

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01728

研究課題名(和文) 非常時における音声通話収容効率向上を実現する新しい通信受付制御方式

研究課題名(英文) Voice Communication CAC methods for emergency environments

研究代表者

山岡 克式 (Katsunori, YAMAOKA)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：90262279

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：災害や事件など非常時には、警察や救急などへの通報など緊急の音声通話と、一般ユーザによる安否確認など通常の音声通話の、両通信が多数網に到着するため、緊急の音声通話のみが優先される従来の制御では、通常の音声通話を多数網内に収容するのは困難である。本研究では、音声通話(VoIP通信)を収容する固定・携帯電話網やNGN網、インターネットなど、公衆通信網を対象として、トラヒック状況に応じて、通常の音声通話の適切な留保(呼損または待機)、さらには適切な一定時間での通話切断導入により、緊急の音声通話数を従来通り必要数確保しつつ通常の音声通話をより多く収容する、新しい受付制御方式を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非常時には、緊急通話はもちろんのこと、一般のユーザも現地の安否確認を行うなど通常より多くの重要な通話を行う可能性が高いため、緊急通話は必要数収容したうえで、可能な限り多くの一般通話も収容すべきである。

この、新しい思想のもと、一般通話に通話接続までの多少の待機を許容、さらには、安否確認などに最低限必要な時間までに一般通話の通話時間制限を設けることにより、緊急通話を確保しつつ、一般通話収容数の最大化も可能とする、非常時における音声通話確保を実現する新しい受付制御方式を、本研究では実現した。

研究成果の概要(英文)：Both general calls and emergency calls are rushed to network when emergency events are happened such as disasters or incidents. Because many both calls are arrived at network and emergency calls are admitted preferentially, most of general call are not admitted and rejected. This research realizes new general voice communications call admission control methods for emergency situation. Target networks includes fixed or cellular public switched telecommunication network, NGN, and the Internet. More general calls can be admitted at networks by our proposed CAC methods, though the number of admitted emergency calls is not reduced.

研究分野：情報通信

キーワード：トラヒックエンジニアリング 受付制御 非常時通信 音声通信

1. 研究開始当初の背景

近年、地震や台風などの自然災害や事件などの非常時における、音声通話を取り扱う通信網のあり方に注目が集まっており、ITU-T では Emergency Telecommunications Service(ETS)、北米においても Next Generation 9-1-1(NG9-1-1)などの検討が進められている。

一般に、非常時における公衆通信網(以下、網)では、警察や救急車、消防車などへの通報に使用される非常に緊急性を要する通話(以下、緊急通話)と、一般のユーザが現地の安否確認などのために行う通話(以下、一般通話)の、両通話(以下、呼)が多数混在する環境となる。このような状況下では、緊急通話を優先的に接続させるため、一般通話を公衆通信網に接続しない発信規制を行うことで通話の要求数(発呼数)を少なくする手法や、緊急通話のために帯域を優先的に空けておくことで緊急通話の通話数を確保する方法が、用いられている。

しかし、前者の方法では、一般通話を利用する一般のユーザにとっては、非常時には電話がつながりにくい状況が多く発生する。一方で非常時には、一般のユーザも現地の安否確認を行うなど通常より多くの重要な通話を行う可能性が高いため、緊急通話は必要数収容したうえで、可能な限り多くの一般通話も収容すべきである。また、後者の方法では、緊急通話のために優先的に空けておく帯域を経験的に決定しており、トラヒック状況に応じて空けておくべき適切な帯域は不明である。この場合、仮に空けておくべき帯域が不足している場合には、緊急通話を必要数収容できない。また逆に、緊急通話のために空けておいた帯域が十分に利用されていない場合には、この帯域を利用してより多くの一般通話を網内に収容できるはずである。従って、トラヒック状況に応じた適切な帯域の緊急通話への割り当てが重要となる。

2. 研究の目的

音声通話(VoIP 通信)を収容する固定・携帯電話網や NGN 網、インターネットなど、公衆通信網を対象として、非常時であるからこそ緊急通話はもちろんのこと一般通話も可能な限り網内に収容するべきという新しい思想のもと、トラヒック状況に応じて、通常の音声通話の適切な留保(呼損または待機)、さらには適切な一定時間での通話切断導入により、緊急通話を確保しつつ、一般通話収容数の最大化も可能とする、非常時における音声通話確保を実現する新しい受付制御方式を、実現する。

3. 研究の方法

非常時における緊急通話と一般通話両者の確保を実現する新しい受付制御方式を実現するために、本研究では、研究対象とする電話交換機、携帯電話基地局、SIP サーバに共通する、セッション(通話)管理メカニズムを、呼単位に受付・通話時間制御が行われる回線交換としてモデル化を行い、緊急通話と通話時間に制限のある一般通話の二種類の呼が到着する状況において、一般通話到着時の収容済トラヒック状況及び制御パラメータ(閾値)に基づいて一般通話を適切に呼損とする場合(以下、即時モデル)、さらに一般通話到着時の収容済トラヒック状況及び閾値に基づいて一般通話に多少の接続までの待機を許容する場合(以下、待時モデル)、に関して、待ち行列理論を用いた解析を行う。そして、これらの解析結果を利用して、緊急通話を必要数確保しつつ一般通話の網内収容数最大化を実現する閾値、すなわち、緊急通話の呼損率を要求値以下にしつつ、一般通話の呼損率を最小にする閾値を理論的に導出する。

以上で検討する即時・待時両モデルの制御は、IP 技術を基にした NGN 網やインターネットなどパケット網においても、同時管理数が有限な SIP サーバでのセッション管理など、呼単位での制御には、そのまま適用可能である。しかし、厳密な各呼への帯域割当管理を行わないパケット網では、パケットロス発生を許容すれば、回線交換モデルに比べてより多くの VoIP セッションを網に収容可能であるため、VoIP セッションの網内収容数とパケットロスによる VoIP 通話品質劣化の関係を考慮しながら、適切な網内収容数を決定する必要がある。そこで次に、これまでと同様に緊急通話と通話時間に制限のある一般通話の二種類の呼が存在する状況を対象に、即時・待時両モデルに関するパケットレベルでの理論解析により、両通信の呼損率に加えて、収容された両通信のパケットロス率をそれぞれ導出し、インターネットや NGN 網でも効率的に運用可能な、単純な呼損率のみならず収容された各 VoIP セッションへの要求パケットロス率を考慮した即時・待時両モデルに関するパケット網における適切な閾値設定法の研究開発を行う。

4. 研究成果

まず、緊急時の回線交換網における、優先電話確保および更なる一般電話収容増大を目的とする、閾値による回線留保制御下での、一般電話の通話時間制限を提案し、優先電話・一般電話の呼損率を、計算機シミュレーションにより導出した。その結果、閾値制御によって、優先電話を

一定数確保しつつ、一般電話通話時間制限によって、通話時間制限を行わない場合と比較して、一般電話呼損率をより大きく低減可能であることを明らかにした。

更に、回線交換機が収容する呼量と一般電話呼損率との関係について考察を行い、閾値制御によって一般電話の呼量の上限を設定可能となり、一般電話通話時間制限によって、より多く

の一般電話ユーザが設定された呼量を分け合うことによる、呼損率低減効果を明らかにした。また、様々な回線数での呼損率を導出し、一般電話通話時間制限の呼損率低減効果が、回線交換機の一定数の交換能力増強に相当することを定量的に明らかにした。

続いて、災害時に発生する呼を 119 番通報などの重要度が最も高い通信である緊急呼、被災地内から発した一般呼(被災地呼)および被災地外から発した一般呼(被災地外呼)の三種類に区別し、これらの三種類の呼に対して二つの閾値を用いて受付制御を行い、緊急呼、被災地呼の回線確保を実現するとともに、最も優先度が低い被災地外呼もできるだけ収容した。また、緊急呼と被災地呼に対してそれぞれ上限呼損率を設定し、各呼損率が設定した値を下回る閾値を求めた。

しかし、各上限呼損率の値を一定にしているため、緊急呼が大量に到着する場合やごくわずかに到着する場合など偏ったトラヒック状況においては条件を満たす閾値の数が極端になった。そこで、四種類のトラヒック状況下において条件を満たす閾値の組み合わせ数が一定になるような被災地呼の上限呼損率をトラヒック密度ごとに導出し、得られた数値解析結果に対して特性解析を行った。しかし、緊急呼、被災地外呼の呼損率に対する特性解析を行っていないため、被災地呼呼損率の改善が他の呼の呼損率に対してどのような影響を与えているか明らかにできていない。また、被災地呼上限呼損率変更後の最適閾値を求められていない。そこで、様々なトラヒック毎に導出される動的な上限呼損率ごとに、各クラスごとの呼損率の特性解析を行うと共に、最適閾値を導出した。

さらに、インターネットの発展や、スマートフォンなどの移動端末の普及により、IP ネットワークを使用した Voice over Internet Protocol (VoIP)通話の利用が増加している。IP ネットワークにおける通信の大部分は、ベストエフォートでのサービスの提供が基本であり、リンク帯域を超える量のアクセスが発生した場合、すべてのフローでパケット遅延やパケットロスが発生する可能性がある。

従来の回線交換方式と異なり、パケット交換により音声通話を行う VoIP では、パケットロスや遅延が、通信品質に影響を及ぼす。そこで、VoIP セッションの Quality of Service(QoS)を管理するための方法の一つとして、新規の VoIP セッションに対する収容の可否を決定する受付制御が必要となる。受付制御のメカニズムは、新規の VoIP セッションが発生した場合、様々な条件や情報から QoS の基準が満たされていることを判断し、基準を満たしていた場合に VoIP セッションを収容する。

また、VoIP セッションのパケットはバースト的に到着するため、各セッションの帯域は一定ではない。そして、パケットの統計多重によりリンクが効率的に共有されることで、リンク帯域を VoIP セッションの帯域で割った商以上に、QoS を満足する VoIP セッションを収容可能であるが、従来検討が行われてきている一般的な考え方である、収容数を決定する QoS の判断基準として短時間で計測したパケットロス率を用いた場合、瞬時のパケットロス率に影響を受けてしまうため、平均的なパケットロス率を用いる必要がある。

そこで、統計多重効果を考慮した、VoIP セッション受付制御を提案し、VoIP セッション数の状態確率から導出される、パケットロス率の期待値を用いて最大収容数を決定することにより、既存方式より呼損率を減少可能であることを、数値解析により示した。

ここでは、SIP サーバの VoIP セッション最大収容数を、パケットロス率が QoS を満足する一定値未満である条件下で、最大化し、呼損率を減少させることを目的として、検討を行った。リンク帯域ではなく、最大収容数を基準として用いた受付制御を行うことで、リンク状態の観測を行わず、また瞬間的なパケットロス率に影響を受けない VoIP セッションの受付制御が可能となる。そこで、発生する VoIP セッションの帯域はすべて同一と仮定し、QoS を満足する VoIP セッションの最大収容数を導出し、その最大収容数に基づき VoIP セッションの収容の可否を決定する受付制御システムを検討した。

ここで、このようなシステムに関する従来の検討では、常に VoIP セッションが最大収容数まで収容されていることを前提として、最大収容数を決定しているため、定常状態におけるパケットロス率の期待値は、許容パケットロス率よりも小さい値となる。しかし、設定した最大収容数に対して、常に VoIP セッションが最大収容数まで収容されているとは限らないため、状態確率によって表される、VoIP セッション収容数のとる各状態確率を考慮すべきである。そこで、より多くの VoIP セッションを収容可能とし、呼損率を減少させるため、VoIP セッション収容本数およびその本数が収容されている確率から、パケットロス率の期待値を算出し、これを基準とした最大収容数の決定法を提案した。

提案方式を用いた数値解析の結果、一定のネットワーク負荷範囲において、既存方式と比べ最大収容数が増加し、その結果、呼損率が減少することを確認するとともに、準最適な最大収容数を与える近似式を導出し、その有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kazuki TANABE Hiroki NAKAYAMA Tsunemasa HAYASHI Katsunori YAMAOKA	4. 巻 Vol. E101-B No.3
2. 論文標題 vEPC Optimal Resource Assignment Method for Accommodating M2M Communications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Communications	6. 最初と最後の頁 637-647
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2017NRP0012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takuya KOSUGIYAMA Kazuki TANABE Hiroki NAKAYAMA Tsunemasa HAYASHI Katsunori YAMAOKA	4. 巻 Vol. E101-B No.3
2. 論文標題 A Flow Aggregation Method under Allowable Delay Limitation in SDN	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Communications	6. 最初と最後の頁 795-804
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2017EBP3152	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tohru ASAMI Katsunori YAMAOKA Takuji KISHIDA	4. 巻 Vol. E100-B No.9
2. 論文標題 Evolution and Future of Information Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Communications	6. 最初と最後の頁 1595-1605
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2016PFI0009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Ryota Murakami, Kazuki Tanabe, Ken-ichi Baba, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 VoIP Admission Control to Increase QoS-Guaranteed Sessions by Considering State Probability
3. 学会等名 Proc. of IEEE PIMRC2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taichi Miya, Kohta Ohshima, Yoshiaki Kitaguchi, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 The Upper Limit of Flow Accommodation under Allowable Delay Constraint in HANETs
3. 学会等名 Proc. of IEEE CCNC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Akaoka, Shinji Sugawara, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 Why File Delivery Order Change is Not Necessary at an Intermediate Node
3. 学会等名 Proc. of IEEE CCNC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Kawai, Kazuki Tanabe, Katsunori Yamaoka, Ken-ichi Baba
2. 発表標題 Emergency Trunk Reservation Control Using Waiting Queue for Accommodating More General Calls
3. 学会等名 Proc. of IEEE ICNC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tanabe, Hiroki Nakayama, Tsunemasa Hayashi, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 An Optimal Resource Assignment for C/D-plane Virtualized Mobile Core Networks
3. 学会等名 Proc. of IEEE ICC2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Kosugiyama, Kazuki Tanabe, Hiroki Nakayama, Tsunemasa Hayashi, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 A Flow Aggregation Method Based on End-to-End Delay in SDN
3. 学会等名 Proc. of IEEE ICC2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuki Tanabe, Hiroki Nakayama, Tsunemasa Hayashi, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 A Study on Resource Granularity of vEPC Optimal Resource Assignment
3. 学会等名 Proc. of IEEE IWQoS (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takumi Matsuura, Hiroki Nakayama, Tsunemasa Hayashi, Katsunori Yamaoka
2. 発表標題 Fast Detection of Alternative Route under Unknown Failure on SDN Network
3. 学会等名 Proc. of IEEE GLOBECOM2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	馬場 健一 (Ken-ichi BABA) (60252722)	工学院大学・情報学部(情報工学部)・教授 (32613)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宮田 純子 (Sumiko MIYATA) (90633909)	芝浦工業大学・工学部・准教授 (32619)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関