

IP電話のしくみについて

平成19年12月21日

名城大学 渡邊晃

内容

1. 電話網とデータ通信網
2. IP電話の仕組み
3. SoFW (SIP over Firewall) について

1. 電話網とデータ通信網(目的の違い)

電話網:

人間どうしの音声をやりとりする。

リアルタイム性が必要。

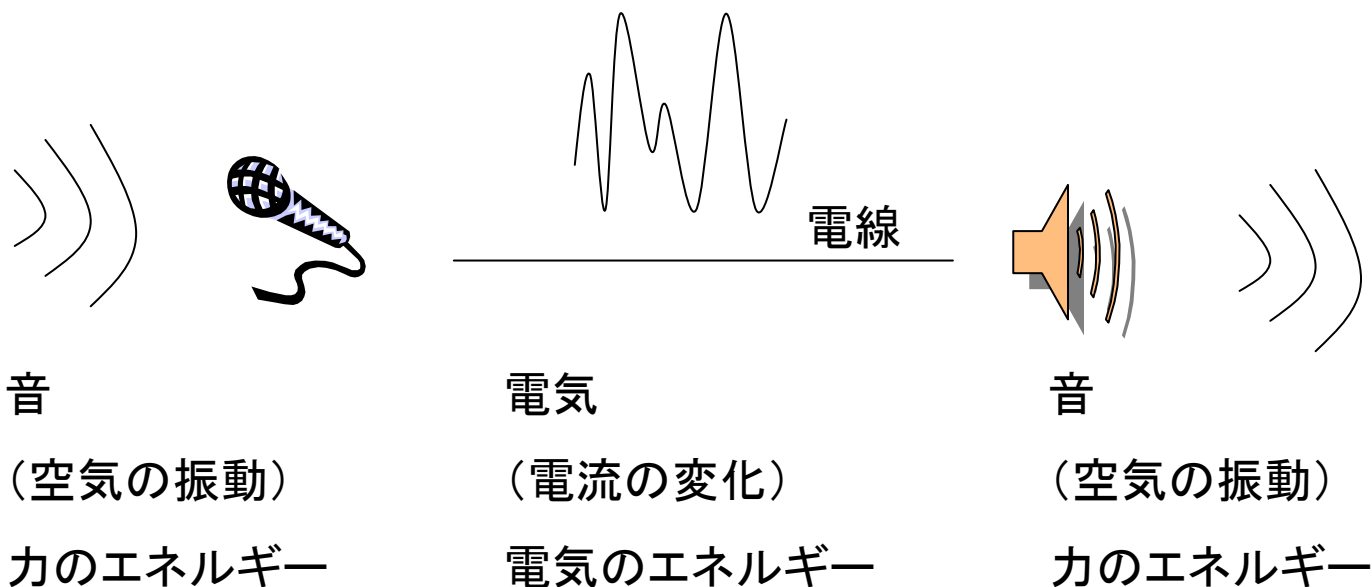
データ通信網(インターネット):

コンピュータどうしの通信を行うのが目的。

確実な通信が必要。

電話

1876年 アメリカ ベル

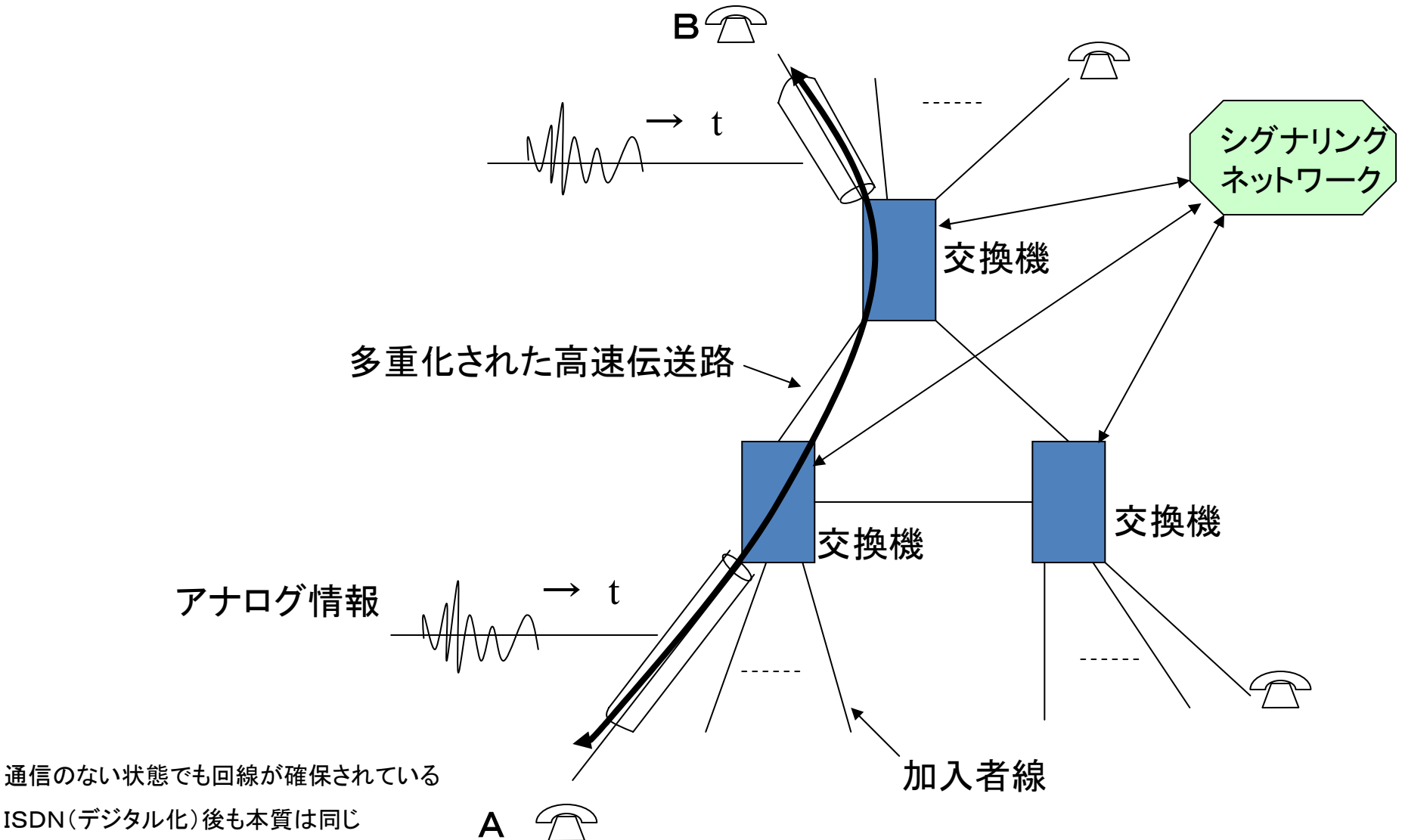


空気の振動 ⇔ 電流の変化

電話網の構成 --- 回線交換方式

ダイヤルにより相手を選択、選択後は接続固定

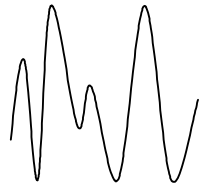
アナログ情報をそのまま伝達する



アナログからデジタルへ(但し基本的構造は同じ)

アナログ伝送

電流の変化



減衰と変形



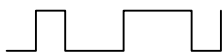
増幅器

伝送路

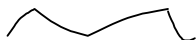
情報の劣化は原理的に抑えられない

デジタル伝送

100110



減衰と変形



100110

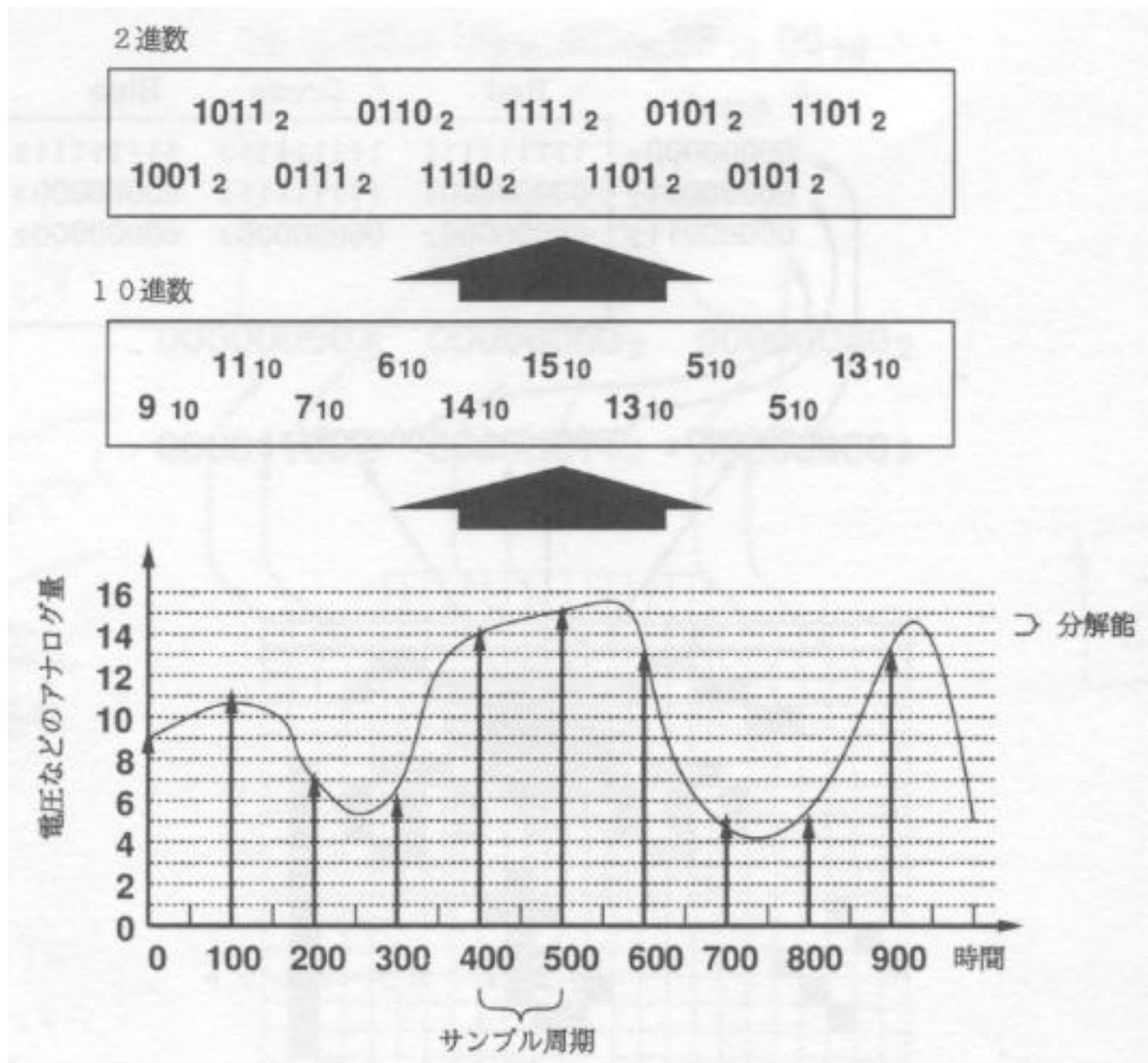


波形整形

伝送路

ノイズがなければ完全に復元される

AD変換の例



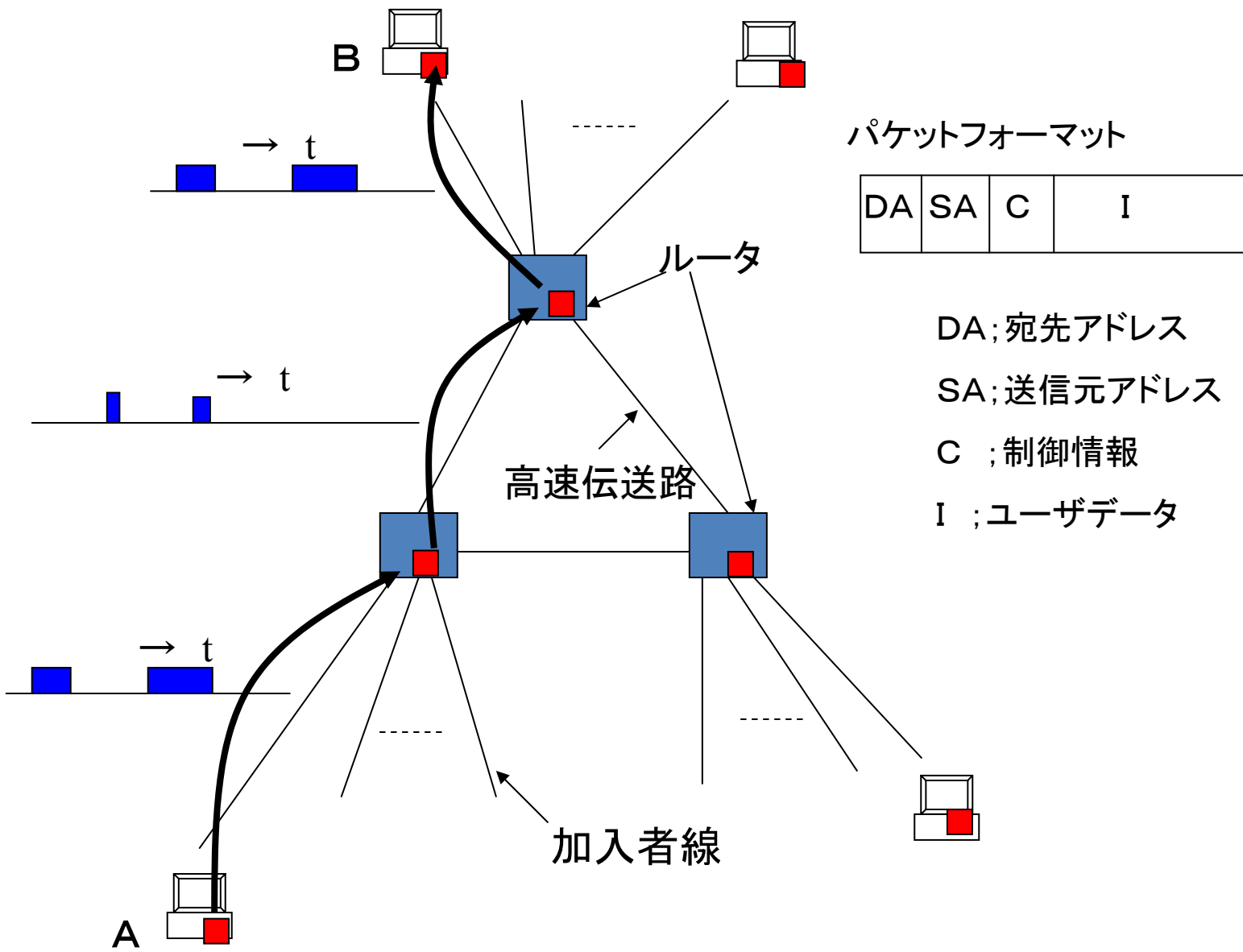
どこまで細かくサンプリングすればよいか

電話 (ISDN) を例にとると、

- ・電話に必要となる周波数・・・0～4kHz
- ・サンプル間隔は毎秒8k回でよい (125 μ 秒間隔)
←サンプリング定理 (標本化定理) より
- ・分解能による誤差は、1/256であれば十分 (8ビット分)
- ・(8kサンプル/秒) \times (8ビット) = 64kビット/秒
- ・電話はビットレート64kbpsでデジタル化が可能
⇒ISDN速度 (64kbps) の根拠
- ・分解能に起因する誤差のみ発生する

データ通信網の構成 --- パケット交換方式(蓄積交換方式)

情報をパケットの形にして中継装置をバケツリレーして行く



電話網とデータ通信網の違い

電話網：

人間どうしの音声をやりとりする。

- リアルタイム性が高い
- × 音声帯域以上の情報を通せない
- × 通話中は伝送路を占有する

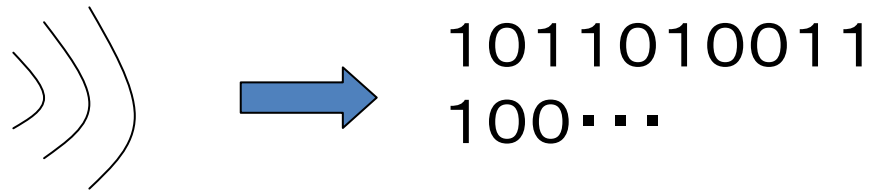
データ通信網(インターネット)：

コンピュータどうしの通信を行うのが目的。

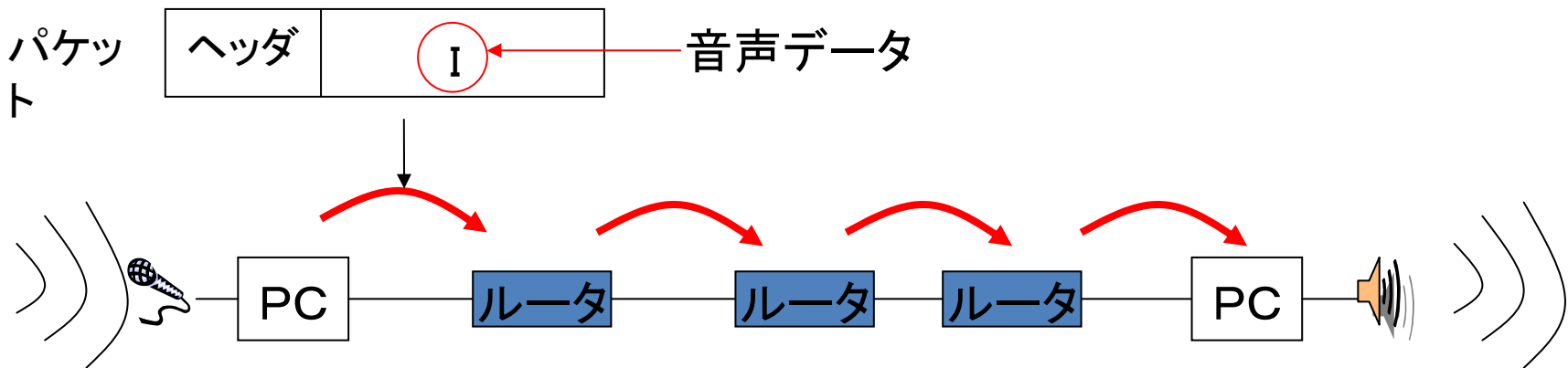
- 確実な通信が可能
- 技術の進歩に合わせて高速化が可能
- 通信効率が高い(伝送路を占有しない)
- × リアルタイム性が低い → 技術の進歩により改善

2. IP電話のしくみ

音声をデジタル情報に変換して、



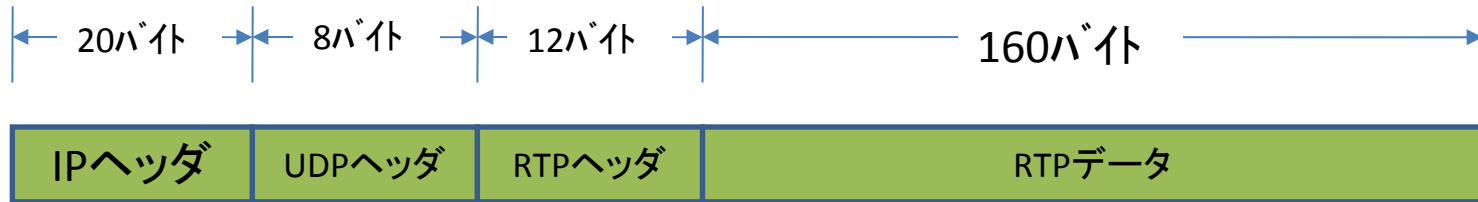
パケット形式に組み立てなおし、パケツリレーで相手に伝える(20mSに1回、160バイト長)



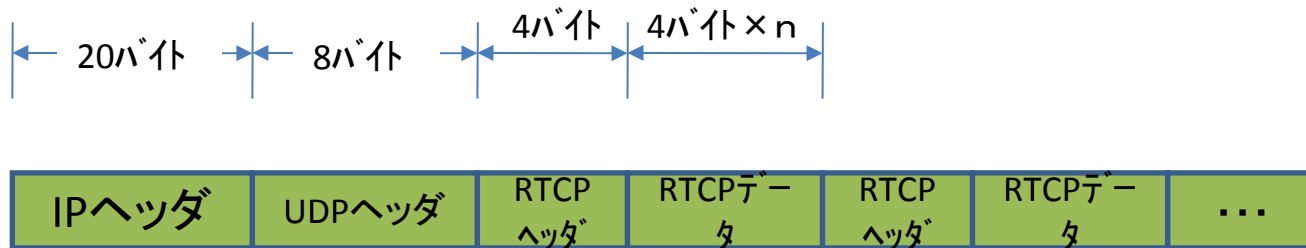
200mS以内の遅延であれば会話可能。

音声通信に使用されるパケットのフォーマット

音声データの転送 RTP; Real-time Transport Protocol



制御用 RTCP; Real-time Transport Control Protocol

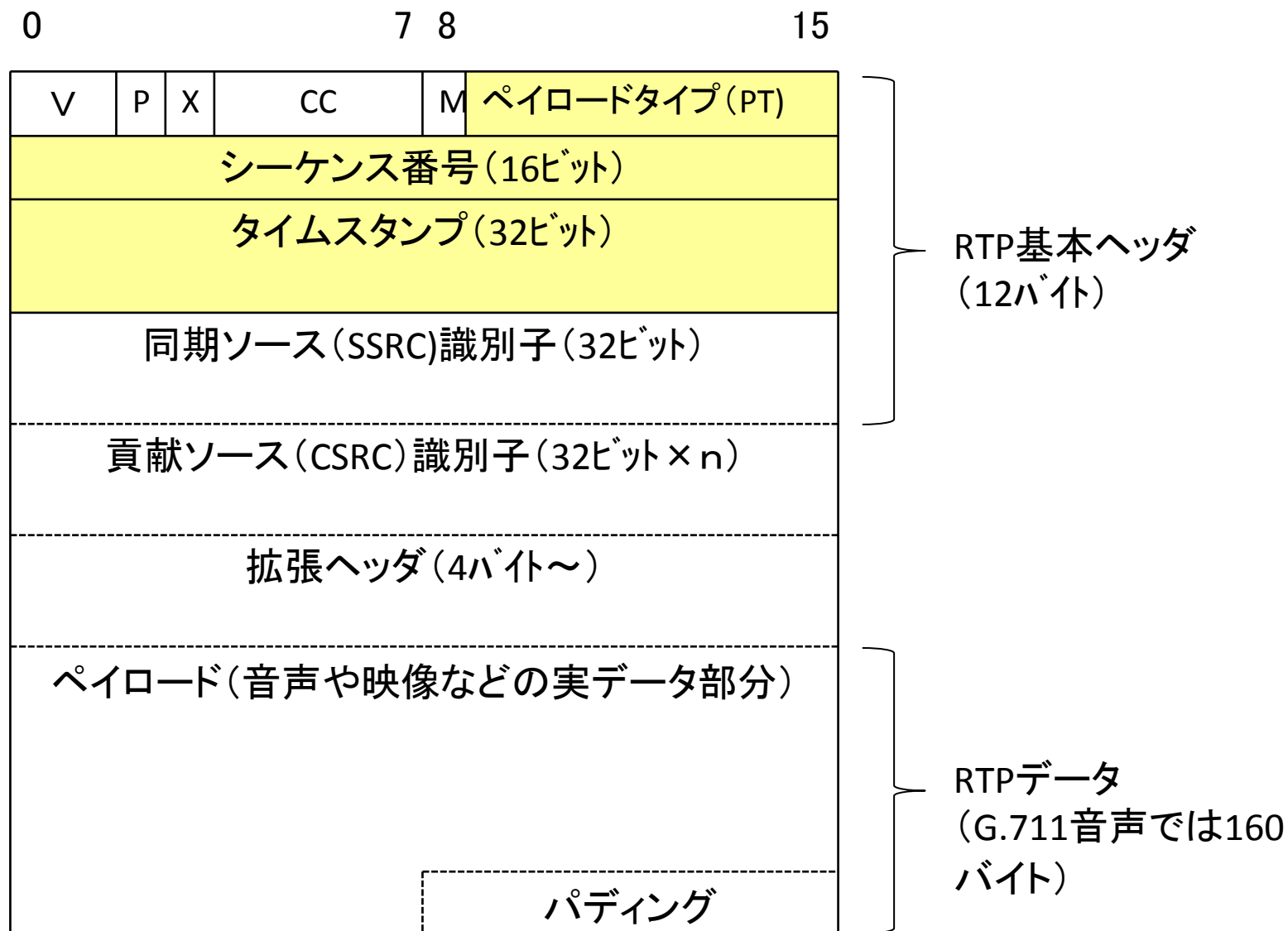


UDPを採用する理由:

- ・リアルタイム性が必要
- ・多少のエラーは許容される

RTPヘッダの内容

データの運搬, 20m秒ごとにパケット送出



V: バージョン番号。必ず2

P: パディングの有無

X: 拡張ヘッダを使うかどうか

CC: CSRC識別子の数を表す

M: マーカービット。アプリケーションにとって特別な意味を持つことを示す(音声の区切りなど)

ペイロードタイプ: 運ぶデータの種類を示す

0 PCM音声(μ -law)(米日版G.711)

8 PCM音声(A-law)(欧州版G.711)

9 ADPCM(G.722)

18 CS-ACELP(G.729)

シーケンス番号: パケットの送信順を表す通し番号

タイムスタンプ: データの再生タイミングを伝える時刻情報。ペイロードタイプで定められているクロック・レートを基に、開始時点からの相対値で示す。

同期ソース(SSRC)識別子: 送信者を識別するための乱数

貢献ソース(CSRC)識別子: ペイロードが複数の人のミキシングの場合、すべての送信元の識別子

拡張ヘッダ: 基本的に使わない

パディング: パケット長を調整するためのダミーデータ

G.xxx; ITU-Tの音声符号化方式の勧告の1つ

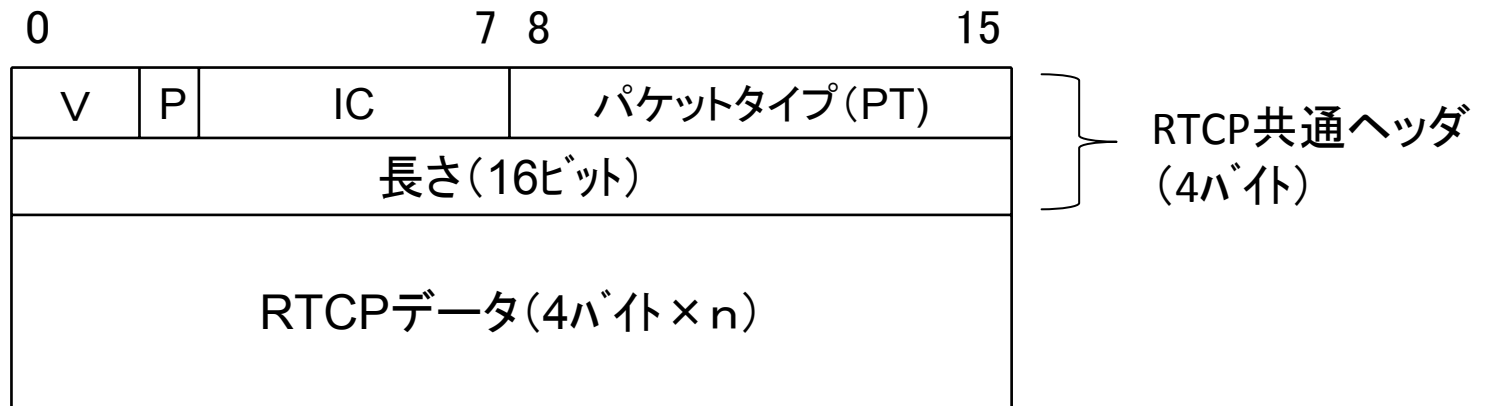
ITU-T; International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector
(国際電気通信連合電気通信標準化部門)

SSRC; synchronization source identifier

CSRC; contributing source identifier

RTCPヘッダの内容

制御情報の通知, 数秒に1パケット送出



V: バージョン番号。必ず2

P: パディングの有無

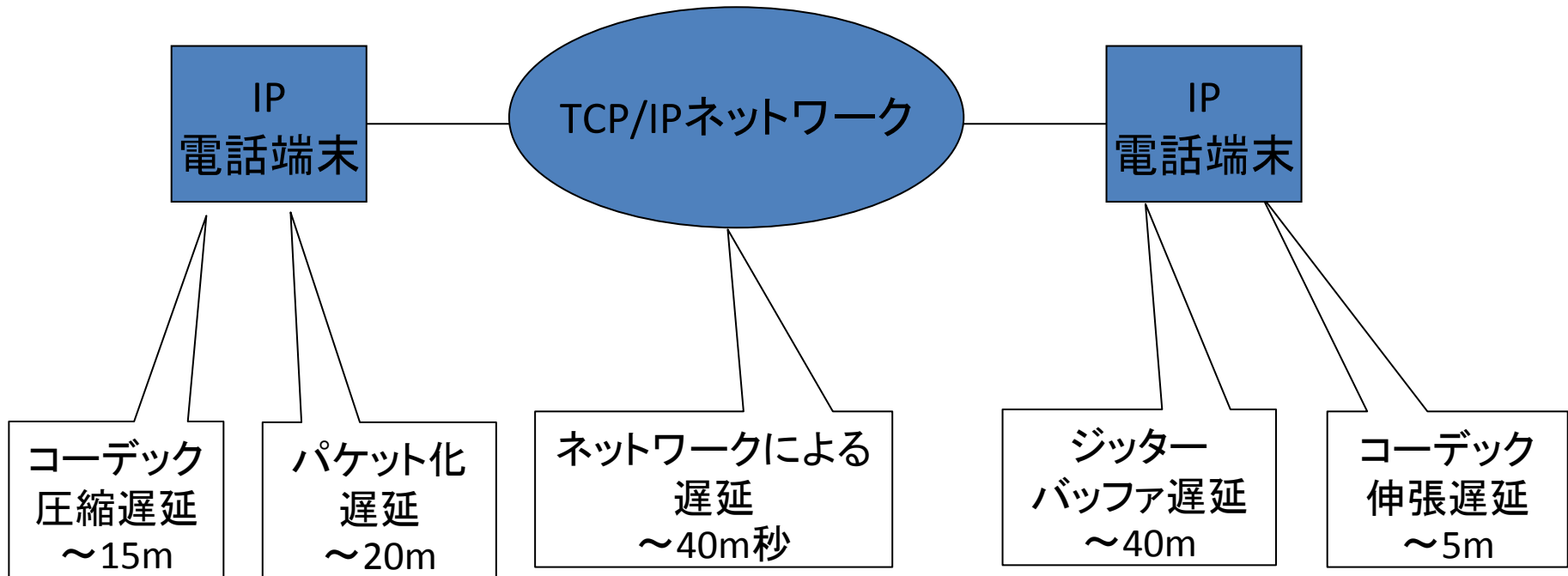
IC: アイテムカウント。パケットタイプごとに用途が変わる

パケットタイプ(PT): RTCPデータの種別を示す

パケットタイプの説明

値	名称	説明
200	SR(sender report)	送信者が受信者にメディアに関する情報や正確な時刻情報などを伝える ⇒ 音声と画像の同期など
201	RR(receiver report)	受信者が送信者に遅延やゆらぎ(ジッター)、パケット欠落などの品質情報を伝える ⇒送信レートの調整など
202	SDES(source description)	参加者の識別情報や利用場所などを伝える
203	BYE(goodbye)	参加者がRTPセッションを終了することを伝える。
204	APP(application-defined)	新機能の実験やアプリケーションが独自に機能を拡張するために使用する

遅延の要因 (遅延の合計が200m秒以下が望ましい)



コーデック; 符号化方式

ジッター; 揺らぎ

(この場合はパケット受信間隔)

遅延の要因 (青はIP電話特有の遅延)

・コーデック圧縮遅延

音声圧縮(音声符号化)時に発生する遅延。

アルゴリズム遅延;

一定時間分(フレーム)の音声データを一括して圧縮するために生じる遅延。

コーデック(G.729等)の原理により不可避。

処理遅延;

圧縮・伸張処理自体に要する時間。

具体的な実装方法次第でその時間を短くすることが可能。

・パケット化遅延

パケット化周期20m秒の場合、20m秒の遅延が発生する。

・ネットワークによる遅延

IPパケットがネットワーク上のルータを通過する際に発生する遅延。

通過するルータの数(ホップ数)が多いほど遅延が大きくなる。

・ジッターバッファ遅延

不規則なパケット間隔を等間隔に補正するために必要となる。

・コーデック伸張遅延

圧縮した情報をもとに戻すために発生する遅延。

コーデックによる遅延時間の違い

コーデック	速度	圧縮率	圧縮遅延		伸長遅延
			処理遅延	アルゴリズム遅延	
PCM (G.711)	64kbps	1	0	0	0
ADPCM (G.722)	32kbps	1/2	10m秒	0	0
CS-ACELP (G729)	8kbps	1/8	10m秒	5m秒	5m秒

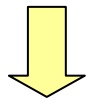
ADPCM; Adaptive Differential Pulse Code Modulation

CS-ACELP(シーエス・アセルプ); Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction)

パケットロスの補正方法

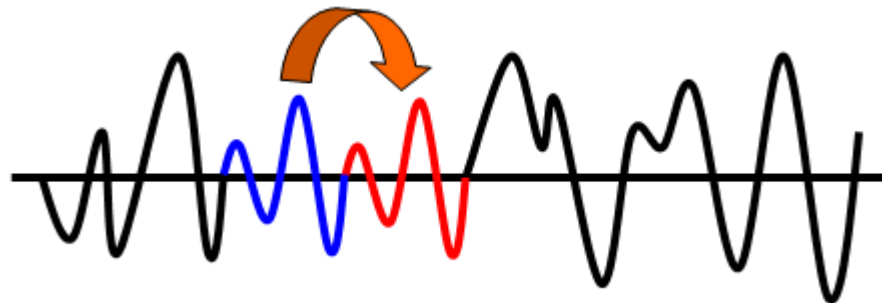
パケットロスの要因

- ・ネットワーク上でのパケット・ロス
- ・受信側のジッターバッファで廃棄
(到着が遅れたパケットを廃棄)



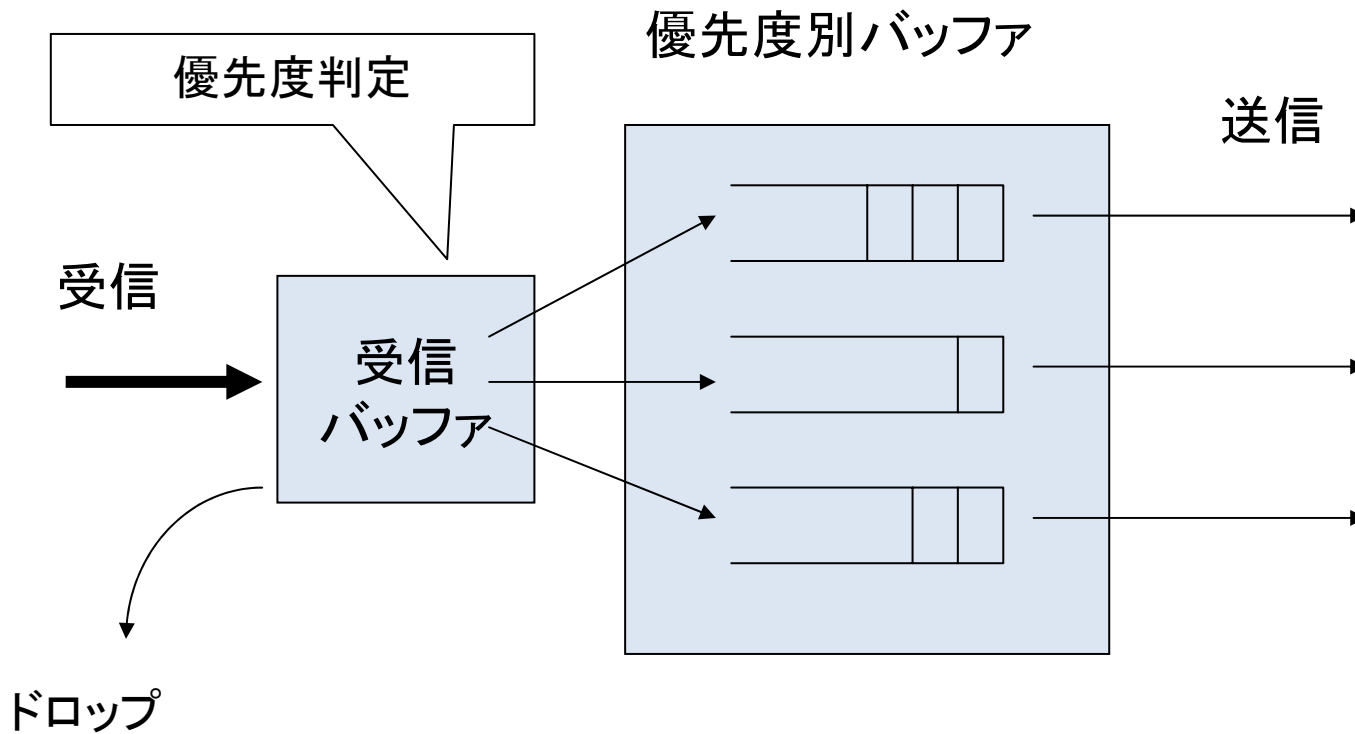
PLC(packet loss concealment)

パケット・ロスが発生した区間の音声の変わりにすでに受信した直前の音声波形をコピーして埋め込む



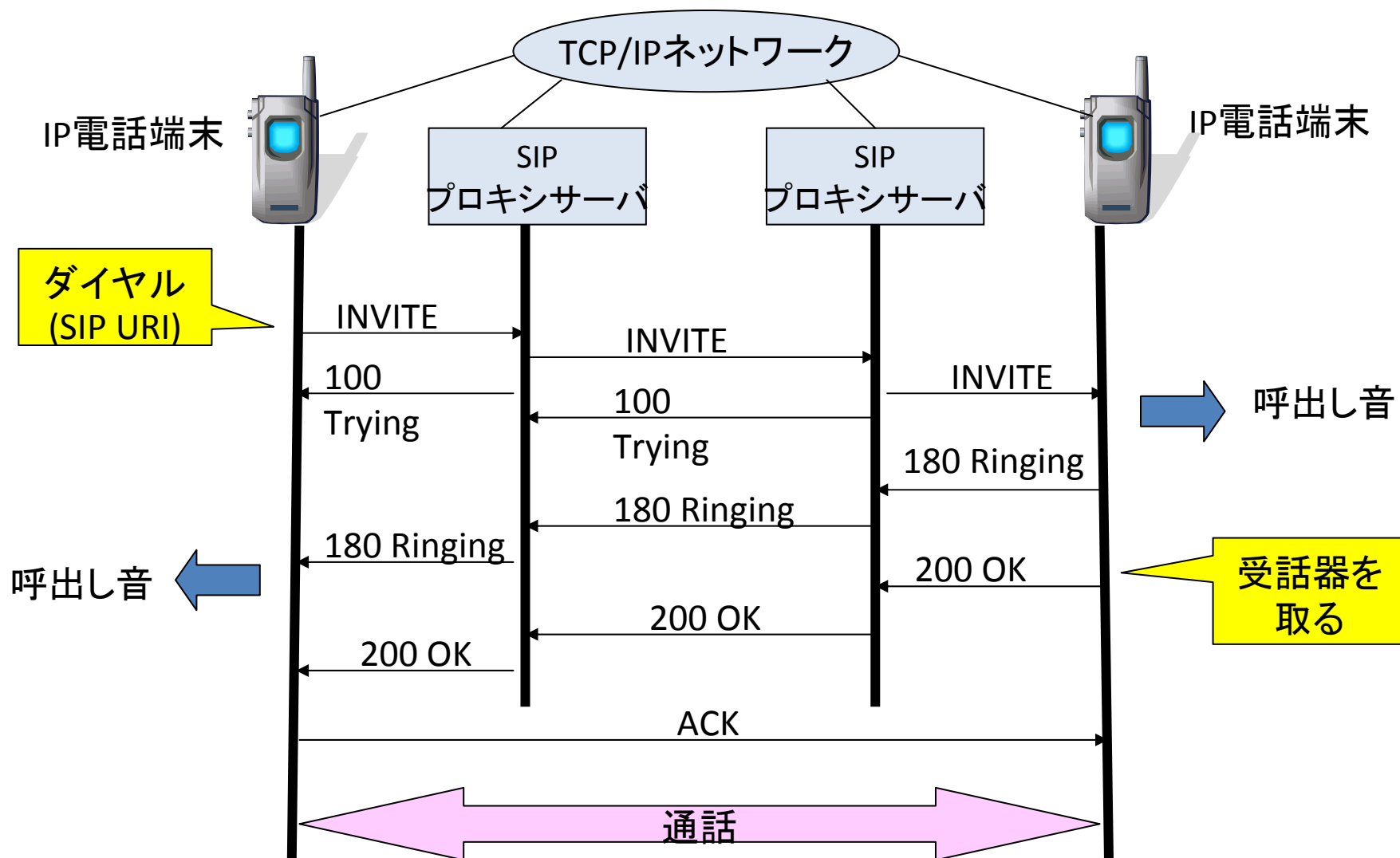
ネットワーク遅延を減らすしくみ

QoS (Quality of Service)



IP電話端末を呼び出す流れ

SIP; Sesshon Initiation Protocol

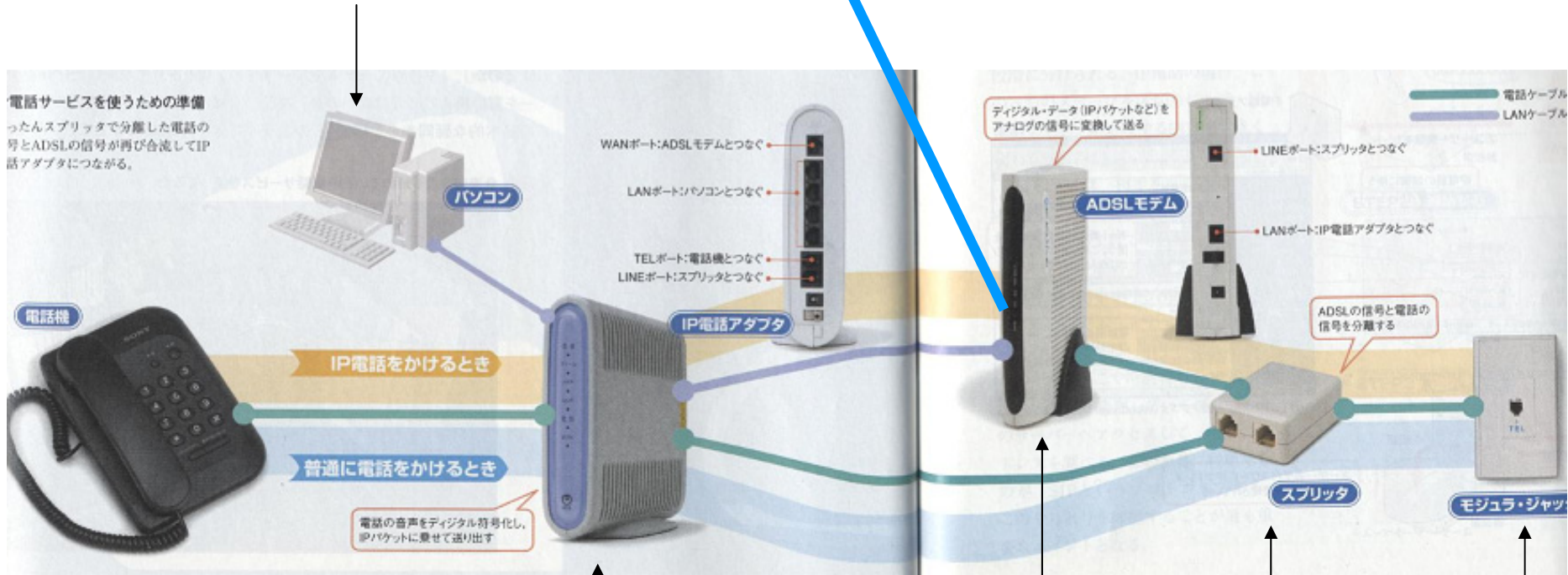
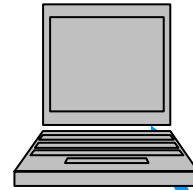


SIP URI (SIP Uniform Resource Identifier)

例 sip:wata@ccmfs.meijo-u.ac.jp

IP電話機能を持つPC

通常のPC



固定電話

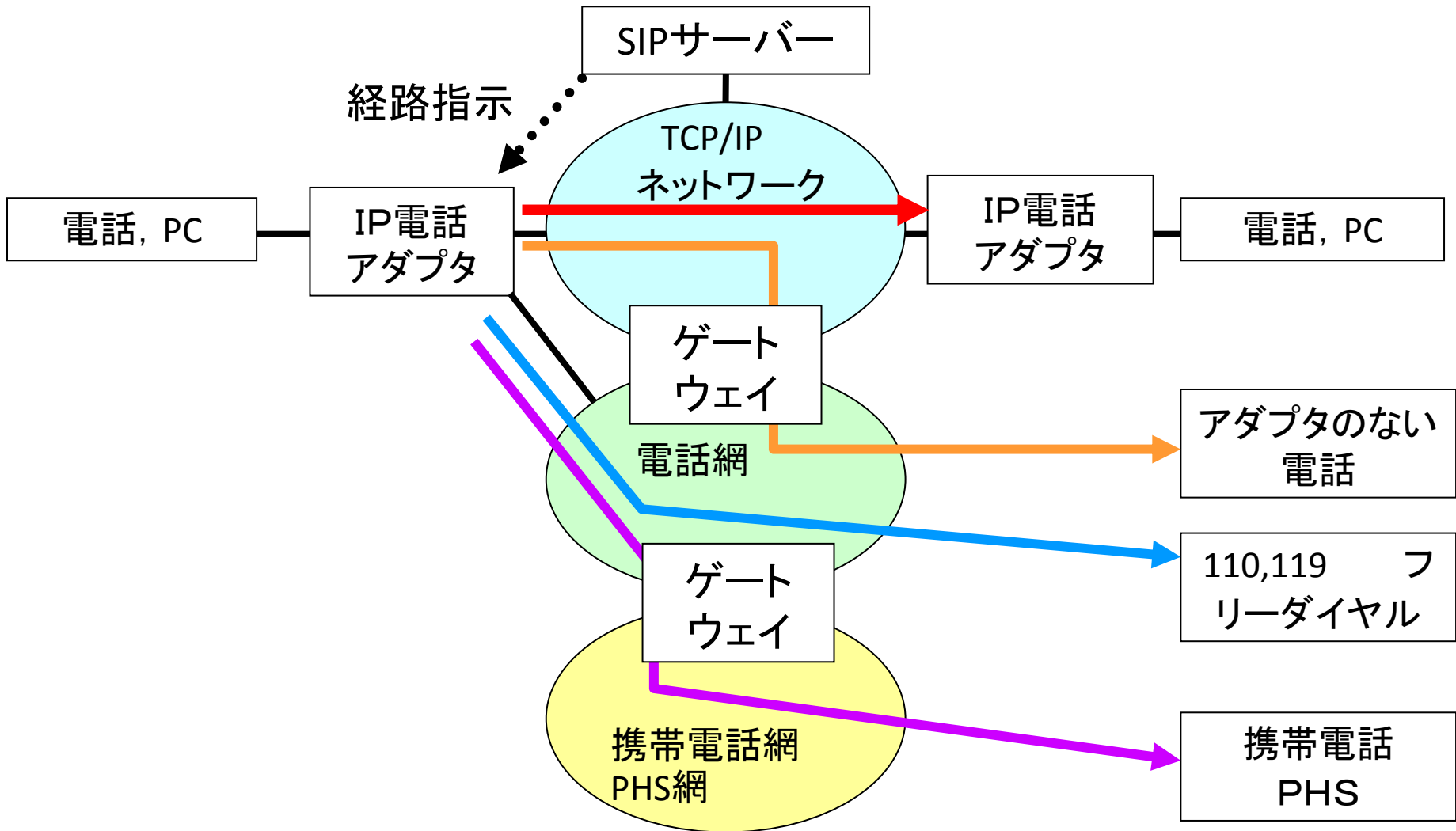
IP電話アダプタ

ADSLモデム

スプリッタ

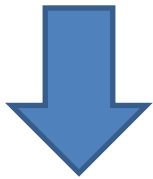
電話ジャック

IP電話アダプタによる経路決定



3. SoFW (SIP over FireWall)

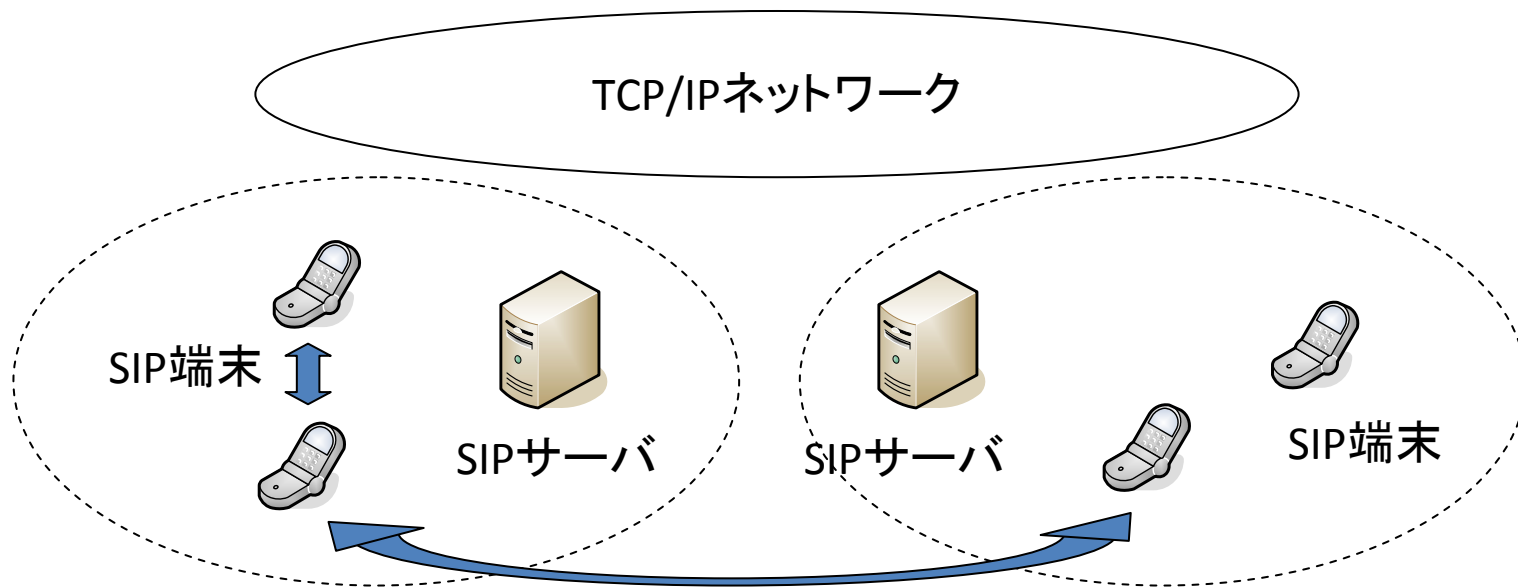
- ・IP電話はSIP端末となる流れ
- ・IP電話はファイアウォールを通過できない
(IP電話普及の障害)



SoFWの提案

SIP ; Sesshon Initiation Protocol

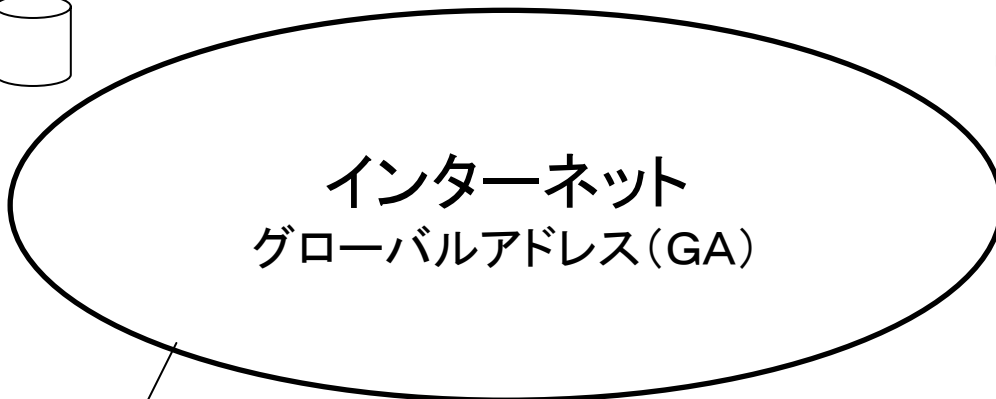
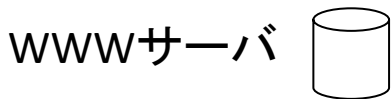
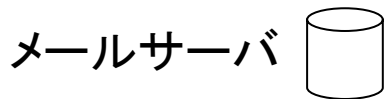
- ・呼設定を実現するプロトコル、RFC3261
- ・WindowsXPに標準で搭載されている
- ・次世代携帯電話のバックボーンで採用されることが決まっている
- ・コンテンツは音声、動画、テキスト



SIP URI (SIP Uniform Resource Identifier)

例 sip:wata@ccmfs.meijo-u.ac.jp

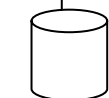
ファイアウォールの構成



ファイアウォール
(含:NAT)



バリアセグメント (GA)



DNS



WWW



メール



イントラネット
プライベートアドレス (PA)

自由なVoIP通信

FWを確実に通過できるパケット

- ・メール
- ・外向けWWWアクセス

既存のファイアウォール越えシステム

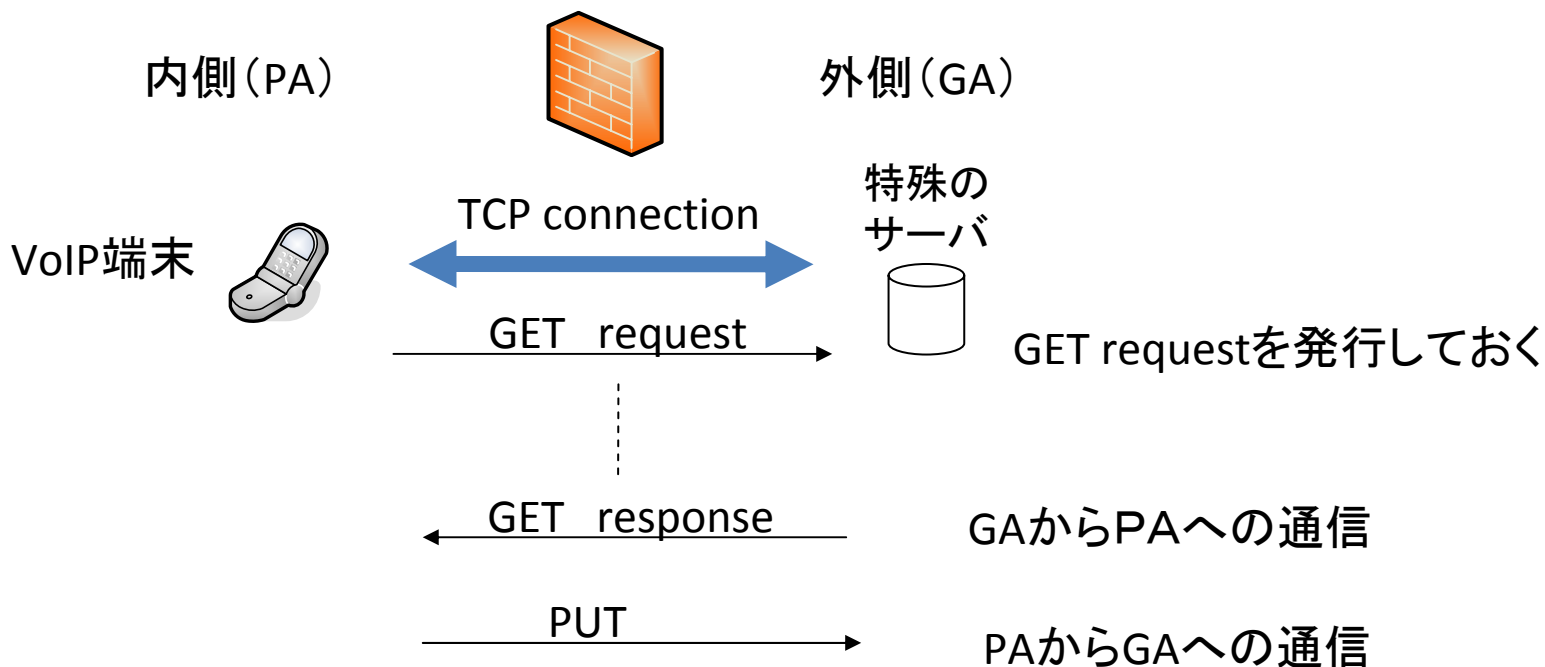
①HTTPトンネル方式

Skype、SoftEther、SoFW (SIP over FireWall)

②ファイアウォール改造方式 → 既存システムに影響あり

SIP機能の組み込みなど

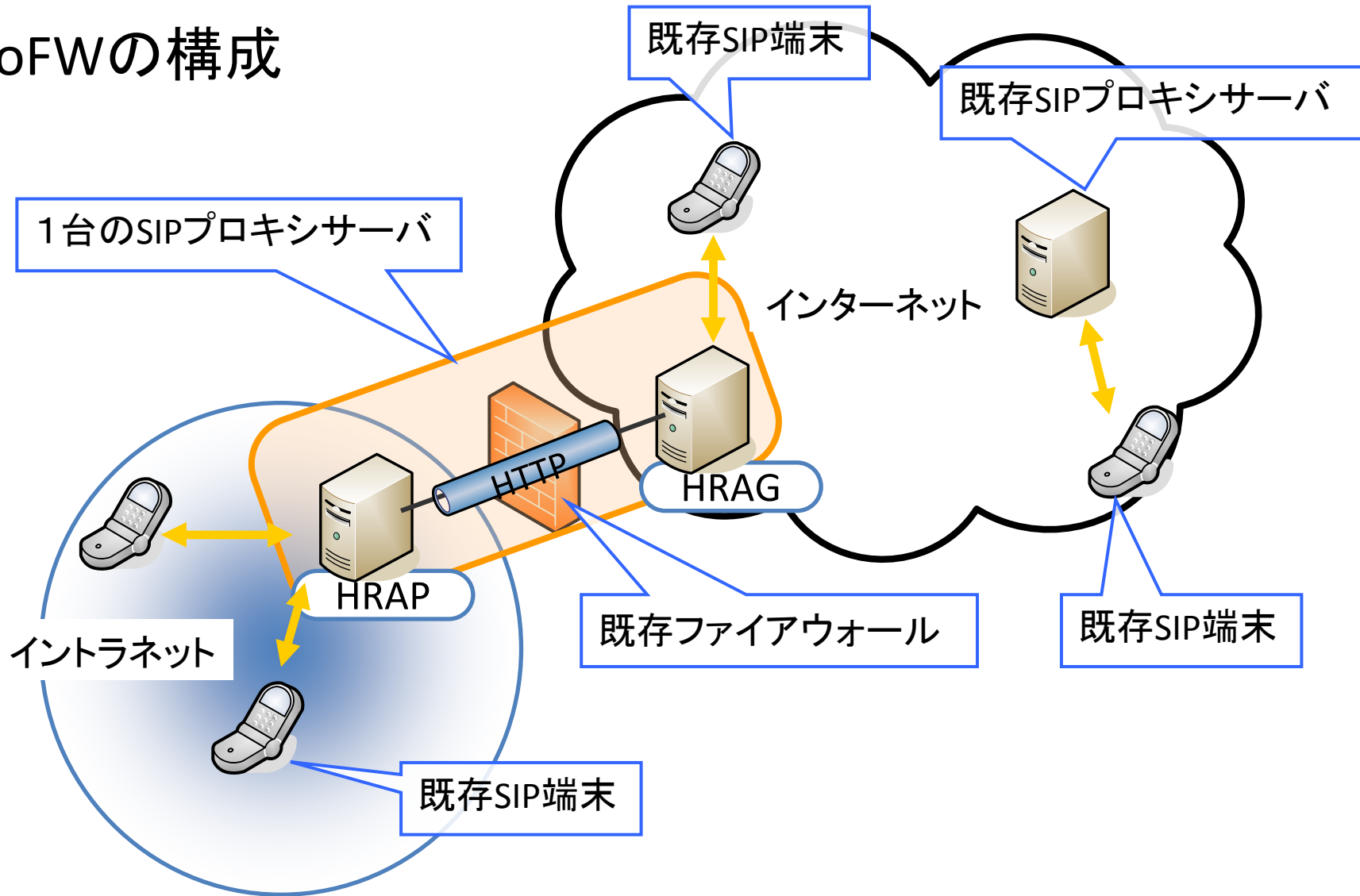
HTTPトンネルの実現方法



SoFW (SIP over FireWall)

- SIP端末を前提としたVoIP通信
- 『安全に』ファイアウォール(含:NAT)を越える
- 企業のセキュリティポリシーに影響を与えない
- 既存のネットワーク設備に影響を与えない
- VoIP以外への拡張性がある

SoFWの構成



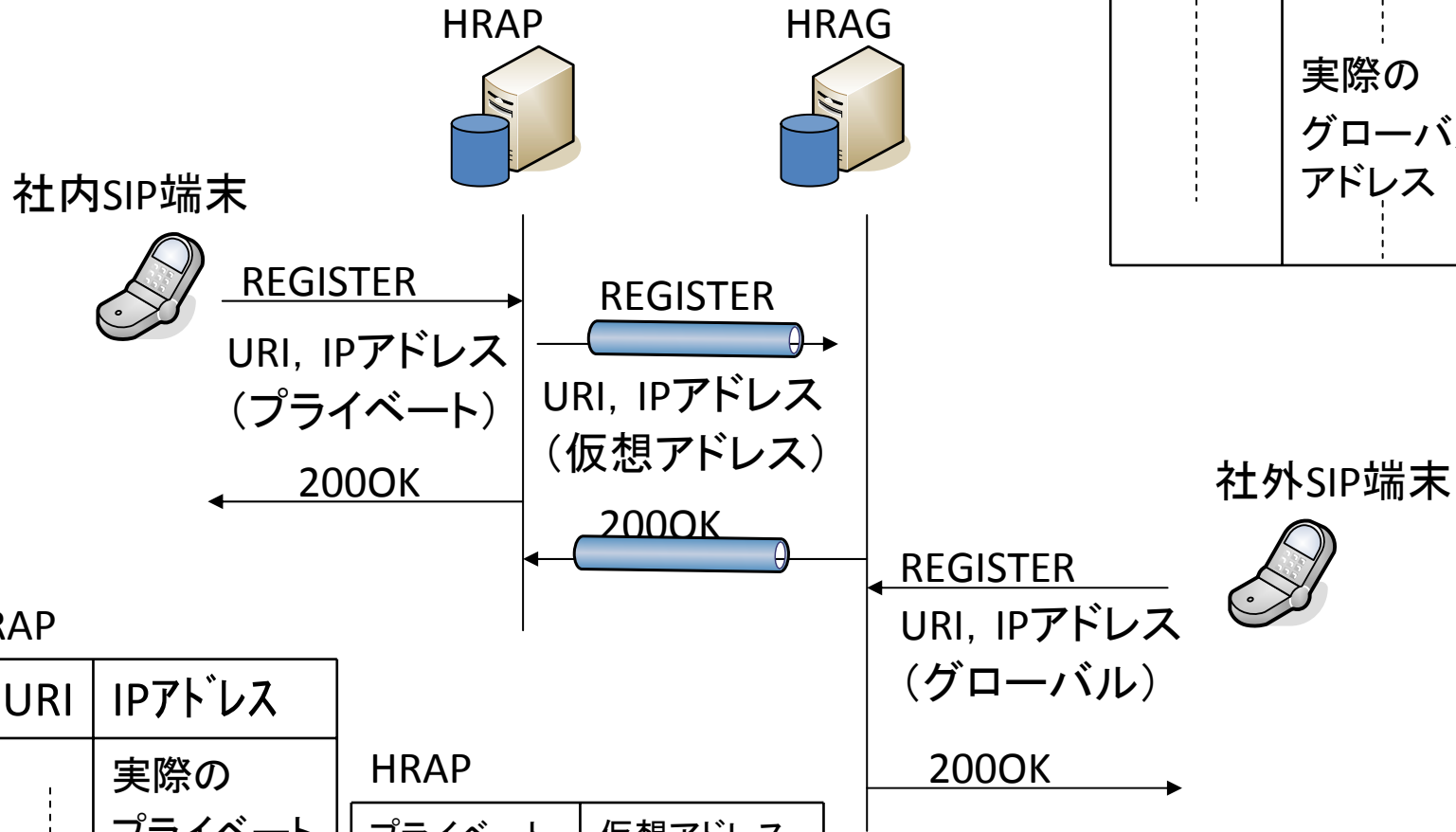
HRAG (Half Relay Agent for Global) : グローバルアドレス空間に設置

HRAP (Half Relay Agent for Private) : プライベートアドレス空間に設置

HRAP/HRAGが管理する情報

HRAG

SIPURI	IPアドレス
⋮	仮想アドレス
	実際の グローバル アドレス



HRAP

SIPURI	IPアドレス
⋮	実際の プライベート アドレス

HRAP

プライベート アドレス	仮想アドレス
⋮	⋮

200OK

ファイアウォールを跨るVoIP (C⇒A)

SIPサーバ

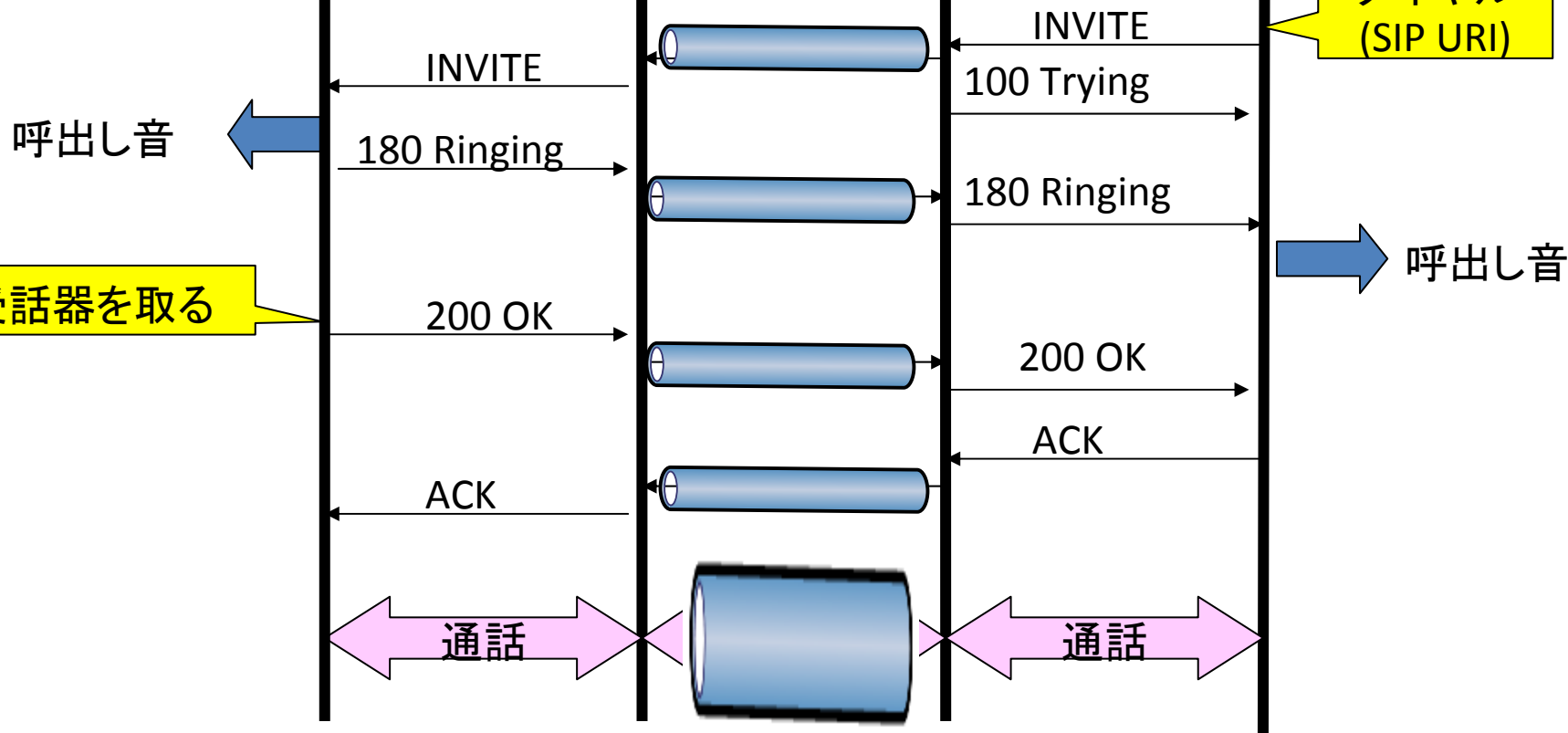
イントラネット側
内部SIP端末



インターネット側
SIP端末



ダイヤル
(SIP URI)

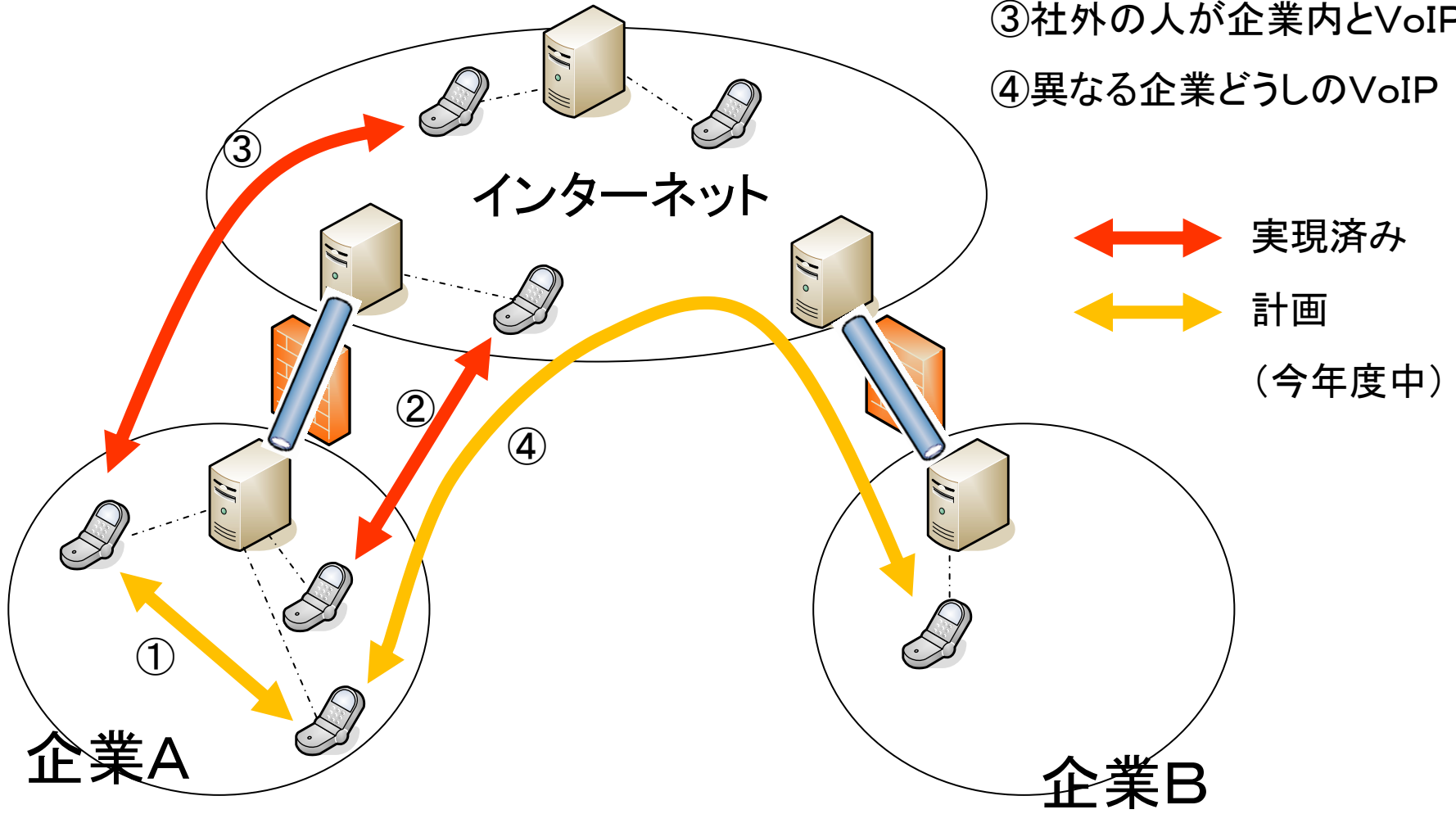


HRAP/HRAGがINVITE/200OK内のメッセージを書き換える。

AはHRAPが、CはHRAGが通信相手に見える

実現可能な通話形態

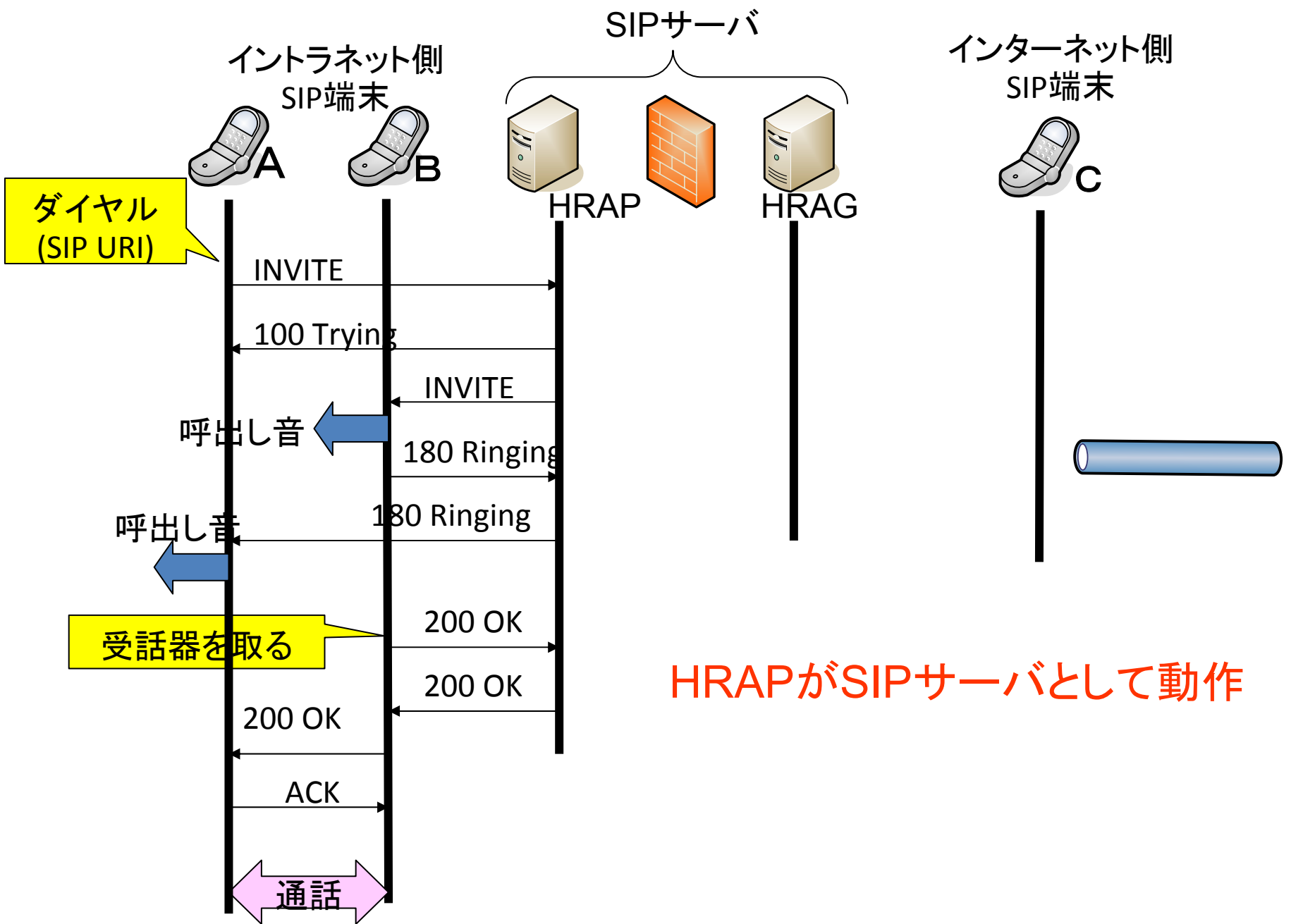
- ①企業内VoIP
- ②出張者が企業内とVoIP
- ③社外の人が企業内とVoIP
- ④異なる企業どうしのVoIP



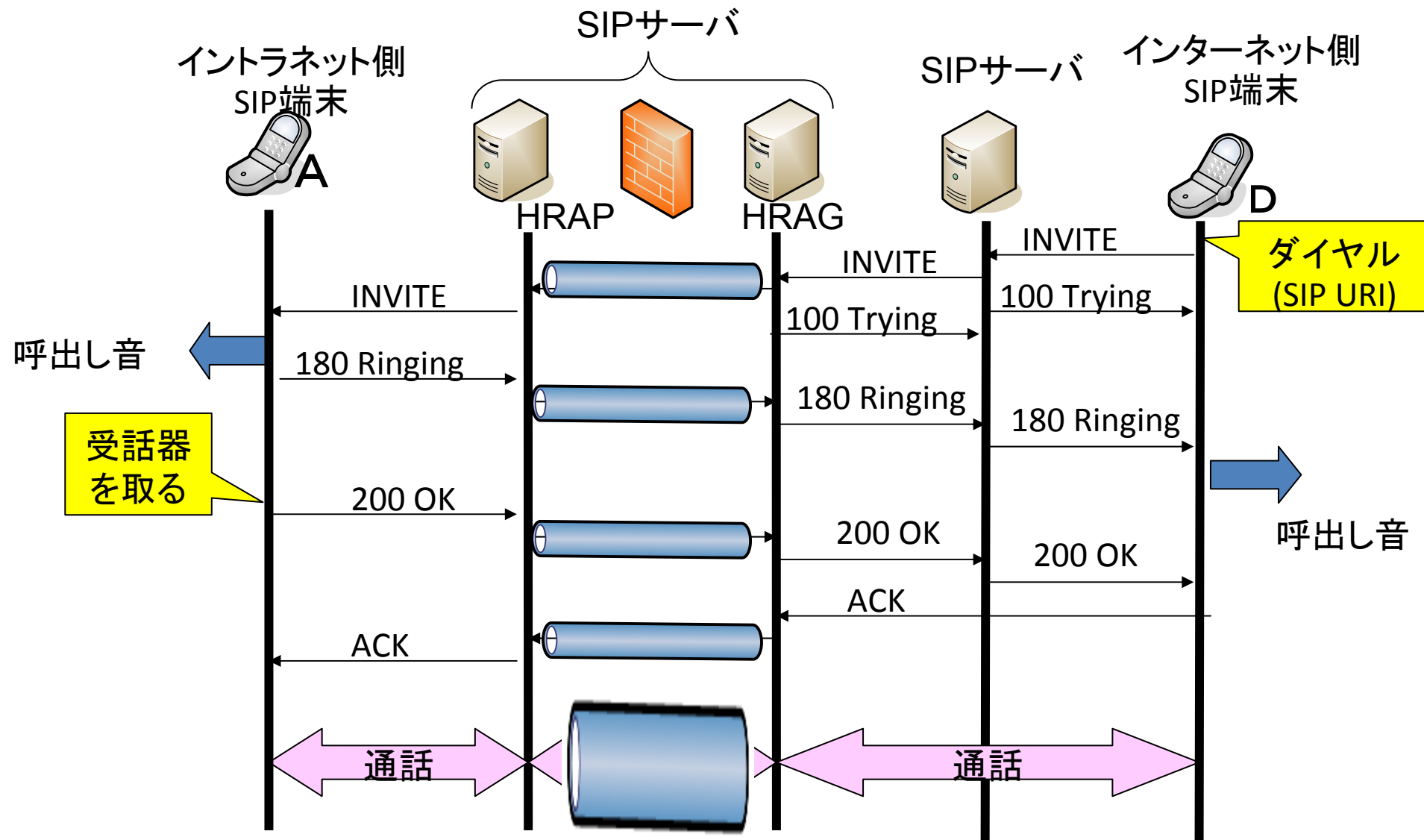
まとめ

1. 電話網の限界
2. データ通信網を利用したIP電話
3. IP電話の普及を促進するSoFW

イントラネット内のVoIP (A⇒B)



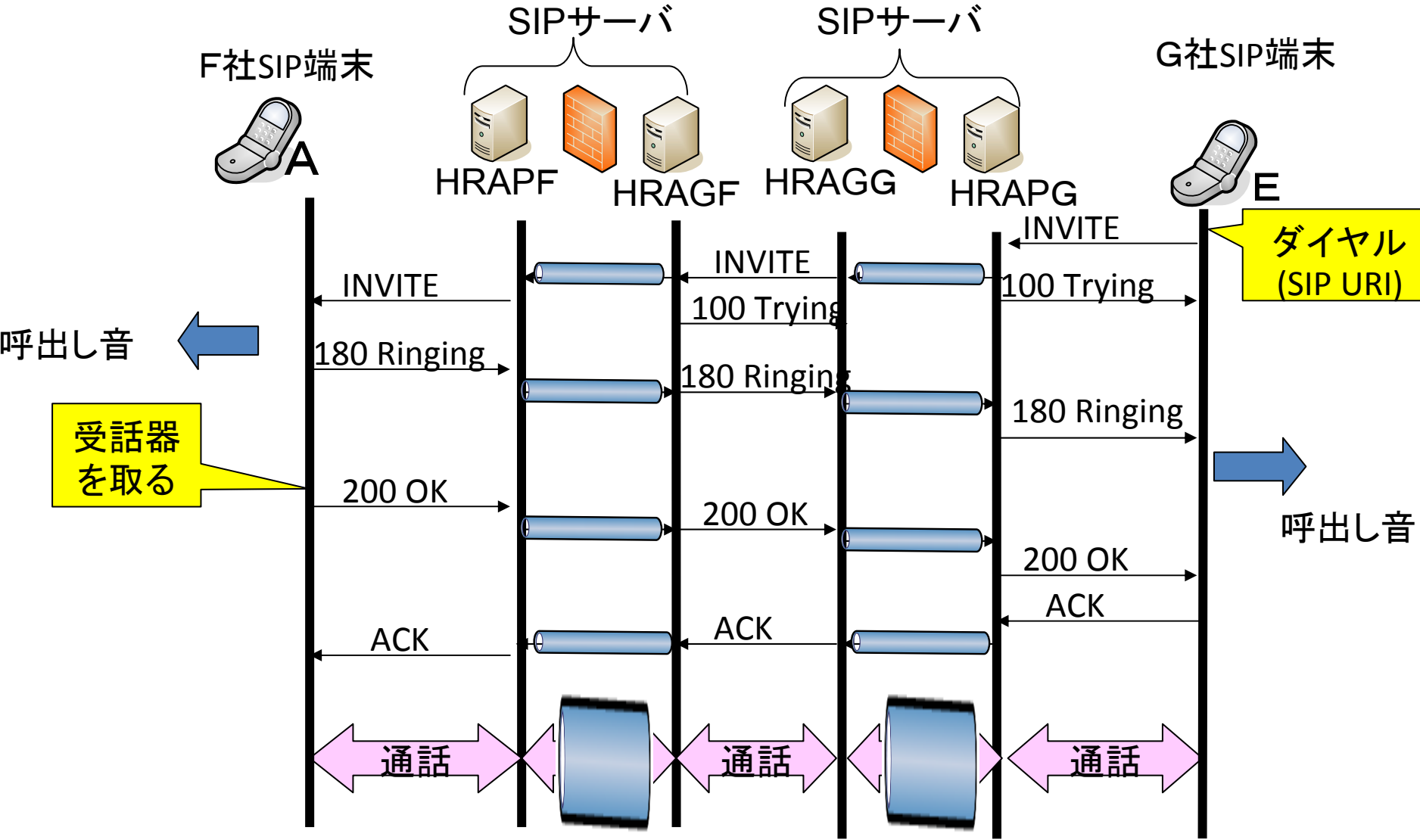
ファイアウォールを跨るVoIP (D⇒A) (SIPサーバが異なる場合)



HRAP/HRAGがINVITE/200OK内のメッセージを書き換える。

AはHRAPが、DはHRAGが通信相手に見える

異なる企業を跨るVoIP



AはHRAPFが、EはHRAPGが通信相手に見える

HRAGFはHRAGGが、HRAGGはHRAGFが通信相手に見える

IP電話の規格

	クラスA (固定電話並)	クラスB (携帯電話並)	クラスC (許容範囲)
エンドエンド遅延 (95%確率) (総務省報告書より)	100m秒	150m秒	400m秒
パケット損失率 (ITU-T勧告より)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}