

本資料について

本資料は下記の書籍を基に作成されたものです。
書籍の内容の正確さは保証できないため、正確な知識を求める方は、書籍の本文を参照してください。

著者名：図解でわかるVoIPのすべて

書籍名：小泉修

出版社：日本実業出版社

発行日：2003年9月10日

– IP電話の技術から構築まで –
図解でわかるVoIPのすべて

渡邊研究室

11301J101 山本昭裕

はじめに

- 昨今、公衆電話網の設備を利用することなく、電話サービスを実現する技術：
VoIP(Voice over Internet Protocol)
が登場し、普及しつつある
- VoIPとは、IPを用いたネットワークを利用し、音声のやり取りを実現する技術
- この技術を応用し、遠隔地同士で通話サービスを実現するのがIP電話である

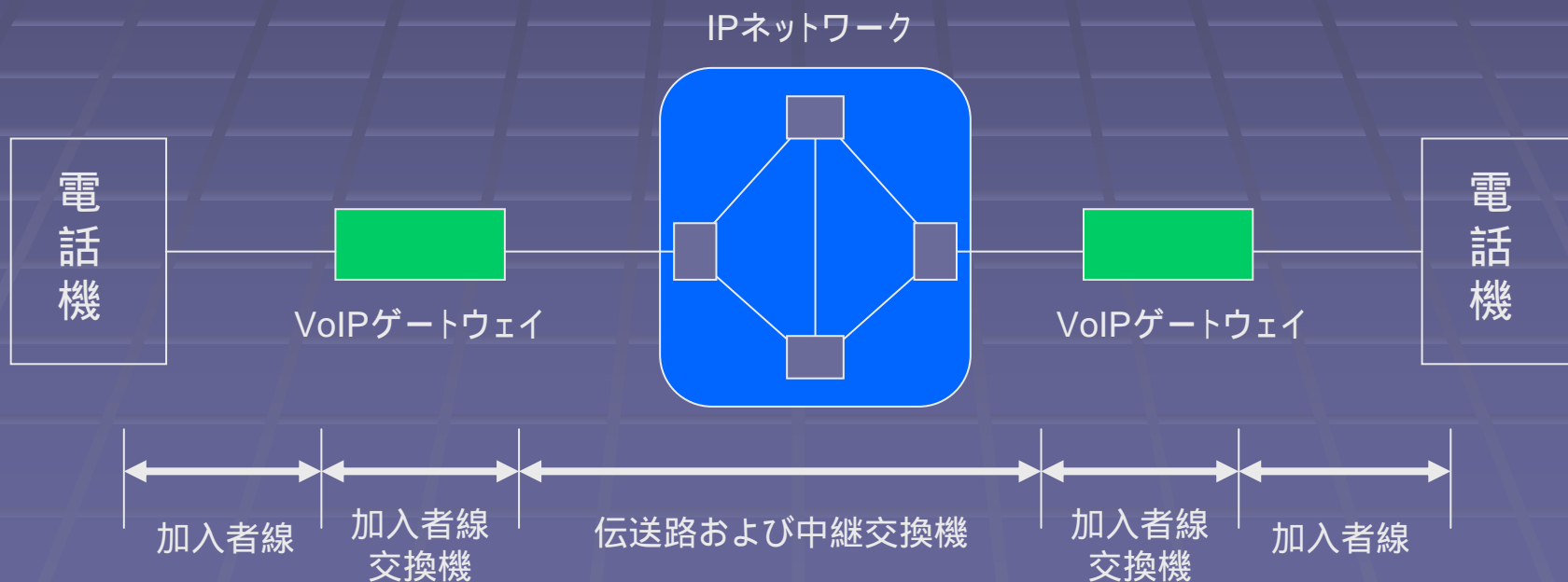
概要

1. IP電話の仕組み
2. VoIPを支える技術とプロトコル
3. QoSの制御技術と評価
4. IP電話の利用方法

1. IP電話の仕組み

1.1 IP電話とは何か

- **IP電話**とは、IP層の通信プロトコルを用いて、音声のやり取りを実現する電話サービス
- IP電話の基本構造



公衆電話網との比較

1.2 IP電話のメリット・デメリット

メリット

- 低コストでサービスを実現
 - ルータは電話交換機に比べて安価
 - 既存の光ファイバ網が利用可能
 - メンテナンスコストが安い
- 安価な通話料金
 - 既存の電話サービスより安い料金
 - インターネットの利用で、国際電話も低料金

1.2 IP電話のメリット・デメリット

デメリット

- 音飛び・音欠け
 - パケットごとに転送時間が異なる
 - 一定の間隔で音声に復元できない
- ノイズ・エコー
 - 音声をデジタル変換する際にノイズが混入
 - 音声の一部が途中で戻ることによってエコーが発生
- パケットの盗聴
 - インターネットを介している場合、パケットが盗聴される可能性がある

1.3 IP電話のプロトコル概要

■ H.323

- 1996年、ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication standardization sector [国際電気通信連合の電気通信標準化部門])が勧告
- コンピュータネットワークを用いたテレビ会議などの実現を目的として開発
- 公衆電話網で用いられている技術がベース
- 網アクセス制御、呼制御、端末制御をサポート

1.3 IP電話のプロトコル概要

- 網アクセス制御
 - IPネットワークへの接続、アドレスの決定、接続端末の状態管理など
- 呼制御
 - 電話における回線接続や切断、かけた相手を呼び出すためのシグナリング
- 端末制御
 - 端末同士がどのようなプロトコルを用い、何をやり取りするかを決定する

1.3 IP電話のプロトコル概要

- SIP (Session Initiation Protocol)
 - 1999年、IETF(Internet Engineering Task Force [インターネット関連技術の標準化団体])が策定
 - IPネットワークを介した通話における呼制御プロトコル
 - 音声や画像のやり取りの実現が基点であり、拡張が容易
 - HTTPやFTPなどと同様に、アプリケーション層の一部として機能

1.3 IP電話のプロトコル概要

- H.248 / MEGACO (MEdia GAteway COntrol)
 - 2000年、ITU-TとIETFが共同で発表
 - 1999年にIETFが策定したMGCPを拡張
 - IPネットワークと公衆電話網の接点に、ゲートウェイを配置し、双方向通話を実現

MGCP(Media Gateway Control Protocol)

- 既存の公衆電話網をIPネットワークを利用した通信網と接続したり、大規模な通信網を構築したりすることを目的として開発されたプロトコル

2. VoIPを支える技術とプロトコル

2.1 SIP

- SIP(Session Initiation Protocol)は、1999年にIETFによって標準化
- 音声や動画のセッションを接続・切断する制御プロトコル
- 音声伝送などの機能は含まないため、他のプロトコルと組み合わせ合わせて利用することで、電話としての機能を実現
- H.323とは異なり、開発当初からIPネットワーク上でのサービスを目的としているため、インターネットなどとの親和性に優れ、プロトコル構造がシンプル
- HTTPやFTPと同様、OSI参照モデルの上位層に位置するため、下位層のプロトコルに依存しない

2.1.1 SIPの構成

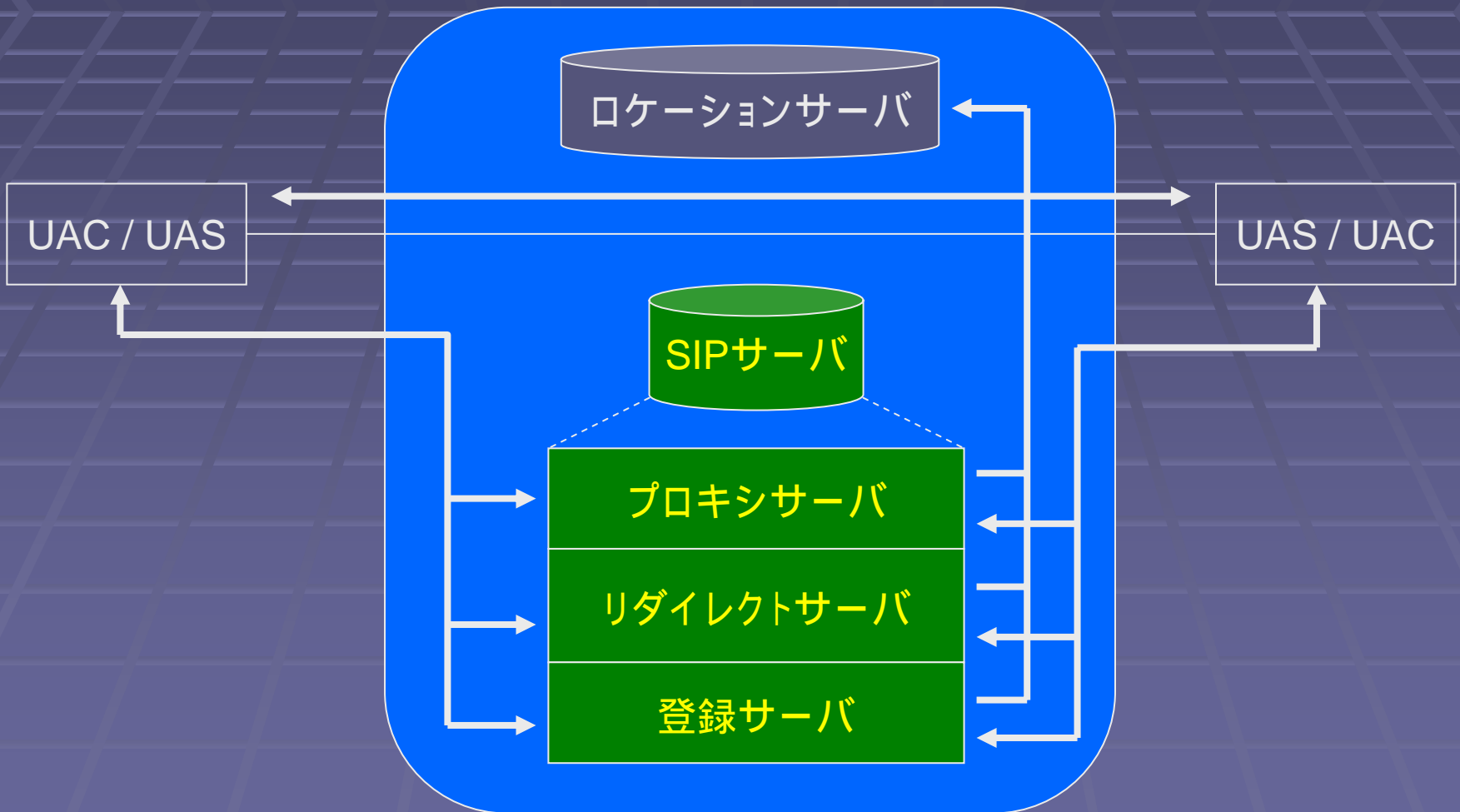
- **UA(User Agent)** : SIPにおける端末部分
 - 電話をかける側を**UAC(User Agent Client)**
 - 電話を受ける側を**UAS(User Agent Server)**
- **プロキシサーバ(proxy server)** :
電話をかける場所を特定し、相手先を呼び出す
- **リダイレクトサーバ(redirect server)** :
相手のアドレスが変更された場合、UAに新たなアドレスを通知
- **登録サーバ(register server)** :
UAの新規登録や更新、削除などの処理を行う

プロキシサーバ、リダイレクトサーバ、登録サーバは、通常1台の**SIPサーバ**として機能

- **ロケーションサーバ(location server)** : UAの情報を保持し、他のサーバからの要求に応じてUAの位置情報などを提供

2.1.1 SIPの構成

IPネットワーク



2.1.2 SIPの動作概要

- **SIPメッセージ**
 - SIPのシグナリング制御の際にやり取りされるテキスト形式の情報
 - スタートライン、ヘッダ、ボディから構成
- **リクエストメッセージ**
 - 電話をかける際に、クライアント(UAC)からサーバ(UAS)に対して送られるメッセージ
- **レスポンスメッセージ**
 - UASがUACから受けたリクエストメッセージに対して応答するメッセージ

2.1.2 SIPの動作概要

■ リクエストメッセージ

メソッド(method)	機能
INVITE	UACとUAS間でのセッション(呼)を確立
ACK	INVITEに対する最終レスポンス受信確認
CANSEL	セッション確立のキャンセル
BYE	セッション終了
OPTIONS	相手の機能・能力問い合わせ
REGISTER	位置情報をロケーションサーバへ登録
INFO	セッション状態の通知

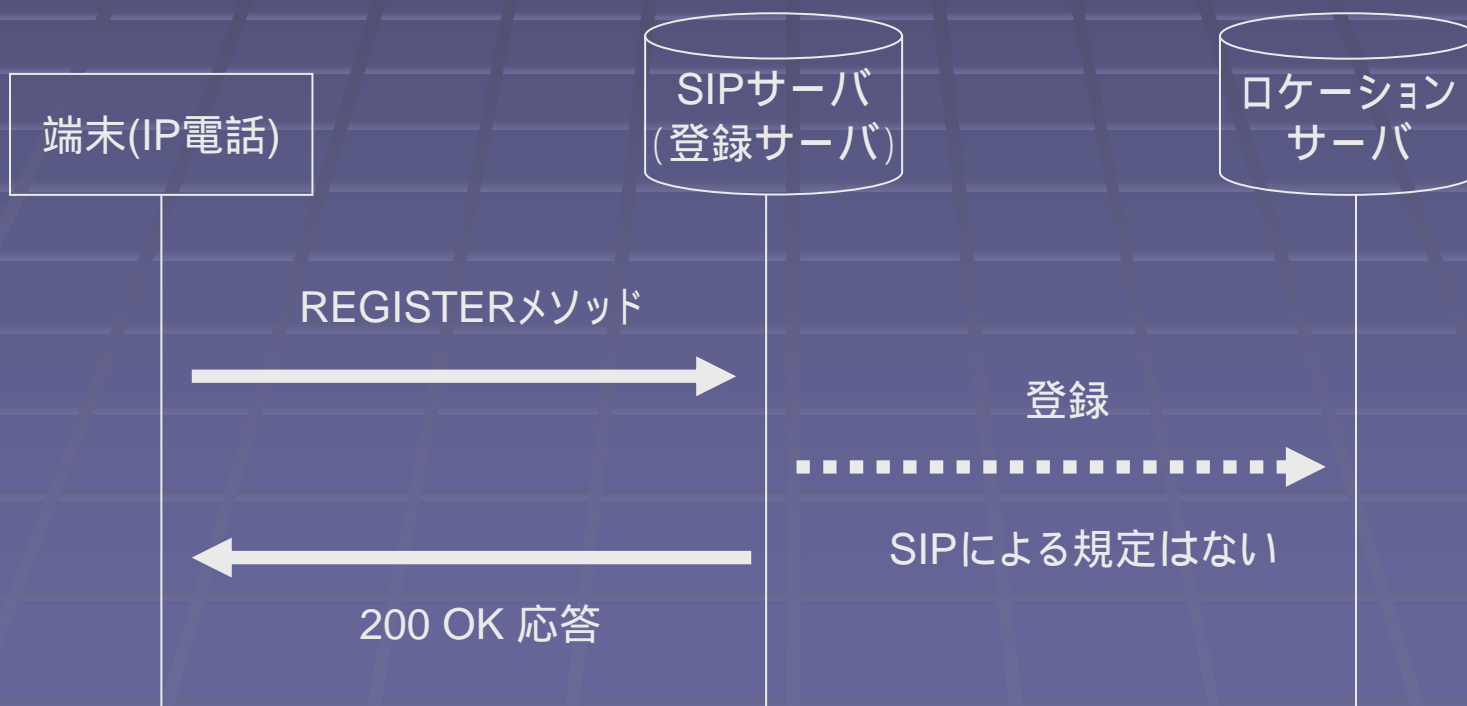
■ レスポンスメッセージ

ステータスコード	詳細	意味
100	Trying	リクエスト受信
180	Ringing	処理中
200	OK	リクエスト成功
400	Bad Request	リクエストミス

2.1.2 SIPの動作概要

登録処理

- 端末情報をSIPサーバ内の登録サーバを介して、ロケーションサーバへ登録しておく必要がある



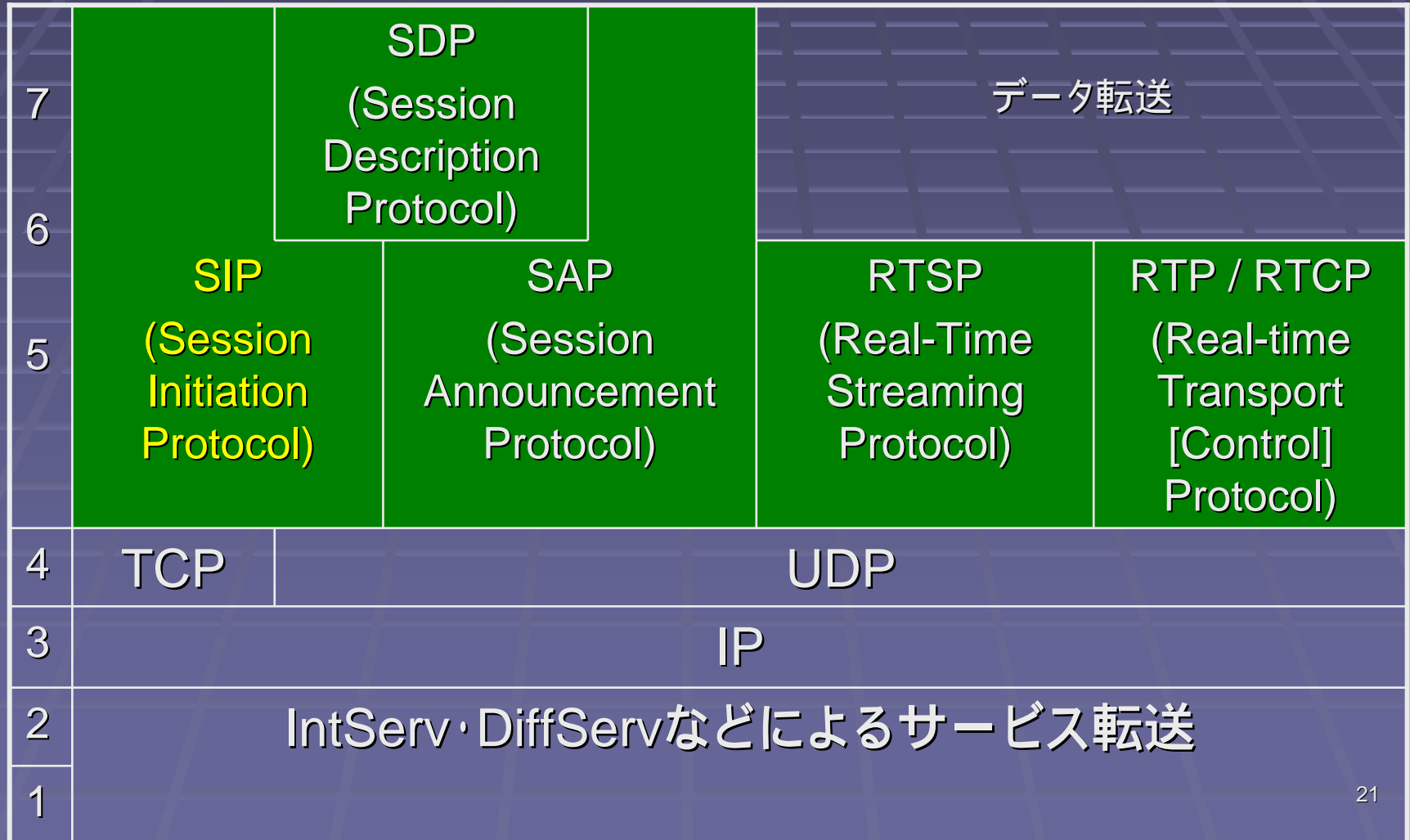
2.1.2 SIPの動作概要

接続シーケンス



2.1.3 SIPのプロトコル構造

OSI参照モデル



2.1.3 SIPのプロトコル構造

- **SDP(Session Description Protocol)**
 - セッションを記述するためのルールのような情報記述プロトコル
 - SIPメッセージのテキスト情報(ボディ部)に、セッション情報(セッション名・セッション開始時刻など)を記述するための決め事
 - これにより、詳細なセッション制御が可能
- **SAP(Session Announcement Protocol)**
 - ストリーミングによる音楽や映像の配信サービスが急速に普及しはじめたことにより、番組の中から見たいものを検索し、選択するために用いる
 - 「224.2.127.254:9857」というマルチキャストアドレスを用いて、SDPによるプログラムガイドを配信するプロトコル

2.1.3 SIPのプロトコル構造

- **RTP / RTCP (Real-time Transport [Control] Protocol)**
 - H.323やSIPにおける音声や動画を転送する際、効率性に加え、転送の品質向上や、送信元と送信先の双方で同期をとることを目的としている
- ・ RTP
 - 音声や動画をパケット分割し、シーケンス番号やタイムスタンプなどをヘッダとして付加し、送信先との同期を実現
 - パケットの順序や欠損を制御することにより、ジッタ(遅延間隔のバラつき)を低減できる
- ・ RTCP
 - パケットが正しく転送されているかどうかについて管理するプロトコル
 - 欠損または破棄したパケットを通知することで、状況に応じた音声や動画の再生が可能
- **RTSP (Real-Time Streaming Protocol)**
 - クライアントがサーバに対して制御メッセージを送信することで、音楽や動画の再生・停止・早送り・巻き戻しなどの操作を実現するプロトコル

2.2 ENUM

- IP電話は、電気通信事業者やISP業者などによって一般向けサービスが開始されているが、プロトコルが業者間で統一されていない



- **ENUM(tElephone NUmber Mapping)**
 - DNSを用いて、業者の枠を超えた全ての電話番号とドメイン名を関連付ける
- **URI(Uniform Resource Identifier)**
 - インターネット上に存在する情報資源の場所を指し示す記述方式
 - URIは包括的な概念であり、実際にアクセスするためにTCP/IPなどのプロトコルに実装された手法を**URL(Uniform Resource Locators)**という

2.2.1 ENUM対応の電話番号

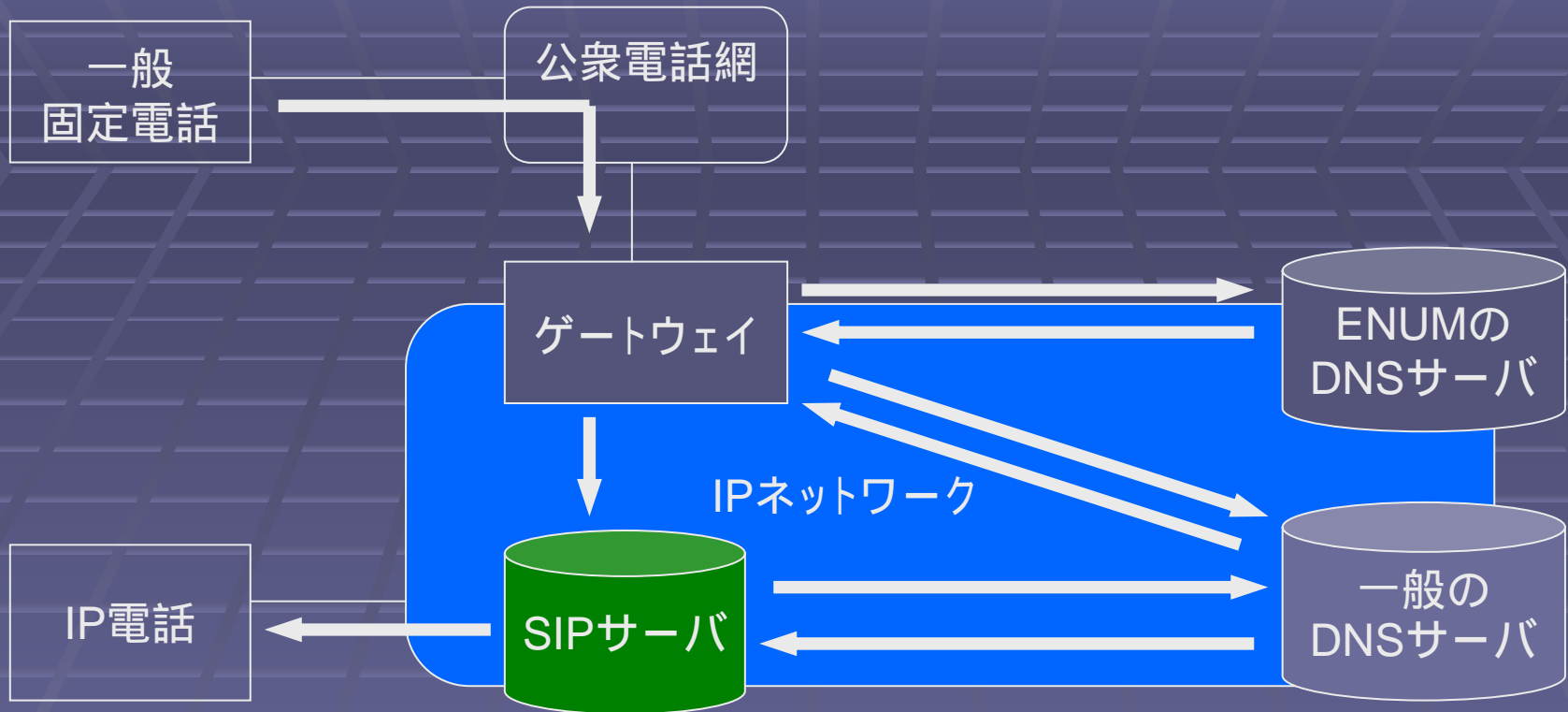
■ E.164電話番号

- ITU-Tが勧告したE.164にて標準化されている、ENUMで用いるための電話番号



例 : +81-3-1234-5678 (東京03-1234-5678)

2.2.2 ENUMの動作



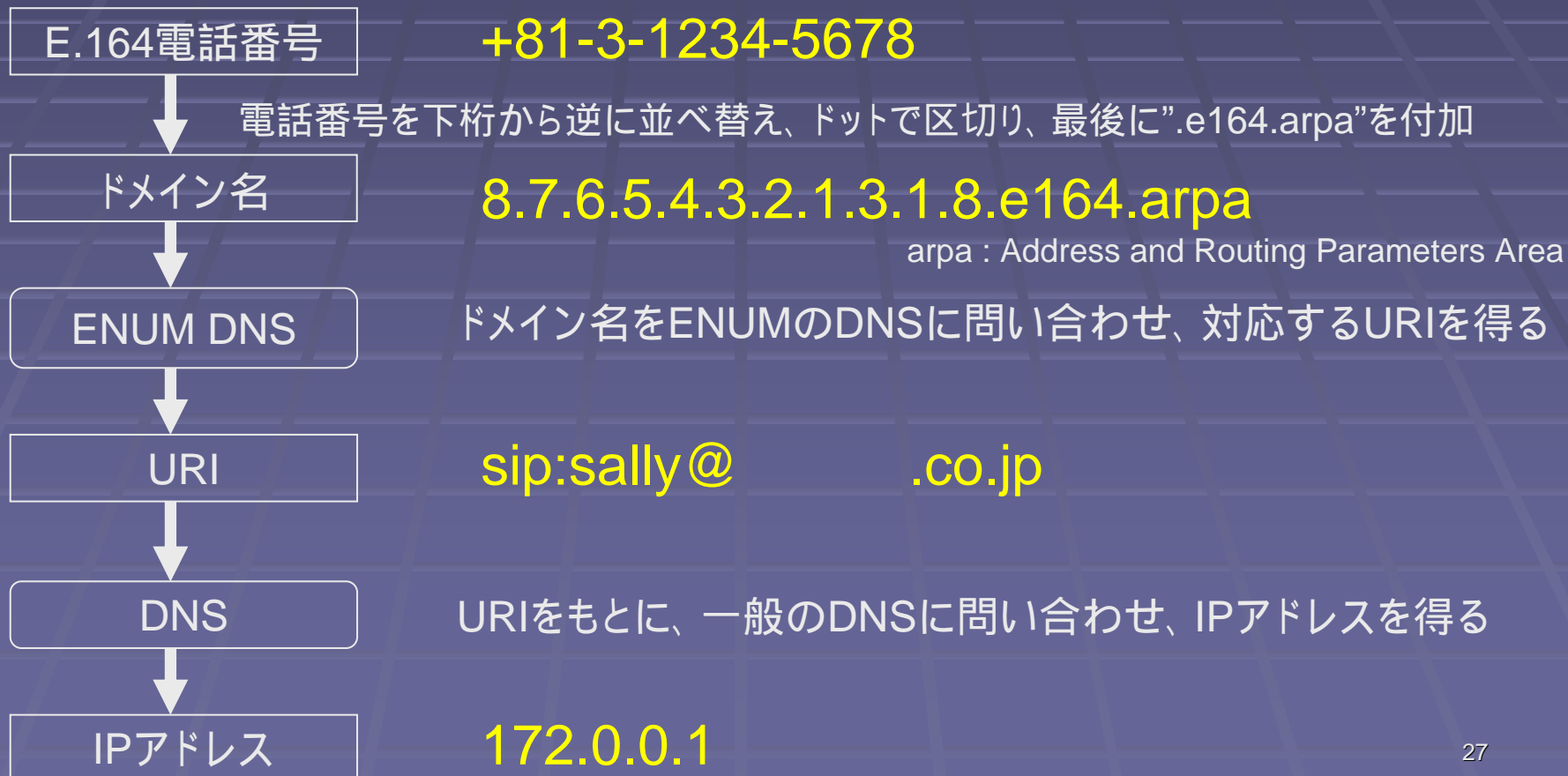
公衆電話網を介し、ゲートウェイに制御が渡され、ダイヤリングを行う
ENUMのDNSサーバに電話番号を渡し、SIPサーバとIP電話のURIを得る
DNSサーバにSIPサーバのURIを渡し、それに対応するIPアドレスを得る

ゲートウェイはSIPサーバにアクセス。アクセスを受けたSIPサーバは、IP電話のURI
をもとにDNSサーバへアクセスし、IP電話のIPアドレスを得る

SIPサーバがIP電話に対して呼制御を行う

2.2.3 ENUMの変換工程

■ E.164電話番号からIPアドレスへの変換



3. QoSの制御技術と評価

3.1 QoSとは何か

- QoS(Quality of Service)
 - 直訳は「サービスの品質」
 - IPネットワークでは、通信速度がトラフィックによって不安定になる
 - 最大の速度は示されるものの、それが常に保証されない**ベストエフォート型**
 - 特定の通信速度を維持するためのさまざまな技術が必要

提供すべきサービスの品質を制御するために用いられる技術群の総称

3.2 IP電話の音声劣化要因

- **遅延(delay)**
 - 音声相手が相手に到達するまでに、パケット変換やルーティング中継などの工程により、時間に生ずるズレ
- **エコー(echo)**
 - 送話器から入力された音声、受話器から出力される現象
 - IP電話の場合、相手側交換機部ではね返り、遅延と重なる
→エコーサプレッサ・エコーキャンセラなどで除去
- **ゆらぎ(jitter)**
 - 通信速度が一定にならず、分割されたパケットの到着間隔に開きが生じる
- **パケットロス(packet loss)**
 - UDP/IPにて通信するため、途中でパケットが消失してしまう可能性がある

3.3 QoS制御技術

- **ポリシング(policing)**
 - 常にトラフィックの流量を監視し、予め設定された範囲を超えた場合、超えた分のパケットを破棄
- **フロー制御(flow control)**
 - バッファにパケットがあふれる場合、事前に送信レートを下げようように要求
- **Intserv(Integrated Service)**
 - ネットワーク上のルータなどに、予め指示を出すことで、End to Endに限った特定の packets に対する効率的なルーティングを行う
- **Diffserv(Differentiated Service)**
 - IPヘッダに対して、特定の印をつけることで、優劣を判断し、特定 packets への優先的なルーティングを行う

4. IP電話の利用方法

4.1 企業におけるIP電話のニーズ

■ 低コスト化

- 既存の本支社間のネットワークを用いて、そこにVoIP技術を応用し、企業全体で発生する通信コスト(主に通話コスト)を削減
- また導入・メンテナンスコストも削減できる

■ 今後を見据えたメリット

- IP電話のような音声のみならず、映像を組み合わせることで、遠隔地同士でのテレビ会議などを実現し、出張費や人件費削減にもつながる
- さらに、文書やデータベースのやり取りも盛り込んだシステムを構築することで、より効率性・利便性が向上する

4.2 VoIPの利用例(1)

- コールセンタ
 - 製品のサポートを顧客と電話を通じて行うなどといった際に用いられるシステム
 - 顧客からの電話を一括して大本のコールセンタで受け、CTI(Computer Telephony Integration)サーバが音声ガイダンスを流す
 - そこから、各支コールセンタに電話がつながれ、大本のコールセンタと各支コールセンタ間の通話をIP電話で行う
 - 大本のコールセンタと各支コールセンタの距離がどれだけ離れていても、通話料金は安くすむ

4.2 VoIPの利用例(2)

- IP電話のワイヤレス化
 - 無線LANアクセスポイントを置くことにより、無線LANの規格:IEEE802.11b(11g)に準拠したIP携帯電話が利用可能
 - PDA(Personal Digital Assistant)やノートPCにソフトフォンを接続することで、コンピュータを介したワイヤレスの電話を実現

おわり

H.323

- 1996年に、ITU-Tからversion1が勧告
- テレビ電話・テレビ会議実現のための技術



インターネットやIP電話などのIPネットワークが急速に発展

→IPネットワークにおけるVoIP実現のためのプロトコル
体系として注目されている

- 2003年現在、version5まで制定

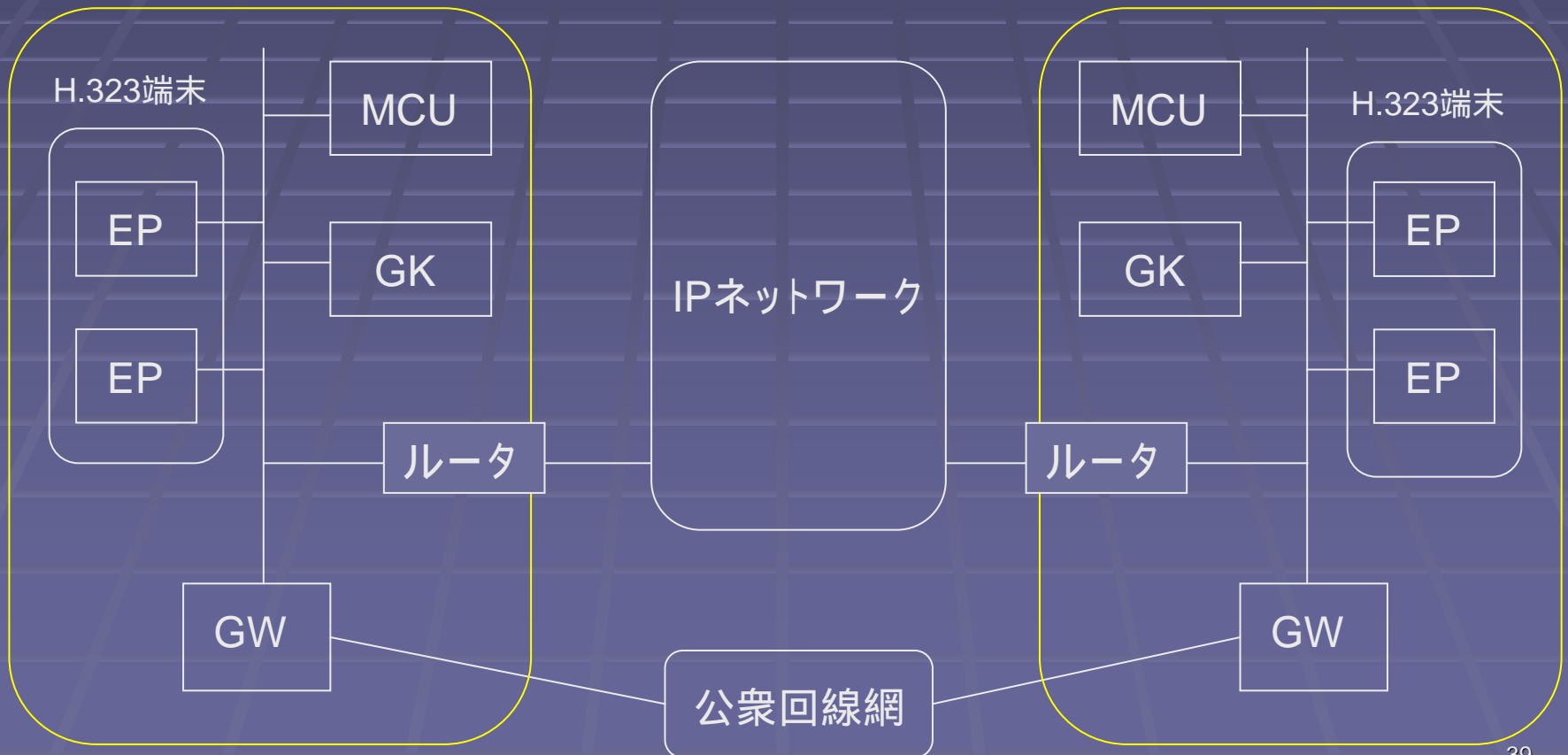
H.323の構成

- **端末(EP[End Point])** : ネットワークに接続される音声や動画像の入出力機能を持つ
- **多地点制御ユニット(MCU)** : 複数の端末同士が、情報を受信・加工・送信する機能を持つ
- **ゲートウェイ(GW)** : IP電話と既存の電話の間で、音声情報などを双方向変換する
- **ゲートキーパ(GK)** : アドレス変換や呼制御、帯域制御

H.323の構成

ゾーン(zone)

ゾーン(zone)



H.323のプロトコル構造

OSI参照モデル

7	端末制御(ユーザインターフェース)				AVアプリケーション	
6	呼制御 プロトコル H.225.0 (Q.931)	端末制御 プロトコル H.245	網アクセス 制御 プロトコル H.225.0 (RAS)	メディア ストリーム H.225.0 (RTCP)	音声 G.711 他	映像 H.261 他
5					H.225.0 (RTP)	
4	TCP		UDP			
3	IP					
2	LAN / WAN接続プロトコル(Ethernetなど)					
1						

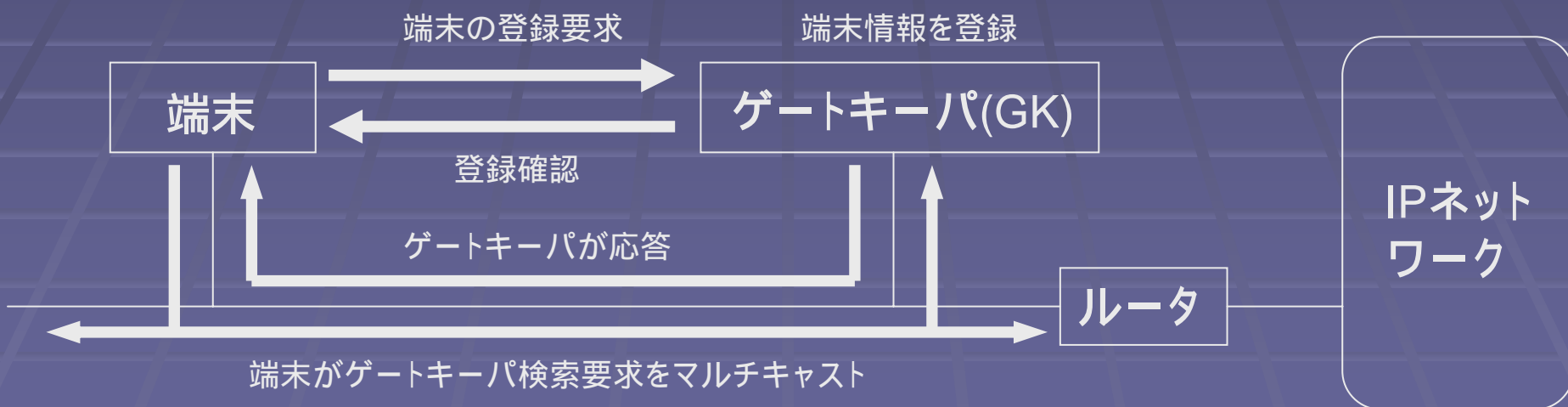
H.323の動作概要

1. 端末の登録
2. アドレス解決と呼設定(コネクション確立)
3. セッション確立と通話
4. セッション終了と呼解放

H.323の動作概要

1. 端末の登録

- 端末が立ち上がった時、端末とGKは、お互いに存在を知らないので、GKに端末の情報を登録する必要がある
→ H.225.0(RAS)を用いて、端末の情報をGKに登録



GKに端末の情報が登録されたことによって、他の端末との通話ができる準備が整った

H.323の動作概要

2. アドレス解決と呼設定(コネクション確立)

・アドレス解決

- 端末がダイヤルした際、H.225.0(RAS)を用いて、端末はGKに相手先電話番号に相当する情報を送信する
- GKは、相手先IPアドレスとポート番号を端末に送信する

・呼設定

- H.225.0(Q.931)を用いて、呼設定(SETUP)メッセージを相手端末に直接送信する
- 相手端末は、自己ゾーン内のGKに許可要求を行い、許可されれば、呼出中(ALERTING)メッセージを呼出元端末に送信する(ここで相手端末にはベルが鳴ることになる)

相手端末において受話器を取るなど動作が行われた段階で、応答(CONNECT)メッセージが呼出元端末に送信され、コネクションが確立される

H.323の動作概要

3. セッション確立と通話

- 呼出元端末が応答メッセージを受信しても、通話はできない
→H.245を用いて、交渉(negotiation)という相互的な確認作業が必要

・交渉(negotiation)

- 能力交換(capability exchange) :
通信における符号化方式や通信速度などの決定
- マスタースレーブ決定(master slave determination) :
端末間において、制御の主従関係を決定
- 論理チャネル設定(open logical channel) :
音声情報などをやり取りする論理チャネルを決定

このような交渉工程が完了した段階でセッションが確立され、通話が可能になる

- 通話は、交渉で決定された諸条件を元に、H225.0(RTP/RTCP)によって行われる

H.323の動作概要

4. セッション終了と呼解放

・セッション終了

- 通話を終了させるために、**H.245セッション完了要求**を相手端末に送信し、その応答を呼出元端末に送信する

・呼解放

- 呼出元端末から相手端末に解放完了(RELEASE-COMplete)メッセージを送信し、H225.0(Q.931)呼制御チャンネルを解放する
- 両端末から同ゾーン内のGKへ離脱要求(DRQ[Disengage ReQuest])メッセージを送信し、それを受信したGKは、離脱確認(DCF[Disengage ConFirmation])メッセージを送信する

MGCP

- **MGCP(Media Gateway Control Protocol)** は、1999年IETFによりRFC2705として策定
- 既存の公衆電話網をIPネットワークを利用した通信網と接続したり、大規模な通信網を構築したりすることを目的として開発されたプロトコル
- SIPなどと同様に、OSI参照モデルの上位層に位置しており、下位層ではUDP/IPを用いる

MGCP

- **ソフトスイッチ(softswitch)**
 - 公衆電話網における交換機の機能をIPネットワーク上に分散させて通話の制御を行う
- **CA(Call Agent)**
 - ソフトスイッチ実現に必要なものであり、電話番号とIPアドレスの対応や、呼・シグナリングの制御を行う
 - 端末登録や発信、切断などの制御は、CAとGWの間でやりとりされる
 - これがMGCPの主な動作になる

H.248 / MEGACO

- MGCPを拡張し、2000年にITU-TからH.248として、IETFからはMEGACOというRFC3015の規格として勧告
- IPネットワークと公衆電話網の接点にゲートウェイを配置し、双方向のやり取りを可能とする
プロトコル: GCP (Gateway Control Protocol)
により制御



一般電話とIP電話の双方向での通話を実現

H.248 / MEGACO

- **MGC(Media Gateway Controller)**
 - 各種ゲートウェイを制御し、公衆電話網とIPネットワークの連携制御、呼制御などを行う
- **TGW(Trunking GateWay)**
 - 公衆電話網とIPネットワークのインターフェース
- **SG(Signaling Gateway)**
 - SS7用とIPネットワーク用の信号を双方向変換する

