

論文審査の要旨及び担当者

No.1

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	臼井 健
論文審査担当者	主 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授	村井 純
	副 査	政策・メディア研究科委員長	兼環境情報学部教授	徳田 英幸
	副 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授	中村 修
	副 査	KDDI株式会社 理事	技術統括本部技術開発本部長	宇佐見 正士
学力確認担当者：				
(論文審査の要旨)				
<p>臼井健君提出の学位請求論文は「Signaling-based Dependable Services on the Internet」と題し、7章からなる。</p> <p>本論文では、次世代インターネットの基盤技術であるシグナリングプロトコルを用いたサービスの可用性を向上するためのアーキテクチャを提案した。シグナリングプロトコルは、実際のデータ転送の前に、デバイスの認証や課金、QoS のパラメータの交換などをするために利用される。現在のシグナリングプロトコルのプロトコルの欠点やアーキテクチャの課題を明らかにし、問題解決のための先端的アーキテクチャを提案し、数値解析やプロトタイプ実装を用いて、有効性の評価を行っている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的について論じている。インターネットでは、2020年までには500億を超えるIoT (Internet of Things) デバイスが接続することが予想され、その規模性や突発的な通信集中が問題視されている。その中で通信を制御するシグナリングプロトコルの役割が重要になってくる。しかし、シグナリングプロトコルを用いサービスを提供するためのアーキテクチャや運用手法について、一つのネットワークドメインでさえ現在までに多数の課題が明らかになり解決されていない。具体的には、アーキテクチャと運用面の課題を述べている。</p> <p>アーキテクチャ面では、サービスに対して予測できない通信が発生しても、必ず最短経路のみが利用され、また利用するシグナリング処理サーバは静的に定まり、網内の経路や他サーバでリソースに余力があってもユーザの通信に活用されない課題がある。そのため、単一の経路の帯域、または単一のサーバの処理容量を超えるトラフィックが到達した場合、現在のアーキテクチャではユーザの通信は停滞または停止する。</p>				

論文審査の要旨

No.2

運用面では、複数のサーバで複数回メッセージ交換されるため、シグナリングプロトコルを監視しメッセージロス発生箇所を短時間で特定することが困難である課題がある。また、サービスの品質維持のためバックアップを行う冗長方式を取ることは必須であるが、サーバの数が増えるに伴いバックアップのためのサーバが必要になり運用が複雑になる課題がある。

第2章では、本研究のアプローチと構成を説明している。本研究のアプローチとして、一からシグナリングプロトコルのアーキテクチャを設計するのではなく、既存のシグナリングプロトコルの特徴を考慮しアーキテクチャを設計する。これは現在利用されているサービスとの互換性を保つためである。また、本章において、今日のインターネットのデ・ファクト・スタンダードプロトコルである Session Initiation Protocol (SIP)の概要と SIP を活用し通信制御を行う IP Multimedia Subsystem (IMS)や IoT デバイスへの通信制御への適用方法について現在の標準技術を述べ、本研究の構成を説明している。

第3章から第6章では、上記課題を解決する運用手法と先端的アーキテクチャを提案している。第3章では短時間でシグナリングメッセージロス発生箇所を特定する方式、第4章ではシグナリング処理サーバの効率的な冗長方式、第5章ではシグナリングプロトコルを活用したトラフィック制御、第6章ではシグナリング処理サーバへの接続切り替え方式を論じている。

第3章では、複数のサーバで複数回メッセージ交換されるため、シグナリングプロトコルを監視しロス発生箇所を短時間でロス発生箇所特定が困難である課題に対し、シグナリングメッセージの再送数という限定的な情報からロス発生箇所を短時間で特定する方式を提案している。数値解析により提案方式では、10分間隔の監視であっても約99.9%の確率でメッセージロス発生箇所を特定できることを示している。提案方式により、オペレータはシグナリングプロトコルのログ情報を参照することなく、短時間でメッセージロス発生箇所を特定可能になる。

第4章では、サービスの品質維持のため冗長方式を取る際に、冗長のために多数のサーバが必要になり運用が複雑になる課題に対し、ユーザの通信品質を落とすことなく冗長のために用意するサーバ数を削減する方式を提案している。提案方式では、ユーザからのシグナリングメッセージの再送を考慮し、冗長ために行う同期回数を選択した。シミュレーションとプロトタイプの実装により、シグナリング処理に要求される時間を達成しつつ、従来の冗長方式に比べ冗長のために必要とな

るサーバ数を 60%削減可能であることを示している。提案方式により、オペレータはシグナリングプロトコルの運用の効率化が可能になることを実証している。

第 5 章では、サービスに対して予測できない通信が発生しても必ず最短経路のみが利用され、網内の他の経路の帯域に余裕があってもユーザの通信に活用されない課題に対し、シグナリングプロトコルを活用し空き帯域がある経路の活用するアーキテクチャを提案している。具体的には、シグナリングプロトコルの一実現形態である IMS と経路制御技術である Multi Protocol Label Switching (MPLS)の連携アーキテクチャを新しく提案している。シミュレーション評価により、提案方式により、従来方式より 2 倍のトラフィックを網内に流すことを示している。提案手法により、サービスの可用性向上を可能であることを明らかにしている。

第 6 章では、サービスに対して予測できない通信が発生しても、事前に登録処理したシグナリング処理サーバしか利用されず、網内の他のサーバのリソースに余力があってもユーザの通信に活用されない課題に対し、リソースに空きがあるサーバへユーザを接続切り替えさせるアーキテクチャを提案している。プロトタイプ実装の評価を行い、サーバが保持する通信情報のサイズが小さい場合は、10 ミリ秒以下で切り替え可能であることを示している。提案手法を用いた場合の切り替え時間は短く、シグナリングプロトコル自体の可用性向上を可能であることを実証している。

第 7 章では、本研究の成果をまとめ、今後の研究の方向性を示している。本研究では、シグナリングプロトコルを用いたサービスの可用性を向上するためのアーキテクチャを提案した。本研究の評価は、一つのネットワークドメインでの要求性能に対して行った。グローバルなインターネットでのシグナリングプロトコルの利用は、その規模性やそれぞれのネットワークの運用ポリシーの調整機能などの検討が必要である。しかし、グローバルなインターネットは複数のネットワークドメインで形成されていることから、本論文で提案、評価したアーキテクチャを応用可能である。そのため本研究はグローバルなインターネットにおけるシグナリングプロトコルを用いたサービスの可用性の向上の大きな礎になる。

本研究の成果である、ユーザが接続するシグナリング処理サーバを切り替える技術要件は、通信に関わる標準化団体である European Telecommunications Standards Institute (ETSI)の Network Function Virtualization (NFV) で信頼性確保を検討する Reliability and Availability WG の要求仕様に反映されている。今後、NFV での要求仕様を通信ベンダが実装し、実用化されることが期

論文審査の要旨

No.4

待されている。

さらに、本研究の成果である冗長方式は、大手通信ベンダである Alcatel Lucent 社が近年に類似技術を搭載するシグナリング処理サーバを世界各国に出荷を予定しており、本研究の実用的な方向性が裏付けされた。

これらの成果は、著者が長年、技術者、研究者として活動してきた研究実績と先端的な研究を行うために必要な高度な研究能力、並びにその基盤となる豊かな学識、研究を社会貢献へ結びつける能力を有することを示したものと見える。よって、本論文の著者は、博士（政策・メディア）の学位を受ける資格のあるものと認める。