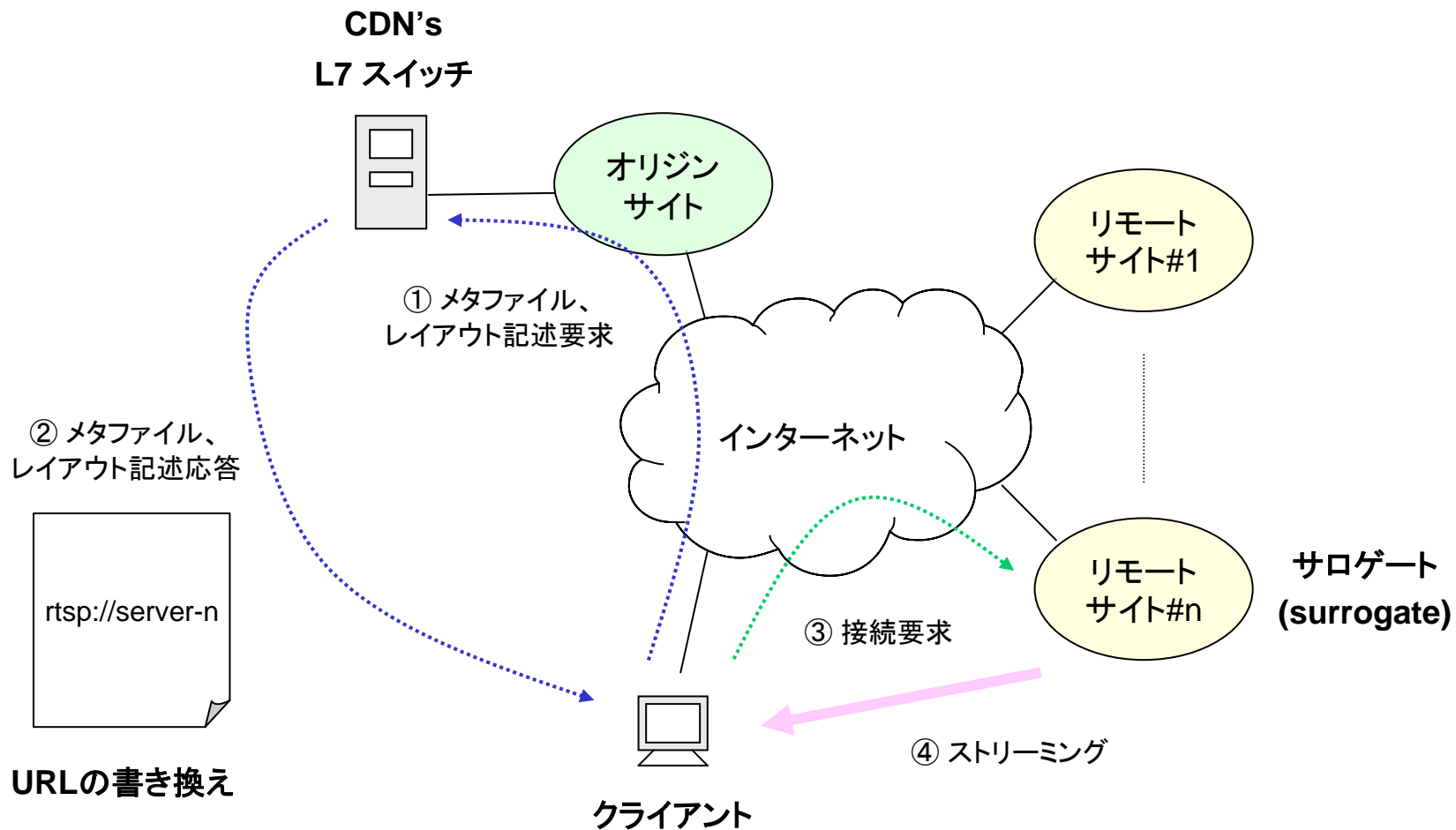


サロゲートの IP アドレスを返す代わりに L4 スイッチの IP アドレスを返す (負荷分散)



# 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)

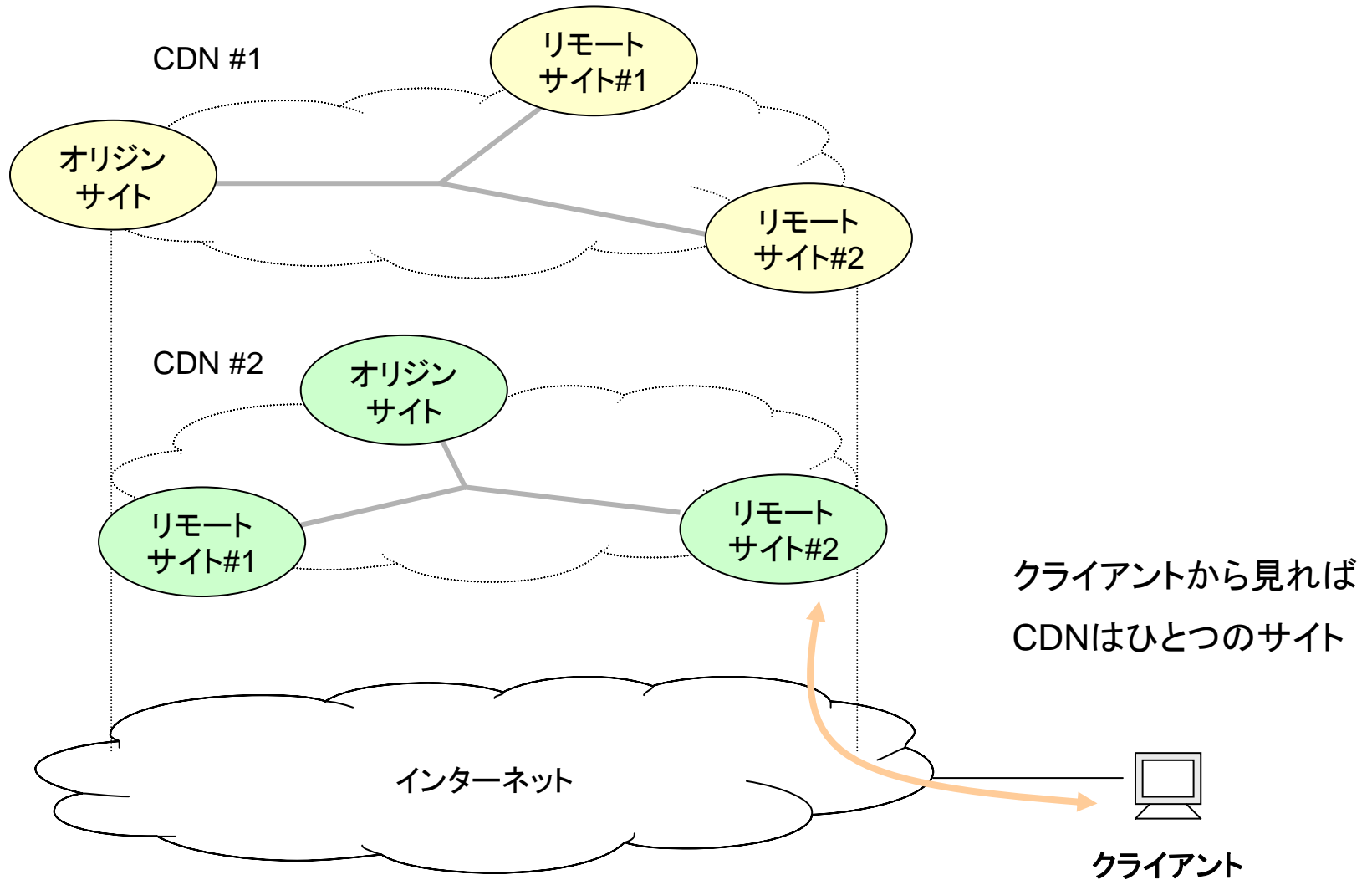
URL リライティング	方式
Header Inspection (1)	RTSP 記述内に仮想的なサロゲートの URL を記述しておき、アクセスが来たら最適サロゲートへの 302 リダイレクションコードを返す (例) “302” Moved Temporarily
Header Inspection (2)	MIME ヘッダ内の Language、Cookie 等のフィールド情報に応じて、適切なサロゲートへのルーティングを行う (例) stream.com → japanese.stream.com
Content Modification	クライアントからのリクエストに応じて、メタファイル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

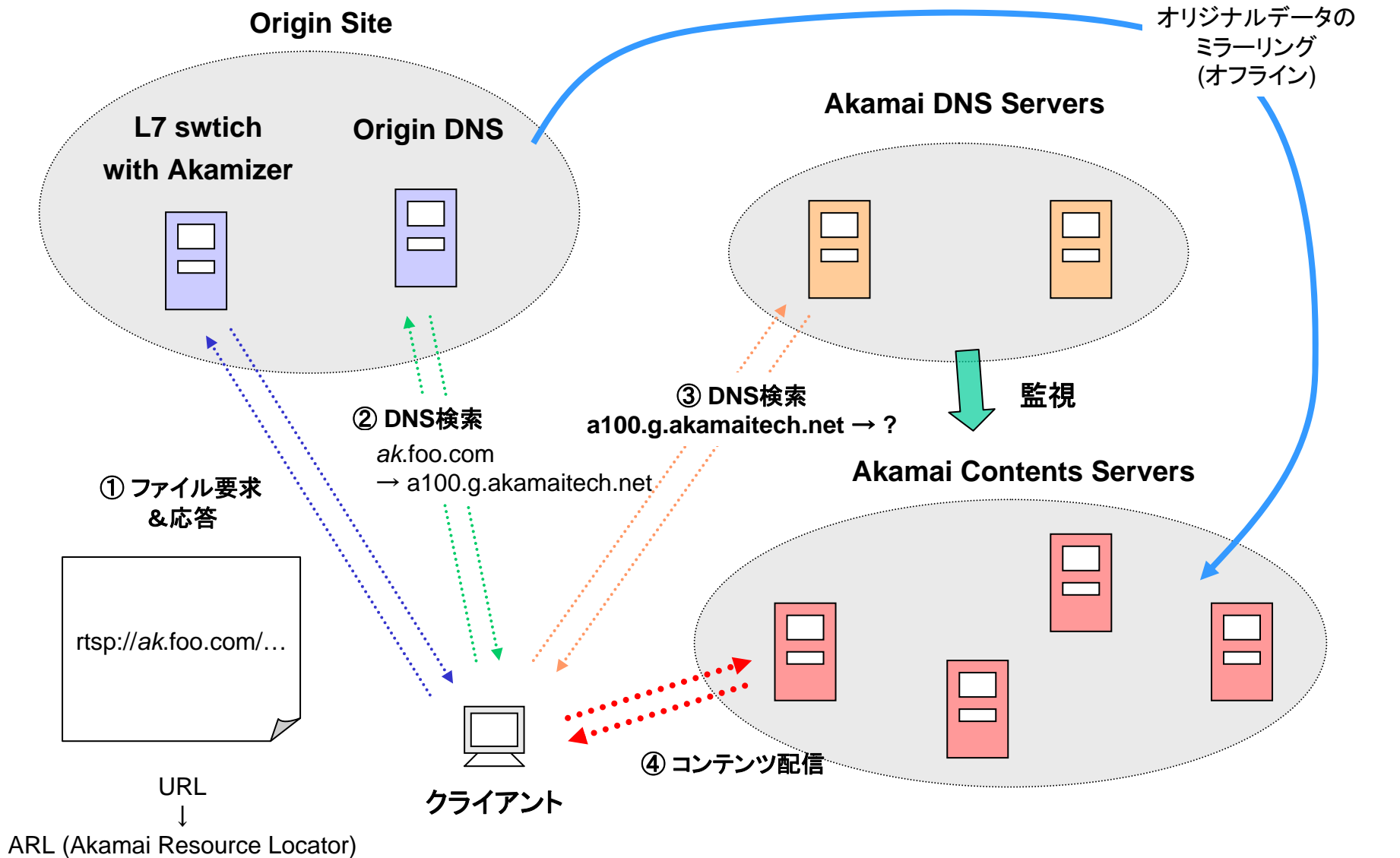
## • 最適サロゲートの推定方法

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

# 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?)

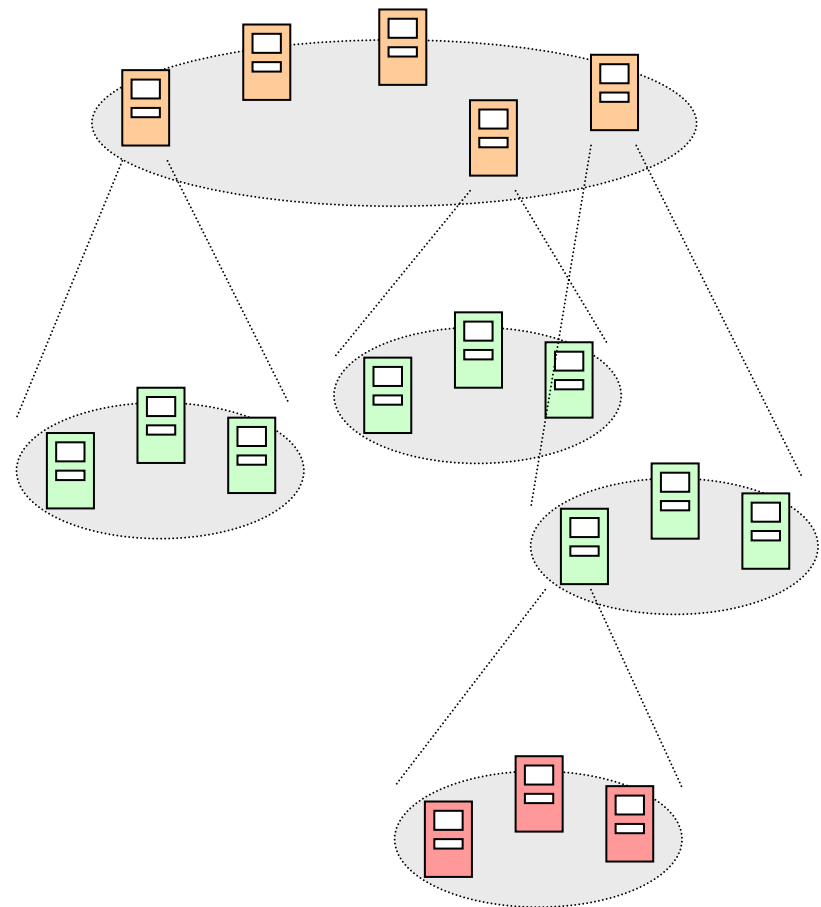
za.akamaitech.net  
zb.akamaitech.net  
...  
zr.akamaitech.net

### Low-Level DNS Servers (50以上)

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

### Contents Servers (2000以上)

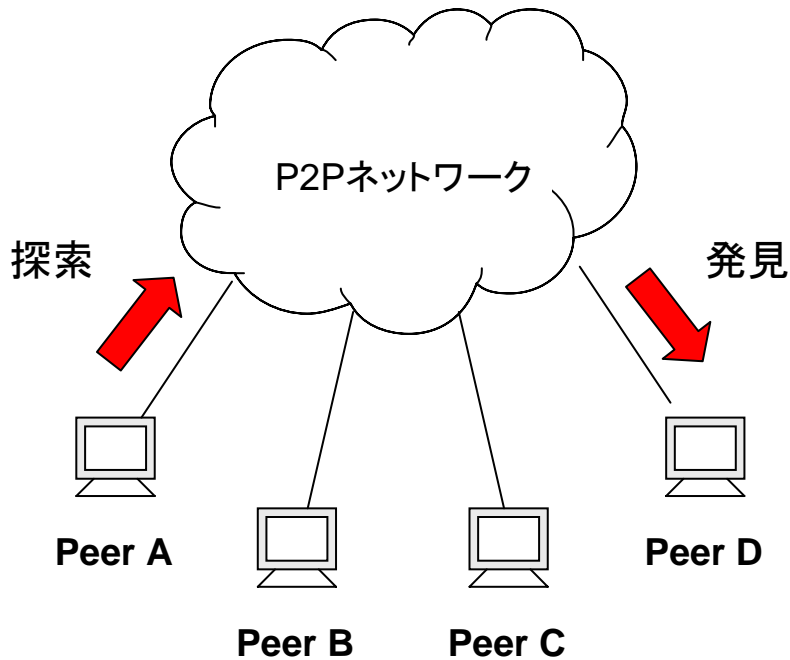
a0000.g.akamaitech.net  
a0001.g.akamaitech.net  
...  
annnn.g.akamaitech.net



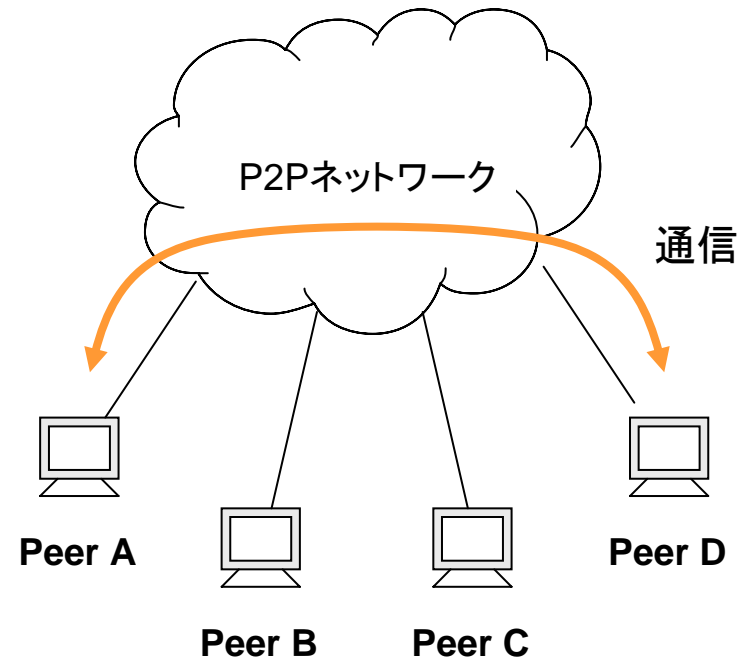
P2P  
(peer-to-peer)

# P2P (1) 基本

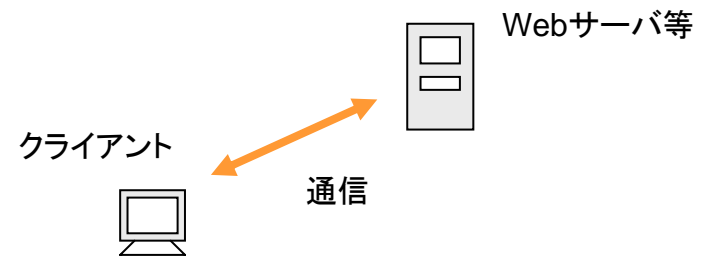
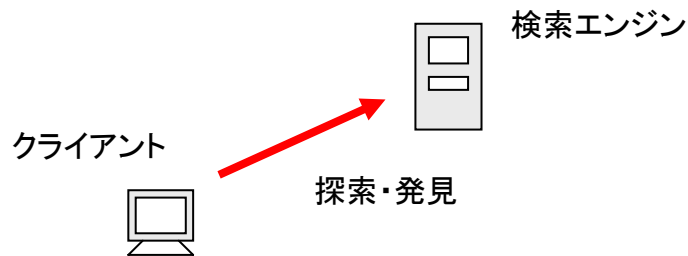
(1) 探索・発見



(2) 通信



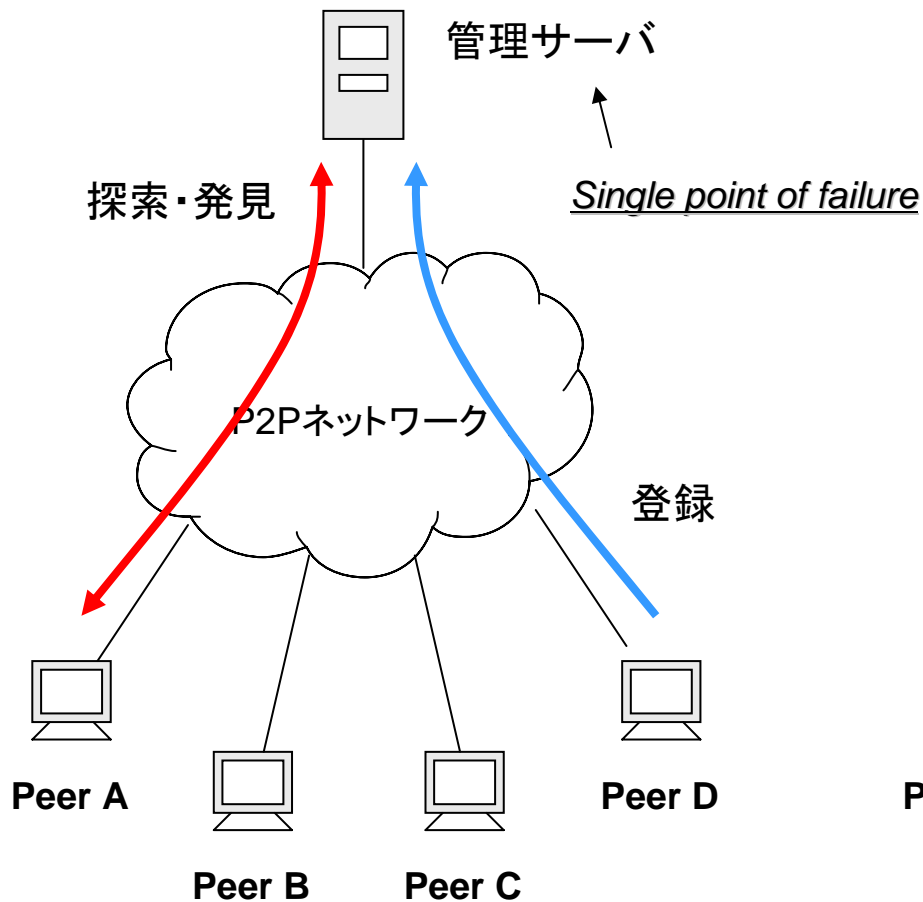
従来:



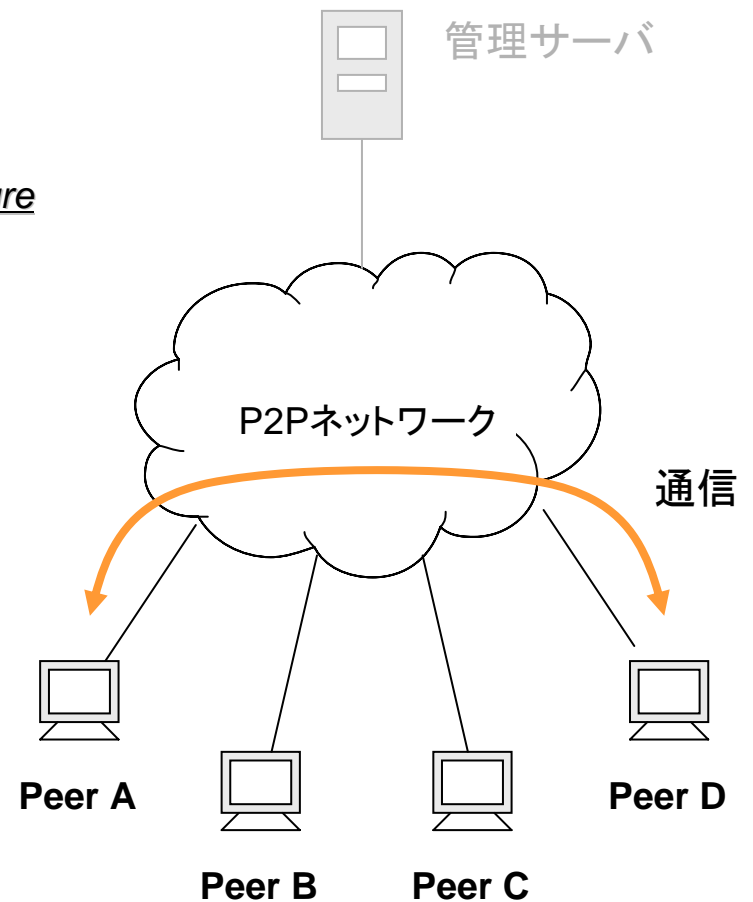


# P2P (2) Napster

(1) 登録+探索・発見

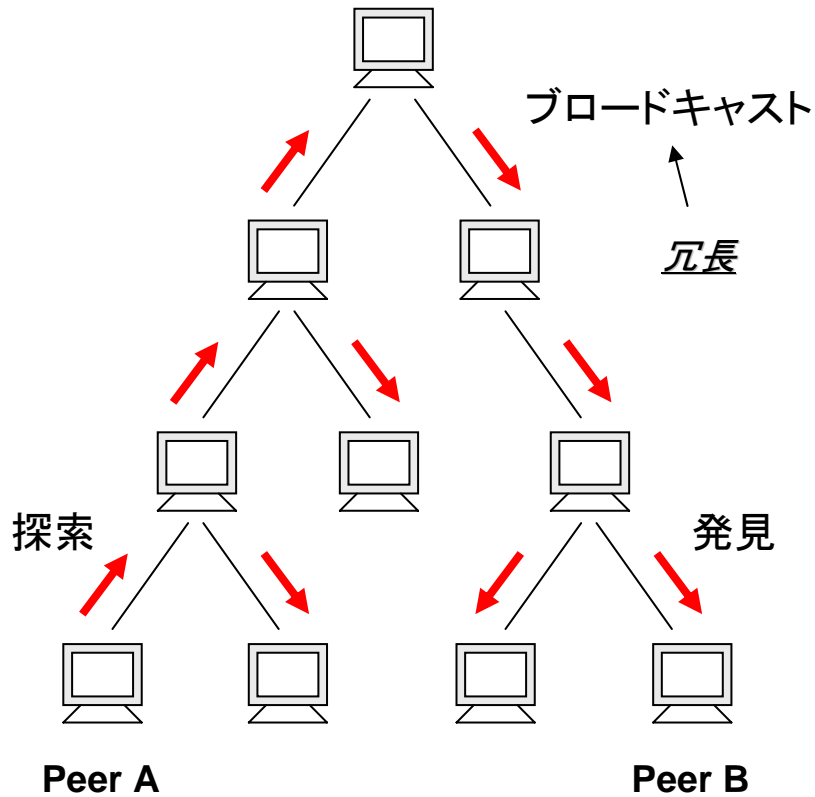


(2) 通信

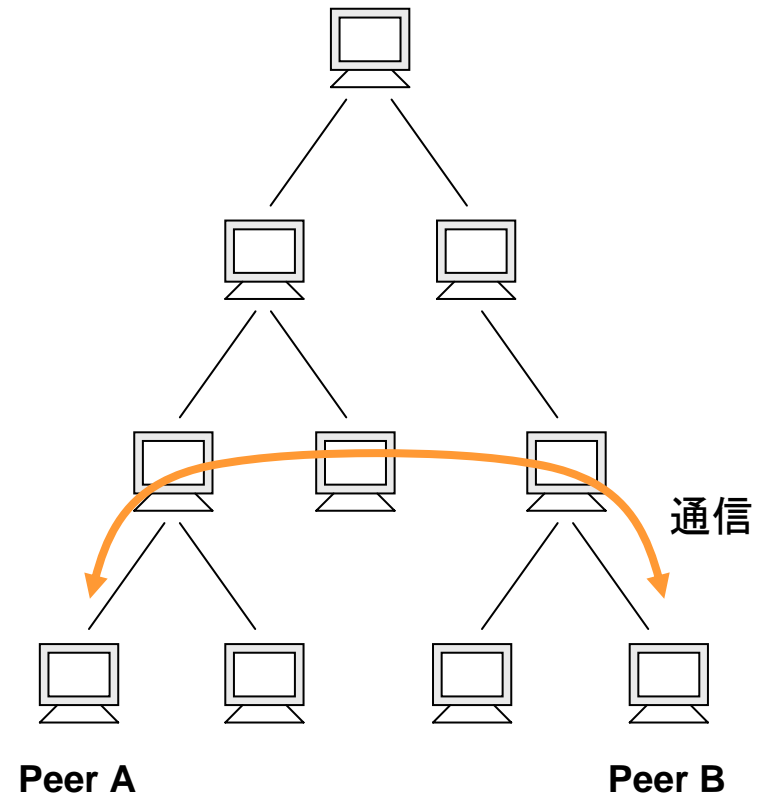


# P2P (3) Gnutella

(1) 探索・発見



(2) 通信

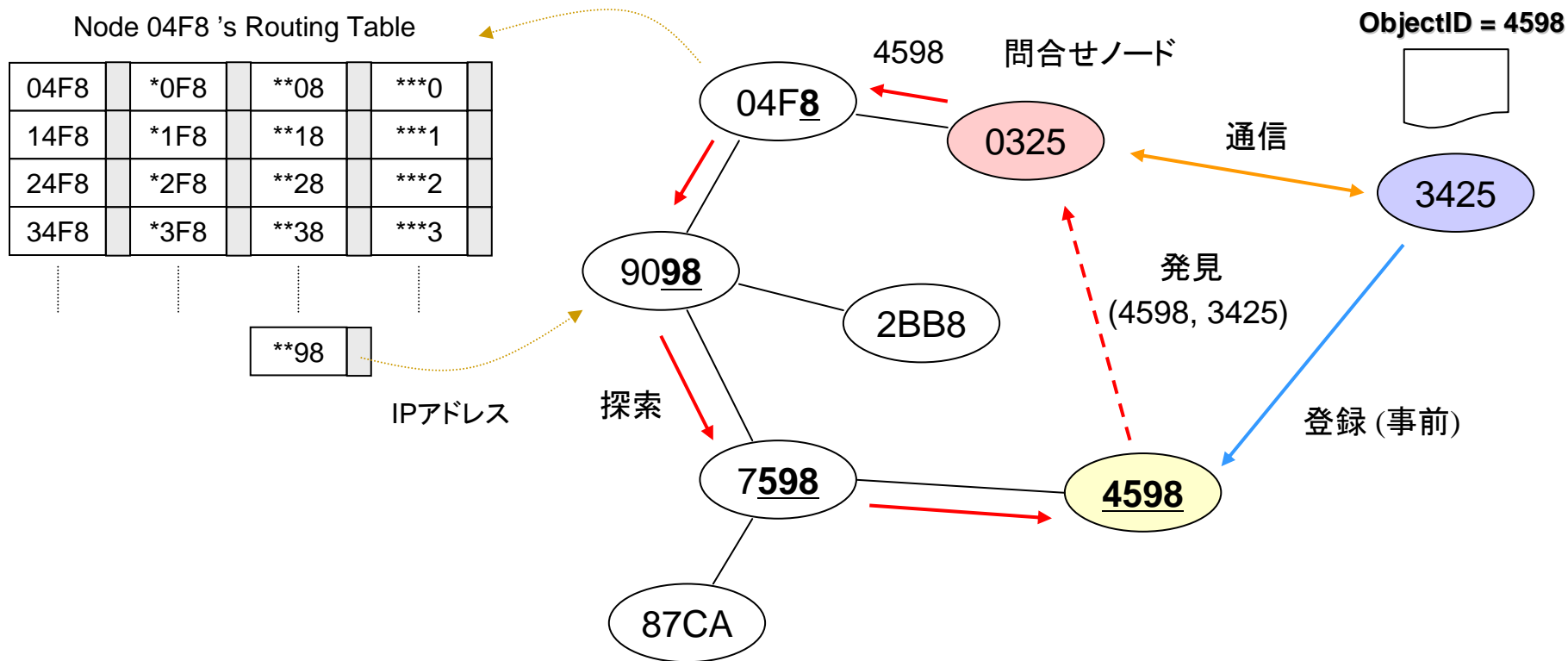


# P2P (4) Plaxton's Algorithm

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

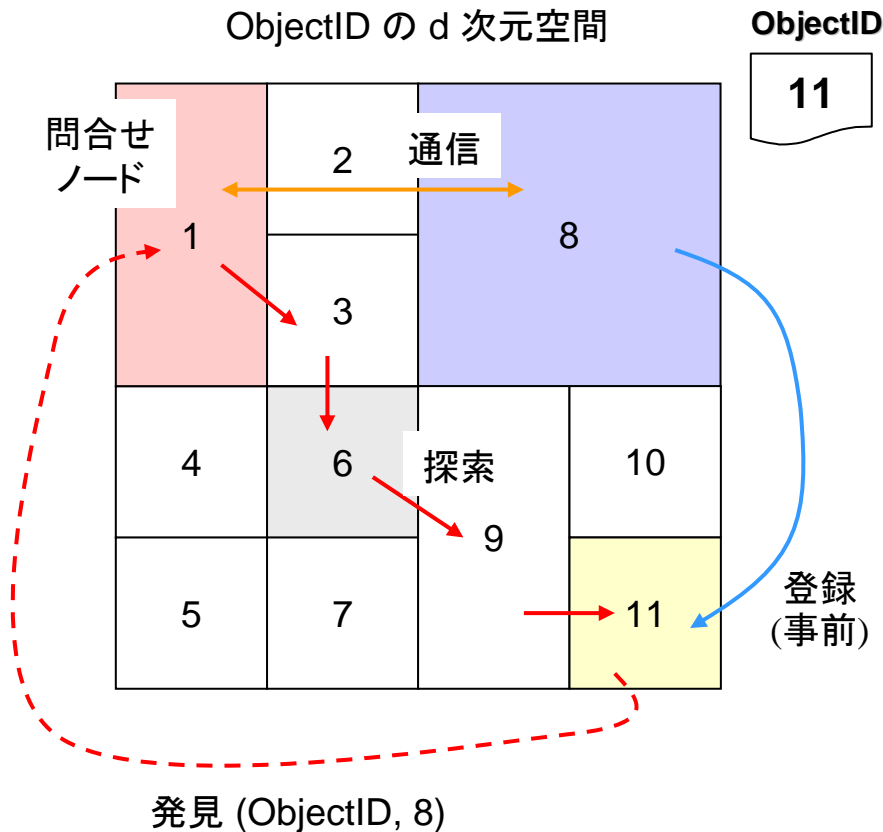
探索・発見: \*\*\*8 ⇒ \*\*98 ⇒ \*598 ⇒ 4598 の順に探索 (ObjectID = 4598 の場合)



# P2P (5) CAN

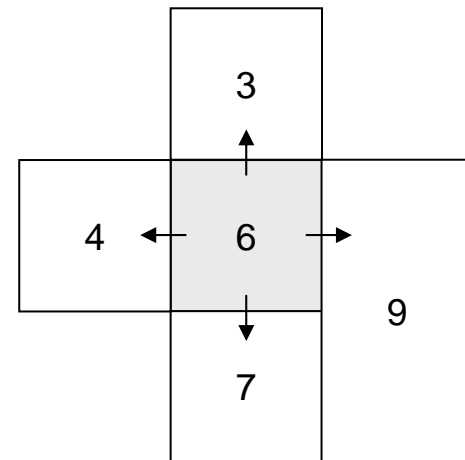
Plaxton's Algorithm の変形、拡張

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



(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



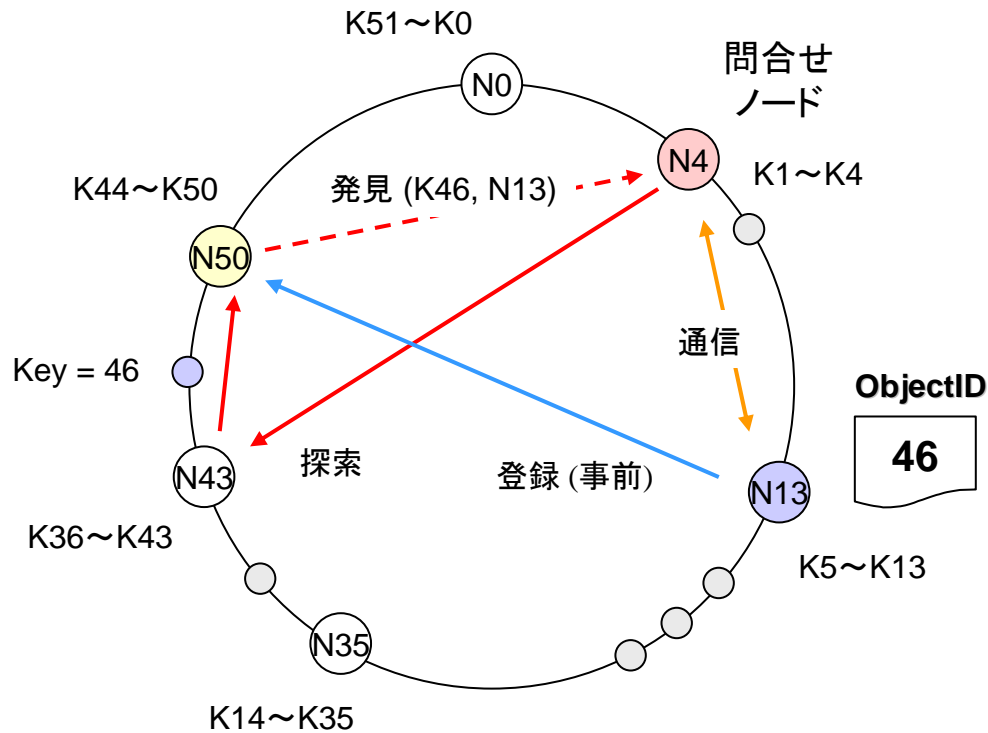
# P2P (6) Chord

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

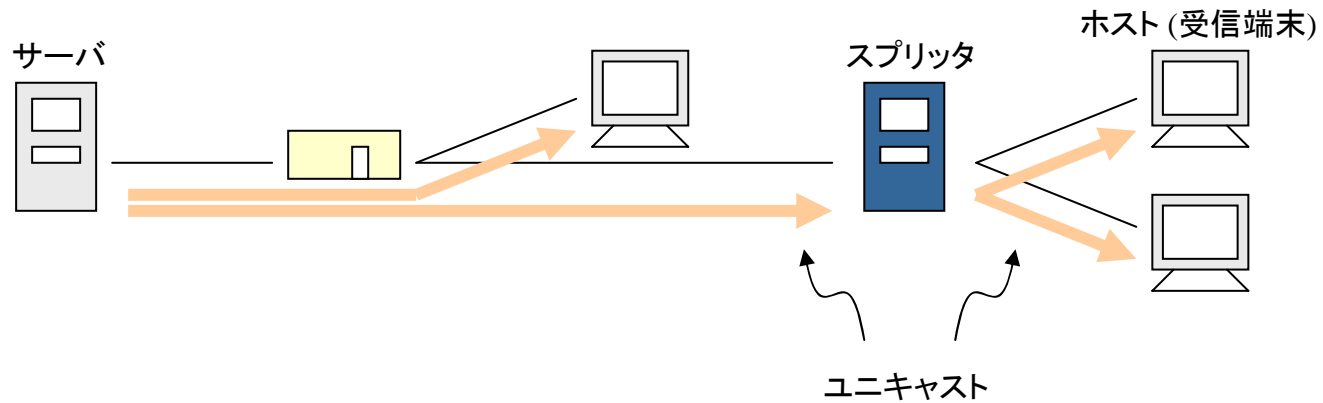
Key	Interval	Successor
5 ( $=4+2^0$ )	[5,6)	13
6 ( $=4+2^1$ )	[6,8)	13
8 ( $=4+2^2$ )	[8,12)	13
12 ( $=4+2^3$ )	[12,20)	13
20 ( $=4+2^4$ )	[20,36)	35
36 ( $=4+2^5$ )	[36,4)	43

Node 43 のfinger table

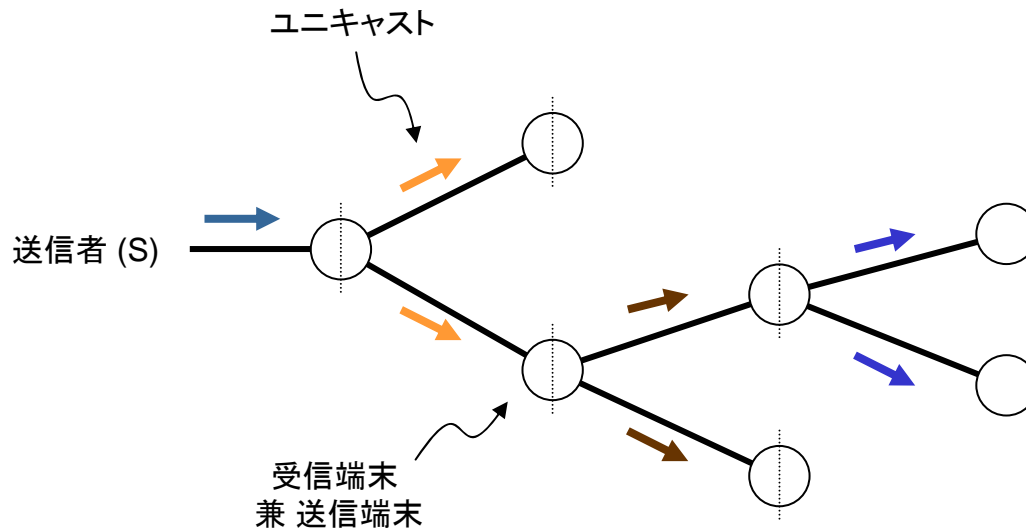
Key	Interval	Successor
44 ( $=43+2^0$ )	[44,45)	50
46 ( $=43+2^1$ )	[46,48)	50
48 ( $=43+2^2$ )	[48,51)	50
51 ( $=43+2^3$ )	[51,59)	0
59 ( $=43+2^4$ )	[59,11)	0
11 ( $=43+2^5$ )	[11,43)	13

# アプリケーション層マルチキャスト (1)

- スプリッタ

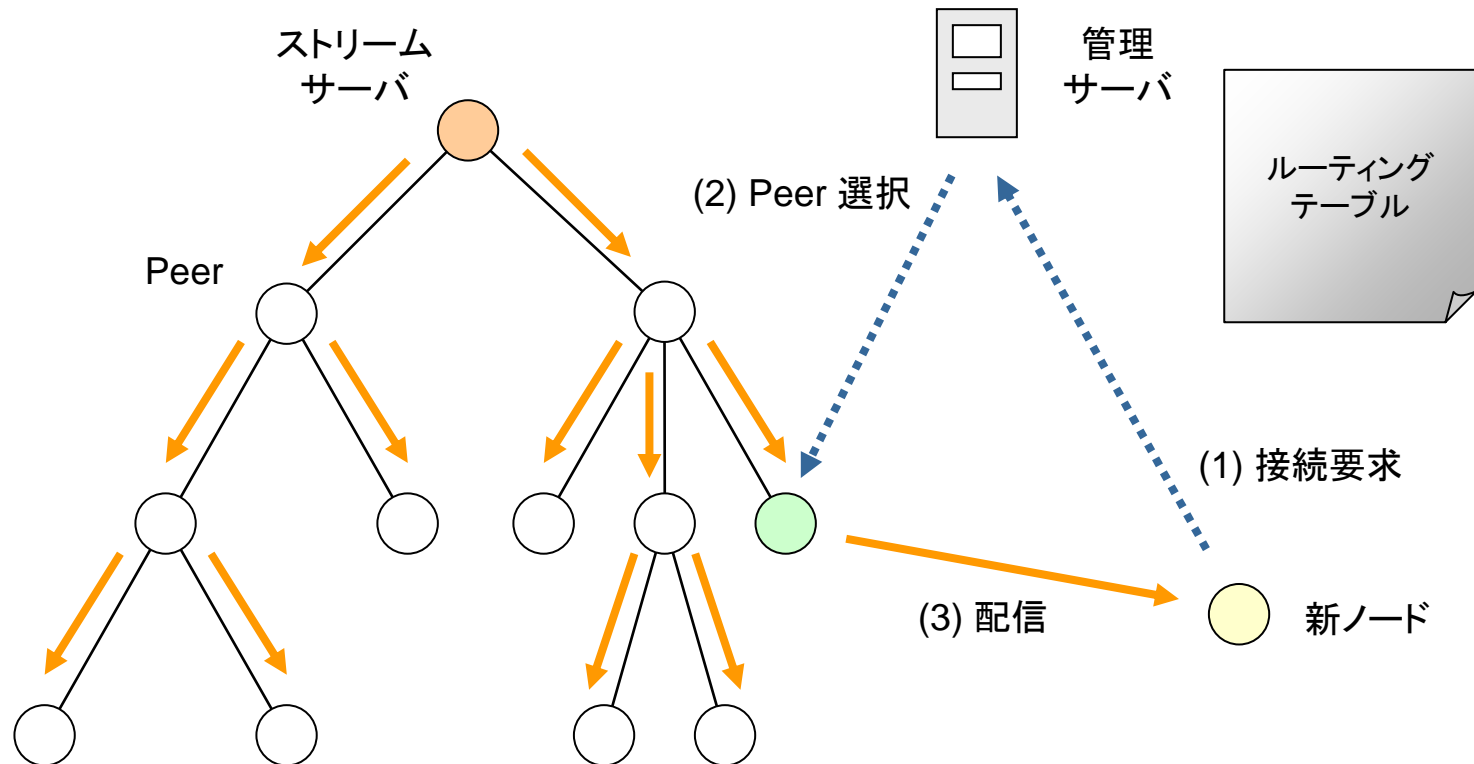


- P2P (Peer-to-Peer)



# 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

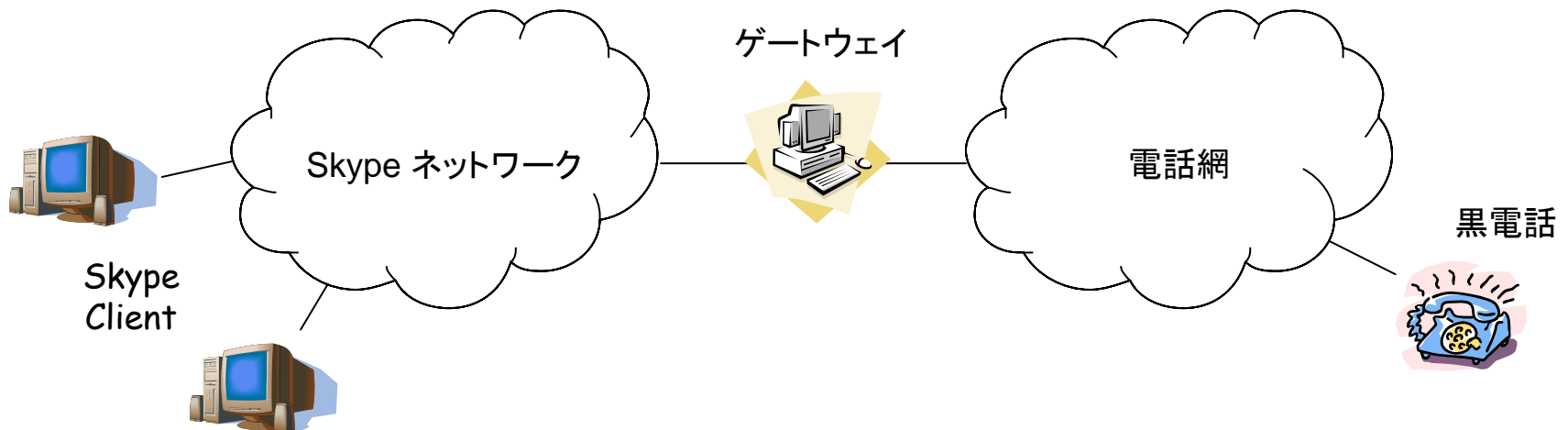
短所: 転送トラフィックの増加、経路の準最適性、管理サーバの負荷

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

# Skype (1)

## • P2P 型 VoIP システム

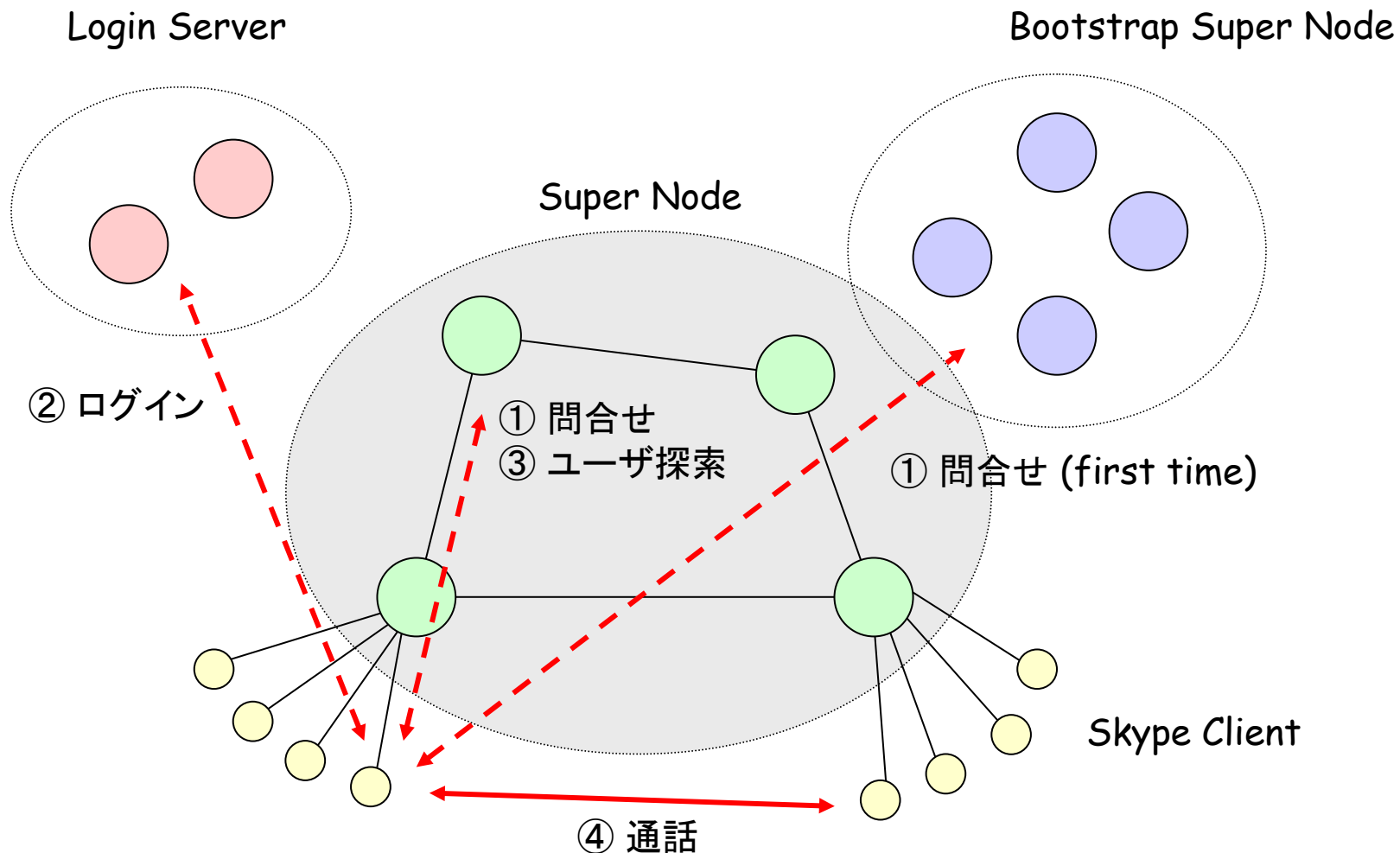
- 音質向上 : Global IP Sound (広帯域音声符号化)
- NAT超え : UDP  $\Rightarrow$  TCP  $\Rightarrow$  HTTP (80)  $\Rightarrow$  HTTPS (443)  $\Rightarrow$  *proxy*
- 暗号化 : AES (Advanced Encryption Standard, 256 bit)
- SkypeIn / SkypeOut : 黒電話との発着信





# Skype (2)

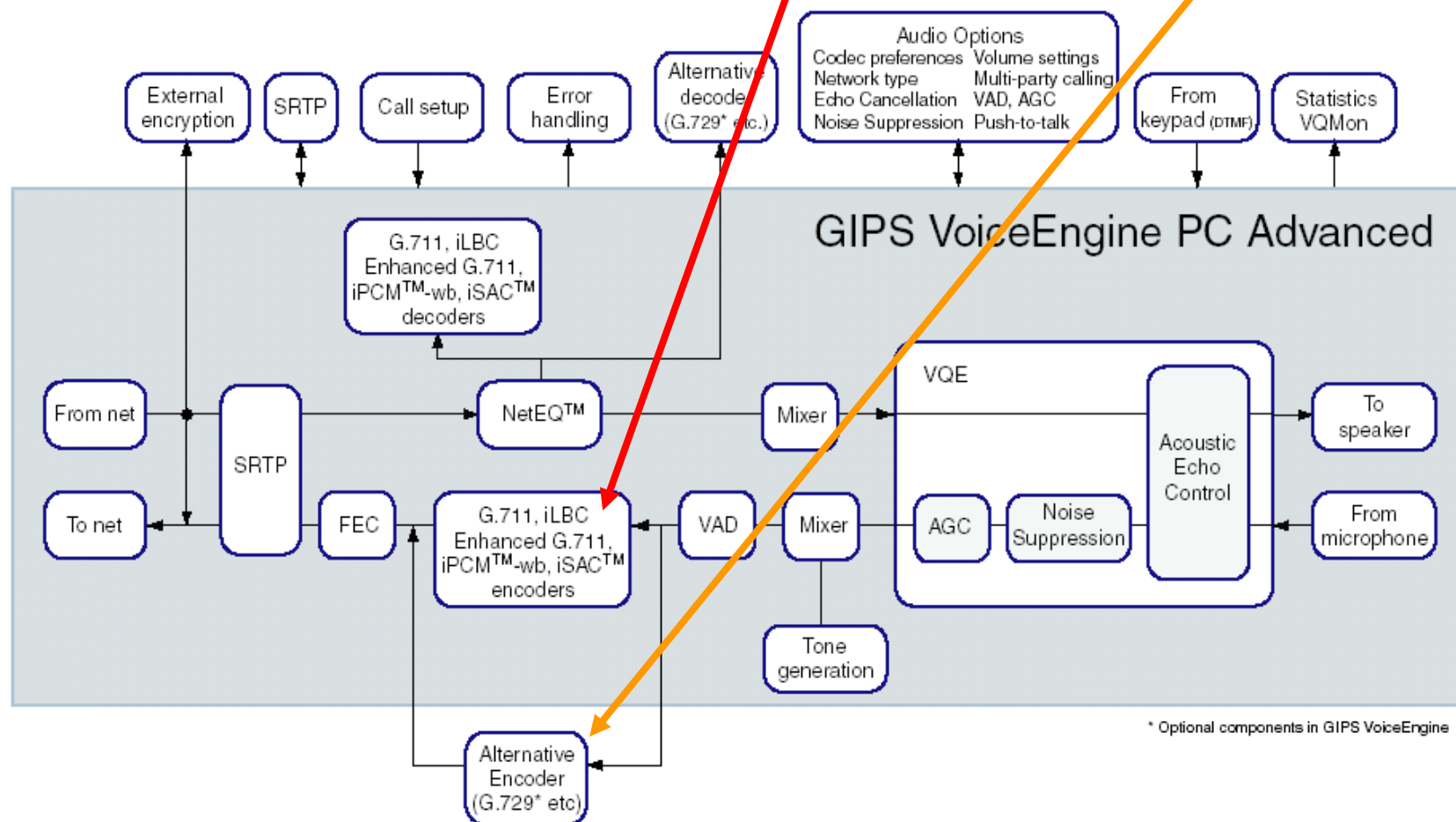
## • システムの構成要素



# Skype (3)

## • Global IP Sound

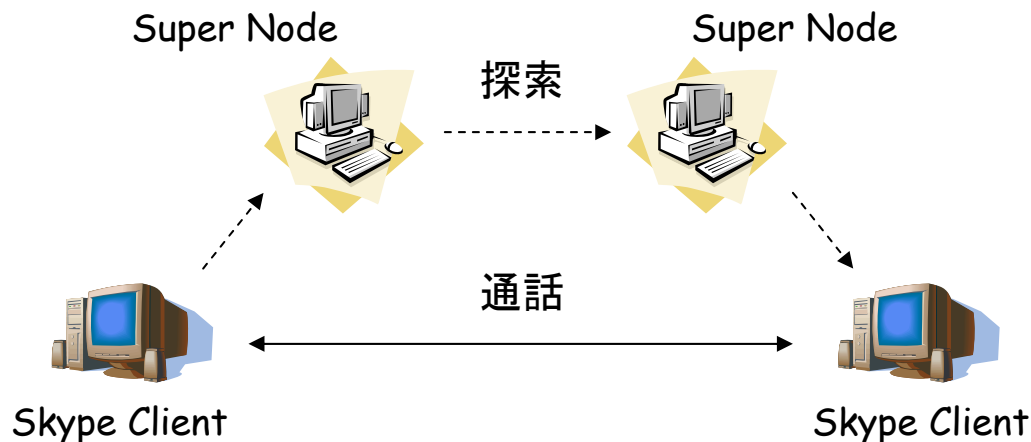
広帯域音声 (16/32kHz) ~ 狭帯域音声 (8kHz)



# Skype (4)

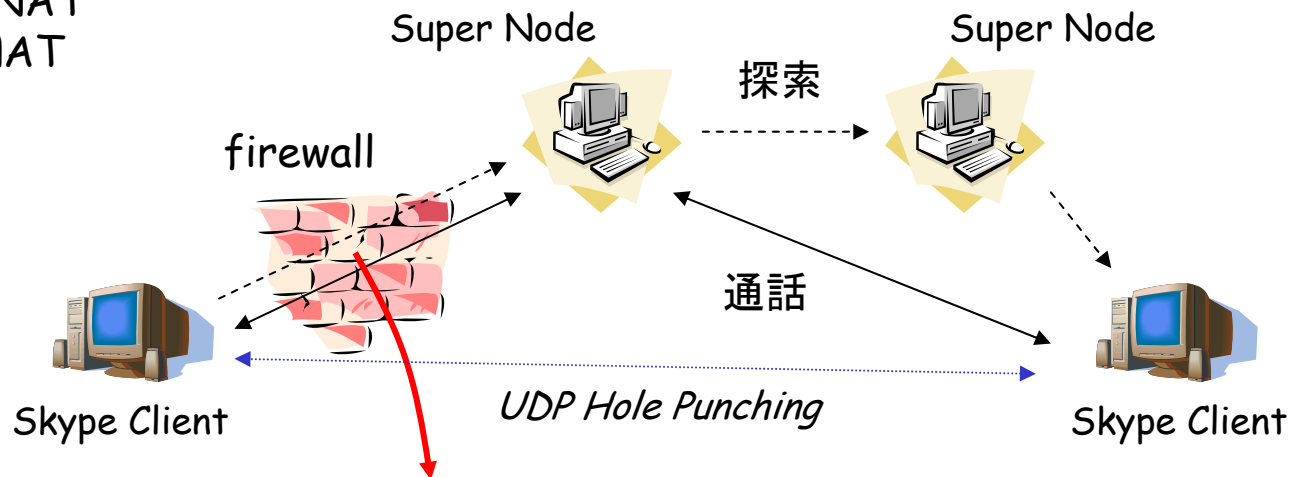
## • NAT超え

(1) Public ~ Public



(2) Public ~ NAT

(3) NAT ~ NAT



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