

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 IP 網を利用した音声サービス提供技術に関する研究

氏名 山田 秀昭

論文内容の要旨

インターネットプロトコル通信に基づく網（以降、IP 網と称す）は、システムの高性能化に伴う IP パケット転送速度の増大が飛躍的に進み、生活における情報通信インフラの一つとして急速に普及しつつある。総務省発表によると、2005 年末における高速大容量なブロードバンド IP 網の利用者数は、前年末と比べて 460 万人増加（10.8%増）して推計 4707 万人となり、インターネット利用者全体に占める割合も 55.2%に達している。

パケット転送速度の増大の結果、従来の電話サービスのようなリアルタイム性の高い音声サービスが、VoIP（Voice over IP）技術により、固定 IP 網上で提供されるに至っている。また、IP 網で利用されるアプリケーションサービスの拡大は、更なる IP 網の普及に拍車を掛けている。さらに将来的には、固定通信インフラのみならず、移動通信インフラを活用した通信の All-IP 化に向け、移動 IP 網環境においても音声サービスが提供される見込みである。

このように、VoIP 技術に基づく音声サービスは、今でこそ一般的なものとなり、その一例である IP 電話サービスは、重要な通信インフラのひとつとして社会に浸透しつつある。しかしながら、本研究の開始当初は、当時十分な実績を有していた既存電話サービスの代替技術として VoIP 技術をとらえる考えはごく少数であった。その大きな要因は、サービスの大規模化における音声 IP パケット転送効率の低さと、音声パケット転送品質維持にかかわる信頼性の低さであった。また、移動 IP 環境への VoIP 技術の適用は全くといていいほど想定されておらず、今日の通信の All-IP 化に伴う検討状況とは隔世の感がある。現在では、携帯電話サービスが普及し、それに伴う IP アプリサービスが急増しつつある。今後は、IP 網を利用した音声サービスと Web アクセスをはじめとする他のメディアを統合的に提供するコンカレントサービスの実現など、さらなる音声サービスの高機能化が進められることが予想される。

とりわけ、固定通信と移動通信インフラの融合である Fixed Mobile Convergence (FMC) IP 網での音声サービス提供においては、音声 IP パケットの転送効率向上とともに、ユーザ端末間エンドトゥエンドにおける品質維持ならびに管理技術の確立は必須である。今後は、その時々 IP 網のトラヒック状況に基づくパケット転送品質を示す QoS (Quality of Service) 情報をユーザ側に提示し、ユーザ側の希望に即して受聴品質をダイナミックに変

化させるようなサービスが検討されている。しかしながら、現在のところ、網側システムとユーザ端末が連携する手段、および、ユーザが感じる品質をダイナミックに変化させることを実現するサービス提供手段は実現されていない。これまでのところ、十分な網設計と信頼性検証に基づいて提供されてきた、従来電話サービスの緊急通信や災害復旧活動時の支援通信を VoIP 技術に基づいて提供することは、社会的な通信インフラとして重要な課題である。

本論文は、このような背景のもと、固定通信および移動通信インフラからなるアクセス IP 網の多様化と、ユーザ端末エンドトゥエンドの通信すべてを IP 網により提供する「通信の ALL-IP 化」を踏まえ、固定 IP 網や移動 IP 網など、全ての IP 網構成において音声サービスを提供する際に必要かつ重要な、IP 網を利用した音声サービス提供技術の研究について論じる。

まず、公衆電話網を IP 網で中継する IP 中継電話サービス時代から、移動 IP 環境を含む現在の通信の ALL-IP に即した IP 電話サービスに至るまで、いずれの IP 電話サービス提供形態においても重要な技術課題である、音声 IP パケット転送方式について論じる。研究においては、異なる音声ストリーム上の複数の出力フレームを多重化転送する手法に着目し、多重化対象の入力音声トラヒックに応じて多重化処理遅延と処理負荷の制御が可能で、独自の多重化トリガ処理方式に基づく多重化転送方式を提案する。次に、パケット転送性能評価に資するため、提案方式を実現するシステム実装要件を確認し、それらを考慮した PC ベースのプロトタイプシステムの開発を通じて得られた知見と性能評価結果について述べる。具体的には、商用電話サービスの音声トラヒック相当の負荷を印加した場合において、ヘッダーオーバーヘッド率、転送される多重化パケット生成数、多重化処理負荷、平均多重化パケット化遅延時間特性の各項目を評価し、多重化処理の精度や処理負荷の問題によりこれまで困難とされていた IP レイヤレベルでパケットを多重化し転送する提案方式が、実現可能であることを示す。

次に、提案した多重化転送方式について、音声 IP パケットロス耐性に基づく音声品質維持性能を確認するため、専用ハードウェアによる、より高性能な多重化転送システム (IP-CME) を構築し、IP-CME により転送された音声品質評価結果について示す。具体的には、実環境に基づく音声トラヒックと音声 IP パケットロス条件において、バースト的なパケットロスをランダム的なパケットロスに変換する、多重化処理のパケットインターリーブ効果を唱え、主観および客観音声品質評価結果を通じた提案方式の有効性を示す。この結果、提案方式は、パケット転送効率の改善のみならず、IP 網特有のパケットロス環境において、パケット転送時の音声品質維持に有効であり、さらには、音声コーデックの音声フレーム基本周期を考慮した多重化トリガのタイマ閾値設定により、多重化転送処理の遅延時間を十分短く制御可能であることを示す。

また、音声 IP パケット転送技術の適用範囲を拡大し、固定および移動 IP 網を融合した通信の All-IP 化を志向する複合 IP 環境において、IP 網区間毎の音声 IP パケットの転送品質情報により、正確なパケット送受信制御を行う方式の提案と、提案方式に基づく品質情報通知装置 (Multi-RTCP device) の性能評価結果について述べる。具体的には、提案方式に基づく品質情報通知間隔として、1sec 程度の周期間隔で測定したパケット転送間隔の揺らぎ品質を示すジッタ値から、実ジッタ値 (20msec 単位での推定値) を有意に推定可能なことを検証し、通知された品質情報に基づく正確な実時間パケット送受信制御が可能であることを示す。これにより、提案方式は、IP 網区間ごとに転送品質が大きく変動する移動/固定の複合 IP 網環境などにおいて、サービス端末エンドトゥエンドの品質維持・管理に有効で

あることを示す。さらに、音声と画像や音声とテキストなど、音声と他のメディアを統合して提供するコンカレントサービスに必要な、マルチセッションサービスへの方式応用について述べる。

このような、音声 IP パケット転送技術および QoS 情報通知に基づくパケット送受信制御技術を踏まえ、Web インターフェースを活用した音声サービスを提供するため、ユーザ側設備と網側設備の相互連携を実現するインターワーキング装置 (IW-Unit) による、VoIP ベースのサービス提供アーキテクチャを提案する。提案アーキテクチャは、網側とユーザ側において一方向的に転送される情報を処理することや、既存の電話サービスと IP 通信サービスを単純に組み合わせたサービスを提供するにとどまらず、電話呼処理イベントに基づく処理をユーザ側システムにおいても実行可能とし、網側とユーザ側が相互に連携して一つのサービスを提供するための手段を提供する。これにより、従来網側で閉じていた電話サービスに必要な処理が、IP 網を介してダウンロード可能なソフトウェアを用いることにより、ユーザ側と網側の双方で実行可能であることを示す。

さらに、提案アーキテクチャに基づく具体的なサービス例として、Web ベースの音声会議通話サービスに着目し、サービス提供システムの課題と構成要件を整理の上、複数の音声信号混合装置 (MCU) を一つの MCU を中心に IP 接続する、P2P 型トポロジを具備した分散型音声会議通話システム構築手法とその評価結果について述べる。具体的には、システムの重要な性能評価尺度である、会議接続設定時間、音声遅延時間、および、音声品質評価のいずれの点においても、会議参加ユーザ数の増加による劣化度が小さいことを示す。これにより、考案手法は、IP 網を活用した分散型商用会議通話システムの実現において、実際のサービス品質を提供するシステム構成手法の一つであることを示す。

最後に、本研究のまとめとともに、研究成果の活用にかかわる波及効果と、今後さらに進展するであろう通信の All-IP 化を踏まえ、音声サービスを含むパケットメディアサービス提供手法にかかわる検討課題とその展望について述べる。本研究のスコープとその位置づけを図 1 に示す。

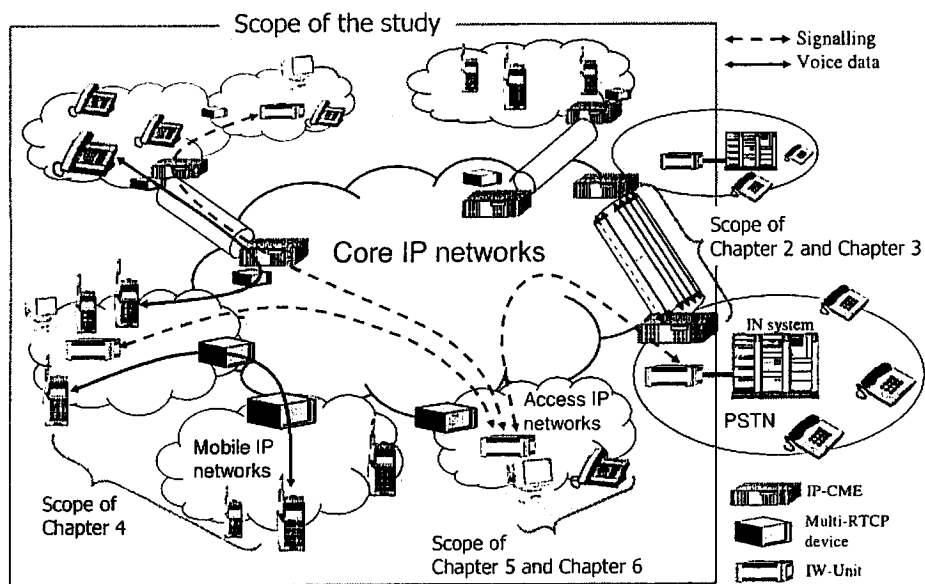


図 1 研究スコープ

以上