

# IPネットワーク上での ライフラインの実現の ための研究開発

## IPライフラインプロジェクト



## プロジェクトの総括



- プロジェクトの目的
  - インターネット、IP電話を中心とした通信基盤上で緊急重要通信の実現に必要な技術の研究開発
  - 成果を広く公開し、今後のライフラインの標準技術の指標を示す
- プロジェクトの意義
  - 一つの実現方式を示し、それを基礎にした緊急重要通信技術の標準化活動の活性化
  - 通信基盤の運用指針への示唆を周知することで、実環境での実現へ向けての議論を活性化すること
- 今後の課題
  - IETFやITU-Tなどと国際協調しながらの研究開発
  - 警察・消防・商用のセキュリティサービス等、現場との議論を通じて、具体的な実用レベルへの詳細化

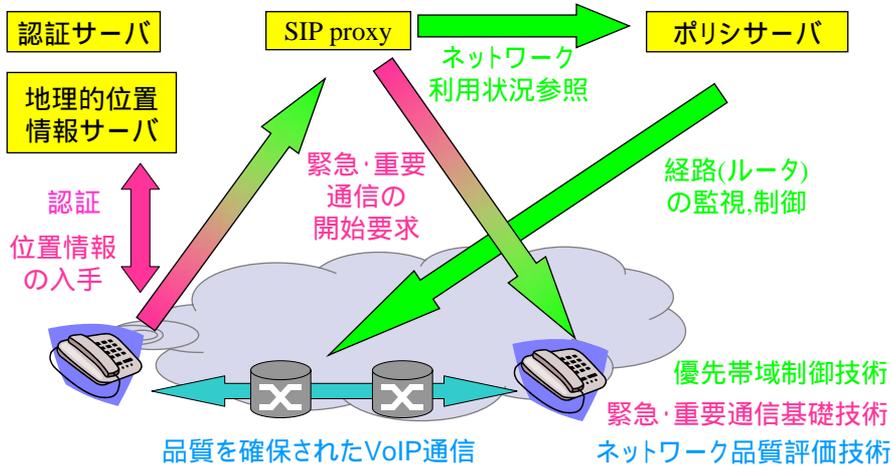
## ライフライン機能と課題

- 通信におけるライフライン機能
  - 代表例
    - 緊急通報(110番、119番など)の実現
    - 非常時、輻輳時における重要通信の保護
- ライフライン機能の要求事項
  - 極端な輻輳時でも重要なサービスが利用可能であること
  - 簡易なアクセス手段を提供すること
- 優先課題
  - つながる (緊急通信の実現)
  - 守る (緊急・重要通信に対する品質の保証)
  - どの程度 (音声品質基準、品質評価技法の確立)

## 標準化団体等の動向

- ITU-T
  - IETFと協調(ITU-TのドキュメントはIETFでID,RFCとして公表)
- IETF
  - 専門のWG(ieprep)が設置済み
    - フレームワーク、要求事項などの整理
    - プロトコルの改定などは該当WGで実施
  - SIP関連WG(SIP,SIPPING)で具体的な検討開始
    - 通話の優先度指定、発信者の現在位置の情報の利用
- 全般の状況
  - 通話の優先度指定についてはフィールドだけが定義(実現方式は未着手)
  - 地理的位置情報の利用はH15/11から議論開始
  - SIPのセキュリティなどは非常に議論が遅れている状況

# ライフライン研究イメージ



# プロジェクト概要

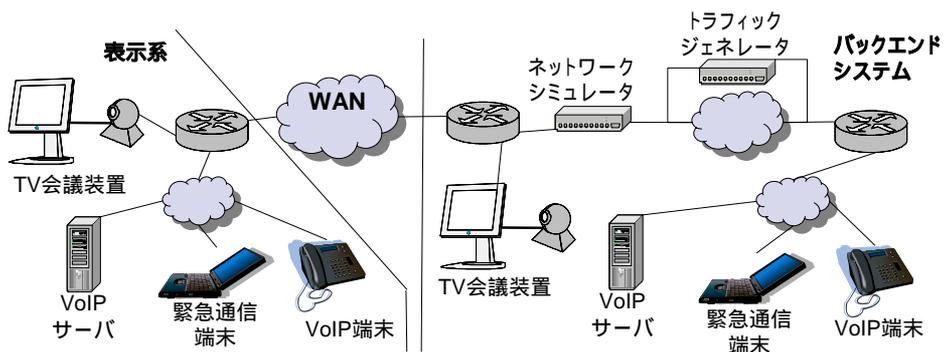
- 場所：奈良リサーチセンター
- 期間：H14/7～H16/3
- 予算：3.4億
- 体制
  - 研究リーダー
    - 下條 真司教授 (大阪大学)
  - 研究サブリーダー
    - 砂原 秀樹教授 (奈良先端科学技術大学院大学)
  - 研究アドバイザ
    - 尾家 祐二教授 (九州工業大学)
  - 研究員
    - 菊地 高広 (KDDI研究所)：主に緊急重要通信基礎技術
    - 野呂 正明 (富士通/富士通研究所)：主に優先帯域制御技術

## 研究フェロー

- 山崎 克之 (KDDI研究所) : プロジェクト全般, 緊急重要通信基礎技術
- 宮津 隆行 (富士通関西中部ネットテック) : 優先帯域制御技術
- 野田 政秀 (富士通研究所) : 優先帯域制御技術
- 大熊 秀明 (シスコシステムズ) : ネットワーク品質評価技術
- 長谷部 雅彦 (三洋電機) : ネットワーク品質評価技術
- 小野寺 充 (東陽テクニカ) : ネットワーク品質評価技術
- 中野 稔男 (東陽テクニカ) : ネットワーク品質評価技術
- 菊川 泰士 (興和) : ネットワーク品質評価技術
- 芳村 淳 (沖電気) : ネットワーク品質評価技術
- 川西 素春 (沖電気) : ネットワーク品質評価技術
- 柳田 洋邦 (NEC) : ネットワーク品質評価技術
- 佐々木 一郎 (アジレントテクノロジー) : ネットワーク品質評価技術
- 尾崎 祐二 (アジレントテクノロジー) : ネットワーク品質評価技術
- 島本 真幸 (関西マルチメディアサービス) : ネットワーク品質評価技術
- 中野村 太樹 (関西マルチメディアサービス) : ネットワーク品質評価技術

## 公開実証実験(JGNシンポジウム)

- 相互接続性確保
- 優先帯域制御、品質のデータ収集
- 運用ノウハウ収集



# 緊急・重要通信基礎技術



## 研究開発項目



- 緊急・重要通信の通信接続先解決技術  
(緊急・重要通信のためのルーティング技術)  
最寄りの各通報機関へインターネット上の多様な手段にて通信できるようにする技術の研究開発
- 発信者の地理的位置情報の取扱い技術  
(位置情報と時刻情報の緊急・重要通信への応用)  
インターネット上で利用可能な位置情報や時刻情報を応用し、緊急・重要通信の機能を提供する技術の研究開発
- 発信者のユーザ情報の取扱い技術  
(発信者の特定やなりすまし対策としての認証システム)  
なりすましの防止とともに、通報者への呼び返しのための身元特定や、通報現場の位置把握を実現するための技術の研究開発

## 通信接続先解決における問題点

- 緊急・重要通報系サービスのアクセス方法の現状
  - 特番を持つもの
    - 警察(110番)・消防(119番)など
  - 特番を持たないもの (一般電話番号で不統一)
    - 電気・ガス・水道など生活ライフライン系など
  - 新たなインターネット利用サービス (URIが不統一)
    - メール110番・画像110番・ウェブ利用など
- 問題点
  - 特番を扱う仕組みがインターネット上にはない
    - ENUMは一般電話番号のみを対象
  - 特番以外は電話番号やURIが不統一で利用しにくい
  - IPルーティングでは解決ができない
    - インターネットのトポロジーの問題

## 通信接続先解決における要求事項

- 緊急・重要通報系サービスの特徴
  - 通報者の居場所に対応して通信先が異なる
    - 通報者の居場所情報を取得する必要
  - 各通報サービスごとに個別の管轄担当区域がある
    - 各通報サービスごとに地域対応表が必要
  - 特番でないものは電話番号やアドレスがばらばら
    - 通報サービス指定だけで利用できることが好ましい
  - インターネット利用で多様な手段が提供されつつある
- 要求事項を満たすモデル例
  - (居場所 × サービス指定)が確定すれば、  
利用可能なインターネットアドレスのリストが得られるとよい

# ENUMと位置依存型ENUM

## 一般電話番号 ENUMを利用

電話番号(E.164)

ENUMドメイン(e164.arpa)

例: +81-743-79-5026

6.2.0.5.9.7.3.4.7.1.8.e164.arpa.

## 特番など 位置依存型ENUM(提案方式)を利用

位置情報

サービス種別

位置依存ENUMドメイン

例: 〒630-0101(郵便番号利用の場合)において警察の場合

1.0.1.0.0.3.6.police.emergency.demo.

これらの得られたドメインでNAPTRを引くと対応するURLのリストが得られる

sip:request@nara-police.demo

mailto:request@nara-police.demo

http://www.nara-police.demo/

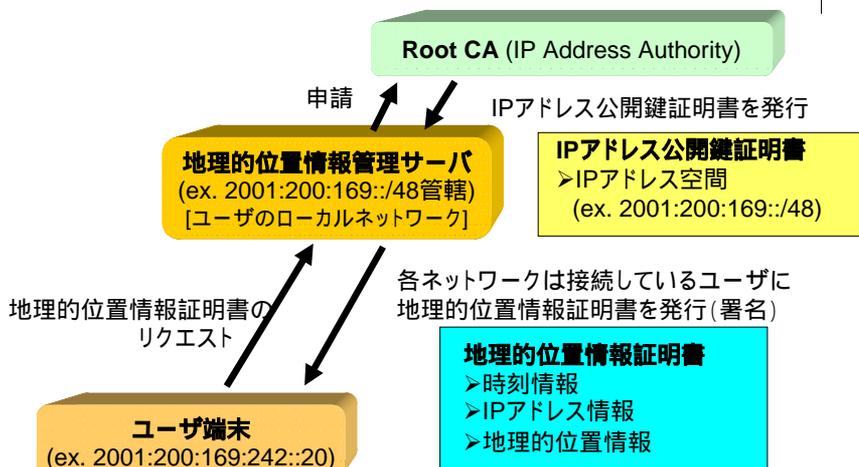
# 位置情報についての現状と要求事項

- 現状と問題点
  - GPSなどで手軽に位置情報を取得できるようになった  
しかしGPSなどを利用できない環境・状況も多い
  - インターネット上から位置情報を取得するしくみが無い
  - 位置情報を通知したりする統一的な枠組みが無い
  - GPS情報等を通知しても情報の正当性を検証できない  
端末が詐称して通知してきても区別できない
- 要求される位置情報の取り扱い
  - GPS等に依存しないネット上からの位置情報の取得
  - 位置情報を伝えるための通知方法や形式
  - 位置情報についても成りすまし詐称を防止できる枠組み

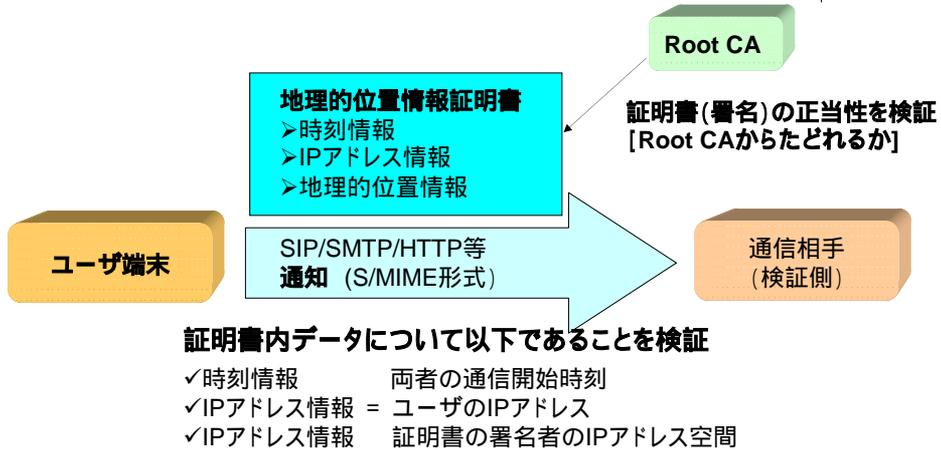
## 地理的位置情報の保証モデル

- IPアドレス付与者(ローカルネットワーク)は  
その対象ユーザに依存せずに次のことを保証できる
  - ある時刻において
  - あるIPアドレスを持つホスト(ユーザ端末)が
  - およそどこそこの場所(地理的位置)にいる
- 地理的位置情報証明書  
サーバが以下の組み合わせ情報に署名発行したもの
  - 時刻情報
  - IPアドレス情報
  - 地理的位置情報

## 地理的位置情報証明書の発行



## 地理的位置情報証明書を検証



## GPS情報と地理的位置情報証明書

- GPS情報
  - ユーザ端末がGPS受信装置から入手
  - 詳細な地理的位置情報(取得できれば)
  - 通知された側では詐称かどうか判断できない
- 地理的位置情報証明書
  - ユーザ端末が接続ネットワーク側から入手
  - およその地理的位置情報
  - 通知された側では正当性を検証できる(信頼性あり)
- 両者を組み合わせると  
信頼性があり、かつ、詳細な地理的位置情報

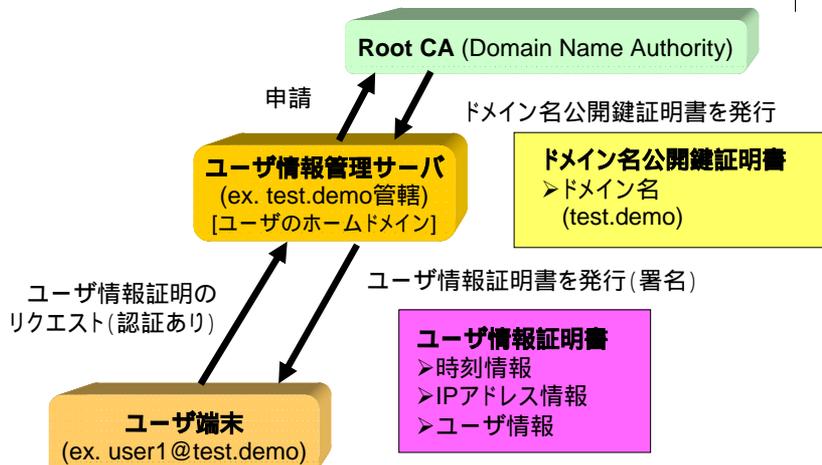
## ユーザ情報の保証モデル

- あるドメインの管理者(ホームドメイン)は所属するユーザを認証することで次のことを保証できる
  - ある時刻において
  - あるIPアドレスを持つホスト(ユーザ端末)は
  - あるユーザ(自分のドメインに所属)が使用中である
- ユーザ情報証明書
 

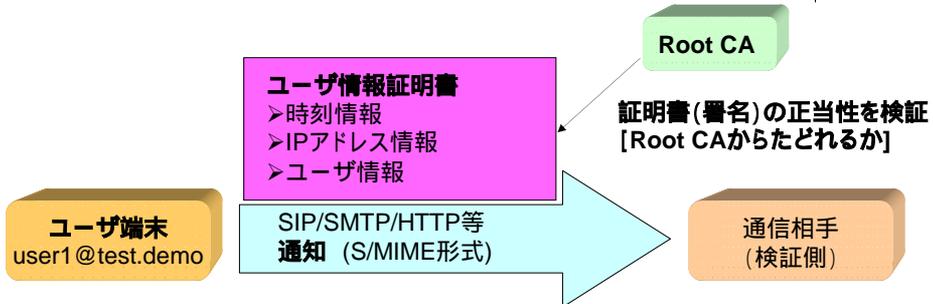
サーバが以下の組み合わせ情報に署名発行したもの

  - 時刻情報
  - IPアドレス情報
  - ユーザ情報

## ユーザ情報証明書の発行



# ユーザ情報証明書の検証



## 証明書内データについて以下であることを検証

- ✓時刻情報                      両者の通信開始時刻
- ✓IPアドレス情報            = ユーザのIPアドレス
- ✓ユーザ情報                    = ユーザのユーザアドレス
- ✓ユーザ情報                    証明書の署名者のドメイン空間

# 位置情報証明書とユーザ情報証明書

- 各証明書はユーザが独立に扱うことが可能
  - もともと、位置情報とユーザ情報は保証できる主体が異なる
    - 出先のアクセスネットワークから自分のホームドメインを利用など
  - 各情報を必要とする相手へ必要な分のみを送付できる
    - 両方の情報を入手できた者のみが、プライバシー情報である、あるユーザがある場所にいるというを知ることができる
- 今回の証明書方式を用いる意義
  - 正当性の検証を自分のところローカルで行なえる
  - 集中管理やアクセス制御の問題を回避できる
  - ドメイン名やIPアドレス空間の階層構造を有効に活用可能
  - プライバシーとセキュリティへの配慮を解決

# ライフライン通信システム



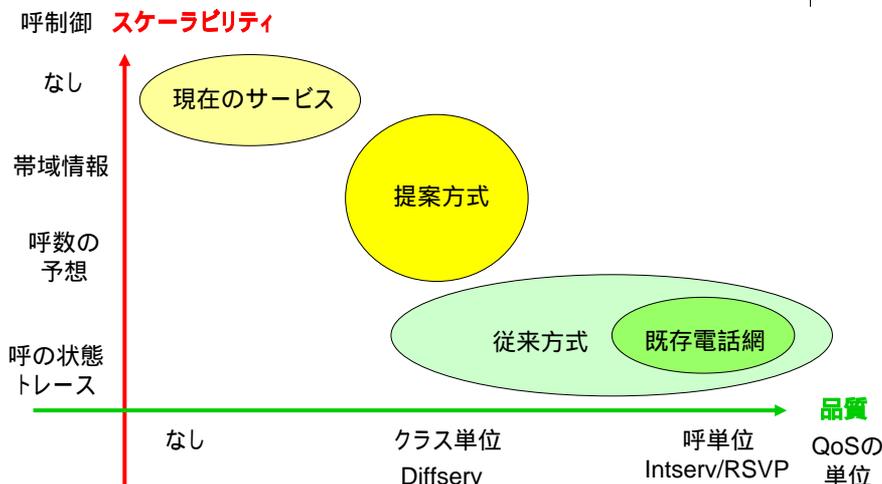
# 優先帯域制御技術



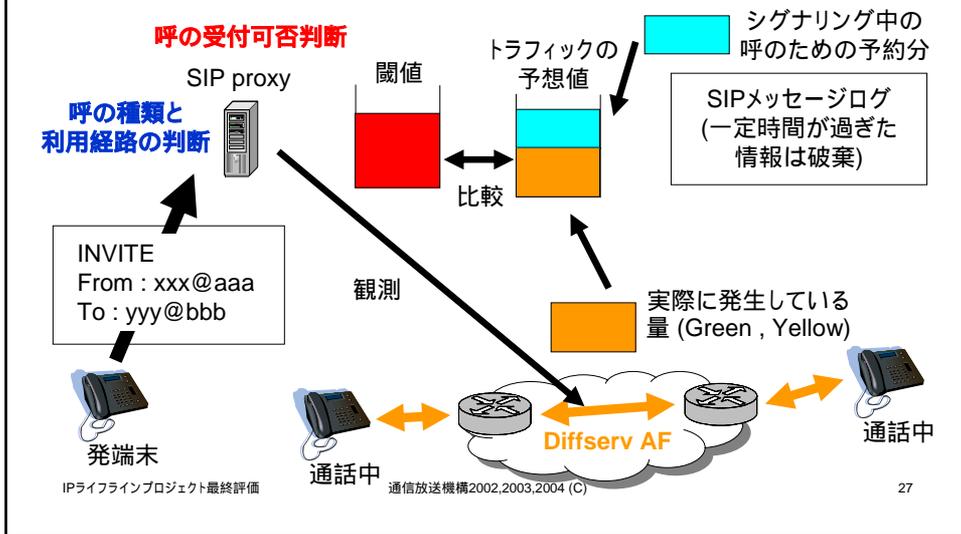
## SIP呼へのQoS提供

- 研究内容
  - SIPとDiffservによる呼に対するQoS提供
- 非常時を想定したサービス仕様
  - 重要な通信には非常時も高品質を提供(サービスの差別化)
  - なるべく多くの一般通信を実現(帯域の有効利用)
  - 過負荷への耐久性、対故障性
- 要求仕様
  - スケーラビリティ確保、対故障性の向上
    - stateless > soft state > statefull
  - サービスの差別化、帯域の有効利用
    - 呼の重要度でクラス分けし、クラス間でサービスレベルを差別化
    - 輻輳時は低優先度の通信はサービスレベルを一定範囲で低下

## QoS方式間関係



# 提案方式



# Diffserv AFサービスによる帯域の有効利用

- AFにおけるクラス内のサービス区分
  - Red > Yellow > Green (破棄確率)
- データ：2クラス、2区分を3色に色分け
  - 重要通信：基本データ(Green)、付加データ(Yellow)
  - 一般通信：基本データ(Green)、付加データ(Red)



## 呼制御

- 呼制御の機能
  - 新規リクエストが到着した時点で利用できる帯域の有無を判断
- 従来手法
  - 呼の状態を把握し、資源の予約状況を更新
- 呼の状態把握  
端末の異常終了等により、シグナリングから完全な把握は不可能
  - 端末から定期的に状況を報告させる
  - 一定時間以上報告の無い呼は終了したものとする
- 極端な輻輳時
  - 呼の状態監視のシグナリングパケットがロス
  - 監視時間のタイムアウトのため、呼が終了扱いとなる

## 呼の状態を把握しない 必要帯域の判断手法

- サービス中の呼(帯域を必要とする呼)
  - シグナリング途上にある呼
  - データトラフィックを流している通信中の呼
- 確実に把握可能な情報
  - SIP proxyが中継したINVITEメッセージの情報
  - ルータで観測されるデータパケットのトラフィック情報
- 予測方式
  - 新規のINVITEメッセージが届いた時点でログにそのINVITEメッセージの寿命と必要帯域を記録
  - 寿命が尽きていないログエントリの必要帯域を合計
  - 合計帯域をシグナリング中の呼のために予約

## 定性的分析(1)

- 計算量、メッセージ量
  - 全方式ともに呼数nに対して  $O(n)$
- 対故障性
  - 提案方式 > Diffserv+呼状態管理 >> RSVP+呼状態管理

対故障性	ルータ再起動	サーバ再起動
RSVP+呼状態管理	既存呼呼損(回復可)	既存呼呼損(回復不可)
Diffserv+呼状態管理	影響なし	既存呼が全て終了するまで全体の品質が低下
提案方式	影響なし	Tmaxだけ全体の品質が低下

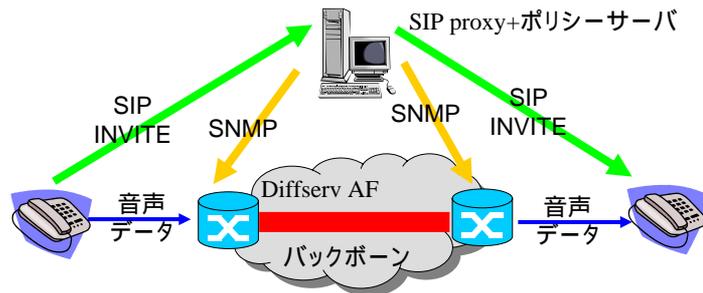
## 定性的分析(2)

- 呼の状態把握は過負荷時に既存呼が帯域を喪失(品質が低下)
- 全方式で一定の時間以下でリダイヤルを繰り返されると帯域が枯渇

	シグナリング過負荷	リダイヤルの影響
RSVP+呼状態管理	呼の状態消失	RSVPのタイムアウト値以下で枯渇
Diffserv+呼状態管理	呼の状態消失	呼の管理上のタイムアウト値以下で枯渇
提案方式	影響なし	Tmax以下の時間で枯渇

## プロトタイプ

- SIP proxyとポリシーサーバを実装
- ルータでは呼の種類に応じて帯域を区分
- 呼の発生毎にSNMPで帯域を監視し、呼の受付を制御



## まとめ

- DiffservとSIPのメッセージログを用いたVoIPの品質保証方式を提案
- 特徴
  - 呼の多発、装置の故障に耐久性がある
  - 計算量、メッセージ量は既存方式と同一オーダー
  - ルータや端末にかかる負荷が小さい
- 課題：定量評価
  - 呼の多発時の特性
  - 帯域利用率

# ネットワーク品質評価技術



## VoIP品質の評価

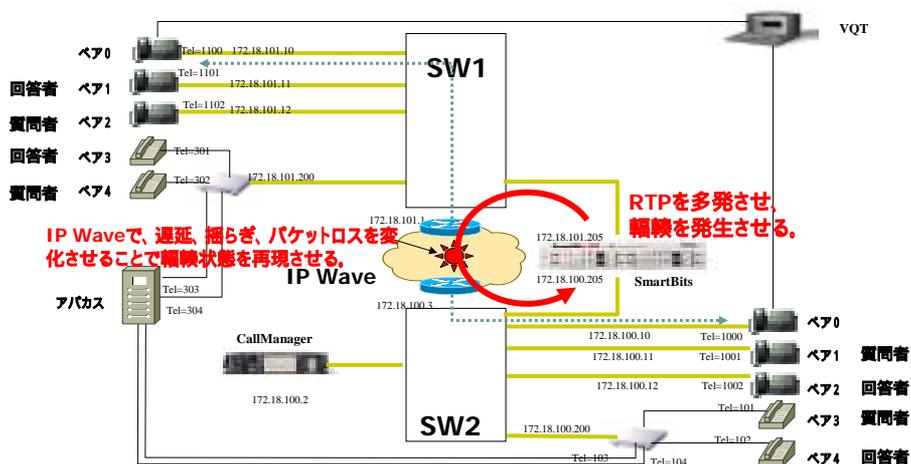


- 既存評価基準(R値など)の妥当性等の評価  
(標準化などとの違い)
  - 日本語
  - 緊急通報のシナリオ
- 方法
  - シミュレータや負荷発生装置により、遅延、ジッタ、ロスが発生
  - 被験者に通話してもらい、音声品質データを収集
  - 客観評価と主観評価の双方を実施
  - 上記の音声品質評価に加えて、ネットワーク輻輳時のSIP/H.323シグナリングの発呼特性も評価

# 音声品質評価方法

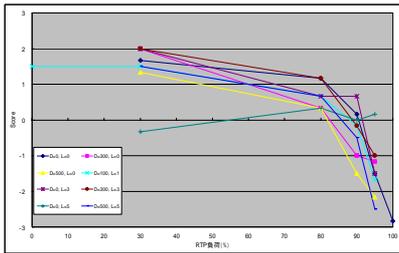
- 評価シナリオ
  - ロスと遅延を変化させ、繰り返し品質データを収集
    - トラフィックジェネレータにより、輻輳を引き起こす
    - ネットワークシミュレータを用いて、遅延とロスを変化
- 測定方法
  - 6人x2の被験者で主観評価
    - 質問者は警察/消防、回答者は通報者
  - 主観評価(アンケート)と客観評価(アナライザ)の双方を実施
  - 主観評価は“0”を携帯電話の音質として-3~+3で被験者により採点
  - CodecはG.711を主に利用
    - G.729もいくつかのポイントで計測

# 実験ネットワーク構成図(音声品質)

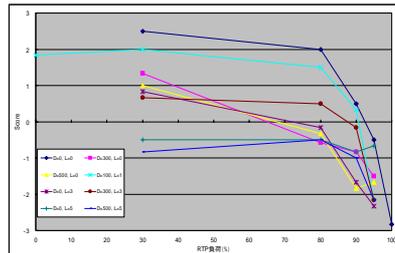


## 主観評価結果(一部)

- 質問者(警察、消防の担当)と回答者(通報者)で集計
- 聞き取り易さ、会話のし易さ、理解のし易さ、総合評価を集計(グラフは総合評価)
  - ネットワーク負荷率：回線容量に対するダミートラフィックの利用容量
  - ネットワークの負荷率が80%超で、品質が急激に悪化



質問者

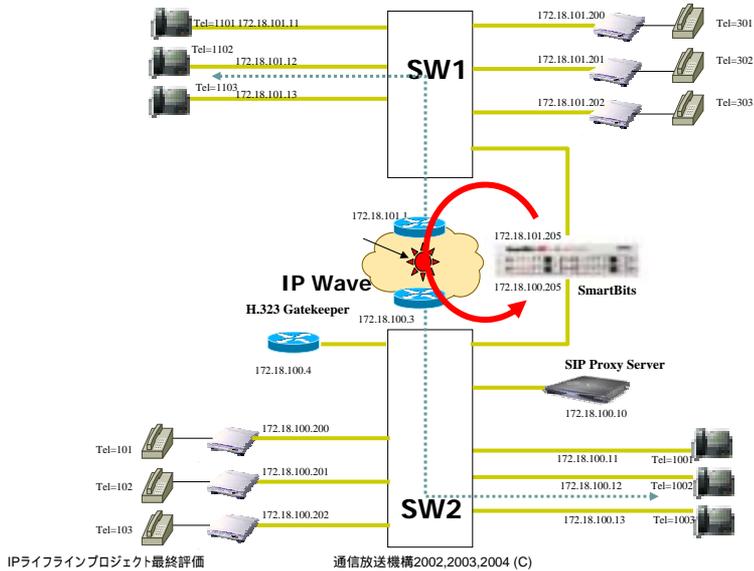


回答者

## ネットワーク輻輳時の発呼特性

- 評価シナリオ
  - パケットロスと遅延を変化させ、SIP / H.323のプロトコルごとに発呼して、シグナリングが確立するまでの時間を計測
- 負荷の種類と発生方法
  - トラフィックジェネレータによりRTPパケットを発生させ、輻輳を引き起こす
  - ネットワークシミュレータを用いて、遅延とロスを変化

## 実験ネットワーク構成図(発呼特性)



41

## 通信成功率



### 通信成功率(SIP)

遅延(msec)	成功数	失敗数	成功率 (%)
0	76	4	95.0
300	51	29	63.8
500	0	80	0

- シグナリング失敗の確率は、遅延が増大するにつれて増加

## まとめ

- バックグラウンドのRTP負荷を増加させると、ネットワーク品質は急激に低下する傾向がある。同時に、主観評価とPESQによる客観評価の評点は低下する傾向がある。特に主観評価では遅延とパケットロスの影響を大きく受ける傾向がある。
- 発呼試験についてはその接続時間に関してはネットワーク品質の低下の影響を受けている

## 今後の課題

- 妥当性や確実性を明確にするための分析の継続
  - より詳細な傾向を掴む為に、今回の実験結果を更に分析する。
  - 今回の実験設備を再検証し、VoIPを構成する機器や電話機などの仕様や設定を明確化と実験結果との関連性を分析する。
  - 実験結果の妥当性を掴む為に、測定器の設定と接続点の再検証を行う。
- 今後の研究での検討課題
  - RTP負荷のみならず、シグナリングによる発呼の集中状態下による、緊急通信の発呼状態の確認と音声品質の変化を調査する。
  - 本実験環境に近い実際のネットワーク下における同様の実験を行う。
  - 音質劣化要因を改善するためのQoSを反映したネットワーク下で同様の実験を行う。更には、位置情報把握や認証など緊急通信で必要とされる機能を追加した場合での実験を行う。