

インターネットにおけるライフライン機能の実現

野呂 正明¹ 菊地 高広¹ 大熊 秀明^{1,2} 砂原 秀樹^{1,3} 下條 真司^{1,4}

1 通信・放送機構 奈良 IP ライフラインリサーチセンター
〒630-0101 奈良県生駒市高山町 8916-19

2 シスコシステムズ(株) AVVID ソリューションセンター
〒107-0052 東京都港区赤坂 2-14-27 国際新赤坂ビル東館

3 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学センター
〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

4 大阪大学 サイバーメディアセンター
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 5-1

E-mail: {noro, kick}@nara.tao.go.jp , hokuma@cisco.com ,
suna@itc.aist-nara.ac.jp , shimojo@cmc.osaka-u.ac.jp

あらまし 近年、緊急・重要通信の提供等のライフライン機能をインターネット上で実現することが求められている。ライフライン機能のうち、110 番 119 番など緊急通報に必要な、発信者の地理的場所に応じて着信先の切替える方式や認証方式を提案すると共に、緊急通報の品質確保の特性分析、劣悪な環境下での VoIP 品質について報告する。

キーワード IX, VoIP, QoS, SIP, ENUM, GPS, PKI

Lifeline support of the Internet

Masaaki Noro¹, Takahiro KIKUCHI¹, Hideaki OKUMA^{1,2}, Hideki SUNAHARA^{1,3}, Shinji SHIMOJO^{1,4}

1 Nara IP Lifeline Research Center, Telecommunications Advancement Organization of Japan
Takayama 8916-19, Ikoma City, Nara, 630-0101, Japan

2 Cisco Systems K.K., AVVID Solution Center
Kokusai Shin-Akasaka Bldg., East Tower, 2-14-27 Akasaka, Minato-ku, Tokyo, 107-0052, Japan

3 Nara Institute of Science and Technology Information Technology Center
Takayama 8916-5, Ikoma City, Nara, 630-0192, Japan

4 Cyber media center, Osaka University
Mihogaoka 5-1, Ibaraki City, 567-0047, Japan

E-mail: {noro, kick}@nara.tao.go.jp , hokuma@cisco.com ,
suna@itc.aist-nara.ac.jp , shimojo@cmc.osaka-u.ac.jp

Abstract Importance of implementing Lifeline function of PSTN network on the Internet is increasing recently. This paper proposes signaling and security functions and interconnection model for emergency communication. Also, This paper reports voice quality under emergency situation.

Key words IX, VoIP, QoS, SIP, ENUM, GPS, PKI

1. はじめに

近年、固定電話から VoIP への移行が始まっており、従来の固定電話で提供していたライフライン機能(特に緊急・重要通信機能)を提供する必要がある。

ただし、インターネットには固定電話には無い柔軟なルーチング、災害時のロバスト性、マルチメディア対応といった機能があり、これらを利用することで、従来の緊急・重要通信にはない付加価値とマーケットを生み出す可能性がある。

本研究では緊急・重要通信の基盤となる技術の検討やプロトタイプシステムの開発を行っているが、110 番や 119 番だけでなく、インターネットの特性を生かした新しいライフライン機能にも適用可能な、緊急・重要通信の実現手法を提供を目指している。

本稿では、発信者の位置による接続先の切替や認証技術、品質の確保のための品質基準や品質確保方式について報告する。

2. 背景

インターネットをライフライン化するには 110 番や 119 番といった緊急通報のサポートの他に警察、消防、自治体などへの仮想専用線サービスなど、市民の生命や財産を保護するために必要な通信を実現しなければならない。

IETF の ieprep WG や ITU では、ライフライン機能に関して、次のような課題が議論されている。

- ・ 緊急通信に必要な機能の SIP への追加
- ・ ISP 等における QoS 制御
- ・ メール等での通信内容の優先度指定方法

ただし、ISP 等における QoS は、非常時に備えて制御が必要という意見と、余裕のある回線容量を供給することで十分であるという意見が対立している。

また VoIP に関しては、品質は ITU や TTC で議論されているが[4][5][6]、通常の運用時を仮定しており、非常時は考慮の対象外であるうえ、110 番や 119 番等の特番の処理は、標準化団体は取り扱っていない。

3. 解決すべき課題

緊急・重要通信のうち、110 番や 119 番といった緊急通報の実現に必要な課題のうち、呼の確立、品質確保、品質測定に関連する課題について説明する。

3.1 緊急通報の実現

緊急通報を行うために必要な機能のうち、通報者

の現在位置から最寄り管轄機関への接続、通報者の場所特定の二つの問題がある。

緊急通報では、同一アドレスに対して発信しても、通報者の現在位置を管轄とする機関へ通信が接続される必要がある。対象となる通信には、110 番や 119 番などの特番の他に、電気・ガス・水道などのライフラインに関する通報も対象となる。また、最近新たに提供され始めたメールやウェブなどの手段も挙げられる。特番は発信者の現在位置に対応した接続先を発見できる必要があるうえ、特番を持たないサービスは簡易なアクセス手段がなく利用しにくい。

また、緊急通報は、現場へ人員を派遣する必要があるため、通報者の居場所の位置情報を把握できることが重要である。しかし、現在のインターネットでは位置情報を把握する手段はなく、GPS などを用いて通報者の端末が位置情報を把握しても、それをセキュアに伝達する方法がない。

現在、類似の技術として、IP エニーキャストにより、最寄りのホストヘルレーティングすることが可能であるが、これはネットワークのトポロジ上の最寄りであり、インターネットのトポロジと行政機関の管轄区域が対応しないため、適用は困難である。

また、特番利用に対応する IP パケットにマークして、各ルータで処理させる方式は、ルータへの新たな機能拡張と負荷増大を伴うため好ましくない。さらに、発信者の居場所に応じて接続先を変化することが難しい。

さらに、悪戯防止や呼び返しの実現には、発信者の身元を厳密に特定する必要がある。現在の電話では、対応機関に電話番号を伝えることで実現されているが、インターネットの各種サービスに適用するためには、電話番号によらないユーザ情報の管理方式とユーザ情報を接続先に伝える技術が必要である。

3.2 緊急・重要通信の品質確保

緊急・重要通信通報の品質を確保するには、ネットワークにおける資源の確保と利用可能帯域に応じて呼を制御することが必要である。

3.2.1 ネットワークの資源確保

ネットワークにおける資源確保の方式は、2 つの軸で整理することができる。

- ・ 確保のタイミング(網の設計時に静的に確保、通信の発生時に動的に確保)
 - ・ 確保の単位(通信のフロー毎、フローの集合毎)
- 固定電話における帯域確保は、ネットワークの帯

域不足による呼損は許さないため、実際の通信の有無にかかわらず、経路を流れる最大の資源を事前に確保(もしくは予約)する必要があり、静的に確保する方式が低いコストで実現できる。また、確保単位をフロー毎とすると、ルータで管理すべき資源が多数となるため、フローの集合に対して資源を割当てる方式が有効である。

以上の議論から、緊急通報に対する資源確保はフローの集合に対して静的に割り当てる Diffserv を利用する方式が有利であるが、Diffserv では識別可能なパケットの種類に限られるため、1つの DS ドメインを流れるパケットの種類が少なくなるように、トラフィックの特性に合わせたネットワーク(網のトポロジ、パケットの分類、ルータにおけるキュー管理方式)を準備する必要がある。

3.2.2 ネットワークの状態に応じた呼の制御

音声による緊急通報は、codec の性質と、実際に成功する呼の総数が限られているため、網の帯域情報を呼の制御に利用する必要がない。

ただし、網の帯域が不足する場合に VoIP での接続をあきらめ、音声メールで通報するなどの、高度なサービスを提供するには、網の帯域利用状況を緊急通報の呼制御に利用する方法が必要となる。

現在、計算機やルータとネットワーク管理システムの通信プロトコルには COPS があるが、COPS では通信手順とデータフォーマットのみを規定しているため、緊急通報に網の帯域情報を利用するには、どのようなデータをやり取りし、そのデータをポリシーサーバでどう解釈するかを明らかにする必要があるため、緊急・重要通信のために準備した網と緊急通報自体の特性に合わせてデータとポリシーサーバでのデータの解釈を定める必要がある。

3.3 非常時における音声品質

音声品質の標準化は、ネットワークが正常な状態であることを前提に、音声品質の測定方法やサービスを提供する条件を設けている。

それに対して、ライフラインという観点では、極端な輻輳状態などにおいて、VoIP の品質がどのように変化するのか、緊急通報に必要な最低限の音声品質はどの程度のネットワーク品質で達成できるのかといった視点で標準を作成する必要がある。

音声品質の評価には、測定器を用いる方法と被験者による主観評価を実施する方法の二つがあるが、既存の測定器が緊急通報を意識して作られたもので

はないため、被験者による主観評価によって品質基準を定めることが望ましい。このような試験も、実際に発生しうるシナリオの下で行う必要があるため、シナリオの作成が自身が一つの課題である。

また、事業者がその品質基準を満たすために品質の評価を行うには主観評価より、客観評価の基準による方が望ましい。そのため、主観評価時に同時に既存評価技術での客観評価も行い、既存評価技術の問題点を明らかにしたり、緊急通報の品質評価のための既存技術の利用指針を定めることが必要である。

4. 緊急通報確立技術

ここでは、緊急・重要通信のうち通報系のアプリケーションを実現するための、発信者の現在位置や身元確認、および、最寄りの機関に接続するという基盤技術を提案する。

4.1 通信接続先の解決

緊急通報では、ユーザの利便性の確保と発信者の現在位置に対応した接続先を発見(解決)する手段として、電子メール配送と同様に、実際の通信の前に通信先を決定する方式が望ましい。本研究では、そのような方式として、地理的位置情報をベースにした ENUM[10]の応用を提案する。

4.2 地理的位置情報ベースの ENUM 応用

ENUM は、電話番号をインターネット上のサービスに対応させる技術であり、IETF と ITU-T が協調して標準化を進めている。具体的には、E.164 番号[11]を検索キーとして、DDDS[12]の枠組みで DNS を検索することで、サービスの URI 形式[13]のアドレスを得ることで、指定した電話番号に対応するインターネット上のサービスを利用できる。しかし、ENUM の規格では、110 番などの特番は対象外とされている。

ここでは ENUM の枠組みを応用して特番を含めた通報先の解決を試みる。発信者の現在位置が各通報サービスの管轄内となる必要があるため、特番か非特番かに関係なく、サービスの種類と発信者の現在位置から、接続先も決定することができる。サービス毎に考えると、DDDS の検索キーとして地理的位置情報を用いれば良い。

ここで、地理的位置情報の表現方法として、経度緯度や住所を利用するのは、DNS との親和性の点で困難である。そこで、本研究では郵便番号をエリアコードとして利用することを提案する。少なくとも

このように、郵便番号をエリアコード(地理的位置情報)として利用する **ENUM** の応用により、特番をはじめとしたサービス群は、ユーザがサービスの種別を選択するだけで、対応する **VoIP**、メール、ウェブなど複数の接続先 **URI** を得ることが可能となる。



ここでは、GPS 等の情報とは独立に、インターネットでの地理的位置情報の提供と通知ならびに検証する手法を提案する。一般に、LAN 環境ではケーブルの敷設範囲や電波の届く範囲から、端末の位置を限定することができ、通常のトポロジでは緊急通報に利用する地理的位置情報としては十分である。

この情報の通知を受けた側では、その情報の署名者が該当 IP アドレスを管轄する者であることを確認することで、通知された位置情報を検証することができる。ここで、署名者の公開鍵証明書が IP アドレスを管轄する機関等によって発行されていることが求められる。通知されたおよその位置情報に対して、GPS 等の情報と組み合わせれば、得られた詳細な位置情報が間違いやなりすましなどで全く別の場所を指していないことを確認することができる。

この場合も同様に、その発行された情報の署名者が該当ドメインを管轄するものであることを公開鍵証明書の正当性によって確認することで、情報を検証することが可能である。

緊急通報の品質を確保するために必要な機能は「帯域の確保」「呼の制御」「パケットの識別と転送」の3つである。ここでは、これらの機能のうち、「帯域の確保」と「呼の制御」の2つの技術を提案する。

ただし、SIP や H.323 では、シグナリングの最終段階まで着信側装置の IP アドレスと利用ポート番号が明確にならない。電話のイメージでは呼び出し音が停止するまで通話相手の IP アドレスとポート番号がわからないため、RSVP などのプロトコルで動的に帯域を確保する方式では、帯域が確保できなかった場合は、呼び出し音が終了してから呼が失敗することとなる。これでは、固定電話との相互接続がうまく行われないため、呼び出し音が鳴る前に帯域の利用状況を確認する必要がある。

ただし、モバイル環境や多数の地点に散らばった端末での同時着信をサポートするには、代表アドレスのようなものを SIP サーバに登録しておき、そのアドレスから実際の端末までの間に別途帯域を確保しておくことが必要となる。

— 12 —

5.2.1 メディアデータ

緊急通報では、ある地域内の全ユーザが同時に発呼しても、警察や消防の窓口数だけの通信が可能となることが求められる。この要求から、ISP のアクセス網や、地域網において確保すべき帯域幅はその地域の警察等の窓口に必要な帯域に等しい。

この地域性は事業者間でも成り立つため、地域毎に緊急通報用の地域 IX を設置して、地域内の全事業者のトラフィックを集約するモデルが効率的である。

5.2.2 シグナリング

音声などのデータトラフィックは警察や消防の窓口数で上限が決まるが、シグナリングトラフィックの最大数は発信者の総数に等しい。さらに、モバイル端末を考慮すると、ある地域に存在する端末の総数も決定できないため、必要帯域を事前に計算することは不可能である。

この場合、ある地域に存在する可能性のある端末数(ユーザ数)の最大値を予測し、その上必要な帯域を確保することも不可能ではないが、その場合は多くの帯域を確保する必要がある。

しかし、実際の通信では多数の呼が同時に発生しても、成功する呼数は警察等の窓口数で決まるため、シグナリングに対して、サービスレートを制限することで、必要な帯域を削減することも可能となる。

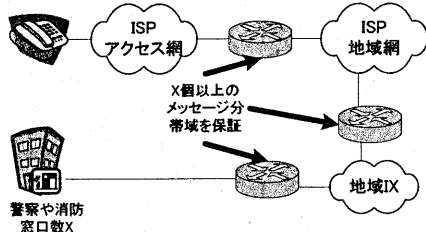


図 4-1: シグナリングの集約モデル

5.2.3 基本ネットワーク

図 4-2 に示すように地域 IX を設置し、ISP において地域単位で集約されたトラフィックをさらに地域 IX で集約し、そこから警察や消防に送る形をとる。

また、シグナリングは容量に上限を設けた形で転送するように ISP と地域 IX の間でサービスレートを制限するモデルが考えられる。

6. 緊急通報における音声品質

今回、IP ネットワークに「異常」が発生した場合の典型的モデルとして、次の 2 つを想定し被験者による主観評価と測定器によるデータ収集を実施した。

- サイバーテロによる IP ネットワークの輻輳
- コールの多発時の RTP による輻輳

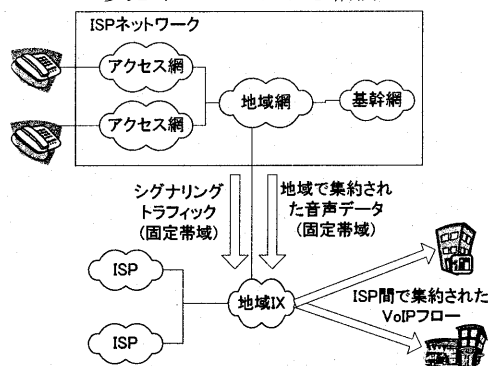


図 4-2: 基本ネットワーク

6.1 シナリオ

DDoS のシナリオは、基幹ルータへのアタックを想定し、大量のパケットをルータに対して送り、ルータに負荷を与えた。

また、RTP による輻輳はトラフィック発生装置を利用し、RTP/UDP パケットを大量に生成し、ネットワークに負荷を与えた環境を用意した。

6.2 試験方法

実験では、音声の codec で差異が生ずる可能性を考慮して、G.711 と G.729a の 2 種類の codec を使い、音声モニターを 6 名又は 8 名用意して、3 対又は 4 対の通話で、各種データを取得した。

緊急通報という特性を意識し、事件又は急病人を抱えて助けを求める人と消防又は警察の係官という 1 回 3 分程度のシナリオを事前に準備した。

実際のデータの収集は、被験者による会話毎に DDoS 負荷と RTP 負荷をランダムな量発生させ、各試験種別(DDoS でコーデックは G.711 など)に約 10 パターン行い、アナライザによるジッタ、パケットロスなどでデータの取得すると同時に、モニタによる主観評価を行った。

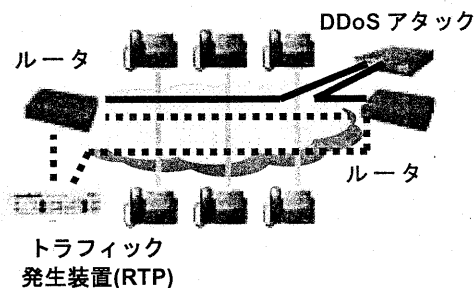


図 5-1: 実験ネットワーク

6.3 試験結果

今回の実験から、QoS の制御を行わない場合において、ルータの負荷が 100%になる程度の負荷がかかった状態でも、概ね会話が成立することがわかった。ただし、具体的な MOS などの数値に当てはめて、どの程度の品質になるのかなど、標準化団体などの議論の基礎データにするためには、シナリオを変えてさらにデータを収集する必要がある。

また、今回の実験のようなネットワーク環境では、SIP のシグナリングが成立しない場合があり、緊急通報としてみた場合、シグナリングについての保護策が別途必要であることを実験によって確認できた。

7. まとめ

本研究ではインターネットでライフライン機能を実現するため、接続先の発見や認証の機能、ISP や警察などの相互接続方式、網における QoS 方式などについて検討を行うと共に、劣悪な環境化での VoIP 品質について基礎データの収集を行った。

発信者の位置に基づいた接続先の決定と発信者の身元の確認のために以下のような技術を提案した。

- ・ ネットワークにおける位置情報配布の技術
- ・ ENUM を拡張し地理情報を埋め込む技術
- ・ 発信者の身元および、位置情報などの検証技術

また、品質確保面では基本となるネットワークモデルの作成とポリシーサーバと呼制御サーバの連携による品質確保方式を提案した。

音声品質は、ネットワークの輻輳時の音声品質を DDoS と RTP トラフィックの多発というシナリオで測定し、取得したアナライザでのデータ及び主観データを元に、事前に想定していたような音声品質の劣化がどの程度発生したかを分析している。

8. 今後の予定

各テーマに関してさらに研究を進めると共に、現在試作を進めている位置情報、認証、ポリシーサーバ、呼制御システムと JGN 等の実ネットワークを組み合わせて、VoIP による緊急通報の実証実験を行う予定であり、位置情報、認証、帯域情報に基づく呼制御システムが有効に機能することを検証する。

緊急通報に対する VoIP の品質は、今回の実験結果に基づいて、ネットワークの異常シナリオをブラッシュアップし、測定を繰り返して標準化に用いることができる指標の作成を目指す。

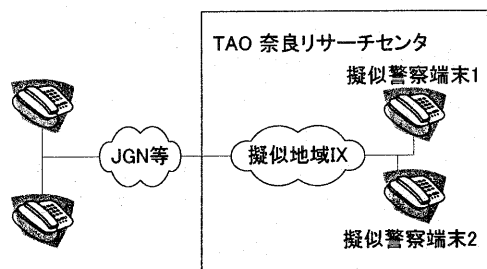


図 7-1: 実証実験ネットワーク

9. 謝辞

TAO IP ライフラインプロジェクト関係各位の皆様に感謝いたします。特に、大阪大学下條研究室、奈良先端科学技術大学院大学の砂原研究室の皆様、VoIP 推進協議会の相互接続 WG および品質 WG のメンバーの皆様には、研究内容についての示唆や研究活動を支援して頂きました。

文 献

- [1] Takahiro Kikuchi and Masaaki Noro and Hideki Sunahara and Shinji Shimojo, "Lifeline Support of the Internet", in Proceedings of SAINT2003 workshops, pp.323 - 327, January 2003.
- [2] 菊地高広, 野呂正明, 砂原秀樹, 下條真司, "インターネットにおけるライフラインの実現", インターネットカンファレンス 2002 論文集, pp.116, 2002 年 11 月.
- [3] 菊地高広, "特番などへの ENUM の応用について", WIDE 研究会 ENUM BOF, 2003 年 3 月.
- [4] ITU-T Recommendation G107, "The E-model, a computational model for use in transmission planning" July 2002.
- [5] ITU-T Recommendation P.862, "Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs", February 2001.
- [6] TTC 標準 JJ-201.01, 「IP 電話の通話品質評価法」, 2003 年 4 月.
- [7] Schulzrinne, H., "Requirements for Resource Priority Mechanisms for the Session Initiation Protocol (SIP)", RFC3486, February 2003.
- [8] Polk, J., "Internet Emergency Preparedness (IEPREP) Telephony Topology Terminology", RFC3523, April 2003.
- [9] Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M. and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002.
- [10] Falstrom, P., Mealling, M., "The E.164 to URI DDDS Application (ENUM)", draft-ietf-enum-rfc2916bis-06, May 2003.
- [11] ITU-T, "The International Public Telecommunication Number Plan", Recommendation E.164, May 1997.
- [12] Mealling, M., "Dynamic Delegation Discovery System (DDDS)", RFC 3401-3404, February 2002.
- [13] Berners-Lee, T., Fielding, R. and L. Masinter, "Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax", RFC 2396, August 1998.