

# 博士論文概要

## 論文題目

PSTN に適用する  
ネットワークサービス方式に関する研究

Research on Network Service Systems  
applied to Public Switched Telephone Networks

申請者

氏名

内田

直樹

Naoki

Uchida

専攻・研究指導  
(課程内のみ)

情報生産システム工学専攻 知能化ネットワーク研究

2004 年 11 月

PSTN(Public Switched Telephone Network)は、基本的な音声コミュニケーション手段を提供するとともに、緊急通報など高い信頼性が要求されるライフラインの役割を担い、社会インフラとしての地位を確立してきた。PSTN 上には、基本的な音声通話サービスに加えて、「より便利にコミュニケーションできる電話」を目指して様々な付加サービスが開発されてきた。近年では、IP 技術の急速な進展により、PSTN に IP 技術を取り込んだサービス方式が盛んに検討されている。

まず、PSTN とインターネットの関連では、Internet Call Waiting、Unified Messaging など、PSTN とインターネットの heterogeneous な構成によるサービス方式が検討されている。しかしながら、インターネットと連携する場合、PSTN と異なるベストエフォート性の扱いや、セキュリティの確保をいかに行うか、また、ユーザの PC のようなサービス提供者の品質管理下に置けない端末をどのように扱うかなど、新たな課題も生じている。

さらに、IP との連携サービスにおいては、ルータやサーバなどのベンダ製品が多用されることとなり、従来、交換機などの長らく蓄積してきた信頼性データに基づく信頼性設計法の適用が困難になってきた。

一方、IP ネットワークのブロードバンド化に伴い、VoIP(Voice over IP)による IP 電話サービスが普及しつつあり、PSTN およびそのサービスをどのように次世代ネットワークに移行していくかという「PSTN マイグレーション」の検討も精力的に進められている。しかしながら、その解はまだ出ていない状況である。

本論文は、このような背景の下で、PSTN に IP 技術を取り込むことにより高度化されるネットワークサービス方式を明らかにしたものである。具体的には、PSTN とインターネットを組み合わせた PSTN-インターネット連携サービス技術(課題 1)、PSTN と同レベルの信頼性を保障するためのサービスシステム信頼性評価技術(課題 2)、そして PSTN と IP 技術の融合による次世代ネットワーク化とサービス実現技術(課題 3)、を明らかにしている。

本論文では、これらの課題に対して、著者が提案する新たな技術を述べ、その有効性を示している。以下、各章ごとにその概要を述べる。

**第 1 章「序論」**では、研究の背景として、IP 技術を取り込み PSTN のサービスを高度化する場合の課題を明らかにするとともに、これらの課題解決に向けて本研究で提案する技術の位置付けと独自性を述べる。

**第 2 章「PSTN - インターネット連携サービス技術」**では、インターネットのベストエフォート性やセキュリティを考慮して PSTN と連携させるための課題を明らかにし、これを解決するためのインターネットから PSTN サービスのセキュアで効率的な起動技術、PSTN からのインターネットサービスの起動技術、ネットワークと端末のサービス状態同期技術、および、IN(Intelligent Network)と IP のプロトコル連携技術を明らかにする。具体的には、代表的な

PSTN - インターネット連携サービスである PINT(PSTN and Internet Interworking)型の Click-to-Dial-Back (CDB)サービスと、SPIRITS(Service in the PSTN/IN Requesting Internet Service)型の Internet Call Waiting(ICW)サービスを取り上げ、それぞれ提案技術による実現方式を明らかにしている。CDB サービスの実現方式では、従来検討されている網内発呼方式に加えて、提案技術による新たな IP 通知方式と PSTN 通知方式を示し、サーバの所要処理能力と回線リソースの観点から評価を行うことにより、提案技術を用いた方式がネットワークサービスとして多数のユーザを効率的に収容可能な方式であることを明らかにしている。ICW サービスの実現方式では、基本サービスの実現に必要な機能を抽出し、これを、提案技術である INAP(Intelligent Network Application Protocol)、SIP(Session Initiation Protocol)、および国際的な標準化団体である Parlay が提案している API によるプロトコル連携にて具体化している。従来、これらのサービス方式については、IETF(Internet Engineering Task Force)などでプロトコルの検討が行われているに過ぎず、具体的な実装についてはいくつか Proprietary な実装例が報告されているのみである。本論文では、これらの提案技術により商用レベルの実現方式を確立している。

**第 3 章「サービスシステムの信頼性評価技術」**は、課題 2 に関するもので、PSTN - インターネット連携サービスなど、市販のサーバや IP 系の通信装置などベンダ製品を用いるサービスシステム開発形態に適用する信頼性評価技術の要求条件を明確化し、従来の一般的なハードウェア・ソフトウェアの信頼性評価技術のみでは、目標とするサービスの信頼度の規定とその評価が行えず、要求に応えられないことを明らかにしている。このため、本論文ではサービスシステムの信頼性を、電話サービスにおける規模別不稼働率を規範として規定し、開発工程で収集可能なデータを用いて評価モデルを作成することにより、多様なサービストランザクションに対して電話サービスと同レベルの信頼性を保障する信頼性評価技術を提案している。また、本提案技術を実際のシステム開発工程に適用することにより、システムの冗長構成やバグ抽出率の目標設定などの信頼性設計が行えることを明らかにしている。従来、このような信頼性評価技術はなく、筆者が初めてサービスシステムに対する定量的かつ実用性の高い信頼性評価技術を提案したものである。また、ここで提案している信頼性評価技術は、分散構成のサービスシステムを対象としているため、ネットワーク的な広がりを持つサービスシステム(サービスネットワーク)にも適用可能であり、次世代ネットワークの信頼性評価などに広く利用できる。

課題 3 については、第 4 章から第 6 章に分割して記述している。

**第 4 章「PSTN - IP 融合による次世代ネットワーク化技術」**では、PSTN の次世代ネットワークへの要求条件とそこから導き出される課題を明確にすると共に、これらが従来の PSTN や IP ネットワークの VoIP 技術のみでは解決困難

であることを明らかにしている。このため、新たな PSTN と IP の融合技術として、VoIP 通信における信号とペアラを分離し、信号には PSTN プロトコルである Q.931/ISUP (ISDN User Part) を、ペアラには IP プロトコルである RTP(Real-Time Transport Protocol)による IP パケット通信を用い、Q.931 と SIP の相互変換を行うゲートウェイ(Hybrid-GW; H-GW)により、ユーザのプライベートネットワークと接続するハイブリッド VoIP 方式を提案している。これにより、ユーザのプライベートネットワーク内の任意の IP フォンに対して、NAT(Network Address Translation)、Firewall 越えを可能とした PSTN と同等なセキュアな発着信と、ブロードバンド通信サービスの提供が可能であることを明らかにしている。本提案技術は、PSTN の資産を継承しつつ、セキュアなブロードバンド通信サービスを実現する技術を世界で初めて明確にしたものである。

**第 5 章「ハイブリッド VoIP サービスの実現技術」**では、第 4 章で提案したハイブリッド VoIP 方式を実際の PSTN に適用するために必要となる、アクセス技術、ノード構成技術、PSTN の一般端末との相互接続技術、SIP - Q.931 プロトコル変換技術、H-GW のセキュア管理技術、および、H-GW によるサービス提供技術を提案している。これらの技術により、PSTN へのインパクトを抑えつつ、要求条件を満足する PSTN の次世代ネットワークの構築とサービスの実現が可能となることを明らかにしている。これらは、著者が新たに提案したハイブリッド VoIP 方式に基づいて、PSTN のネットワークアーキテクチャを次世代ネットワークとして再構築するための技術を明確化したものである。

**第 6 章「ハイブリッド VoIP 方式の PSTN への適用」**では、第 4 章および第 5 章での提案技術に基づくプロトタイプを開発し、これを実際の PSTN へ適用した評価結果を述べる。この結果、提案方式によって、ネットワークを介した H-GW 収容端末同士のセキュアなブロードバンド通信サービス、PSTN の一般端末と H-GW 収容端末との相互接続、同一 H-GW 収容端末間での内線通話、PSTN 付加サービスの継承、および、ハイブリッド VoIP 通信とインターネット接続の同時利用が実現可能となることを実証している。このように、実際の PSTN に各提案技術を適用することにより、それらの実現性を高いレベルで検証している。

**第 7 章「結論」**では、本研究で明確化したネットワークサービスの実現技術を総括すると共に、本研究が今後の PSTN のサービス、およびサービス方式の発展に果たす役割を述べる。

以上を要するに、本論文は、PSTN に IP 技術を取り込むことにより高度化されるネットワークサービス方式について、インターネット連携サービス技術、PSTN と同レベルの信頼性を保障するサービスシステム信頼性評価技術、そして、PSTN と IP 技術の融合による次世代ネットワーク化とサービス実現技術の各技術を明らかにするとともに、提案技術の実装および評価を通じて、それらの実現性を検証したものである。

# 研 究 業 績

種 類 別	著者、 題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月日、 頁等
論 文	<p><b>学術誌原著論文</b></p> <p>【1】 内田 直樹, 稲葉 徹, 鈴木 康士, 桜井 一也, “PSTN に適用するハイブリッド VoIP アーキテクチャの提案,” 信学論 (B), vol.J87-B, no.6, pp.843-854, Jun. 2004.</p> <p>【2】 内田 直樹, 積田 桐子, 内條 正志, 後藤 泰隆, “ネットワークサービスとしての Click-to-dial-back サービス実現方式の検討,” 信学論 (B), vol.J87-B, no.2, pp.171-180, Feb. 2004.</p> <p>【3】 内田 直樹, 長野 伸一, 渡邊 均, 西山 茂, “ベンダ製品を用いた通信サービスシステムの信頼性評価手法,” 信学論 (B), vol.J87-B, no.1, pp.36-47, Jan. 2004.</p> <p><b>国際会議・シンポジウム(査読有り)</b></p> <p>【4】 N. Uchida, T. Inaba, and K. Sakurai, “A Hybrid VoIP Architecture for the Carriers’ Voice Communication Services,” International Conference on Intelligence in the next generation Networks (ICIN2003), p239-244. Mar. 2003, Bordeaux, France.</p> <p>【5】 K. Hashimoto, N. Ishii, T. Saito, and N. Uchida, “Service Connectivity: A Concept for the seamless service-level interoperability between PSTN and IP networks,” International Conference on Intelligence in the next generation Networks (ICIN2003), p15-20, Mar. 2003, Bordeaux, France.</p> <p>【6】 E. Sano, H. Suzuki, and N. Uchida, “Essential Functions for Service Management and Operations in Advanced Intelligent Networks and their Implementation Based on the SPIRIT Specification,” IEEE Intelligent Network Workshop (IN’98) p.331-337. Mar. 1998, Bordeaux, France.</p> <p>【7】 H. Suzuki and N. Uchida, “Service Management and Operations for NTT's Advanced Intelligent Network,” IEEE Intelligent Network Workshop (IN’95). May 1995, Ottawa, Canada.</p> <p>【8】 N. Kusaura, and N. Uchida, “Distribution of Service Data to Distributed SCPs in the Advanced IN,” IEEE GLOBECOM’95, p1271-1276, Nov. 1995, Singapore.</p> <p>【9】 N. Uchida, N. Kusaura, and K. Ooto, “Application of the TMN protocol to IN Service Management,” International Conference on Intelligence in Networks (ICIN94), p189-190, Mar. 1994, Bordeaux, France.</p> <p>【10】 S. Esaki, N. Uchida, and T. Omiya, “Service Logic Execution of IN in Multi-vendor Environment –Introduction of SLP Execution Processor-,” International Council for Computer Communication (ICCC) Intelligent Networks Conference ’92, p441-450. Sep. 1992, Genova, Italy.</p> <p>【11】 Y. Nagano, and N. Uchida, “Verification on Customer-Defined Services in the Intelligent Network,” International Council for Computer Communication (ICCC) Intelligent Networks Conference ’92, p.151-161. Sep. 1992, Genova, Italy.</p> <p>【12】 N. Uchida, Y. Nagano, and K. Sato, “SME: An environment for Programmable Service Management in SMS,” International Conference on Intelligence in Networks (ICIN’92), p166-170, Mar. 1992, Bordeaux, France.</p> <p>【13】 N. Uchida, and A. Miura, “Customer-Defined Service Model and Definition Method for Intelligent Networks,” IEEE International Conference on Communications (ICC) ’91, p30.4.1-30.4.5, Jun. 1991, Denver Colorado.</p>

# 研 究 業 績

種 類 別	著者、 題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月日、 頁等
講演	<p>【1】 内條 正志, <u>内田 直樹</u>, 積田 桐子, 後藤 泰隆, “ クリックツードイヤルバックサービス方式, ” 信学技報, NS2002-257, IN2002-230 ( 2003-03 ) .</p> <p>【2】 内條 正志, 阿久津 清, 山谷 哲美, <u>内田 直樹</u>, “ VoIP-NW への CPL Script の適用性に関する考察, ” 2003 信学総大, B-6-147 ( 2003-03 ) .</p> <p>【3】 橋本 桂一, 斉藤 孝之, 山谷 哲美, <u>内田 直樹</u>, “ サービスコネクティビティ - PSTN と IP-NW のサービス相互接続の実現-, ” 信学技報, NS2002-214, OCS2002-104 ( 2003-02 ) .</p> <p>【4】 毎田 泉, 河村 仁, <u>内田 直樹</u>, 竹森 英次, “ サービス管理システムへの WWW 技術適用法に関する一考察, ” 1998 信学ソ大 ( 通信 ), B-6-75 ( 1998-09 ) .</p> <p>【5】 青木 敬浩, 富岡 牧子, <u>内田 直樹</u>, “ 高度 IN における通信サービス制御情報の生成法, ” 1996 信学ソ大 ( 通信 ), B-573 ( 1996-09 ) .</p> <p>【6】 <u>内田 直樹</u>, “ 高度 IN 分散システムにおけるプログラム更新手順の検討, ” 信学技報, SSE96-66, IN96-50, CS96-74 ( 1996-09 ) .</p> <p>【7】 草浦 信彦, <u>内田 直樹</u>, “ 網の高信頼化されたサービス制御ノードへの情報配備法の考察, ” 1995 信学ソ大 ( 通信 ), B-392 ( 1995-09 ) .</p> <p>【8】 田中 ゆかり, <u>内田 直樹</u>, 水野 修, “ 高度 IN におけるカスタマコントロール法の一考察, ” 1995 信学総大, B-678 ( 1995-03 ) .</p> <p>【9】 大戸 健一, 竹森 英次, <u>内田 直樹</u>, “ IN のサービス管理への TMN 適用に関する一考察, ” 信学 94 春大, B-596 ( 1994-03 ) .</p> <p>【10】 <u>内田 直樹</u>, 長野 ゆかり, 河原崎 裕朗, “ エンドユーザによるサービス記述 - IN におけるカスタマサービス定義法, ” 第一回「通信ソフトウェアのための新しい方法論」ワークショップ, Jun. 1992.</p> <p>【11】 <u>内田 直樹</u>, 長野 ゆかり, “ IN に適用するサービス管理オペレーション機能のソフトウェア定義化法, ” 1991 信学春季全大, B-565 ( 1991-03 ) .</p> <p>【12】 佐々木 一, <u>内田 直樹</u>, “ IN におけるサービス定義法の評価, ” 1991 信学春季全大, B-568 ( 1991-03 ) .</p> <p>【13】 長野 ゆかり, <u>内田 直樹</u>, “ インテリジェントネットワークにおけるカスタマ定義サービス仕様の検証法, ” 信学技報, SSE91-19 ( 1991-09 ) .</p> <p>【14】 <u>内田 直樹</u>, 河原崎 裕朗, 佐々木 一, “ IN に適用するカスタマ定義サービスモデルと定義法, ” 1990 信学秋季全大, B-435 ( 1990-09 ) .</p> <p>【15】 柴原 一元, <u>内田 直樹</u>, 江崎 修司, “ インテリジェントネットワークにおけるサービス実行環境の一検討, ” 1990 信学春季全大, B-426 ( 1990-03 ) .</p> <p>【16】 <u>内田 直樹</u>, 河原崎 裕朗, “ IN におけるサービス提供システムソフトウェア定義化の検討, ” 1990 信学春季全大, SB-5-2 ( 1990-03 ) .</p> <p>【17】 <u>内田 直樹</u>, 三浦 章, 河原崎 裕朗, “ 電話系新サービスルーチングプランのカスタマ定義法, ” 昭 63 信学秋季全大, B-184 .</p> <p>【18】 <u>内田 直樹</u>, 上坂 久一, 佐藤 清実, “ 電話系新サービスにおけるユーザのサービス定義法に関する一考察, ” 信学技報, SE87-8 .</p> <p>( 他 23 件 )</p>
著 書	鈴木 滋彦編, 高度インテリジェントネットワーク ( 共著 4 章・7 章執筆 ), ( 社 ) 電子情報通信学会, 東京, 1999 .

# 研 究 業 績

種 類 別	著者、 題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月日、 頁等
その他	<p>(特許)</p> <p>【1】 <u>内田 直樹</u>，丸山 秀樹，石原 秀一，“通信端末間相互接続方法および装置、ならびにプログラム” 特願 2003-157839.</p> <p>【2】 <u>内田 直樹</u>，内條 正志，伊東 伸威，“ダウンロードシステム及び方法、クライアントシステム、ファイル管理システム、ならびに、コンピュータプログラム” 特願 2003-157838.</p> <p>【3】 <u>内田 直樹</u>，山岸 浩男，稲葉徹，“音声通信ゲート装置のアドレス管理方法および管理装置並びにプログラム” 特願 2003-091929.</p> <p>【4】 <u>内田 直樹</u>，伊東 伸威，“音声通信ゲート装置の管理方法、管理システム、管理装置並びにゲート装置” 特願 2003-038256.</p> <p>【5】 <u>内田 直樹</u>，佐藤 孝吉，鈴木 康士，“音声通信方法およびゲート装置” 特願 2002-311337.</p> <p>【6】 <u>内田 直樹</u>，“音声メッセージ配信システムおよびメッセージ配信サーバ” 特願 2001-276572.</p> <p>【7】 <u>内田 直樹</u>，積田 桐子，“コールバックシステム、コールバック方法およびコールバックプログラム” 特願 2001-111897.</p> <p>【8】 <u>内田 直樹</u>，山本 俊一，“データ配信システム及びその制御方法” 特願 2001-106323.</p> <p>【9】 <u>内田 直樹</u>，山本 俊一，“データ配信システム及びその制御方法” 特願 2001-106322.</p> <p>(講演)</p> <p>【10】 <u>内田 直樹</u>，“SMS 服務管理技術，SCE 研究開発現況，”亞太科学技協會，智慧型網路之設計及應用檢討會，台北，April 1995.</p> <p>(著書)</p> <p>【11】 <u>内田 直樹</u>，Z80 マシン語ランド MSX 編，ラジオ技術社，東京，1985 .</p>