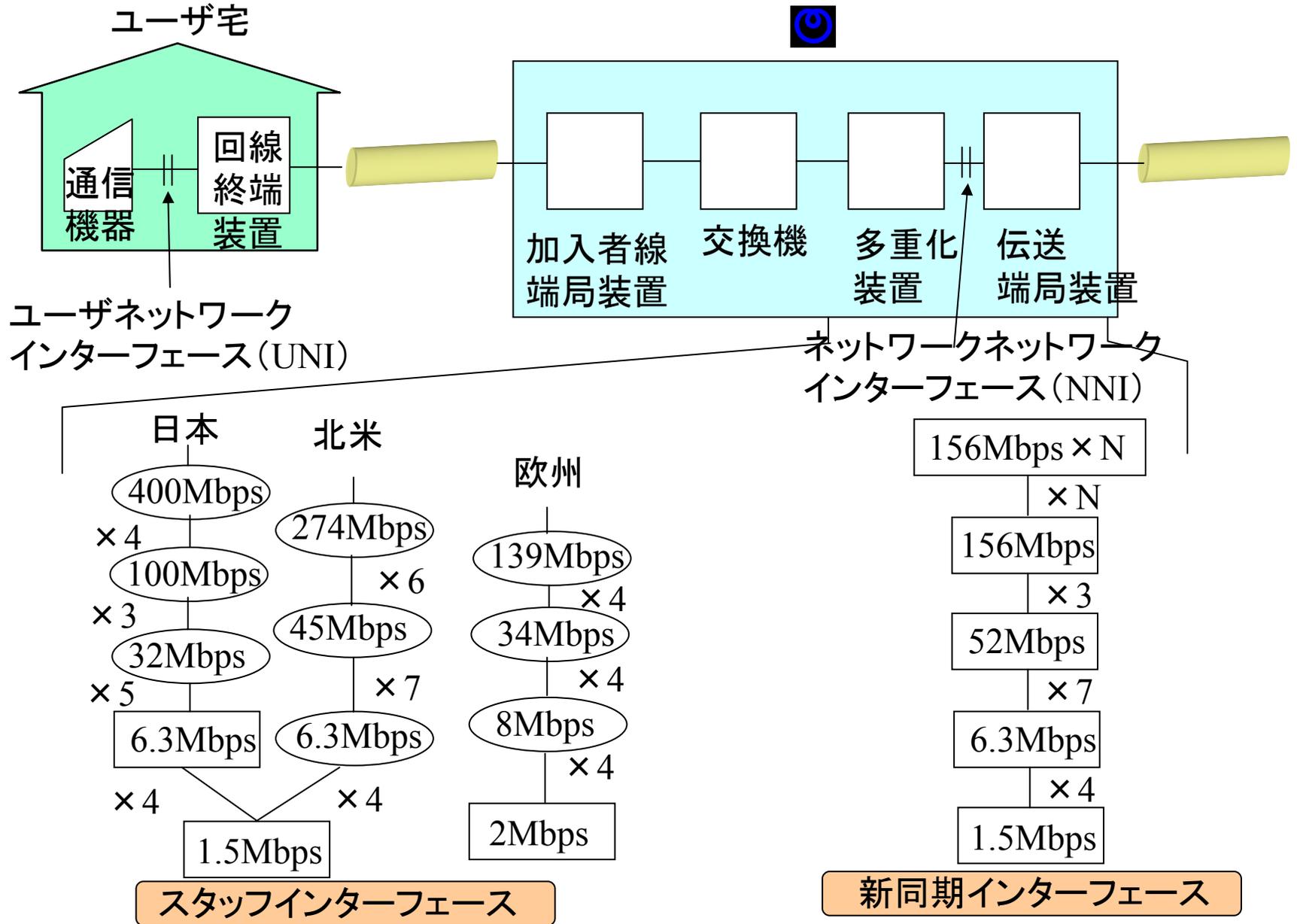


第2回

電話システムとインターネットー2

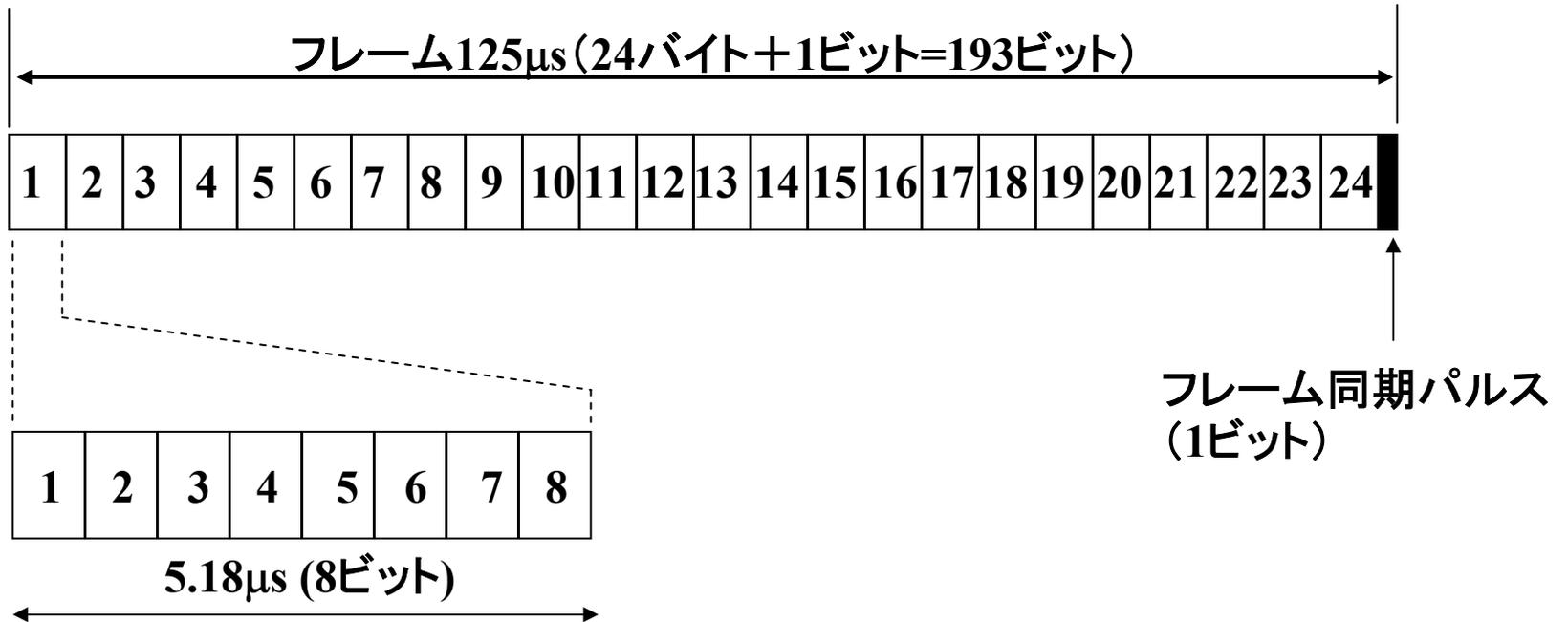
2009年10月19日(月)

新同期網 (Synchronous Digital Hierarchy : SDH)



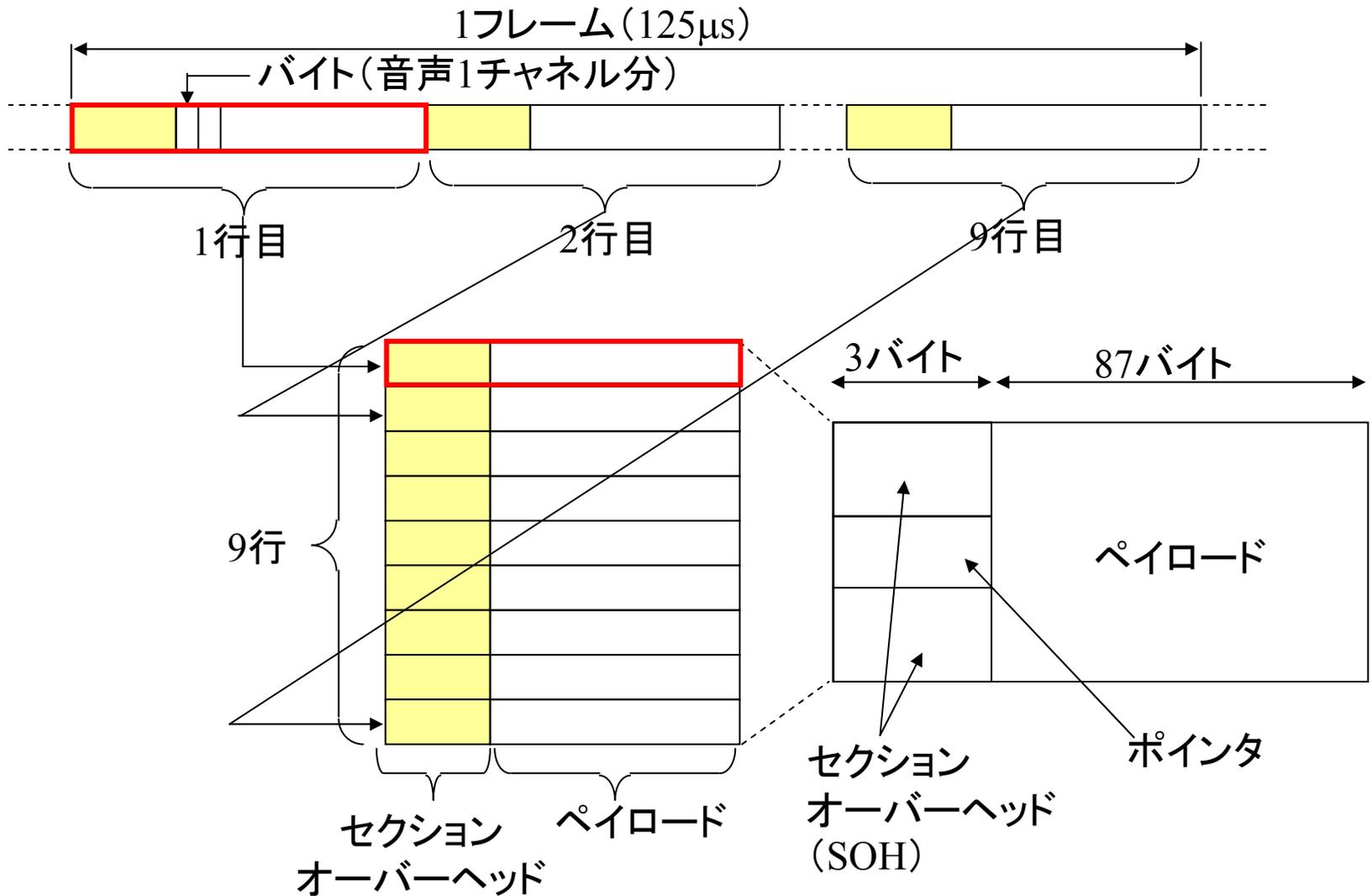
信号のフレーム構成

1.544Mbpsの信号フレーム構成



SDHインターフェースの表現方法 (STM-0)

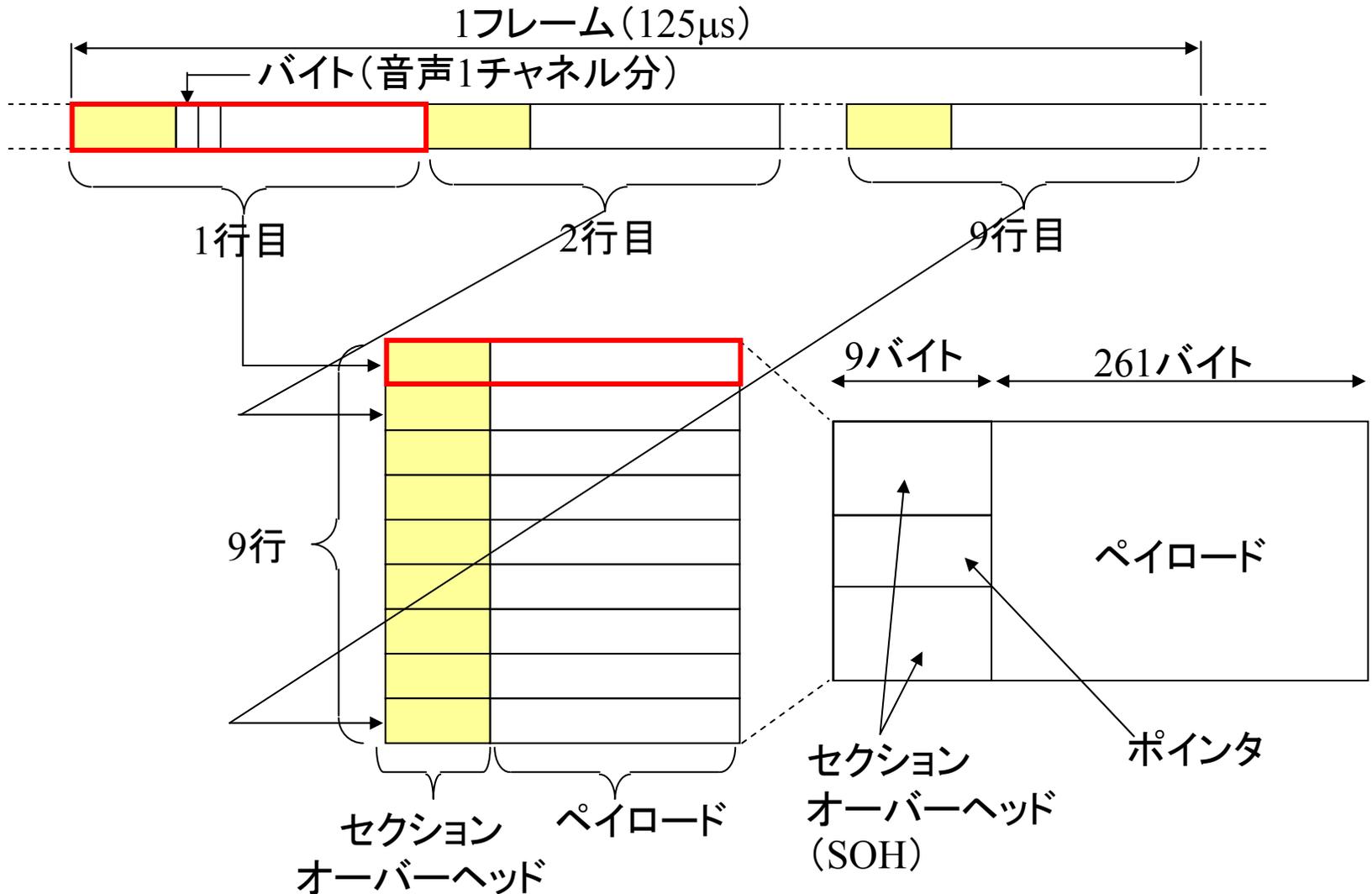
STM-0(51.84Mbps)インターフェースのフレーム構成



$$90\text{列} \times 9\text{行} \times 8\text{ビット} / 125\mu\text{s} = 51.84\text{Mbps}$$

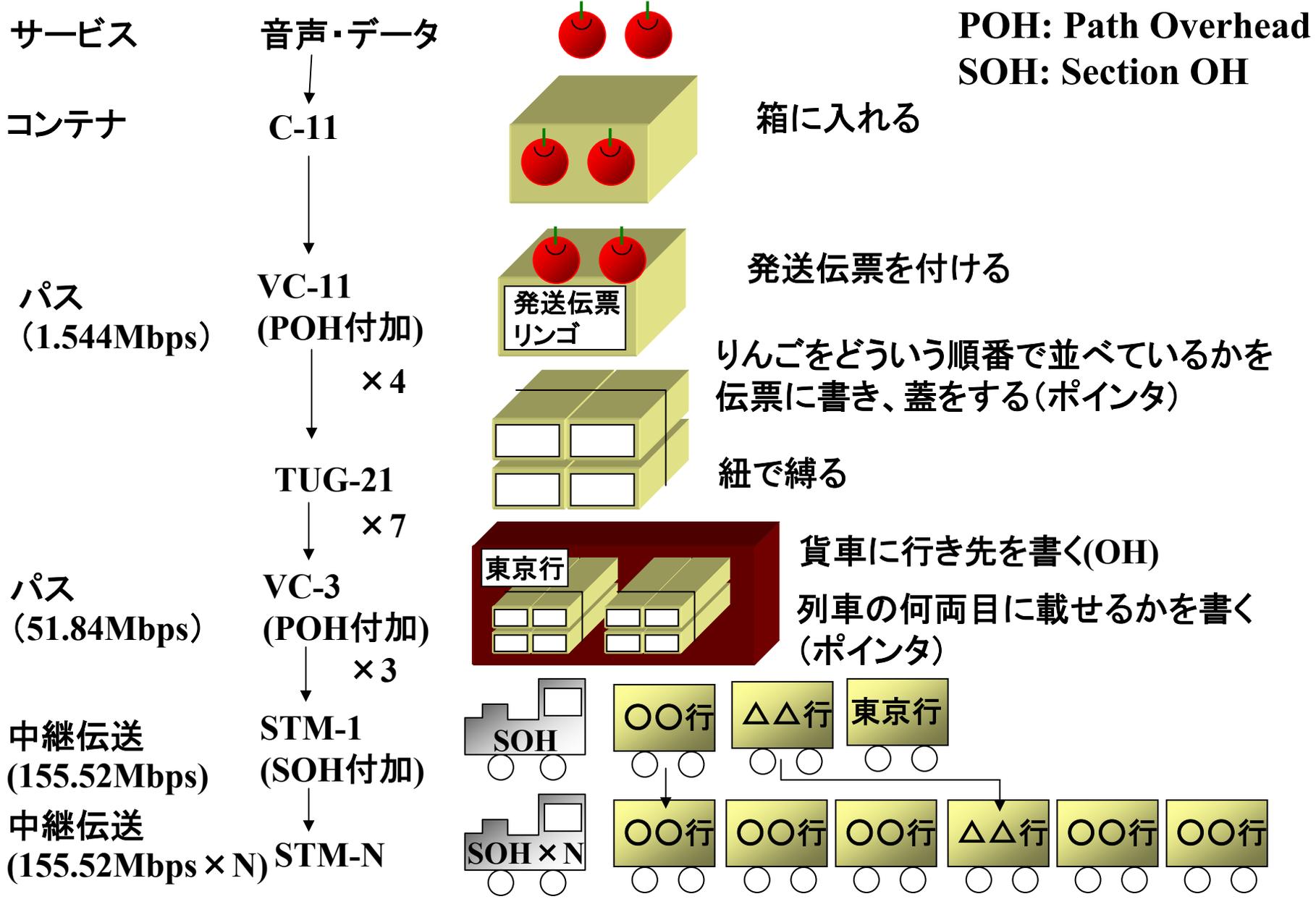
SDHインターフェースの表現方法 (STM-1)

STM-1(155.52Mbps)インターフェースのフレーム構成



$$270 \text{列} \times 9 \text{行} \times 8 \text{ビット} / 125 \mu\text{s} = 155.52 \text{Mbps} = 51.84 \times 3 \text{ Mbps}$$

SDHインタフェースへの多重化イメージ



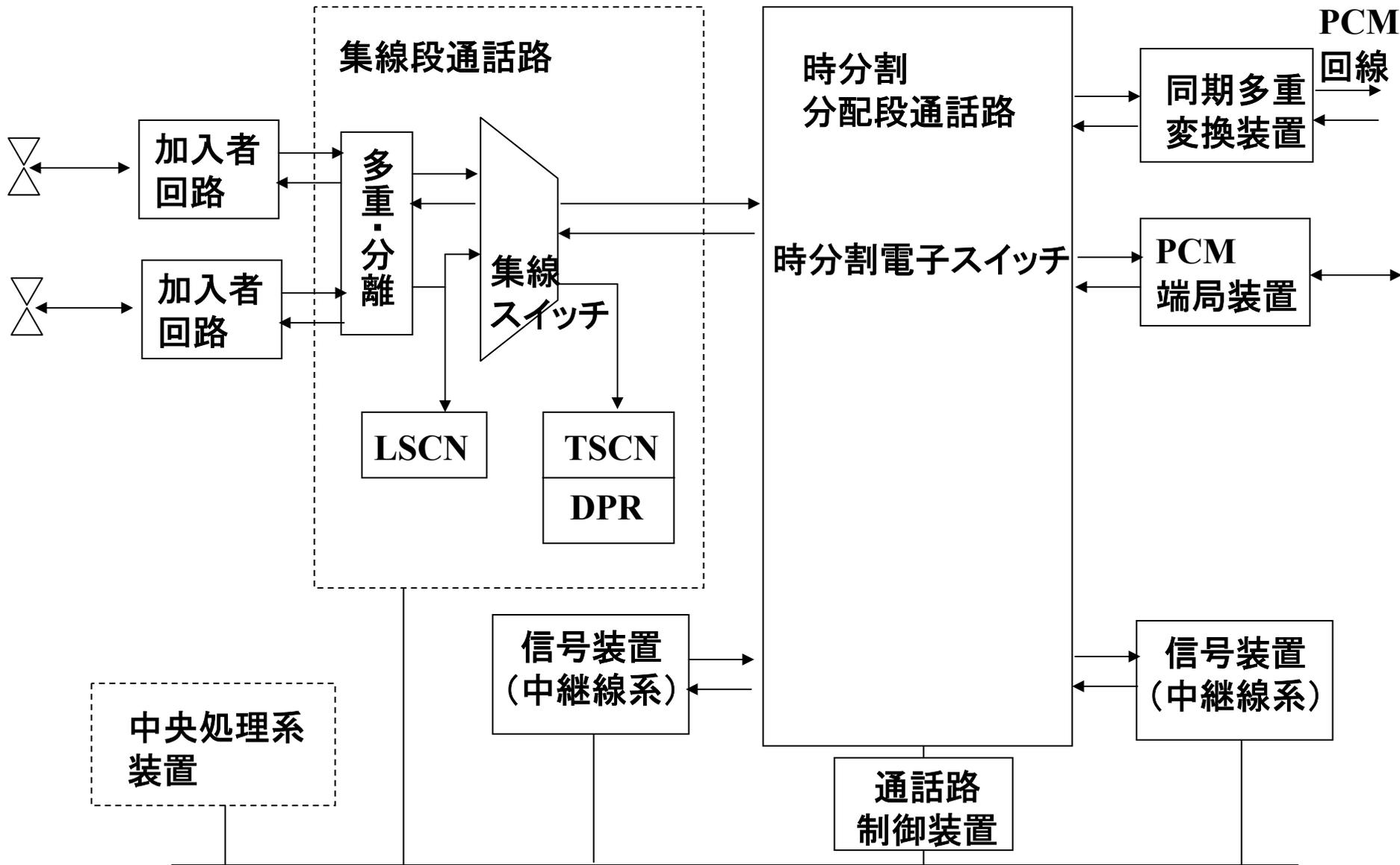
SDHインタフェース速度と収容電話ch数

	インタフェース 速度	電話換算 ch数	参考 (SONETとの対応)
STM-0	51.84Mbps	672ch	OC-1
STM-1	155.52Mbps	2016ch	OC-3
STM-4	622.080Mbps	8064ch	OC-12
STM-16	2488.32Mbps	32,256ch	OC-48
STM-64	9953.28Mbps	129,024ch	OC-192
STM-256	39813.12Mbps	516,096ch	OC-768

1.544Mbpsあたり

$$24\text{ch} \times 4 \times 7 \times 3 = 2016\text{ch}$$

デジタル交換機の基本構成



① 時分割分配段通話路

- ・時分割多重度を上げることにより、ブロック率の全くない大容量の格子(1000×1000、4000×4000など)が可能(完全非閉塞スイッチ)。
- ・メモリスイッチやゲートスイッチなどの電子部品構成のため、高速動作可能。SMM形スイッチやXS形スイッチなどの電磁部品が不要となった。

② 集線段通話路

- ・集線機能: 高効率の分配段通話路の使用のため、加入者線の呼率に応じて集線を行う。
- ・多重化機能: 分配段通話路で使用する時分割多重度まで多重化する。

③ 加入者回路

- ・通話電流の供給
- ・過電圧流入阻止用保護回路
- ・呼出信号送出
- ・ループオン/オフ監視
- ・デジタル/アナログ信号の変換
- ・2線/4線変換
- ・試験引き込み

④ デジタル信号装置

- ・監視信号、選択信号、可聴信号音をデジタル的に処理する。

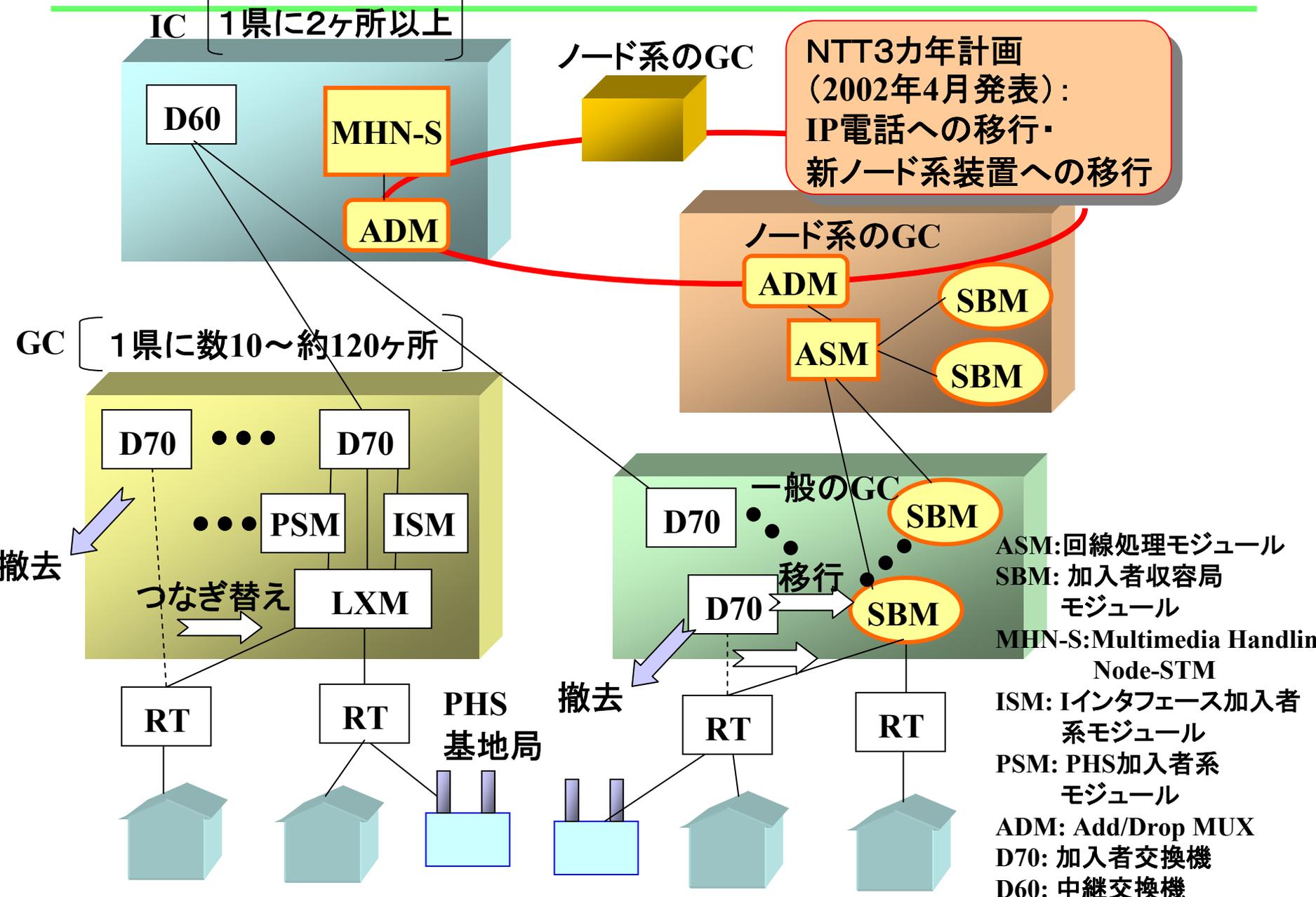
(1) 加入者線系

- ・加入者回路でデジタル信号に変換されたPB信号をデジタル信号のまま信号装置に引き込み周波数を弁別する。
- ・可聴信号音(DT, BT, RBT等)をデジタル信号の形で発生し、送出。

(2) 中継線系

- ・各回線対応の監視信号を信号装置に集め、デジタル信号のまま受信／送信。
- ・可聴信号音をデジタル信号の形で発生・送出。

今後の加入電話網



IP電話への流れ

固定電話とIP電話の契約数

平成18年度通信白書p.107より



2002年 4月 NTT3カ年計画

IP電話への移行・新ノード系装置への移行

2004年 8月 **英BT**が固定電話網のIP化計画発表

- 2006年よりIP化に着手

- 2008年頃にIP網の構築を完了。

新IP網に全加入者の半数(約1000万ユーザ)を移行

- 2010年頃に全ユーザの移行を完了

9月 **KDDI**が固定電話網のIP化計画発表

- 2005年よりIP化に着手

- 2008年3月までに交換機の置き換え

- 2008年以降、専用線・携帯電話網も統合(フルIP化)

11月 **NTT**が固定電話のIP化宣言

光アクセス・次世代ネットワーク構築を発表

- 2010年以降に加入電話網を廃止の予定

投資額: 6年間で5兆円(次世代ネットワーク構築に3兆円)

日経コミュニケーション2008年7月1日号『固定電話網、消滅か延命か』より抜粋

NTT

- 2008年3月末 NGN(Next Generation Network)商用化
- 2008年5月 新・中期経営戦略を公表

「PSTNのマイグレーションについては、以下の課題を検討した上で2010年度に概括的展望を公表」(三浦社長)

①PSTNの交換機(D70と新ノード)の活用可能な期間

→ **D70は2015年度までに撤廃、PSTNは新ノードが運用できるまでが期限**

②光化エリアにおいてメタル回線をIP化装置でNGNに收容する方法と、電話サービスの光アクセスによるNGN收容の経済性比較

③マイライン・ユニバーサル基金といった固定電話の存在を前提とした制度

④政府や自治体によるデジタルデバイド対策の方向性

- 2012年度 地域IP網とひかり電話網をNGNに統合

KDDI

- 2008年4月 フルIP化再開を公表(固定網の2007年度末までのフルIP化を技術的課題を理由に延期)
(選択中継サービスもソフトスイッチで收容し、電話交換機を全廃へ)

ソフトバンクテレコム

- 2008年 統合コアIP網の構築を開始
年度内:おとくラインの中継網の一部をIP化開始予定
(順次、グループ会社のサービルを統合IP網に集約。
加入者交換機は残す)

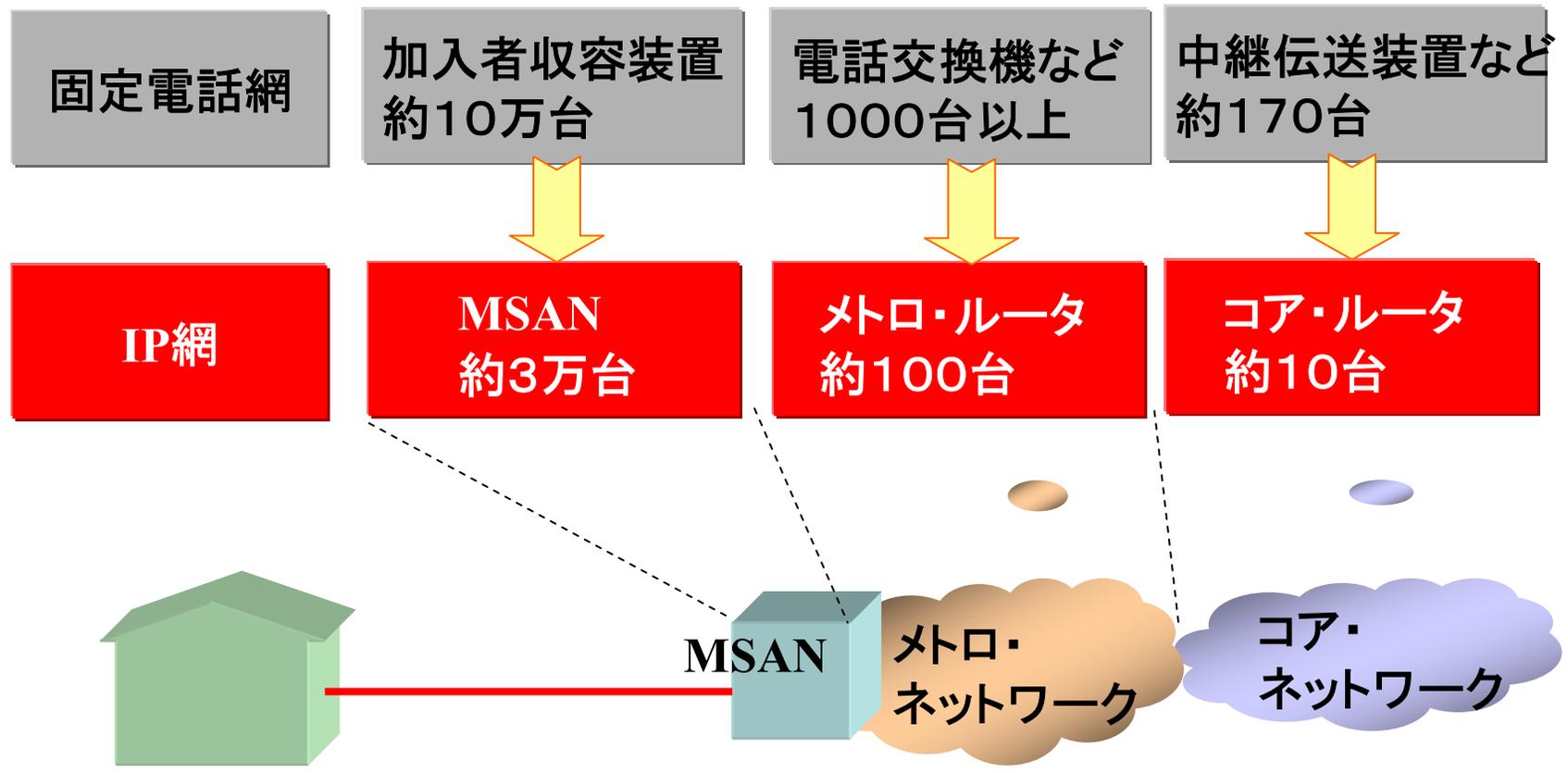
英BT

- 2008年4月 商用サービスへの本格移行を開始
(2008年度 1000万ユーザを收容可能なIP電話網を構築。
收容替えは需要見合い)
- 2010年度 電話交換機を段階的に廃止。PSTNを使ったサービスも強制終了

BTのIP化によるコスト削減計画

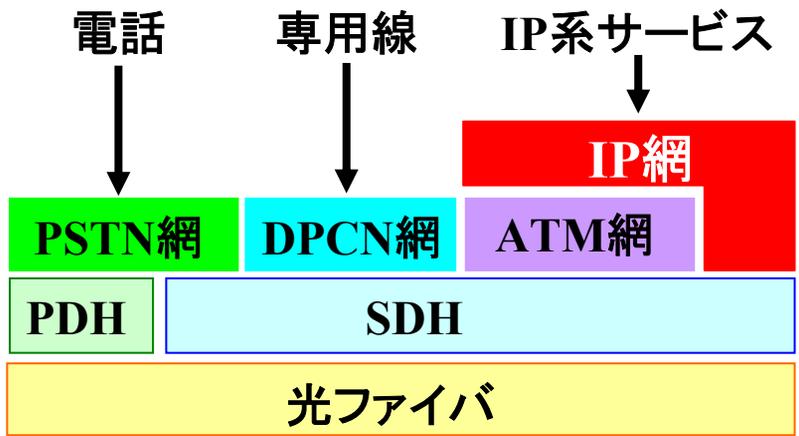
日経コミュニケーション2005年1月15日号『電話網はこう捨てる』より抜粋

IP網の装置削減によるコストダウンを狙う

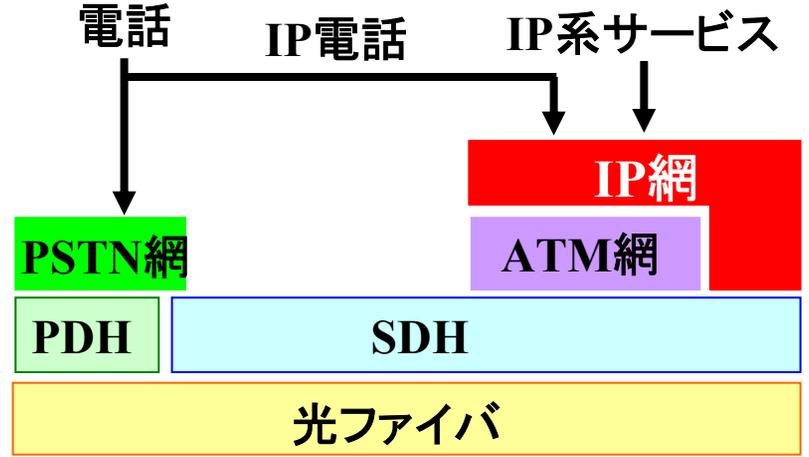


BTのネットワーク移行計画(1) (階層モデルの観点から)

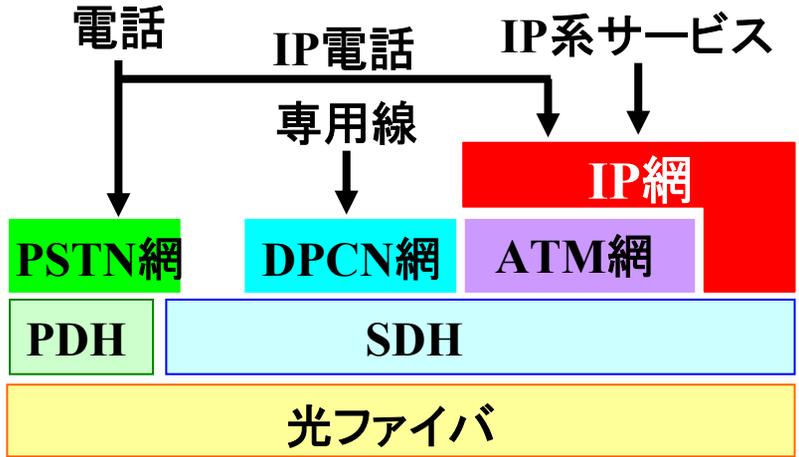
①現在のネットワーク



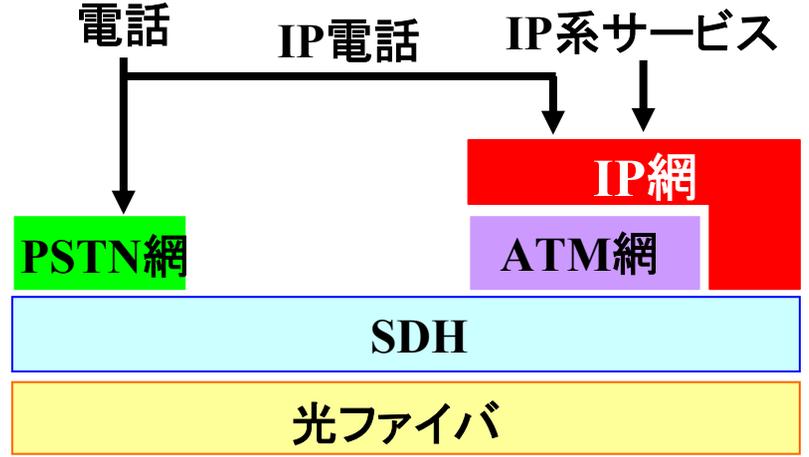
③DPSN網の撤去(専用線廃止)



②PSTNをIP網へ(IP電話)

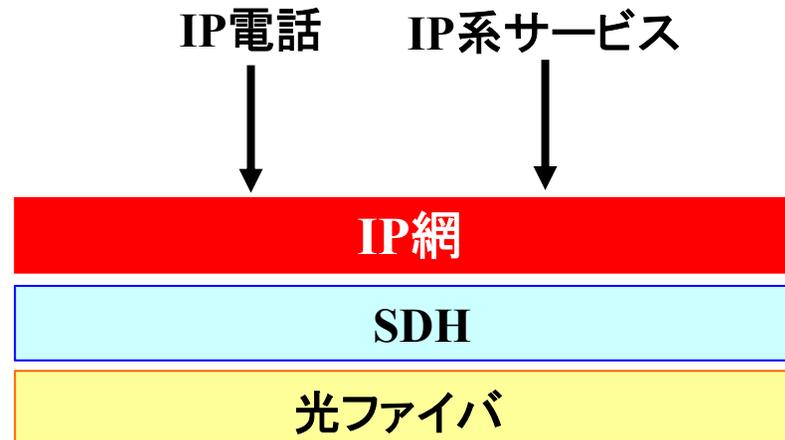


④PDH網の撤去

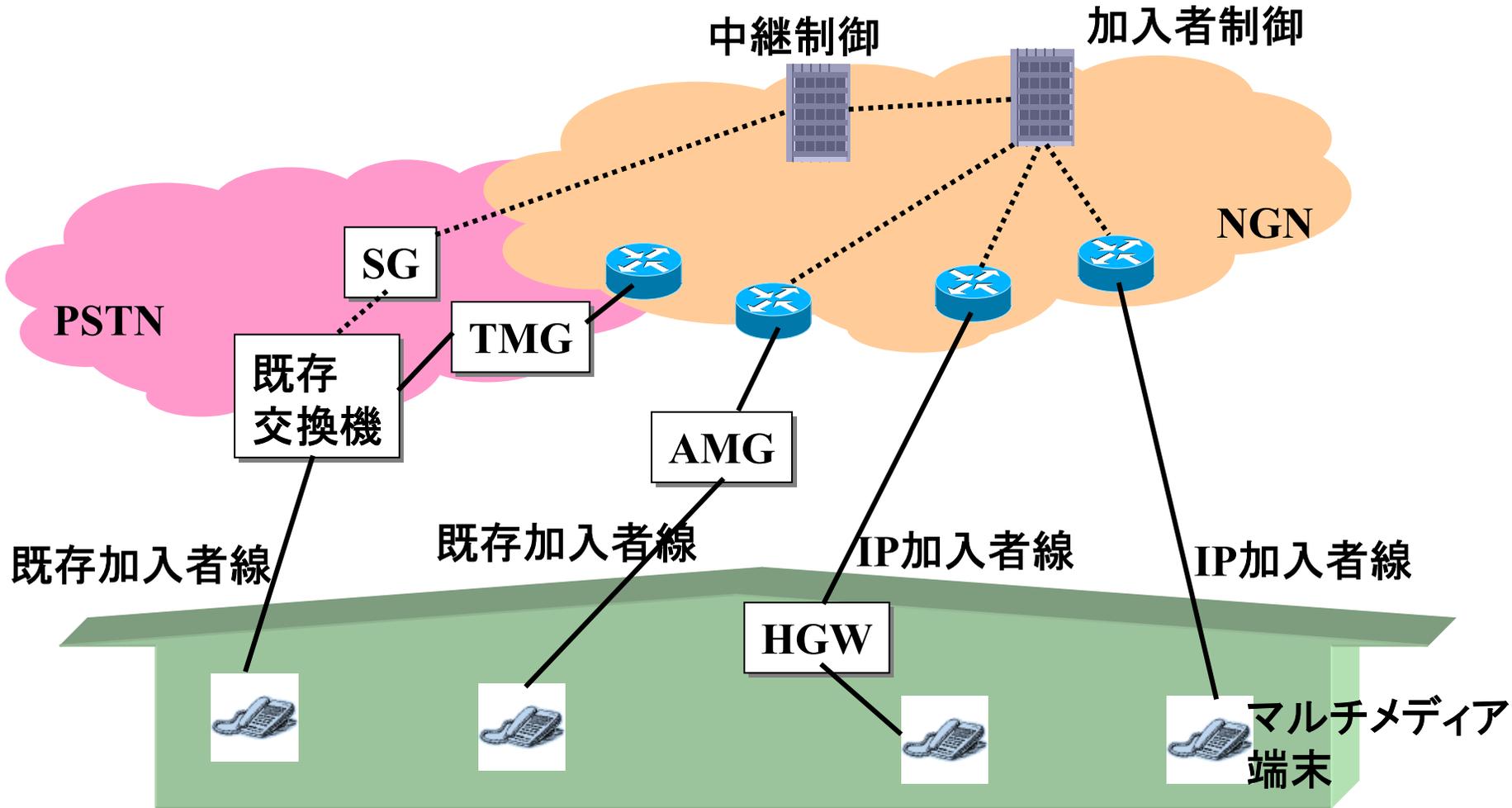


BTのネットワーク移行計画(2) (階層モデルの観点から)

⑤PSTN網の撤去(MPLS網に完全移行)



固定電話網のNGNへの移行のシナリオ



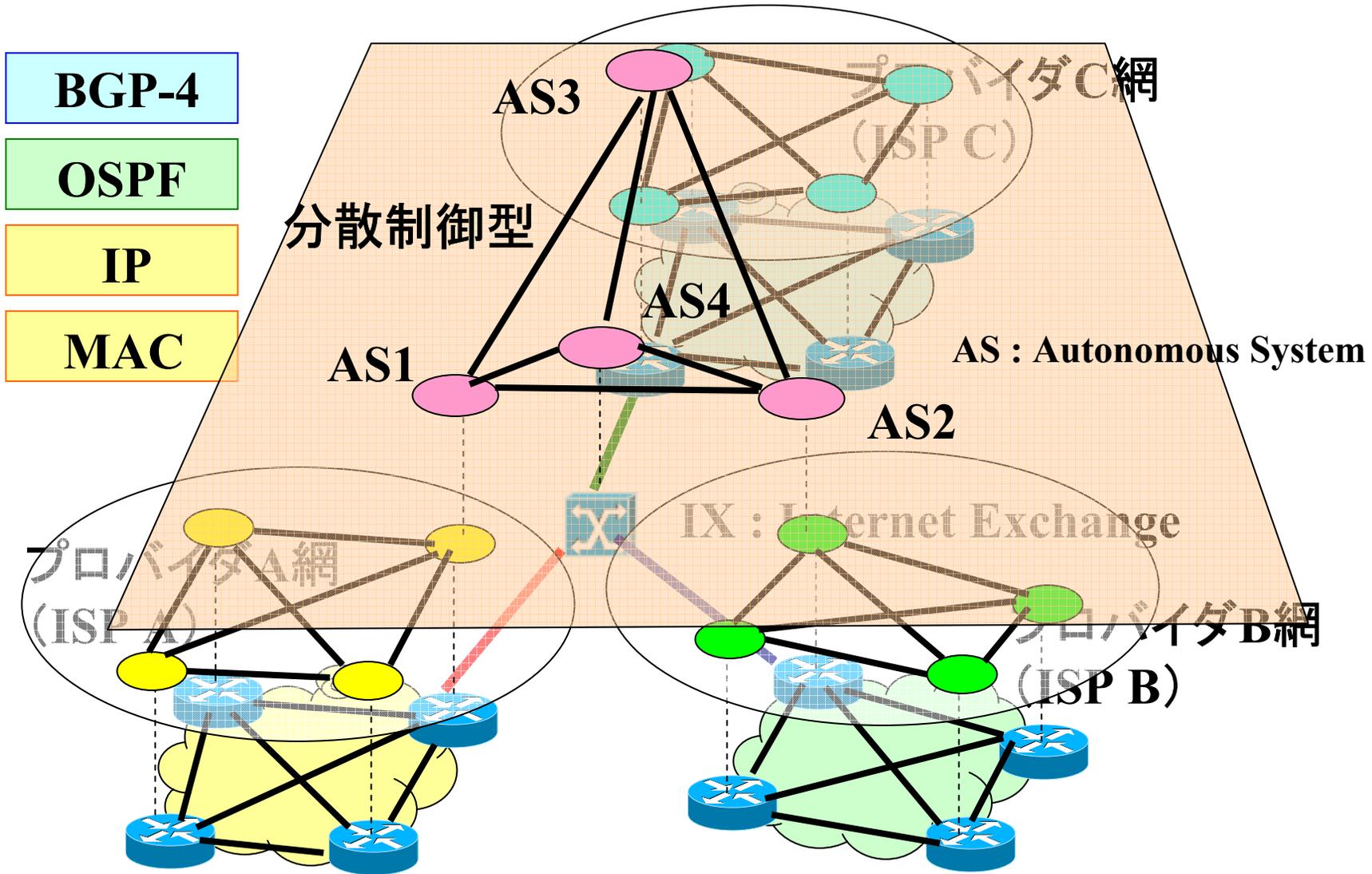
ケースA:
中継交換網のIP化

ケースB:
加入者交換網からIP化

ケースC:
加入者宅までIP化

インターネットのパケットに ついて復習しよう

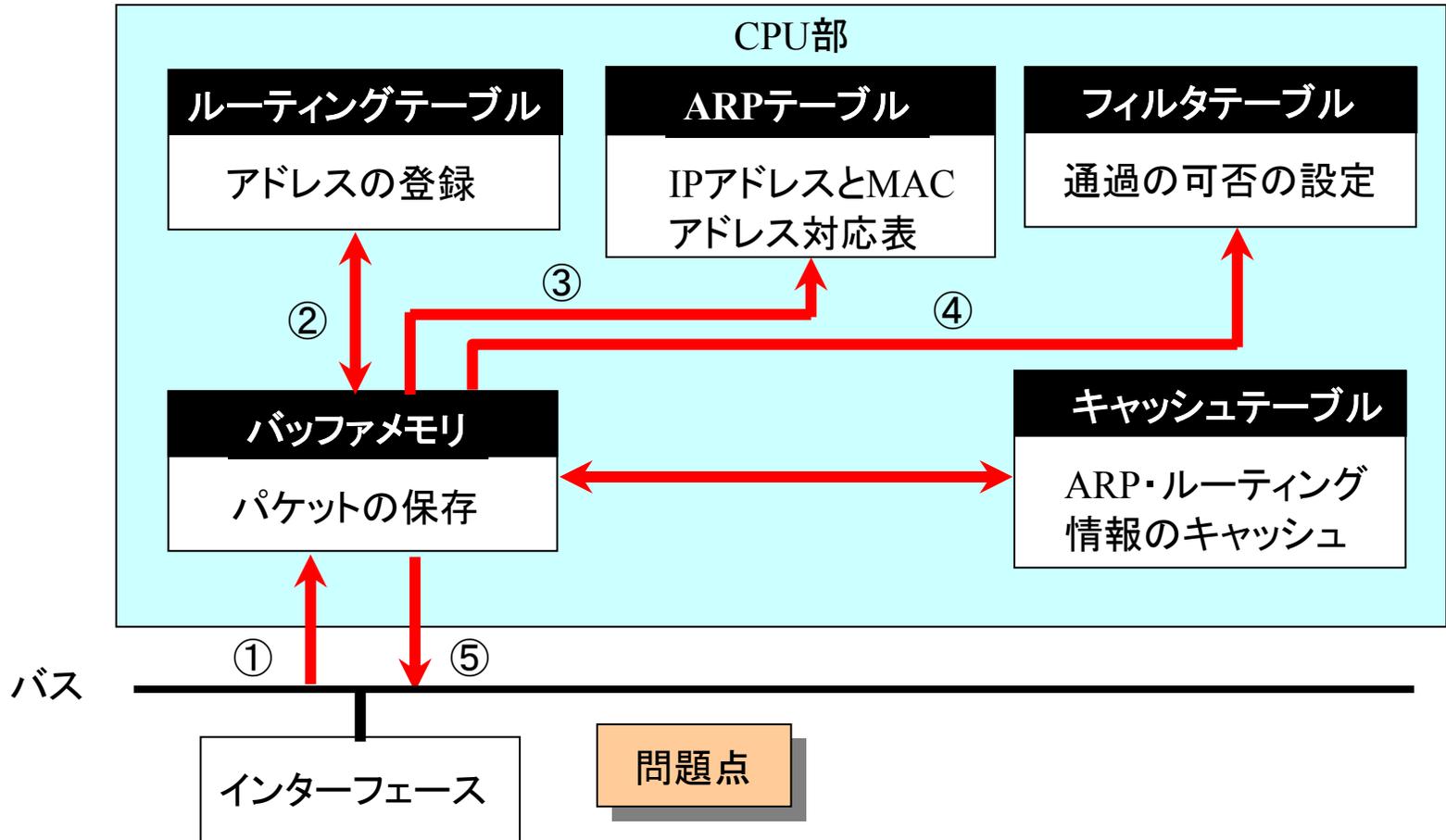
インターネット(IP)網の構成



OSPF : Open Shortest Path First
BGP-4 : Border Gateway Protocol version 4

ルータの構成

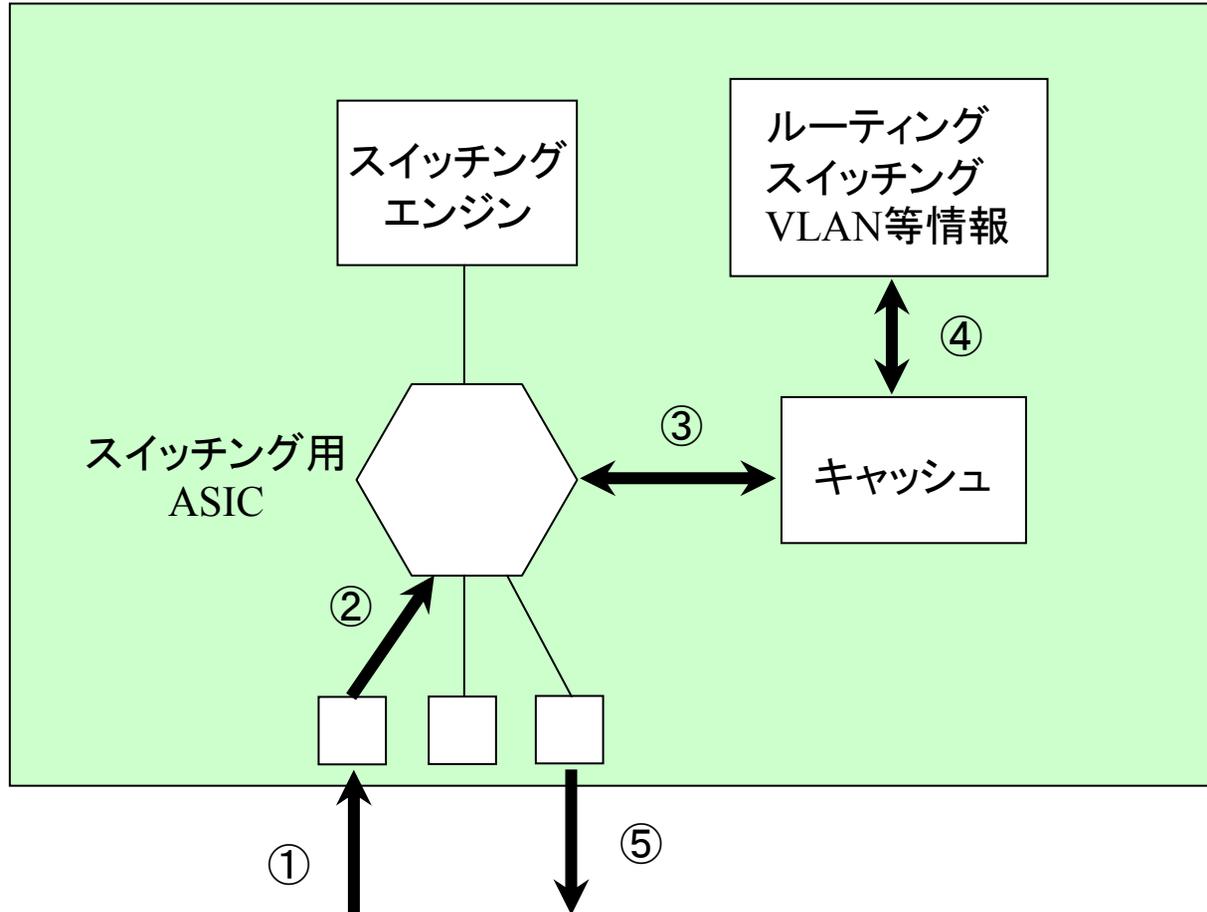
ルータの構造



- CPUや内部バスを共有しており、高負荷時にボトルネック
 - ルーティング情報をパケットごとにソフト処理
- ⇒ 数10万～100万ppsの処理能力
(ギガビットEtherの転送能力以下)

ルータの高速化技術(レイヤ3スイッチ)

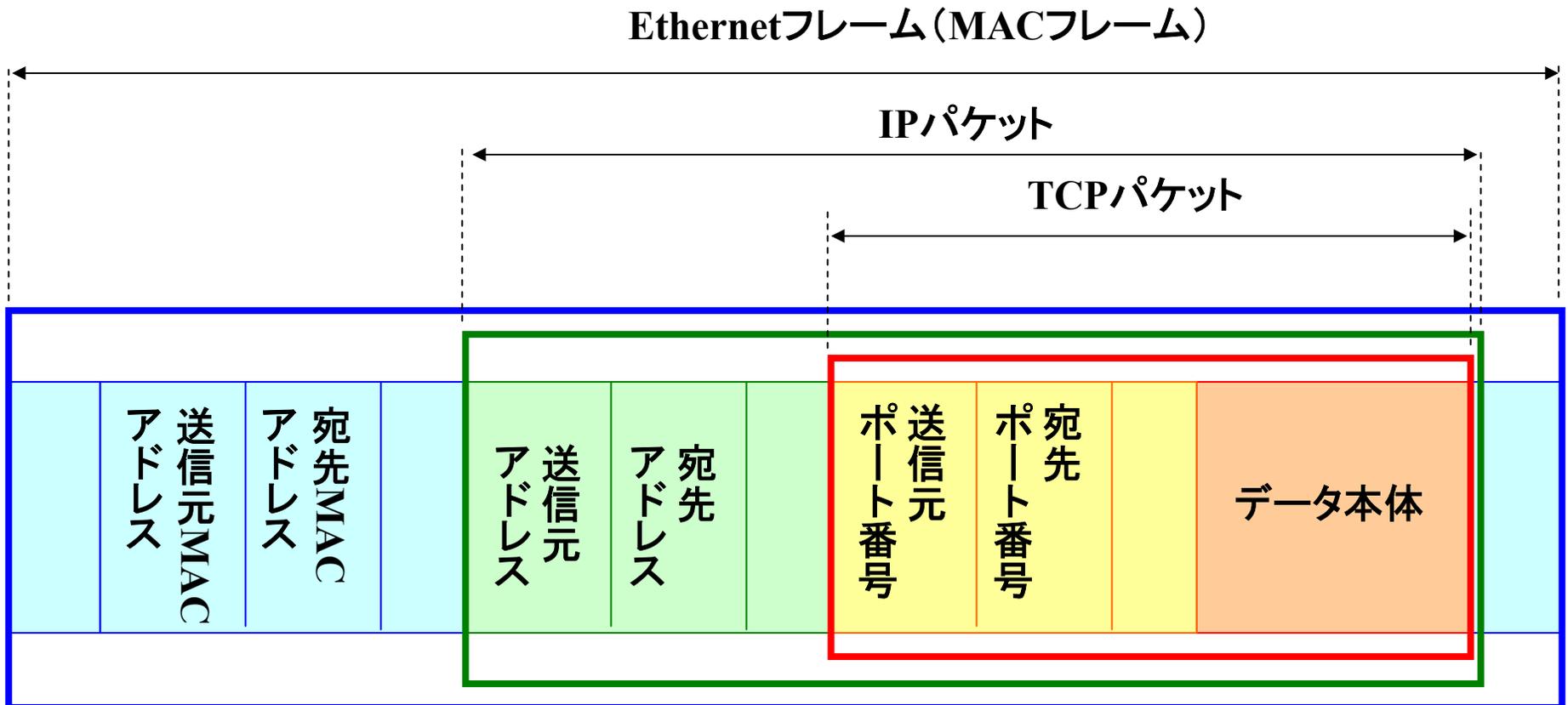
レイヤ3スイッチの構成



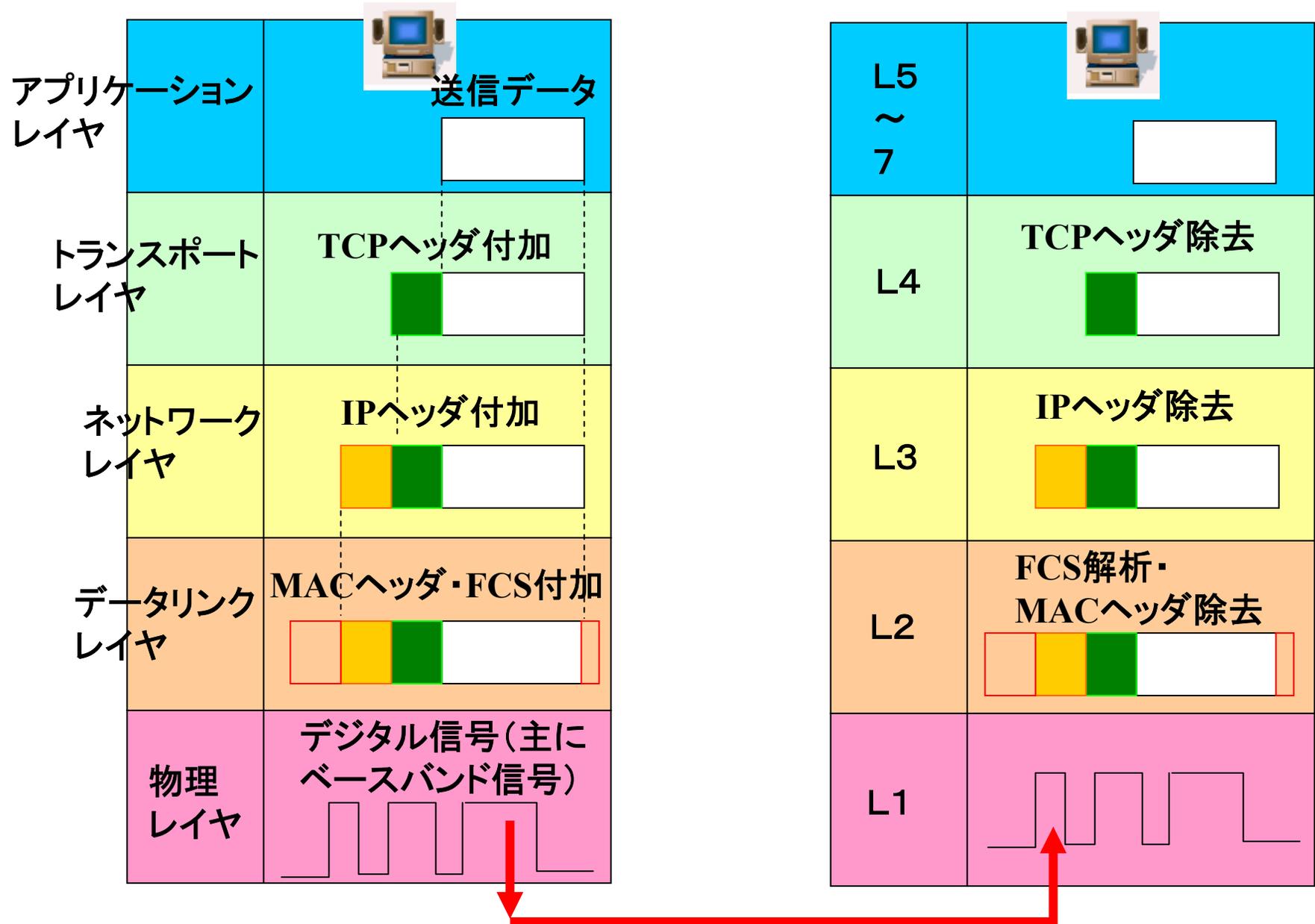
- ASICによる高速パケット転送
- 最初のパケット処理情報に基づきハードによる高速処理

⇒ 10Mppsを超える転送能力の実現

IPパケットの構成



IPパケットにラベルを付加する仕組み



MACヘッダの構成

64~1518バイト(有効フレームの範囲)
ただしGbEでは最後にキャリア・エクステンションが加わり
512~8192バイト

8バイト	6バイト	6バイト	2バイト	46~1500バイト	4バイト
プレアンブル /SFD	宛先MAC アドレス	送信元MAC アドレス	Type/ Length	ユーザ送信 データ (PAD)	FCS

64ビット(8バイト)

プレアンブル:同期用のビット。 10101010.....10101011

SFD(8ビット)

Type / Length : 値1500以下の場合にはLength 解釈(IEEE802.3/T)。
1536以上の場合にはType解釈(Ethernet)。

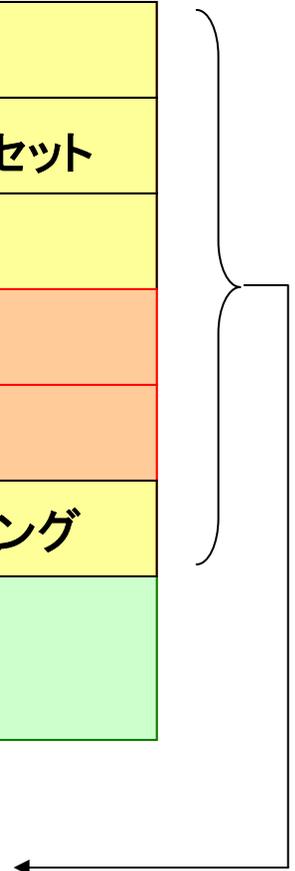
PAD: Padding Bit。データ長の調整用ビット(32ビット単位になるよう)。

FCS: Frame Check Sequence。フレームの検査用ビット。

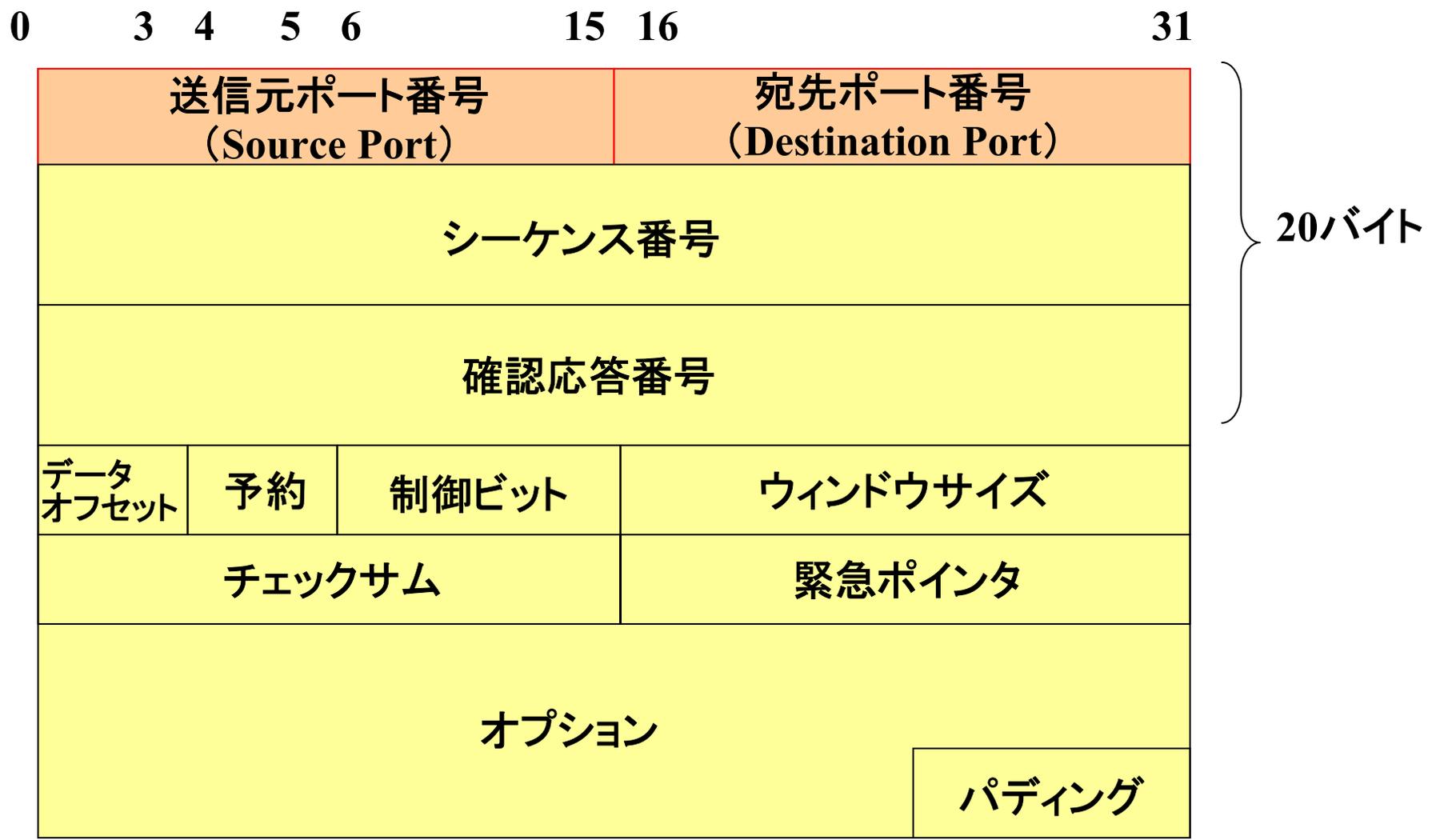
IPヘッダの構成

0	3	4	7	8	15	16	18	19	31
バージョン	ヘッダ長	サービスタイプ (TOS)			総パケット長				
識別子					フラグ	フラグメントのオフセット			
生存時間 (TTL)			プロトコル		ヘッダのチェックサム				
送信元IPアドレス (Source IP Address)									
宛先IPアドレス (Destination IP Address)									
オプション							パディング		
データ									

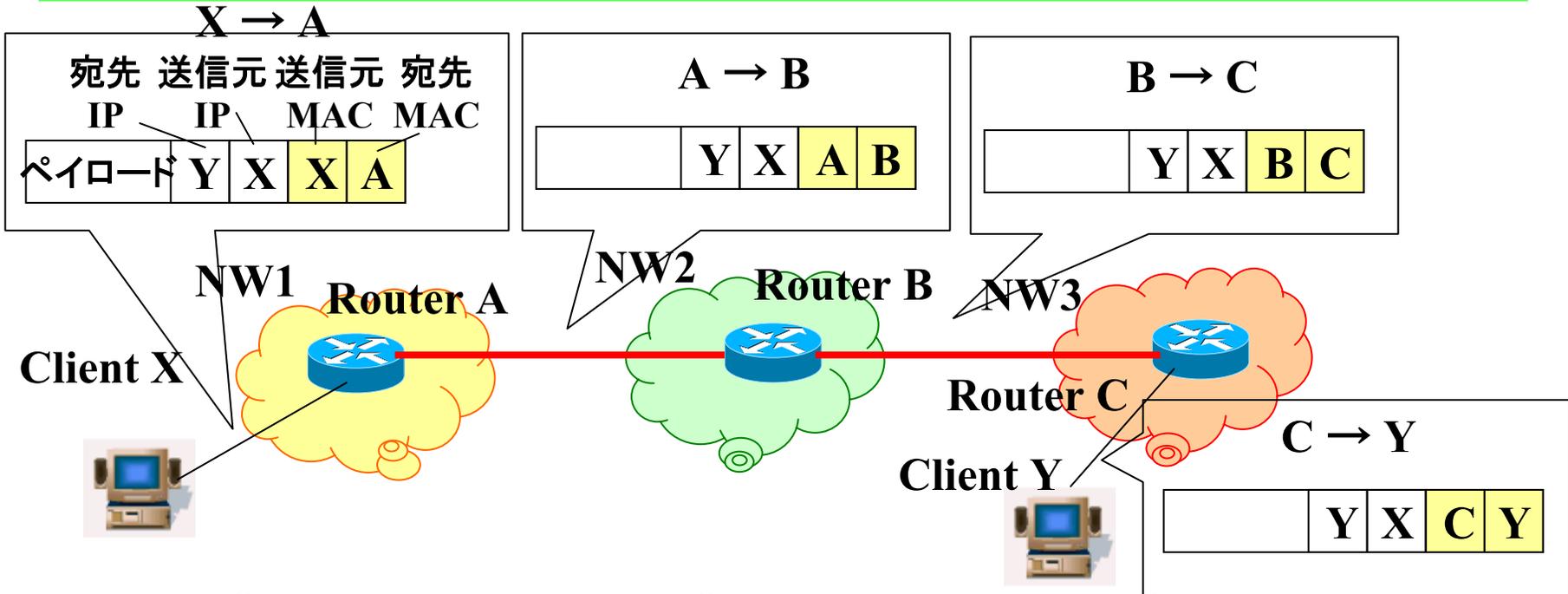
$32\text{ビット}(4\text{バイト}) \times 6 = 192\text{ビット}(24\text{バイト})$



TCPヘッダの構成



IPパケット転送の手順



Router Aの
ルーティングテーブル

宛先	ネクスト ホップ
NW1	Router A
NW2	Router B
NW3	Router B

Router Bの
ルーティングテーブル

宛先	ネクスト ホップ
NW1	Router A
NW2	Router B
NW3	Router C

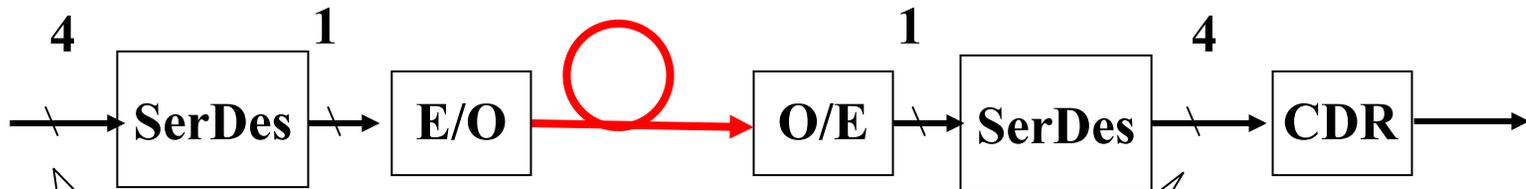
Router Cの
ルーティングテーブル

宛先	ネクスト ホップ
NW1	Router B
NW2	Router B
NW3	Router C

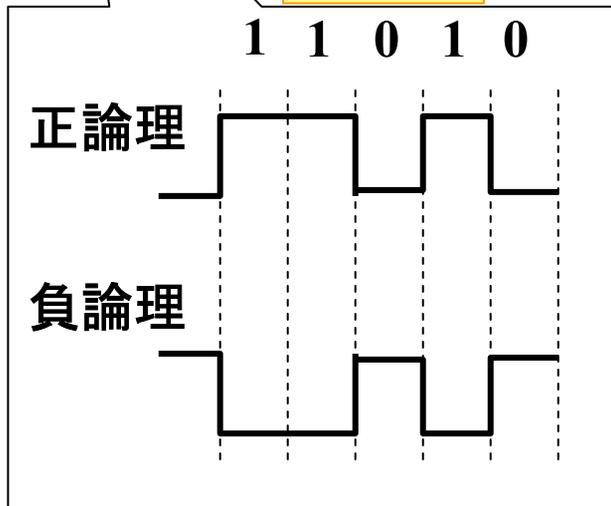
パケットの同期の方法

先頭のプリアンブルで
ビットごとの同期(ビット
同期)を行う

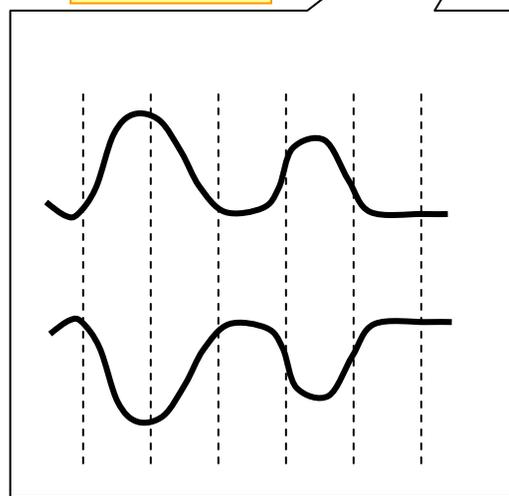
受信シリアル信号から生成
された4レーン平行の
差動信号



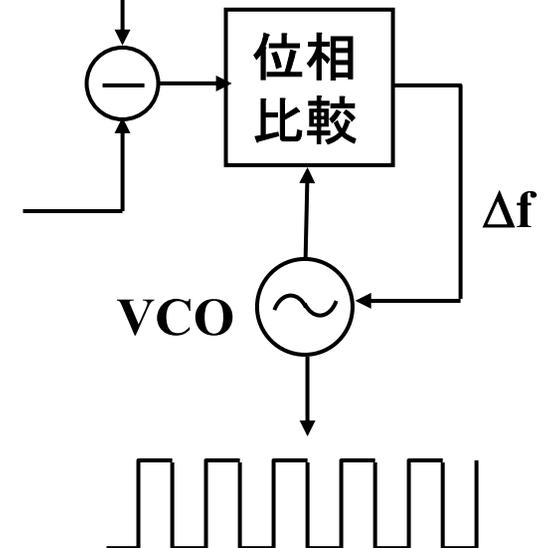
送信側

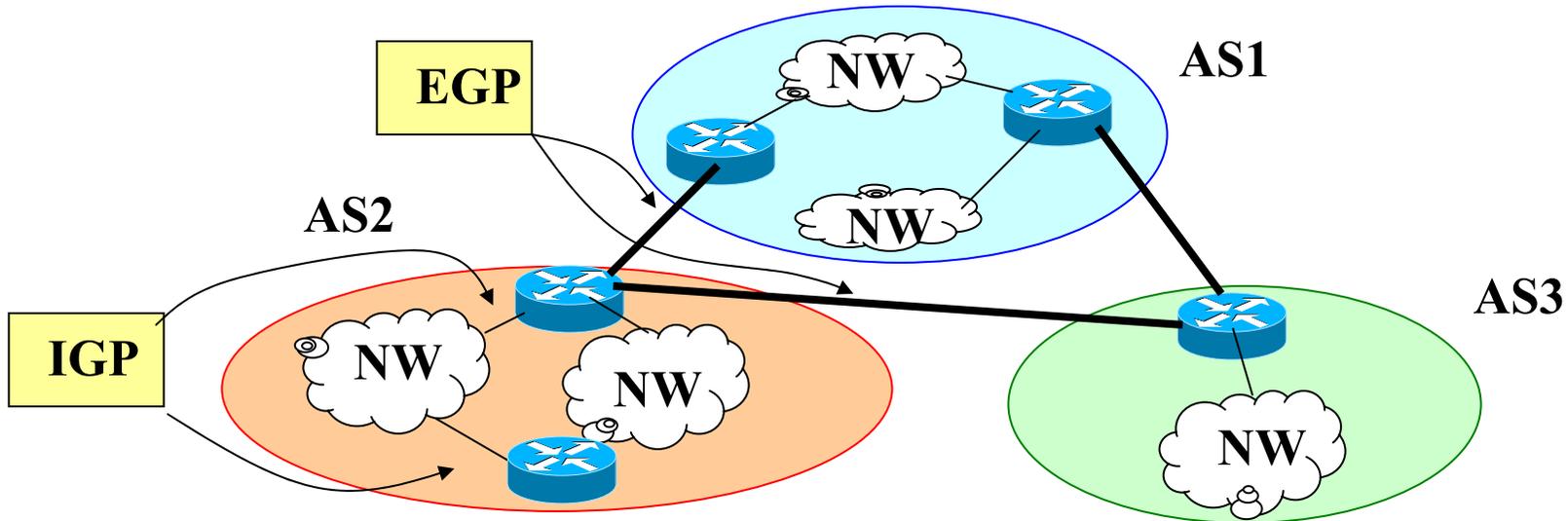


受信側



クロック信号の抽出





自律システム (AS : Autonomous System)

組織内でルーティングに関する取り決め(ルーティング・ポリシー)を決定し、そのポリシーに基づいて運用されるシステム

- **IGP : Interior Gateway Protocol**

AS内で内で使用されるルーティング・プロトコル

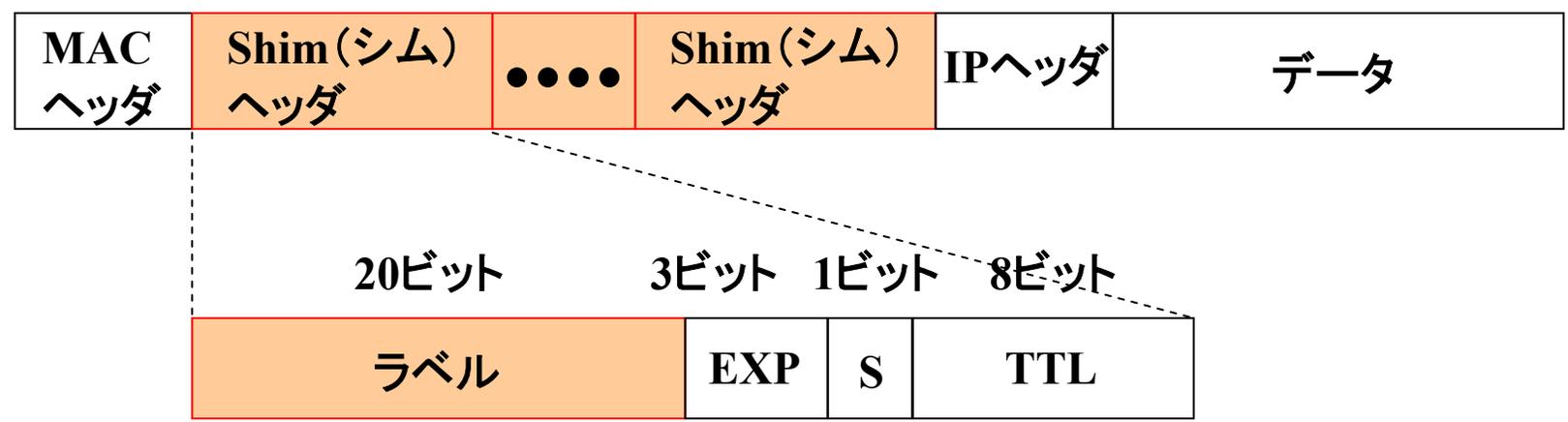
- **EGP : Exterior Gateway Protocol**

AS間で使用されるルーティング・プロトコル

MPLS技術 (Multiprotocol Label Switch)

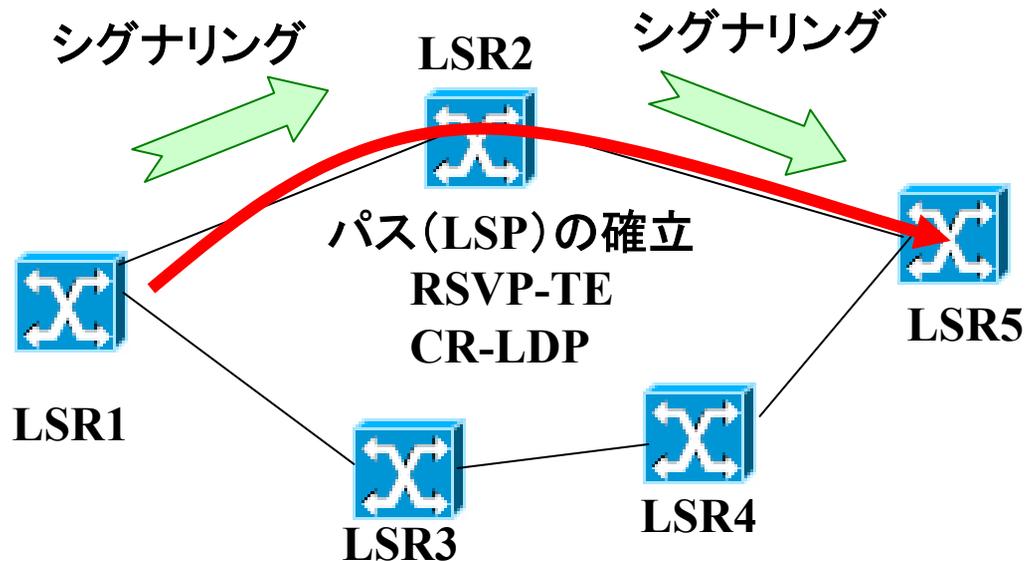
- ・ネットワークアドレスに相当するアドレスをラベルとして付加し、そのラベル参照を行いIPアドレス解析を不要とすることで高速転送を可能とする技術
- ・IPアドレスなどを元に同じ転送先のパケットをクラス分けし、同じ分類のパケットに対しては逐次ヘッダ解析を行わずに転送し、高効率転送を可能とする。
- ・ラベル要求・割当のためのシグナリング
- ・ラベルに基づくパケット転送

MPLSのラベル構成



MPLSのパスの概念

- ・パケット転送前に、LSR間でシグナリングのやり取りを行いパスを確立。
- ・パス確立の段階で特定のポートから入力される特定ネットワーク宛の
パケットに付与するヘッダを決定。
- ・IPアドレスの解析・転送先判別を行うことなく、ヘッダ情報のみを見て転送
- ・経路管理・帯域制御が可能



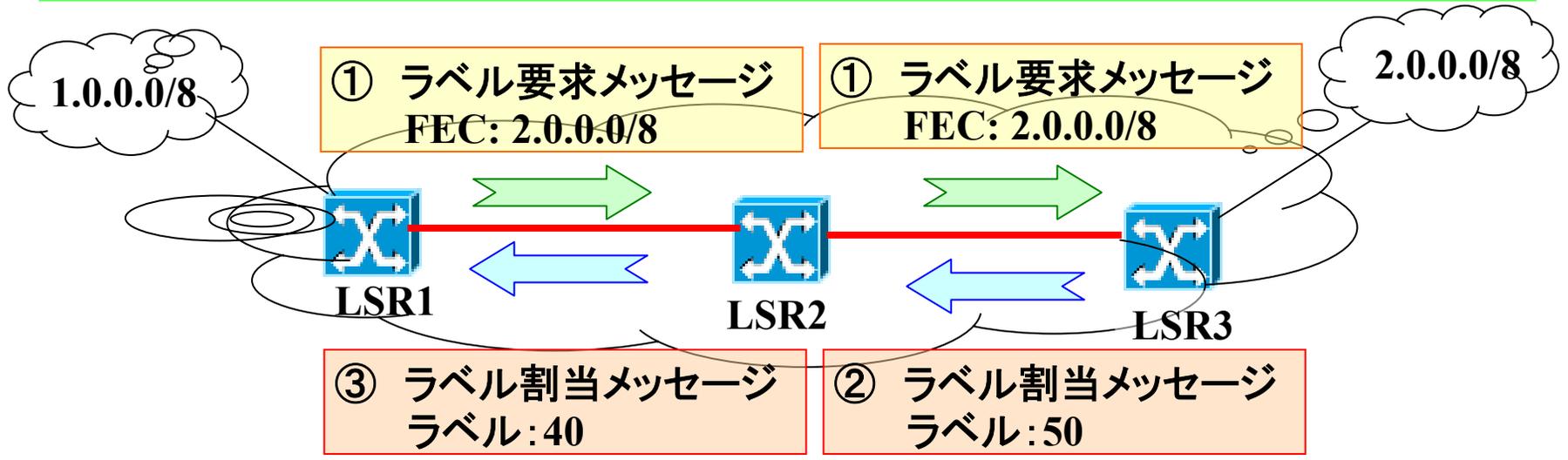
LSR : Label Switched Router

LSP : Label Switched Path

RSVP-TE : Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering

CR-LDP : Constraint-based Routing using Label Distribution Protocol

MPLSのラベル・スイッチ・パスの確立



LSR1ルーティング・テーブル

LSR2ルーティング・テーブル

LSR3ルーティング・テーブル

宛先	ネクストホップ	コスト	出力IF
2.0.0.0/8	LSR2	3	A

宛先	ネクストホップ	コスト	出力IF
2.0.0.0/8	LSR3	2	C

宛先	ネクストホップ	コスト	出力IF
2.0.0.0/8	LSR2	1	E

LSR1 MPLS
フォワーディングテーブル

LSR2 MPLS
フォワーディングテーブル

LSR3 MPLS
フォワーディングテーブル

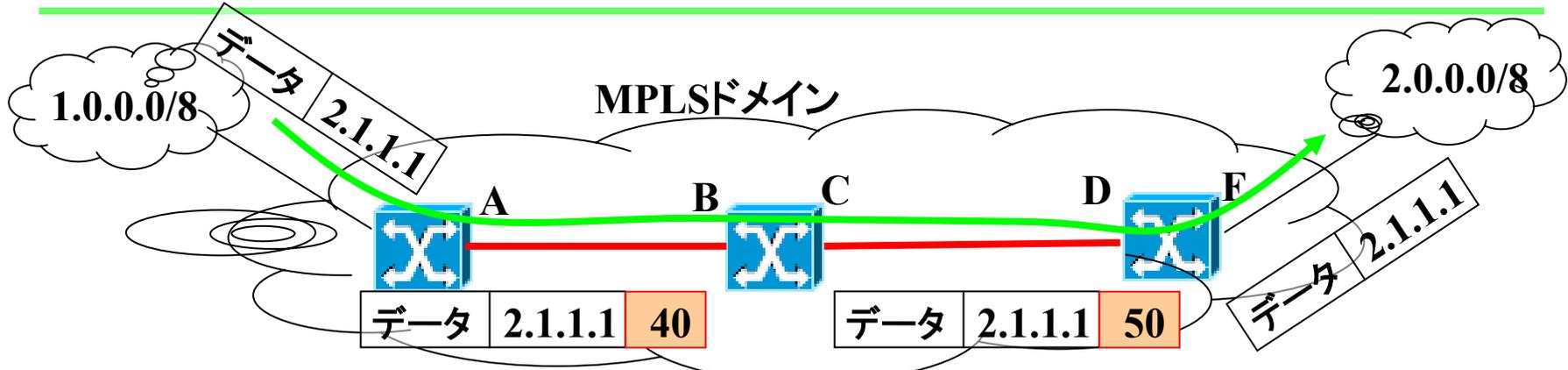
入力IF	FEC	出力IF	出力用ラベル
—	2.0.0.0/8	A	40

入力IF	入力用ラベル	FEC	出力IF	出力用ラベル
B	40		C	50

入力IF	出力用ラベル	FEC	出力IF
D	50	2.0.0.0/8	E

2.0.0.0/8

MPLSにおけるラベル・スイッチングの動作



LSR1 MPLS
フォワーディングテーブル

入力 IF	FEC	出力 IF	出力用ラベル
—	2.0.0.0/8	A	40

LSR2 MPLS
フォワーディングテーブル

入力 IF	入力用ラベル	FEC	出力 IF	出力用ラベル
B	40	2.0.0.0/8	C	50

LSR3 MPLS
フォワーディングテーブル

入力 IF	出力用ラベル	FEC	出力 IF
D	50	2.0.0.0/8	E

LSR1の処理手順

- ① ラベルなしパケット受信
- ② FECの識別
- ③ FECに対応するNHLFEをFTNにより選択
- ④ 出力ラベル追加・転送

LSR2の処理手順

- ① ラベル・パケット受信
- ② ラベル値に対応するNHLFE内の出力情報をILMにより選択
- ③ NHLFEに従ったラベル変更・転送

LSR3の処理手順

- ① ラベル・パケット受信
- ② ラベル値に対応するNHLFE内の出力情報をILMにより選択
- ③ ラベル削除・転送

FEC: Forwarding Equivalence Class, NHLFE : Next Hop Label Forwarding Entry

FTN: FEC to NHLFE Map, ILM: Incoming Label Map

GMPLS (Generalized MPLS)の位置付け

・IPレイヤにパスの概念を導入したMPLSの技術を、下位層に拡張する技術

MPLS以前

レイヤ構造	パスの概念の有無
IP	なし
TDM (SONET)	TDMパス
WDM/OXC	波長パス
光ファイバ	物理伝送経路

MPLS

レイヤ構造	パス
IP	LSP ← 設定
TDM (SONET)	TDMパス
WDM/OXC	波長パス
光ファイバ	物理伝送経路

MPLS

GMPLS

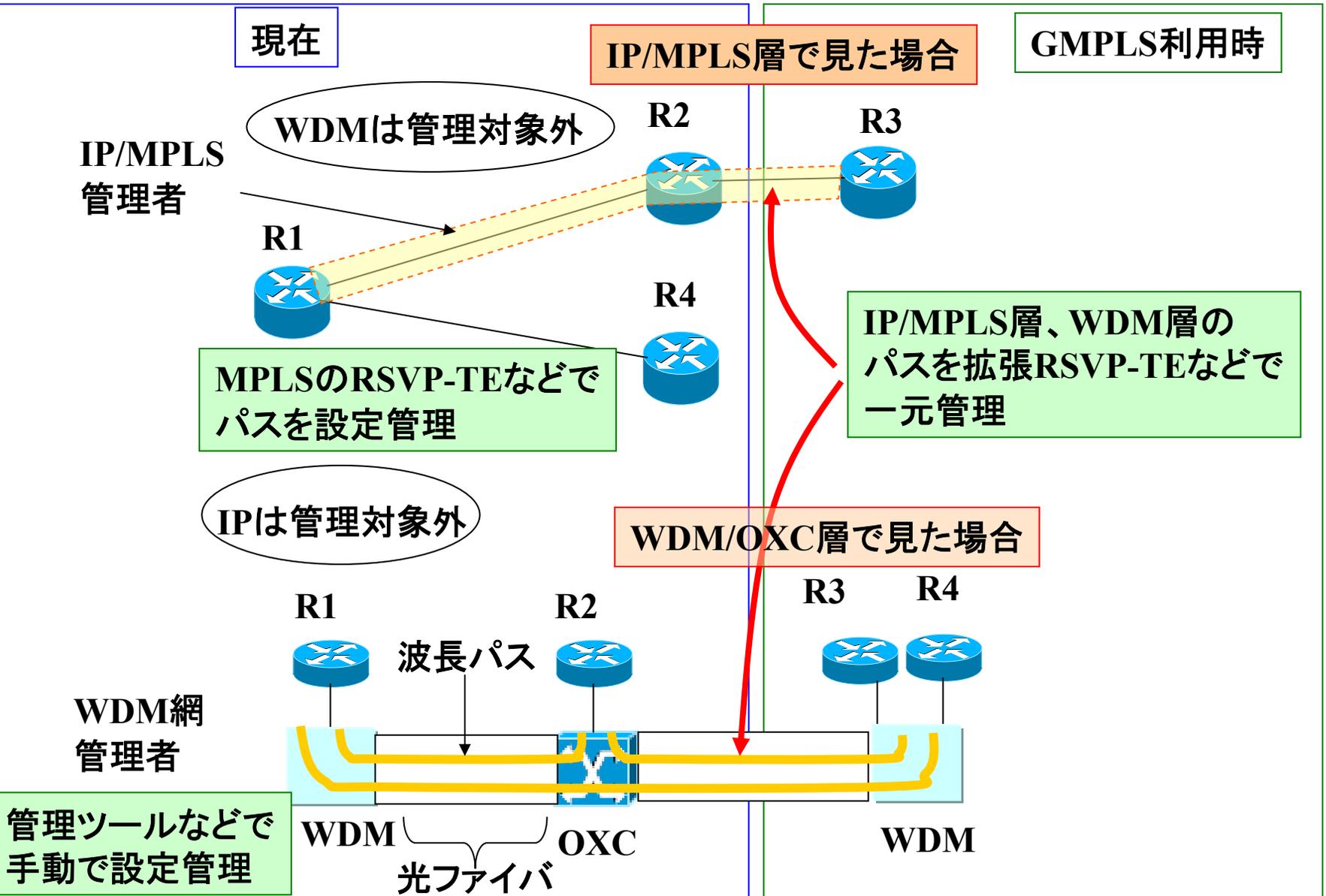
レイヤ構造	パス
IP	LSP ← 設定
TDM (SONET)	TDMパス ← 設定
WDM/OXC	波長パス ← 設定
光ファイバ	物理伝送経路 ← 設定

GMPLS

設定

設定

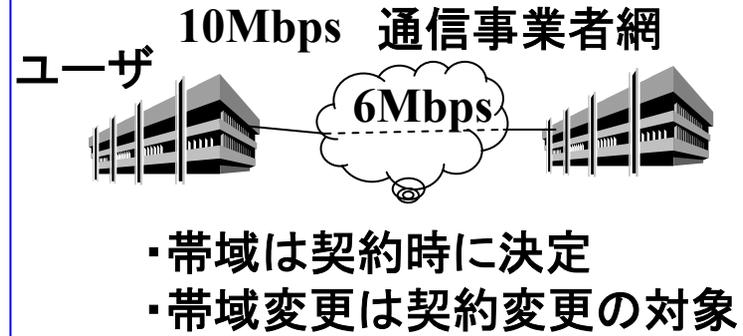
GMPLSによる運用コストの低減



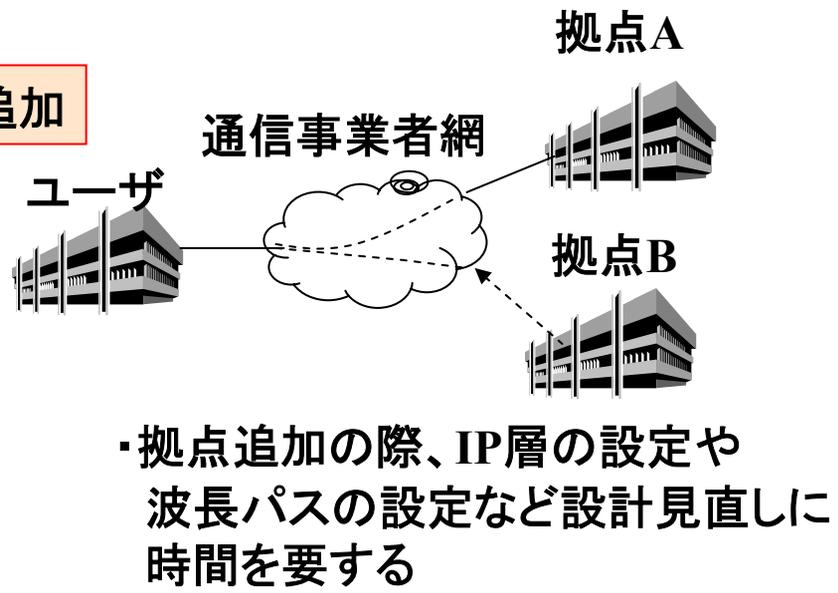
GMPLSによるユーザのメリット

帯域オンデマンド

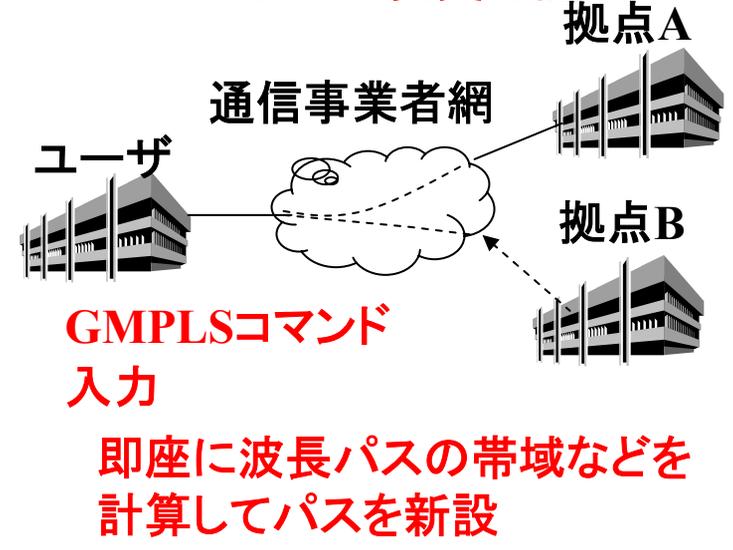
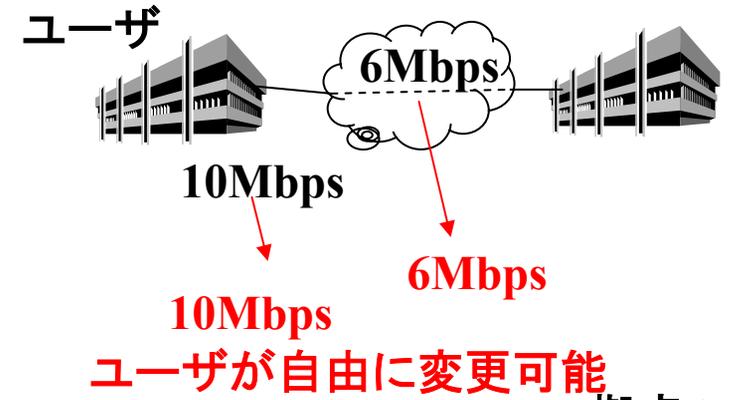
現在



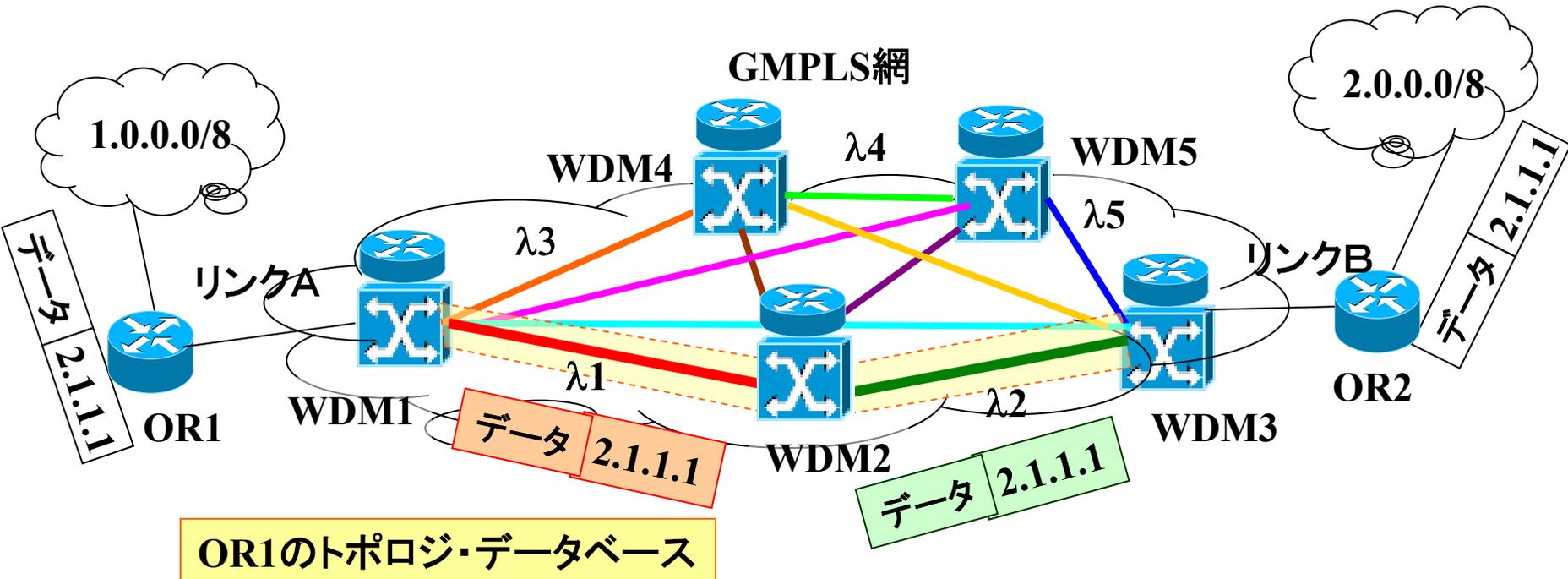
新規追加



GMPLS利用時



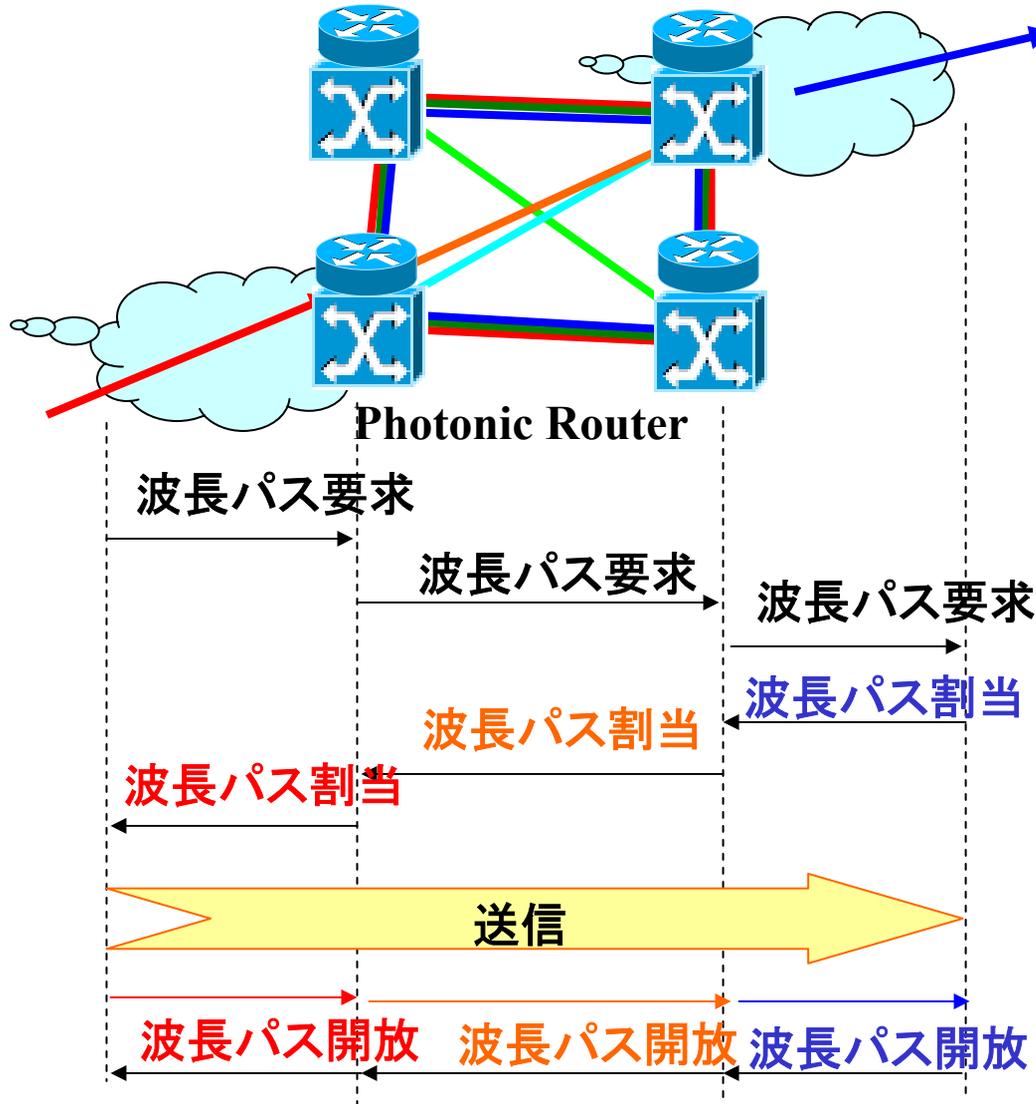
GMPLS技術



経路	リンク	コスト
OR1 → WDM1	A	1
WDM1 → WDM2	波長パスλ1	1
WDM2 → WDM3	波長パスλ2	2
WDM1 → WDM4	波長パスλ3	2
WDM4 → WDM5	波長パスλ4	3
WDM5 → WDM3	波長パスλ5	1
WDM3 → OR2	B	1

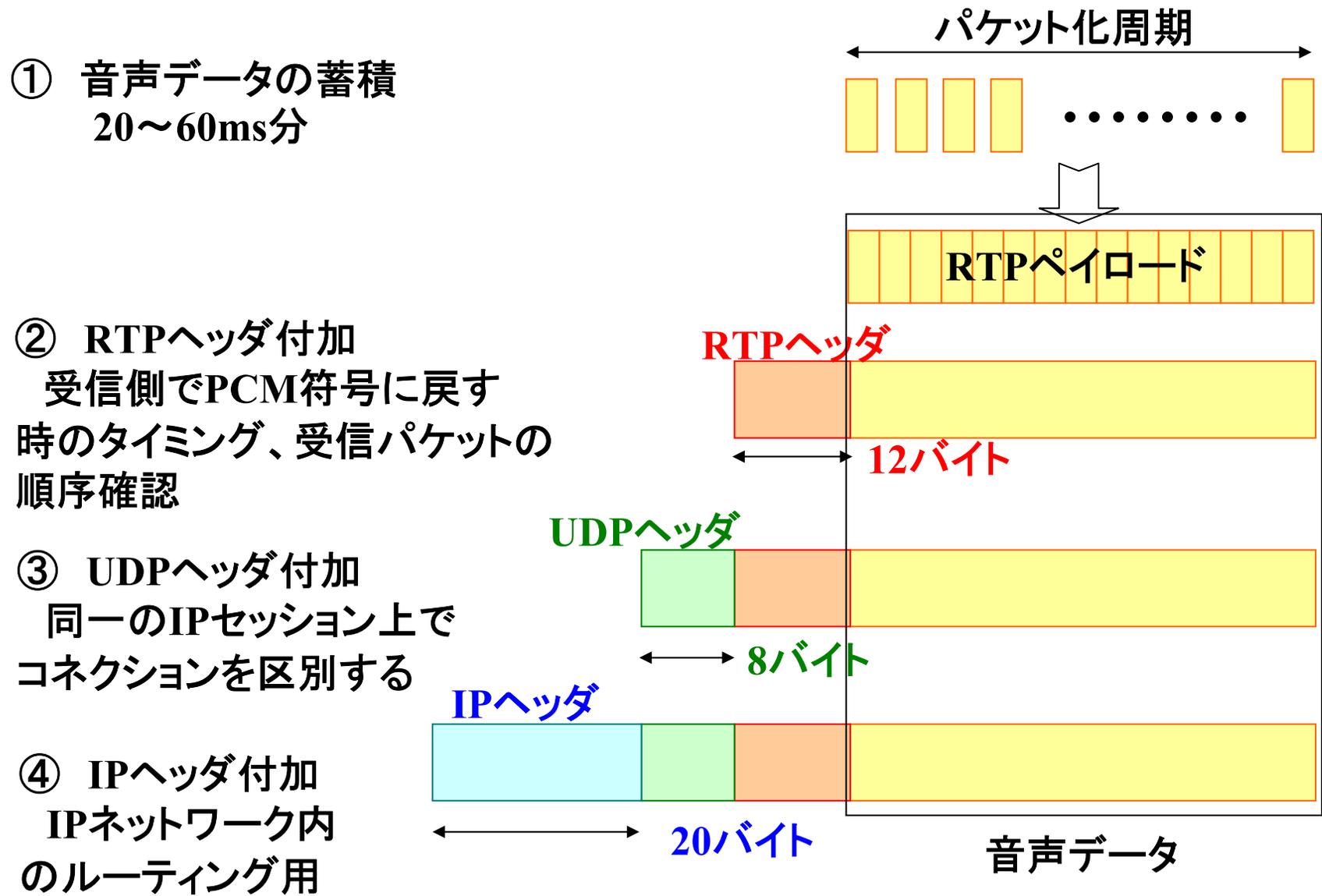
GMPLSの波長パス要求から開放までの手順

フォトニックネットワーク



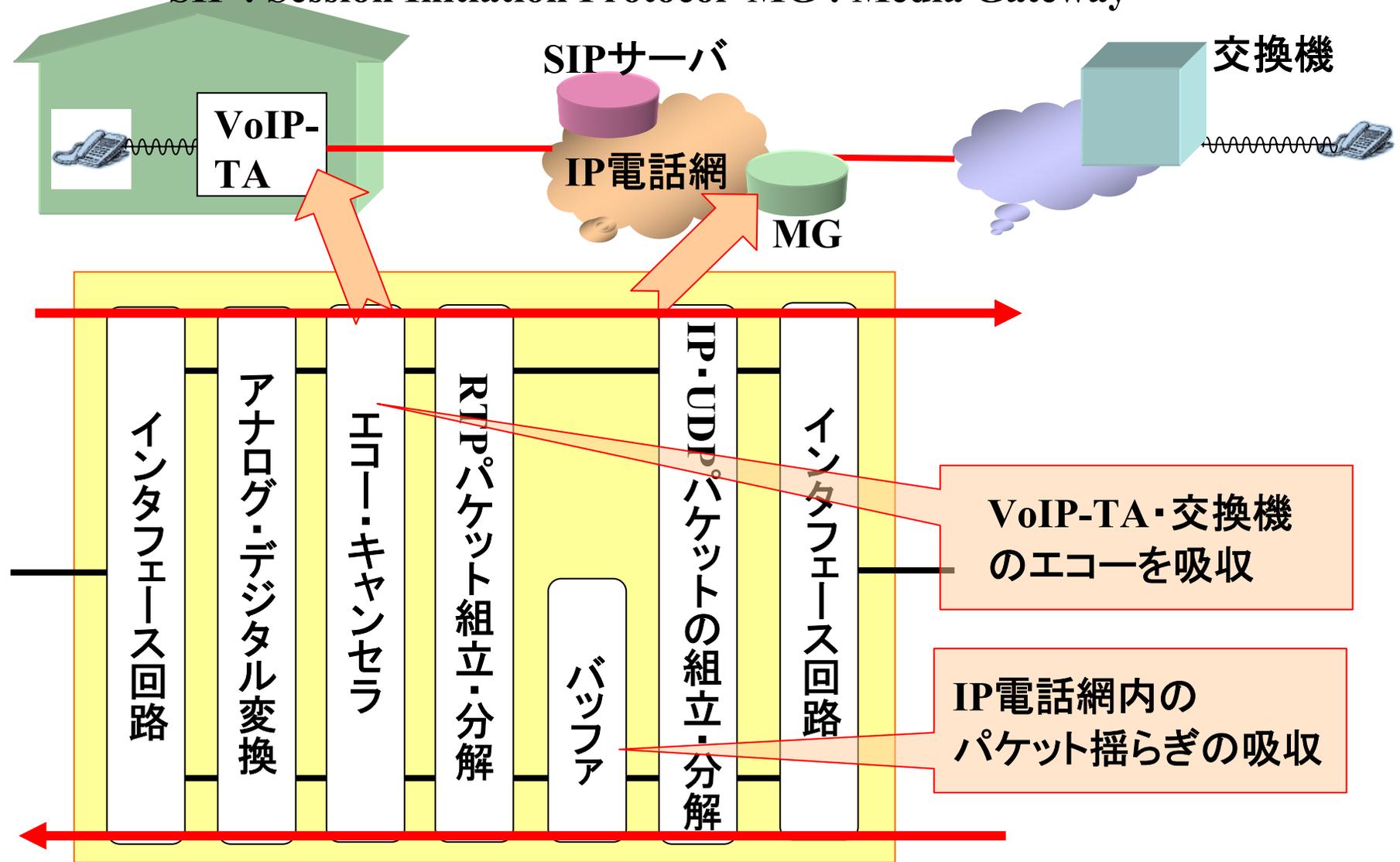
IP電話の仕組み

音声信号をIPパケット化する流れ



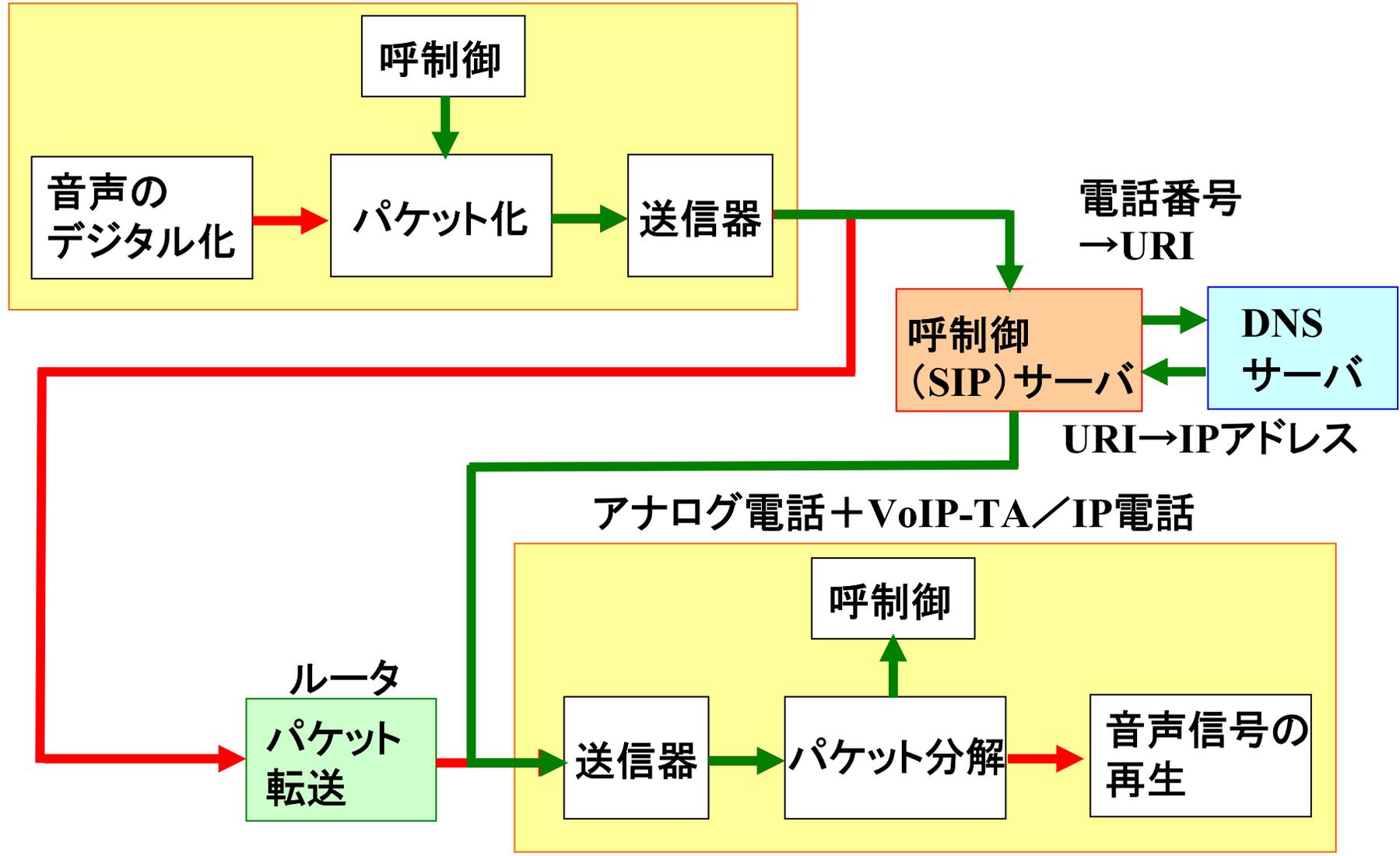
VoIP-TAとゲートウェイ装置の構成

VoIP : Voice over IP TA : Terminal Adapter
SIP : Session Initiation Protocol MG : Media Gateway

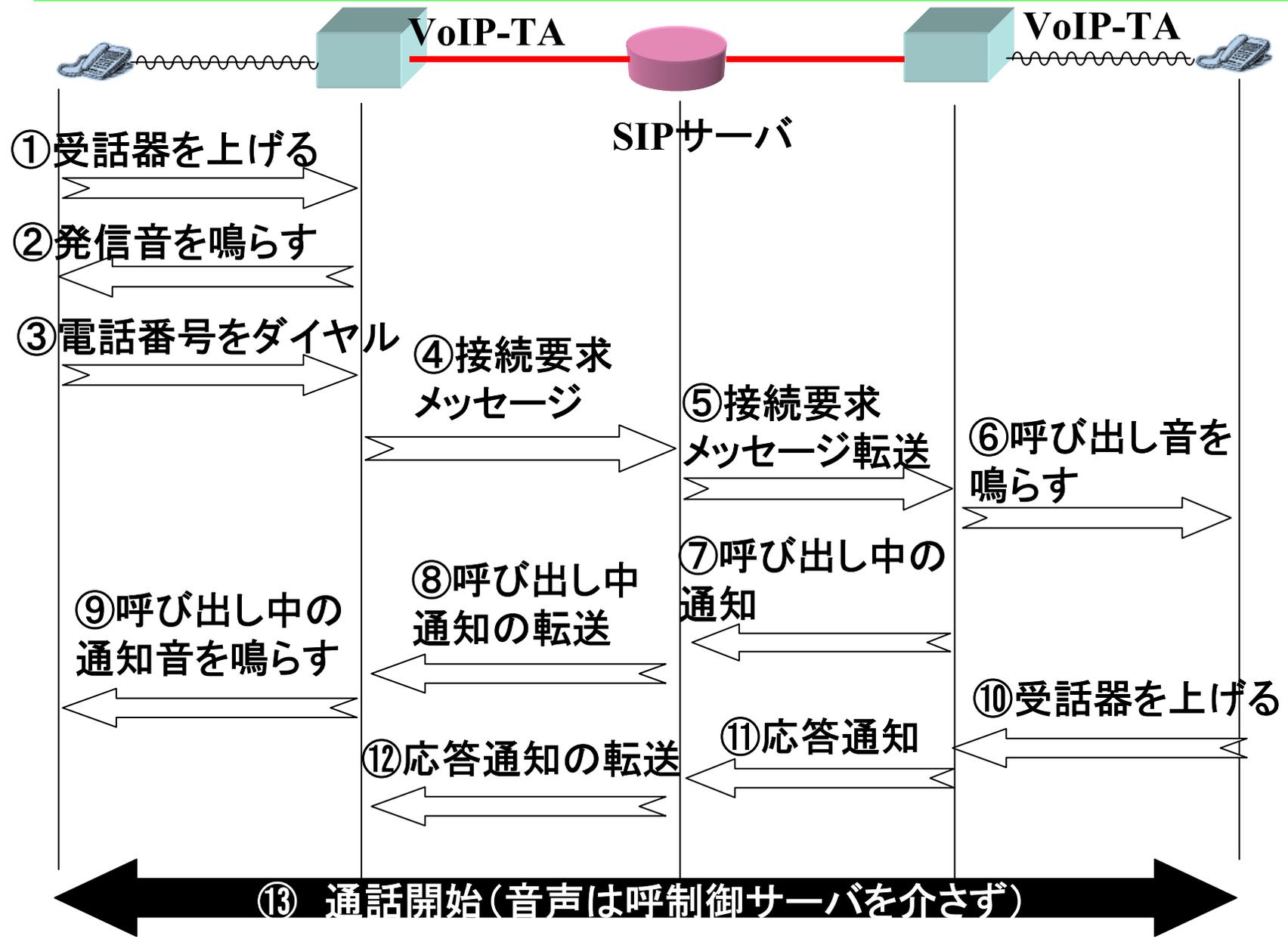


IP電話の仕組み (IP電話同志の接続)

アナログ電話 + VoIP-TA /
IP電話



IP電話が接続できるまでの流れ



SIPによる呼制御

IPヘッダ

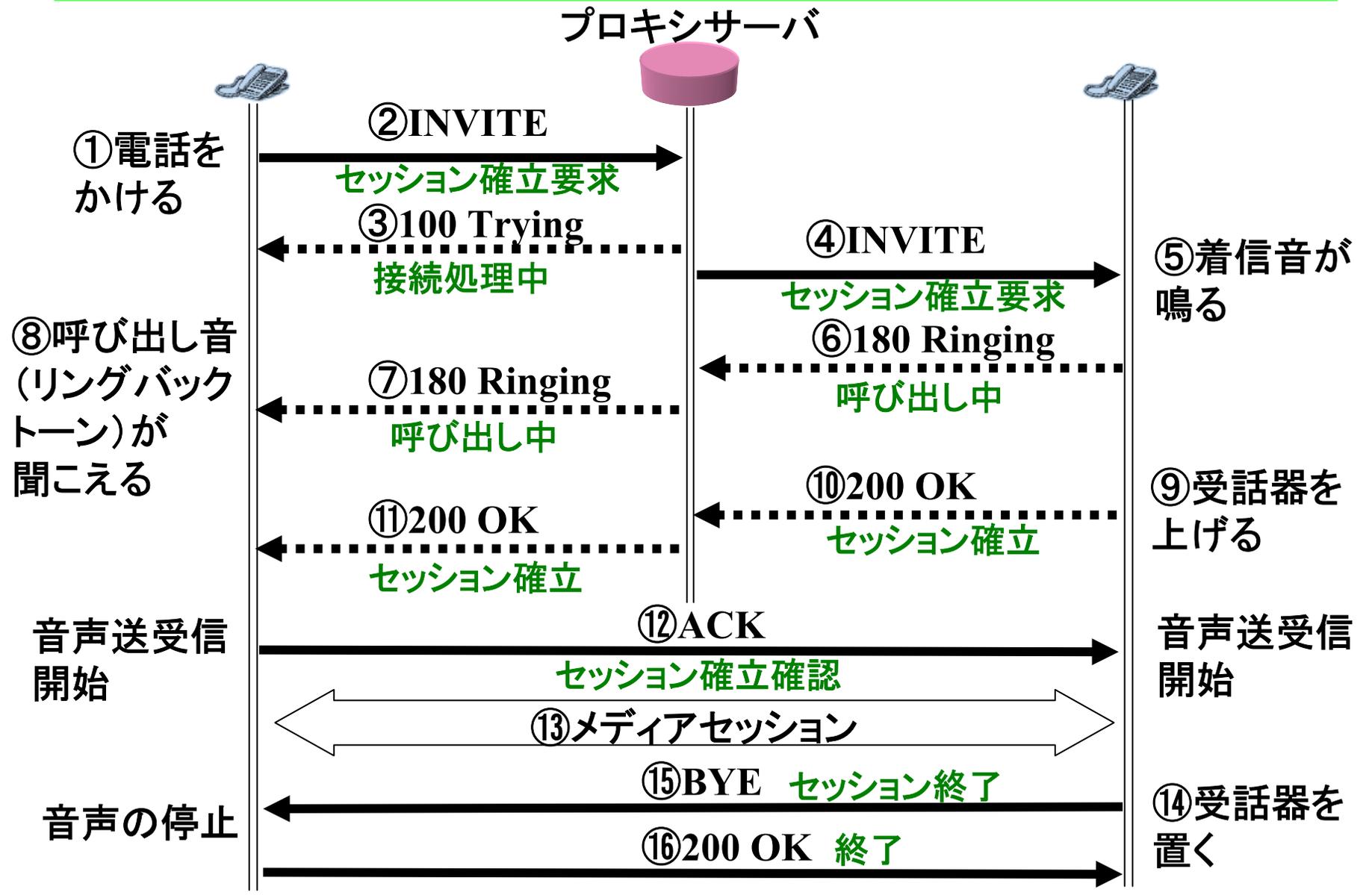
SDPで記述した
セッション情報

```
INVITE sip : abc@uvw.xyz.co.jp SIP/2.0  
Via : SIP/2.0/UDP ghi.xyz.co.jp  
From : ABC<sip : abc@xyz.co.jp>  
To : DEF<sip : def@xyz.co.jp>  
Call-ID : 39556217@ghi.xyz.co.jp  
CSeq : 1 INVITE
```

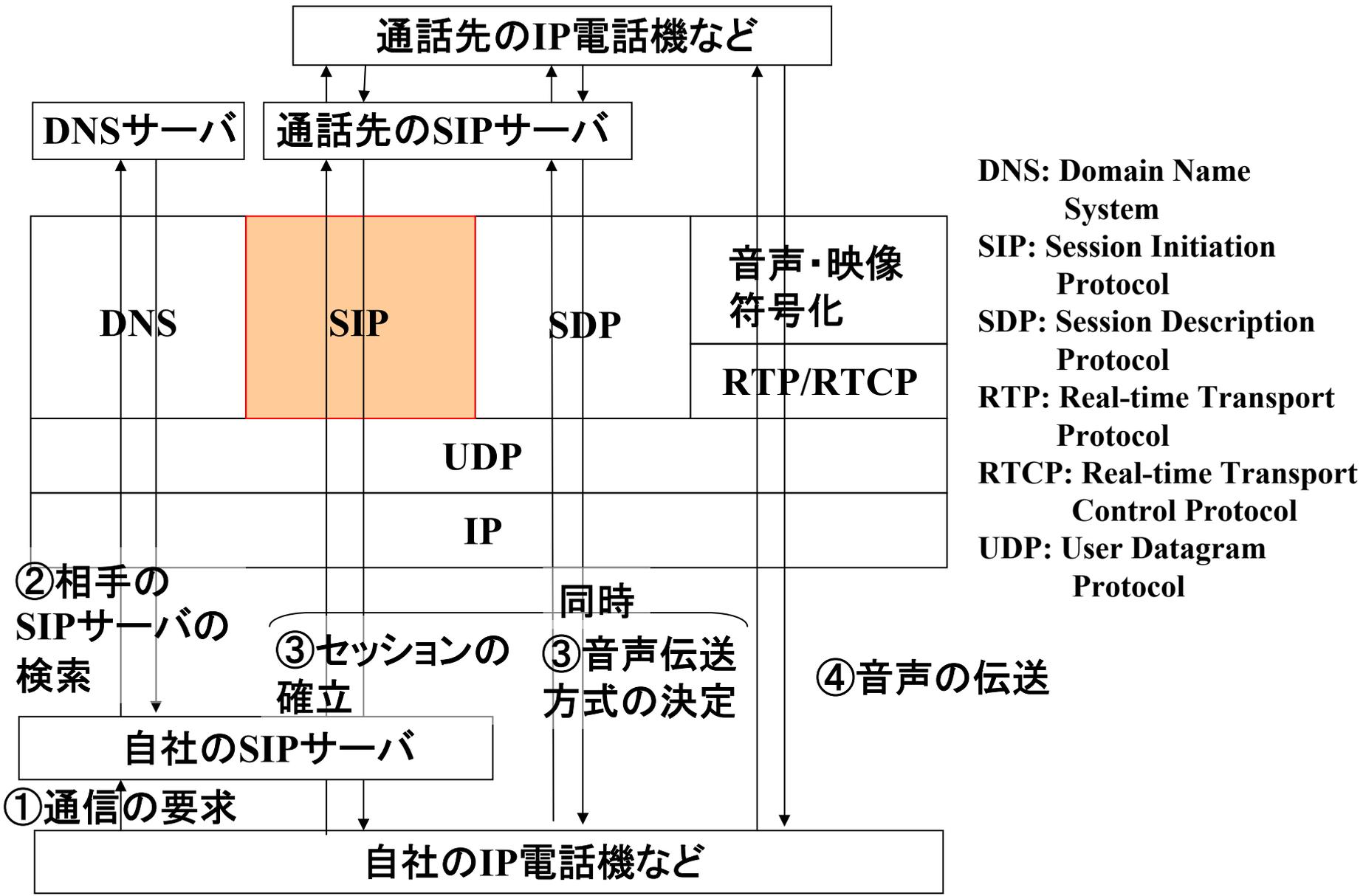
テキスト・データのままIPパケットで転送

SDP: Session Discription Protocol

IP電話の通信でやり取りされるSIPメッセージの例



SIPによる呼確立



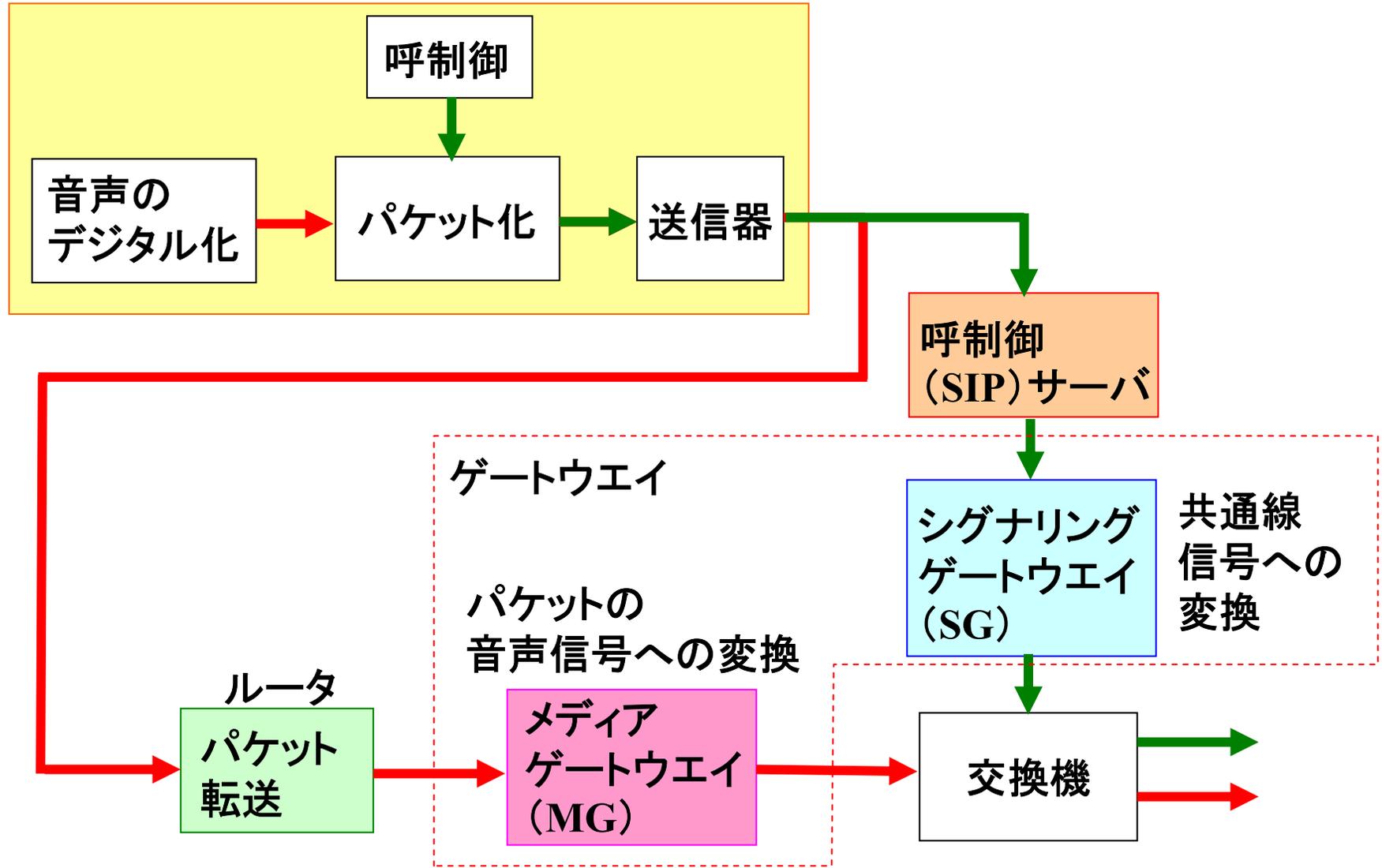
SIPサーバの役割

SIPサーバにはレジストラ・プロキシ・リダイレクトの3つの役割がある。

レジストラ	プロキシ・サーバ	リダイレクト・サーバ
<p>ロケーションサーバ</p> <p>IPアドレス 192.100.10.10</p> <p>SIPサーバ</p> <p>IPアドレス 192.100.10.10</p> <p>端末A</p>	<p>ロケーションサーバ</p> <p>端末Bのアドレス要求</p> <p>端末BのIPアドレス 192.100.10.10</p> <p>SIPサーバ</p> <p>接続要求の転送</p> <p>端末A</p> <p>端末B</p>	<p>ロケーションサーバ</p> <p>端末Bのアドレス要求</p> <p>userB@domainB.comに移動</p> <p>SIPサーバ</p> <p>userB@domainB.comに移動</p> <p>端末A 接続要求</p>
端末からの登録要求を受け、ロケーションサーバへの登録・更新・削除	SIP対応端末からの要求を他のSIP対応端末に転送	SIP対応端末からの要求を受け、移動先アドレスを通知

IP電話の仕組み(簡略版)(2) (IP電話と加入電話の接続)

アナログ電話 + VoIP-TA /
IP電話



加入電話の番号(OABCDEFGHJ 形式(Iは1と紛らわしいため用いない)の番号をOAB~J番号という。)を用いるため、総務省「電気通信番号に関する研究会」が2003年9月にまとめた5条件は以下の通り。

- ① 通信事業者が加入者回線を直接引き込み、その回線を収容する局側装置を所有すること(直収という)。→ ドライカップやダークファイバを用いたサービスではいけないことになる。
- ② 番号から位置検索ができること。→ 電話機の場所を移動しても通話が可能なサービスは不可
- ③ 音声品質はクラスAであること。→ IP電話に求める最上級の音声品質を満足しなければならない。
- ④ 取得するOAB~J番号の地域で需要があり、確実にサービスを提供する。
- ⑤ 緊急電話(110番・119番)がかけられること。→ 電話番号から相手の住所が特定できなければならない。加入電話では警察あるいは消防署が回線を切断しないと回線断にならない(回線保留)。