Tadashi Kaji Non-member (Hitachi, Ltd.)
Takahiro Fujishiro Non-member (Hitachi, Ltd.)
Seiichi Susaki Non-member (Hitachi, Ltd.)
Eri Kawai Non-member (Hitachi, Ltd.)
Kazuyoshi Hoshino Non-member (Hitachi, Ltd.)
Teruo Higashino Non-member (Osaka University)

In these days, telecom operators have been constructing Next Generation Network (NGN). NGN can provide QoS and security to the communication between its users. However, the security is limited inside NGN. Therefore, when the interconnection between NGN and the Internet will be widely used in near future, it will become an important problem to solve how it protects the communications crossing over NGN and the Internet.

The secure communication provider service protects communications between its users from four threats (Eavesdropping, Modification/Destroy of communication data, Impersonation and Phishing)

- (1) Independency of application protocols
- (2) Fast establishment of secure communication session
- (3) Confidentiality of communication data
- (4) Integrity of communication data
- (5) Authentication of the peer

In this service, the secure session control server (SCP) acts as TTP in cooperation with NGN's call session control function (CSCF), and provides the IPsec session between its users like user terminals (UTs) and application servers (APs). (Fig. 1)

UT and AP communicate with each other by using SA distributed from sSCP.

- (1) The secure session provider service in this paper is independent from application protocols because this service set up and control the IPsec session. (It satisfies the requirement (1))
- (2) This service can establish an IPsec session faster than the traditional method (like IKE) because this service performs the peer authentication in prior and omits it when UT request to set up the secure session. (It satisfies the requirements (2) and (5))
- (3) This service provides confidentiality and integrity by setting up and controlling the IPsec session via the protected signaling path provided by CSCF. (It satisfies the requirements (3) and (4))

At last, this paper contains the result of “R&D of fundamental technologies for next generation network (NGN)” funded by NICT, JAPAN.

Fig. 2. Session establishment, initiated by SIP INVITE

NGN を活用したセキュア通信提供サービスの提案

非会員 鍛 忠司*	非会員 藤城 孝宏*
非会員 洲崎 誠一*	非会員 川井 恵理**
非会員 星野 和義**	非会員 東野 輝夫***

A Proposal of Secure Session Provider Service over NGN

Tadashi Kaji*, Non-member, Takahiro Fujishiro*, Non-member, Seiichi Susaki*, Non-member,
Eri Kawai**, Non-member, Kazuyoshi Hoshino**, Non-member, Teruo Higashino***, Non-member

In these days, telecom operators in the world have been constructing Next Generation Network (NGN). NGN can provide QoS and security guaranteed communication to its users. However, the protection of communication is limited inside NGN. Therefore, when the interconnection between NGN and the Internet will be widely used in near future, it will become an important problem to solve how it protects the communications crossing over NGN and the Internet.

This paper proposes a secure communication provider service that protects the confidentiality and integrity of communications crossing over NGN and the Internet by setting up and controlling the IPsec session in cooperation with NGN's call session control function (CSCF). In this service, the secure session control provider (sSCP) server and CSCF authenticate its user as Trusted Third Party on behalf of service providers. In addition, this service provides the ability of fast session establishment because sSCP distributes a security association for IPsec session between the user and service provider via the SIP session protected by NGN.

キーワード：次世代ネットワーク，IPsec セッション，NGN セッション管理機能，SA 配付

Keywords：Next Generation Network (NGN), IPsec session, Call Session Control Function (CSCF), Security Association (SA) distribution

1. はじめに

現在，電話網の IP 化と，データ通信・リアルタイム通信・放送等の融合を目指した新しいネットワークとして，次世代ネットワーク（Next Generation Network: NGN）の整備が進められている。

NGN は，通信の品質（Quality of Service: QoS）保証とセキュリティの確保を大きな特徴としている。NGN では，Session Initiation Protocol (SIP)⁽⁴⁾を用いて NGN 上の通信セッションを管理・制御することで，ネットワークリソースを適切に配分し，QoS 保証を実現する。また，NGN では NGN

網を保護する機能が仕様策定段階から検討されている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。最近では，NGN のアーキテクチャ，機能構成要素，プロトコル，セキュリティ管理に関する潜在的な脆弱性の分析や，悪意を持った正規のユーザによる不正に対するセキュリティ対策方針の研究も行われている⁽⁹⁾。また，NGN は中央管理型のネットワークであるという特徴から NGN 内への不正アクセスを防止する方式，特に，NGN におけるセッション管理機能（IP Multimedia Subsystem: IMS）に対する研究も進められている⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

上記のように NGN 自体をセキュアにする取り組みと同時に，NGN は利用者に対してセキュリティが確保された通信を基本機能として提供することも特徴の一つである。例えば，NGN では，Network Border Element (NBE) が SIP メッセージと連動してセッションが設定された端末間の通信が優先帯域を利用できるように NBE のピンホールの開閉を行い，通信を保護する⁽¹⁾。さらに，NGN のサービスの中には，アプリケーションサービスプロバイダ自身が認証サーバを用意して要求元を認証し，その結果に応じて NGN がネットワークアクセスを制御するサービスも提供されている⁽⁶⁾。

しかし，現時点では，このような保護は，NGN 内に閉じ

* (株)日立製作所 システム開発研究所
〒244-0817 横浜市戸塚区吉田町 292
Systems Development Lab., Hitachi, Ltd.

** (株)日立製作所 ネットワークソリューション事業部
〒212-8567 川崎市幸区鹿島田 890
Network Systems Solutions Division, Hitachi, Ltd.
890, Kashimada, Saiwai-ku, Kawasaki 212-8567

*** 大阪大学 大学院情報科学研究科
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5
Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University
1-5, Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

た通信に限定されており、今後、NGN とインターネットとの相互接続が広く行われるようになると、インターネットに出ていく通信、あるいはインターネットから入ってくる通信をどのように保護するかが大きな課題となる。

インターネットが広く普及し、セキュリティ上の問題が顕在化するにしたがって、IPsec⁽²⁾やTLS⁽³⁾といった暗号化通信プロトコルを用いて通信相手が正しい相手であるかを確認するとともに、インターネットを流れる通信データを保護することが一般的となっている。NGN とインターネットの相互接続においても暗号化通信を利用することが有力な手段であると考えられている。

本稿では、安心・安全な情報化社会を支える通信基盤として、多数の通信装置に対して NGN とインターネットを跨る通信を保護する暗号化通信セッションを設定・制御する、セキュア通信提供サービスを提案する。

本稿のセキュア通信提供サービスは、セキュアセッション制御サーバ (secure session control provider server: sSCP) が NGN のセッション確立機能 (Call Session Control Function: CSCF) と連携し、SIP を用いて NGN 側とインターネット側の通信装置の間の暗号化通信セッションを設定・制御する。特に、本稿のセキュア通信提供サービスは、従来のクライアント・サーバ型通信だけではなく、ファイル共有ソフトウェアで用いられている、通信装置同士が通信しあう Peer-to-Peer (P2P) 通信形式にも対応する。

以下、2 章で、関連研究について述べ、3 章で、本稿で提案するセキュア通信提供サービスの適用モデルと要件について述べ、4 章で、提案するセキュア通信提供サービスについて概説する。5 章では提案方式の評価および実装上の考慮点について述べる。

2. 関連研究：SIP DIAL-UP

本稿に関連する研究として、Kawashima らは、NGN と接続した企業ネットワークや家庭ネットワークに設置された装置に NGN 側の端末がアクセスを行う場合の SIP DIAL-UP 方式を提案している⁽⁵⁾。

SIP DIAL-UP 方式は、企業ネットワークや家庭ネットワークを送受されるデータを保護するため、Internet Key Exchange Protocol (IKE) と IPsec を用いて暗号化通信を行う場合に、NGN が「SIP を用いてクライアント間に QoS を保証した UDP セッションを確立」後、アプリケーション間で

Fig. 1. SIP DIAL-UP

「IKE による鍵交換を行い、VPN セッションを確立」する。

不特定多数の通信装置との間での通信を設定するために SIP DIAL-UP 方式を適用する場合、次のような課題があると考えられる。

(1) 認証情報の管理

SIP DIAL-UP 方式では、NGN アクセスのための認証情報に加え、アクセス先毎に (IKE のための) 認証情報が必要となる。SIP DIAL-UP 方式が前提とする、企業ネットワークや家庭ネットワークとの間で VPN を確立するような場合には、アクセス先も単一であるため、管理すべき認証情報は高々 2 種類に止まる。しかし、複数の拠点を持つような大企業や、P2P 通信アプリケーションに適用しようとする、アクセス先の数だけ認証情報を管理しなければならないという課題がある。

(2) 通信セッションの確立コスト

SIP DIAL-UP 方式では、SIP によってメディアパスを確立し、確立したメディアパス上で鍵交換を実施する。鍵交換においては、通信相手を認証したり、利用可能な暗号アルゴリズムのネゴシエーションを行ったりする必要があるため、セキュアセッションが確立し、アプリケーションデータの通信が可能になるまでに時間がかかってしまう。特に、端末同士が通信を相互に行う P2P 通信や、複数のアプリケーションサーバにアクセスを行うサービスマッシュアップでは、ユーザの利便性に大きな影響を与える可能性がある。

3. 適用モデルと機能要件

〈3.1〉 適用モデル 本稿で提案するセキュア通信提供サービスは、図 2 に示すように、クライアント・サーバ通信および P2P 通信の 2 つのモデル上の通信を保護する。

Fig. 2. Application model

クライアント・サーバ通信モデルは、NGN 側のユーザ端末 (UT) とインターネット側のアプリケーションサーバとの間 (AP)、およびインターネット側の UT と NGN 側の AP との間の通信を保護する。NGN を利用しているユーザが UT からインターネット側の情報配信サービスを提供する AP にアクセスしたり、外出しているユーザが UT をインターネットに接続して NGN のコンテンツ配信サービスを提供する AP にアクセスしたり、といった場面を想定したモデルである。

一方、P2P 通信モデルは、インターネット側および NGN 側に存在する複数の UT が相互に通信しあうモデルである。ファイル共有サービスや、メッセージングサービス等を想定したモデルである。

〈3・2〉 脅威モデル 上記の適用モデルに対する脅威として、本稿では次の脅威を想定する。

- (1) 通信データの盗聴
- (2) 通信データの破壊・改ざん
- (3) 成りすましによる通信データの詐取
- (4) 不正な通信先への誘導

〈3・3〉 機能要件 上記の適用モデルからセキュア通信提供サービスが満足すべき、以下の機能要件を導出した。

- (1) アプリケーションプロトコルに非依存であること

NGN とインターネットを跨って行われる通信の形式には、クライアント・サーバ型通信だけではなく、P2P 通信が存在する。また、これらの形式のいずれでもアプリケーションが使用するアプリケーションプロトコルは多種多様である。したがって、セキュア通信提供サービスは、クライアント・サーバ型通信や P2P 通信といった通信の形式やアプリケーションプロトコルに依存せず、保護を実現できることが求められる。

- (2) セキュア通信セッションを高速に確立できること

P2P 通信やサービスマッシュアップのように多数の通信先と通信セッションを確立する必要があるアプリケーションサービスにおいてユーザ利便性への影響を最小化するため、高速なセッション確立を実現することが求められる。

さらに、上記の脅威モデルから、セキュア通信提供サービスが満足すべき、以下の機能要件を導出した。

- (3) 通信データの機密性を保護する機能

通信データの盗聴を防止するため、通信データの機密性を保護する機能が求められる。

- (4) 通信データの完全性を検証する機能

通信データの破壊および改ざんを検知するため、受信した通信データが通信経路上で編集されていないかを検証する機能が求められる。

- (5) 通信先が正当な相手であることを認証する機能

成りすましによる詐取や不正な通信先への誘導を防止するため、通信先を認証する機能が求められる。

4. NGN を活用したセキュア通信提供サービス

〈4・1〉 概 要 本章で提案するセキュア通信提供

サービスは、仲介型認証モデル^{(13)~(15)}を NGN のセッション確立機能を用いて実現したものである。

セキュア通信は、表 1 に示すように、通信データを保護するユーザプレーンと、ユーザプレーンを制御する制御プレーンから構成されている。

仲介型認証モデルでは、図 3 に示すように、制御プレーンを信頼できる第三者 (Trusted Third Party: TTP) が制御し、セキュア通信確立に必要な認証処理等を仲介する。特に、通信の確立要求に先立って TTP が通信相手の認証を代行することで、通信の確立時には認証処理を省略し、セキュア通信を効率よく確立する。

セキュア通信提供サービスでは、制御プレーンのプロトコルとして SIP を用い、NGN のセッション確立機能である CSCF とセキュアセッション制御サーバ (sSCP) とが連携して TTP の役割を果たすことで、NGN とインターネットの相互接続環境で仲介型認証モデルを実現する (図 4)。

〈4・2〉 セキュア通信提供サービスの動作 図 4 に示したセキュア通信提供サービスの 5 種類の基本動作を UT が

Table 1. Planes of secure communication

Plane	Functions
User plane	Protection of communication data confidentiality
	Protection of communication data integrity
Control plane	Peer entity authentication
	Authorization (access decision)
	Negotiation of security association
	Error/Alert notification
	Acknowledgement
	Revocation of security association

Fig. 3. Basic concept of proposed service

Fig. 4. System architecture

AP に対して通信を要求する場合を例に説明する。

(1) 認証・セキュリティポリシー登録

仲介認証モデルでは、すべての AP および UT は、あらゆる通信に先立って、TTP に認証を受け、TTP にセキュリティポリシー (SP) を登録する。

セキュア通信提供サービスでは、図 5 に示したシーケンスに従って処理を行う。このとき、AP および UT は、SIP MESSAGE メッセージ⁽¹⁸⁾に表 2 に示す SP を格納して電子署名を行い、sSCP に送信する。SIP MESSAGE メッセージを受信した sSCP は、電子署名を検証して SIP メッセージの送信者を認証する。NGN では、SIP メッセージの送信者詐称等が行えないため、以降、同じ送信者 (SIP-URI) はすでに認証済と判断できる。

(2) IPsec 通信セッション確立

仲介認証モデルでは、SP の登録が完了すると、UT は AP と通信を確立することができるようになる。UT が AP と通信を確立する場合には、TTP にセッション確立要求を送信し、暗号化通信セッションを設定する。

セキュア通信提供サービスでは、図 6 に示したシーケンスに従って処理を行う。このとき、セッション確立要求方法として、sSCP に SIP INVITE メッセージを送信する場合と、sSCP の Parlay-X Third Party Call Web Service (Parlay-X 3PCC WS)⁽¹⁶⁾ を利用する場合の 2 種類を提供する。

SIP INVITE メッセージを sSCP に送信する場合、UT は「AP との接続確立を要求する」というメッセージを含む INVITE メッセージを sSCP に送信する。

sSCP はアクセス認可判定を行い、UT が AP と通信する権限があるかどうかを確認し、UT に通信する権限があれば、UT および AP の SP を検索する。sSCP は、2 つの SP から UT および AP の両方で利用可能な Security Association (SA、表 3 に示す情報から構成される) を作成する。

Fig. 5. Authentication & policy registration

Table 2. Structure of policy information database

Component	Explanation
SIP-URI	An identifier of the user terminal, assigned uniquely from the NGN
IP address	IP address of the user terminal
Encryption algorithms	A list of encryption algorithms, which the user terminal can use for IPsec communication The algorithm is specified in the form "algorithm_name_key_length_mode" (ex. AES_128_CBC)
MAC algorithms	A list of MAC algorithms, which the user terminal can use for IPsec communication The algorithm is specified in the form "algorithm_name_key_length" (ex. SHA-1_160)

次に、sSCP は「UT が接続確立を要求している」というメッセージと SA とを含む SIP INVITE メッセージを作成して AP に転送する。AP は、SIP INVITE メッセージから SA を取り出して保存すると、SIP 応答メッセージを sSCP に送信する。sSCP は SIP 応答メッセージを受信すると、UT から受信した INVITE メッセージに対する応答として、SA を含む SIP 応答メッセージを作成し、UT に送信する。UT は応答メッセージから SA を取り出して保存する。

Fig. 6. IPsec session establishment

Table 3. Structure of Security Association

Component	Explanation
SPI	An identifier of this security association
Sender information	Information in regard to the sender on this IPsec session, which contains: - IP address - port number
Receiver information	Information in regard to the receiver on this IPsec session, which contains: - IP address - port number
Encryption algorithm	Selected encryption algorithm to be used on this IPsec session
Encryption key	A key value to be used for encryption/decryption of communication data on this IPsec session
MAC algorithm	Selected MAC algorithm to be used on this IPsec session
Hash key	A key value to be used for generation/verification of message authentication code on this IPsec session
Validity	Validity period of this security association

以上によって、UT と AP の間で SA を共有し、IPsec 通信セッションが設定される。

一方、Parlay-X 3PCC WS を用いる場合、UT は SOAP 形式の makeCallSessionRequest メッセージを sSCP に送信する。

sSCP はアクセス認可判定を行い、UT が AP と通信する権限があるかどうかを確認し、UT が AP と通信する権限があれば、UT および AP の SP を検索する。sSCP は、2 つの SP から UT および AP の両方で利用可能な SA を作成する。

次に、sSCP は、SIP 3PCC⁽¹⁹⁾に準拠した方式で、sSCP が SA を付加した INVITE メッセージを作成・送信し、UT と AP 間の IPsec 通信セッションを確立する。

(3) IPsec 通信

仲介認証モデルでは、暗号化通信セッションが確立すると、UT と AP が直接暗号化通信を行う。

セキュア通信提供サービスでは、図 7 に示したシーケンスに従って処理を行う。このとき、UT から AP にデータを送信する場合、UT は AP と共有している SA が存在するかを確認し、当該 SA で指定されたアルゴリズムや鍵の値を用いて暗号化した IPsec パケットを送信する。SA が存在しない場合、データを破棄する。

また、AP は、UT から IPsec パケットを受信すると、UT と共有している SA が存在するかを確認し、当該 SA で指定されたアルゴリズムや鍵の値を用いて復号処理を行う。SA が存在しない場合および正しく復号できなかった場合には、受信したパケットを破棄する。

(4) IPsec 通信セッション切断

仲介認証モデルでは、確立している通信を切断する場合にも、UT あるいは AP が TTP に要求して通信を切断する。

セキュア通信提供サービスでは、図 8 に示すシーケンスに従って処理を行う。このとき、UT あるいは AP が、sSCP に SIP BYE メッセージを送信するか、sSCP の Parlay-X 3PCC WS を利用することで通信を切断する。

いずれの場合も SIP で規定された標準的なセッション切断シーケンスに従っており、SIP BYE メッセージを受信した UT および AP は、対応する SA を削除する。これによって、共有された SA がなくなり、暗号化通信が行えなくなる。

(5) セキュリティポリシー削除

仲介認証モデルでは、AP あるいは UT は、すべての通信が終了すると、TTP に登録した SP を削除する。

セキュア通信提供サービスでは、図 9 に示すシーケンスに従って処理を行う。このとき、AP あるいは UT が、本文が空の SIP MESSAGE メッセージを sSCP に送信することで上記を実現する。SIP MESSAGE メッセージを受信した sSCP は、送信者 (SIP-URI) の SP を削除する。

〈4.3〉セキュアセッション制御サーバ (sSCP) の構成

sSCP は、NGN に接続されており、以下の機能とデータベース (DB) を備える。

(1) SIP 通信機能 (SIP UA)

SIP UA は、SIP メッセージを受信・作成・処理し、SPM、B2B UA、3PCC UA 等の上位の機能群に処理を振り分ける。

Fig. 7. IPsec communication

(a) IPsec session termination, initiated by SIP BYE message

(b) IPsec session termination, initiated by Parlay-X WS

Fig. 8. IPsec session termination

Fig. 9. Policy de-registration

(2) セキュリティポリシー管理機能 (SPM)

SPM は、通信装置の認証と SP の登録・削除を行う sSCP 側の機能である。通信装置から受信した SP はポリシー情報 DB に格納する。

SIP MESSAGE メッセージを SIP UA が受信した場合に、本機能が呼び出される。

(3) Back-to-Back User Agent 機能 (B2B UA)

B2B UA は、SIP メッセージによるセッション確立および切断を行う機能である。ポリシー情報 DB から SP を検索し、SA を作成する機能を持つ。

セッションを確立時に SA をセッション情報 DB に格納し、切断要求を受けると該当する SA をセッション情報 DB から削除する。

(4) Third Party Call Control User Agent 機能 (3PCC UA)
3PCC UA は、Parlay-X Third Party Call Web Service によるセッション確立および切断を行う機能である。Parlay-X Third Party Call Web Service で規定された Web サービスインタフェース、SIP 3PCC 機能を実装するとともに、ポリシー情報 DB から SP を検索し、SA を作成する機能を持つ。

セッションを確立時には SA をセッション情報 DB に格納し、切断要求を受けると該当する SA をセッション情報 DB から削除する。

(5) ポリシー情報 DB (Policy Info.DB)

UT や AP の SP を管理するデータベースである。

(6) セッション情報 DB (Session Info.DB)

UT や AP の間で現在確立している IPsec セッションに関する情報を管理するデータベースである。表 3 に示した SA 情報のうち、暗号鍵およびハッシュ鍵を除く情報と、UT および AP と sSCP との間で確立している SIP セッションの識別情報 (Call-ID) を関連付けて管理する。

〈4・4〉 通信装置 (UT, AP) の構成 UT および AP は、NGN もしくはインターネットに接続され、以下の機能および DB を備える。

(1) IPsec 通信機能

アプリケーションから IP パケットを受信すると、SADB を検索し、SA を適用して暗号化処理を行う。SADB に対応する SA が登録されていない場合には、パケットを破棄するとともに、SSC にセッション確立を要求する。

ネットワークから IPsec パケットを受信すると、SADB を検索し、SA を適用して復号処理を行う。SADB に対応する SA が登録されていない場合や正しく復号できない場合には、パケットを破棄する。

(2) ポリシー登録機能 (SPR)

SPR は、認証と SP の登録・削除を行う機能である。sSCP に認証を受けるために電子署名を作成する機能を持つ。

(3) セッション制御機能 (SSC)

SSC は、ユーザや IPsec 通信機能から要求を受けた場合に、sSCP に暗号化通信セッションの確立および切断を要求する機能である。

また、CSCF から SIP INVITE メッセージを受信した場合に、SIP メッセージに含まれる SA 情報を抽出し、SADB に登録する機能や、SIP BYE メッセージを受信した場合に、SADB から該当する SA を削除する機能を持つ。

(4) SA データベース (SADB)

現在確立している IPsec セッションに関連する SA 情報を格納するデータベースである。

5. 評価

〈5・1〉 要件への適合性 4 章で提案したセキュア通信提供サービスを 3 章で示した要件の適合性について述べる。

(1) アプリケーションプロトコルに非依存であること

本稿のセキュア通信提供サービスは、暗号化通信プロト

コルとして IPsec を用いている。したがって、セキュア通信提供サービスは、HTTP や FTP, RTP 等のアプリケーションプロトコルに依存せず、通信を保護することができる。さらには、IP は NGN のベースプロトコルであり、NGN ではアプリケーションプロトコルは必ず IP 上に実装される。

しかし、本稿のセキュア通信提供サービスは、IP マルチキャストを利用するアプリケーションプロトコルには対応できていない。しかし、本稿のセキュア通信提供サービスは、鍵交換に IKE 等ユニキャスト専用のプロトコルを用いていないこと、および、通信端末間で 1 つの SIP セッションを確立するのではなく、通信端末と sSCP 間で 1 つずつ SIP セッションを確立していることから、グループ管理の機能を追加することで IP マルチキャストを利用するアプリケーションプロトコルにも対応できる可能性がある。

以上のように、本稿のセキュア通信提供サービスは、NGN 上の任意のユニキャスト形式のアプリケーションプロトコルに対応している。

(2) セキュア通信セッションを高速に確立できること

本稿のセキュア通信提供サービスは、仲介型認証モデルに基づき、ユーザによるパスワードの入力や暗号演算などのために時間を必要とする認証処理をすべての処理に先立って実施する。

また、UT や AP 間で SA を計算するのではなく、sSCP が SA を作成・配付する。

以上により、セキュア通信セッションを確立する際に時間がかかる処理を省略することができるため、セキュア通信セッションを高速に確立できる。

(3) 通信データの機密性を保護する機能

本稿のセキュア通信提供サービスは、通信データの機密性保護を IPsec により実現する。

しかし、本稿のセキュア通信提供サービスは、SA を sSCP で作成して UT や AP に配付するため、SA を不正に入手することで通信データの盗聴が可能となる可能性がある。

SA の不正入手方法としては、sSCP への不正アクセスにより SA を入手する方法と、sSCP から UT または AP に送信されるメッセージを盗聴して SA を入手する方法とが考えられる。

しかし、前者に対しては、sSCP では SA、特に秘密情報である暗号鍵やハッシュ鍵を保持しないことにより不正入手を防止できる。すなわち、sSCP では秘密情報を作成するものの、SA を配布した後は保持せずに、破棄するようにする。

次に、後者については、sSCP-通信装置間の通信には NGN の SIP 通信を用いており、NGN 内の通信は安全に保護される。すなわち、後者の問題は、インターネット区間での CSCF と UT または AP との間の SIP メッセージの機密性が担保できるか、に帰着できる。NGN のセッション管理機能である IMS では、通信端末と CSCF との間は IPsec によって暗号化することが規定されており、インターネット区間でも CSCF と通信装置間も IPsec によって保護される。

以上から、本稿のセキュア通信提供サービスは、SA を不

正に入手することは不可能であり、通信データの機密性保護が実現できている。したがって、本稿のセキュア通信提供サービスは通信データの盗聴防止を実現できる。

(4) 通信データの完全性を検証する機能

通信データの完全性検証についても、(3)の通信データの機密性保護と同様であり、本稿のセキュア通信提供サービスは通信データの完全性検証が実現できている。したがって、本稿のセキュア通信提供サービスは通信データの改ざん・破壊防止を実現できる。

(5) 通信先が正当な相手であることを認証する機能

本稿のセキュア通信提供サービスでは、UT および AP は、SP を登録する際に電子署名により sSCP に認証を受ける。このとき、sSCP は、電子署名によって確認されたユーザと、登録要求メッセージの SIP-URI とを関連付ける。以降、同じ送信者 (SIP-URI) から受信する SIP メッセージは電子署名が付加されていなくてもすでに認証済であると判断する。

NGN では、NBE が信頼できない通信相手からの攻撃を防御する。そのため、不正者が送信者の SIP-URI を詐称した SIP メッセージを送信しても、NBE が当該メッセージを sSCP に転送しないよう防御する。これにより、SIP メッセージの送信元が正当であることを保証できる。

また、本稿のセキュア通信提供サービスでは、sSCP が SIP INVITE メッセージを送信する相手 (UT または AP) は、上記関連付けが行われている相手に限定される。これにより、SIP メッセージの送信先が正当であることを保証できる。

以上により、本稿のセキュア通信提供サービスでは、UT や AP になりすまして通信を行うことは不可能であり、成りすましによる通信データの詐取や不正な通信先への誘導を防止できる。

しかし、ネットワーク切断が発生した場合等、ユーザがログアウトしたにも関わらず、sSCP にはログアウトの通知が届かないような場合が想定される。このような場合、sSCP ではポリシーの削除漏れが発生し、未認証のユーザが認証済みであると誤判定されてしまう可能性がある。このような場合への対応として、sSCP で NGN のユーザ管理機能 (プレゼンス機能) と連携し、NGN でのユーザ状態の変更を取得してポリシーを更新することが必要である。

〈5・2〉 既存手法との比較 暗号化通信では、ユーザによるパスワードの入力や暗号演算処理が必要となる、認証処理と暗号演算処理による暗号鍵の共有処理 (SA 共有処理) が通信セッション確立時の性能低下の大きな要因となる。

m 台の AP がそれぞれ n 台の UT と通信する (1 台の UT は 1 台の AP としか通信しない) クライアント・サーバモデルと、 n 台の UT が相互に通信する P2P モデルに提案手法や従来手法 (IKE 方式および SIP DIAL-UP 方式) を適用した場合の、UT1 台毎、AP1 台毎、システム全体での認証処理回数と SA 共有処理回数の比較を表 4 に示す。

表 4 ではに示したように、サーバ・クライアントモデル

において IKE 方式や SIP DIAL-UP 方式を適用した UT では、通信セッション確立時に認証処理や SA 共有処理をそれぞれ 1 回ずつ必要とする。一方、提案手法を適用した UT は、通信セッション確立に先立って sSCP との間で行われる認証処理 (事前認証処理: preauthentication) が 1 台毎に 1 回ずつ必要となるが、通信セッション確立時には認証処理および暗号演算処理を必要とする SA 共有処理は不要である。

したがって、この場合でも SA 共有処理が不要である分、提案手法の方が通信セッション確立コストを抑えられる。

一方、サーバ・クライアントモデルにおいて IKE 方式や SIP DIAL-UP 方式を適用した AP では、 m 台の UT と通信セッション確立するために認証処理や SA 共有処理をそれぞれ m 回ずつ必要とする。一方、提案手法を適用した AP は、通信セッション確立に先立って sSCP との間で事前認証処理が 1 台毎に 1 回ずつ必要となるが、通信セッション確立時には認証処理および暗号演算処理を必要とする SA 共有処理は不要である。

したがって、複数の UT と通信する AP の場合には、提案手法の方が通信セッション確立コストを抑えられる。

同様に、P2P 通信モデルにおいて IKE 方式や SIP DIAL-UP 方式を適用した UT では、UT の数 ($=n$) の認証処理・SA 共有処理が必要となるが、提案手法を適用した場合には、通信セッション確立に先立って sSCP との間で事前認証処理が UT1 台毎に 1 回ずつ必要となるのみである。

したがって、P2P 通信モデルにおいては、提案手法の方が通信確立コストを抑えられる。

システム全体での認証処理・SA 共有処理の数を比較すると、サーバ・クライアントモデルでは IKE 方式や SIP DIAL-UP 方式を適用した場合には AP と UT の数の積に比例する ($O(mn)$) が、提案手法を適用した場合、AP と UT の数の和に比例する ($O(m+n)$)。

Table 4. Comparison with existing methods

Method			IKE	SIP DIAL-UP	Proposed method
Process					
Client-Server	UT	Preauthentication	0	1	1
		Authentication	1	1	0
		Negotiation of SA	1	1	0
	AP	Preauthentication	0	1	1
		Authentication	n	n	0
		Negotiation of SA	n	n	0
	Total	Preauthentication	0	n+m	n+m
		Authentication	nm	nm	0
		Negotiation of SA	nm	nm	0
P2P	UT	Preauthentication	0	1	1
		Authentication	n	n	0
		Negotiation of SA	n	n	0
	Total	Preauthentication	0	n	n
		Authentication	n ²	n ²	0
		Negotiation of SA	n ²	n ²	0

同様に、P2P モデルでは、IKE 方式や SIP DIAL-UP 方式は UT の数の 2 乗に比例する ($O(n^2)$) が、提案手法では UT の数に比例する ($O(n)$)。

上述のように、提案手法は、従来手法と比較すると、通信装置が多く、かつメッシュ状に通信する場合に特に有効であると考えられる。

〈5・3〉 実装上の考慮点 提案手法を通信装置に実装する場合には、IPsec 通信機能はオペレーティングシステム (OS) が標準で提供する機能を利用し、SPR および SSC 機能を実装したソフトウェアを IKE 機能の代わりに導入することで実現できる。

しかし、OS が標準提供する IPsec 通信機能の中には、必ず IKE によって鍵交換を実施するものが存在する。このような IPsec 通信機能では提案手法を適用できないため、提案手法を実装する場合、IPsec 通信機能および SADB を実装した仮想ネットワークドライバを用い、OS が標準提供する IPsec 通信機能は使用しないようにする必要がある。

また、提案手法では SP や電子署名、SA を SIP メッセージに格納するため、SIP メッセージのサイズが 1IP パケットよりも大きくなる可能性がある。そのため、SIP の下位プロトコルとして TCP を用いることが望ましい。

さらに、提案手法では、sSCP が単一障害点となる。莫大な数の UT や AP が一斉に認証・セキュリティポリシー登録を実施したり、接続要求を行ったりすると、sSCP に過大な負荷が発生する可能性がある。このため、冗長化等によって可用性を向上させることが必要である。

6. まとめ

本稿では、NGN とインターネットの相互接続環境において、不特定多数の通信装置に対して暗号化通信セッションを設定・制御する、セキュア通信提供サービスを提案した。

本稿のセキュア通信提供サービスは、SIP を制御プレーンのプロトコルとして用い、NGN のセッション確立機能 (CSCF) とセキュアセッション制御サーバ (sSCP) とが連携して信頼できる第三者 (TTP) の役割を果たすことで、ユーザプレーンを sSCP が制御し、仲介型認証モデルを実現する。仲介型認証モデルに基づくことで、sSCP による事前認証と、NGN が保護している SIP セッションでの SA 配付とにより通信装置間で安全かつ高速な鍵共有を実現できる。この結果、NGN とインターネットの相互接続環境で暗号化通信路を高速に確立させることができるため、従来のクライアント・サーバ型の通信形式だけでなく、端末同士が通信しあう P2P 型の通信形式にも容易に対応できる。

今後は、セキュア通信提供サービスの性能評価および sSCP で NGN のユーザ管理機能と連携し、NGN でのユーザ状態の変更を取得してポリシーを更新する機能を検討していく必要があると考えている。

さらには、NGN の放送系のアプリケーションでの利用が見込まれる、IP マルチキャストを利用できるようにするための拡張等も検討していく予定である。

謝 辞

本稿は、情報通信研究機構から委託を受けた「次世代ネットワーク (NGN) 基盤技術の研究開発」の研究成果を含んでいる。関係各位のご協力に感謝する。

(平成 21 年 8 月 11 日受付, 平成 22 年 4 月 18 日再受付)

文 献

- (1) T. Fukazawa, T. Nisase, M. Kawashima, T. Hariu, and Y. Oshima : "Safe and Secure Services Based on NGN", *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol.E91-D, No.5, pp.1226-1233 (2008-5)
- (2) S. Kent and R. Atkinson : RFC2401, "Security Architecture for the Internet Protocol", IETF (1998-11)
- (3) T. Dierks and C. Allen : RFC2246, "The TLS Protocol Version 1.0", IETF (1999-1)
- (4) J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler : RFC3261, "SIP: Session Initiation Protocol", IETF (2002-6)
- (5) M. Kawashima, S. Mizuno, and J. Kato : "Architecture for broadband and mobile VPN over NGN", *Innovations in NGN: Future Network and Services 2008 (K-INGN 2008)*, pp.187-194 (2008-5)
- (6) 東日本電信電話 (株) : 「IP 通信網サービスのインタフェース 第三分冊 (第 5 版)」, pp.37-64, pp.82-101 (2009-2)
- (7) ETSI TS 187 001 : "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN SECurity (SEC); Requirements", ETSI (2006-3)
- (8) Recommendation ITU-T Y.2701 : "Security requirements for NGN release 1", ITU-T (2007-4)
- (9) L. Zhang and K. Zhao : "Study on Security of Next Generation Network", *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, 2008, pp.538-541 (2008-10)
- (10) Z. S. Khan, M. Sher, K. Rashid, and I. Razzak : "Towards Security and Enrichment of the IP Multimedia Subsystem Based Multiparty Conference", *Proc. of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 (IMECS 2009)*, Hong Kong (2009-3)
- (11) A. Awais, M. Farooq, and M. Y. Javed : "Attack analysis & bio-inspired security framework for IPMultimedia subsystem", *GECCO '08: Proceedings of the 2008 GECCO conference companion on Genetic and evolutionary computation*, pp.2093-2098 (2008-7)
- (12) ITU-T Recommendation I.322 : "Generic protocol reference model for telecommunication networks", ITU-T (1999-2)
- (13) ITU-T Recommendation X.1152 : "Secure end-to-end data communication techniques using trusted third party services", ITU-T (2008-5)
- (14) T. Kaji, O. Takata, K. Hoshino, T. Fujishiro, and S. Tezuka : "A Model for Establishing Secure Communication in Secure Service Platform", *IPSI SIG Notes, CSEC-033*, pp.151-156 (2005-3) (in Japanese)
鍛 忠司・高田 治・星野和義・藤城孝宏・手塚 悟 : 「セキュアサービスプラットフォームにおけるセキュア通信確立モデル」, 情処研報, CSEC-033, pp.151-156 (2005-3)
- (15) T. Kaji, K. Hoshino, T. Fujishiro, O. Takata, A. Yato, K. Takeuchi, and S. Tezuka : "TLS handshake method based on SIP", *Proc. of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, pp.467-475 (2006-11)
- (16) ETSI, Draft ETSI ES 202 504-2 v0.0.5 : "Open Service Access(OSA); Parlay X Web Services: Part 2: Third Party Call (Parlay X 3)", ETSI (2007-6)
- (17) T. Nisase : "Achieving Security in the NGN", *NTT Technical Review*, Vol.20, No.9 (2008-9) (in Japanese)
仁佐瀬剛美 : 「NGN におけるセキュリティの実現」, *NTT 技術ジャーナル*, Vol.20, No.9 (2008-9)
- (18) E. B. Campbell, J. Rosenberg, H. Schulzrinne, C. Huitema, and D. Gurle : RFC3428, "Session Initiation Protocol (SIP) Extension for Instant Messaging", IETF (2002-12)
- (19) J. Rosenberg, J. Peterson, H. Schulzrinne, and G. Camarillo : RFC3725, "Best Current Practices for Third Party Call Control (3pcc) in the Session Initiation Protocol (SIP)", IETF (2004-4)

鍛 忠 司

(非会員) 1996 年 3 月大阪大学基礎工学研究科物理系専攻情報工学分野博士前期課程修了。同年 日立製作所入社, システム開発研究所配属。以来, 企業情報システム, 分散システム, モバイルシステム, ネットワークサービス等に対する認証基盤やセキュリティソリューションの研究に従事。工学修士。IEEE CS 会員。

川 井 恵 理

(非会員) 1996 年 3 月東京理科大学大学院情報科学専攻修了。同年 日立製作所入社。入社以来, IP 通信サービスに関するサーバシステム, およびネットワークソリューション開発に従事。

藤 城 孝 宏

(非会員) 1993 年慶應義塾大学理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 (株) 日立製作所入所。マイクロエレクトロニクス機器開発研究所を経て, 現在, システム開発研究所第七部勤務。2009 年より, 慶應義塾大学理工学研究科開放環境科学専攻後期博士課程在学。ネットワーク管理システム等の研究を経て, 現在, セキュリティシステム, 特に電子認証の研究開発に従事。電子情報通信学会員。

星 野 和 義

(非会員) 1997 年 3 月名古屋大学工学研究科博士課程後期過程修了。博士 (工学)。同年日立製作所入社。入社以来, ネットワークシステムやセキュリティシステムの研究開発, 現在, ネットワークソリューション開発やシステム開発などに従事。

洲 崎 誠 一

(非会員) 1991 年 3 月横浜国立大学電子情報工学科卒業。同年 4 月 (株) 日立製作所システム開発研究所に入所。以来, 情報セキュリティ技術の研究開発に従事。工学博士。情報処理学会員。

東 野 輝 夫

(非会員) 1979 年 3 月大阪大学卒業。1984 年 3 月同大学院博士後期課程修了。同年同大助手。現在, 大阪大学大学院情報科学研究科教授。分散システム, モバイルコンピューティング, 通信プロトコルなどの研究に従事。情報処理学会フェロー, IEEE Senior Member, 電子情報通信学会, ACM 各会員。