

高度ネットワーク認証基盤技術に関する研究開発
(Research and development about high network certification base technology)
オンデマンドVPN技術の研究開発
(Research and development of on-demand VPN technology)

研究代表者 山本修一郎 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 技術開発本部

研究期間 平成16年度～平成18年度

【Abstract】

The availability of mobile devices and ad-hoc network technology will result in ubiquitous computing. It has also become possible to easily establish a secure network tunnel on the Internet by using encryption technologies such as IPsec. However, there still remain some problems to be solved to realize secure ubiquitous computing and network.

We have developed the on demand VPN framework, which is able to establish infrastructure for secure ubiquitous network. The on demand VPN system uses tamper-proof chip for the strict device authentication and control to establish VPN connection. It is also possible to automatically establish VPN connection between any two points without complex configuration by using the automatic IPsec configuration technology to authorize the connection. Moreover the security chip technology helps to establish secure VPN connection on the open network by using the delivery and control technology for the key and the connection information.

In this research we have developed the method and network protocol for the on demand VPN system. Also we have evaluated the performance and the operational function of the system through real field experiments.

1 研究体制

- **研究代表者** 山本 修一郎 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 技術開発本部)
- **研究分担者** 山本 修一郎 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 技術開発本部)
高橋 成文 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 技術開発本部)
工藤 明彦 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 公共地域ビジネス事業本部)
鎌仲 裕久 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ ビジネスソリューション事業本部)
星川 知之 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ ビジネスソリューション事業本部)
- **研究期間** 平成16年度～平成18年度
- **研究予算** 総額 414百万円

(内訳)

平成16年度	平成17年度	平成18年度
200百万円	126百万円	88百万円

2 研究課題の目的および意義

インターネット上のなりすましによる被害が社会問題として顕在化している中で、高度な認証機能を誰もが簡便に利用できる基盤の構築を早期に進めることは、安心・安全な IT 利用環境の整備を通じ、インターネットを通じた社会・経済活動を活性化させることに資する。特に機密性の高い情報を扱う場合には、厳格な機器の認証に基づくセキュアな通信路の確保、および維持を兼ね備えたネットワークが必要となる。また、ユーザの利用環境に応じた最適なセキュア通信を実現するためには、インターネット上でセキュアな通信を実現する仮想専用ネットワーク（VPN）を、複数種類かつユーザの要求に即応して、極力人間の介在なく簡易に実現できる柔軟なネットワークが不可欠である。

そのため本研究開発において、ネットワーク自体の安全性・信頼性を向上させるため、認証機能を有するネットワーク基盤構築技術を確立し、高度情報通信ネットワーク社会の基盤の確立、重要インフラたるインターネット上のセキュリティ確保における国産技術の確立を図る。このようなネットワークを、安全かつ簡単・手軽に実現する方法として、高度な認証機能を持ち IC カードの技術を採用するなど安全に証明書や鍵の管理が可能な機器と、それらを管理するサーバにより構成されるネットワーク基盤技術を確立する。

3 研究成果

オンデマンド VPN とは、インターネット上の任意の地点間を、IP 電話のように、「VPN」(暗号通信) 接続する仕組みである。IC チップの認証機能を活用して、必要に応じて（オンデマンドに）、安全、安心に End End 通信型（P2P 型）のインターネット利用を可能とする。

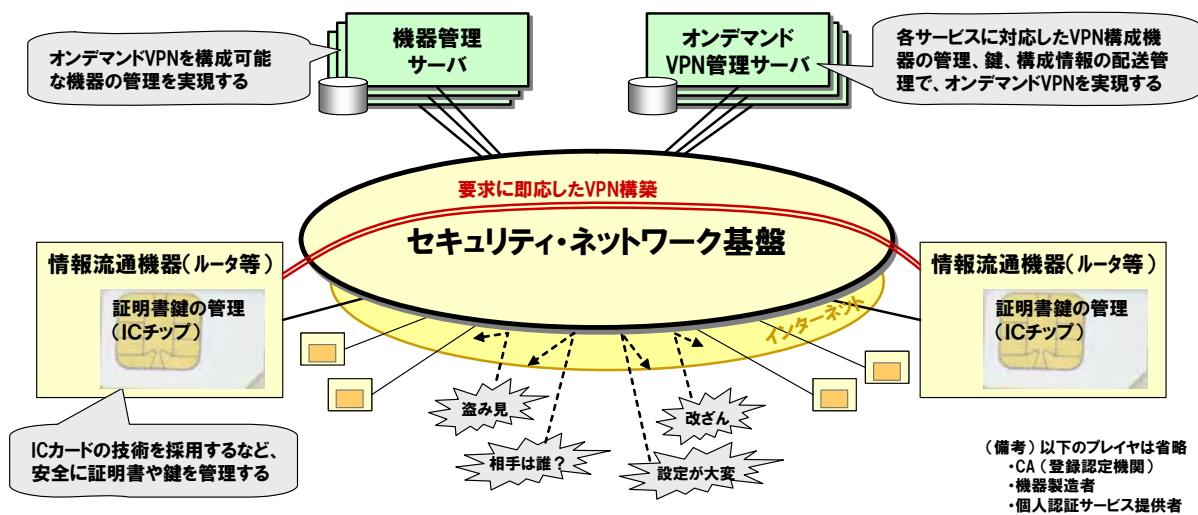


図 1.オンデマンド VPN で実現するセキュアネットワーク基盤

本研究開発では、研究マネジメントとして、課題の抽出、研究開発項目の体系化、段階的な年度目標の積み上げにより、確実な成果確立をおこなうという工夫をおこなった。また、各年度において、研究成果の検証、アプリケーションなどを組み合わせた技術実験により、基盤技術としての適合性の確認をおこない、ネットワーク基盤となりうる技術を成果確立できた。

オンデマンド VPN 実現に向けて必要な技術課題として、以下の課題を抽出した。

①オンデマンド VPN プロトコル

SIP や IPsec などとは異なる新しいプロトコルの実現

②機器の管理、認証技術「ノード自体の管理」

複数のプロバイダが存在するインターネット上においても機器を管理可能となる技術、機器が相互に相手を「識別」するための仕組みの確立。(機器管理認証技術)

③VPN 構成情報生成技術「ノード間の関係、関係構築の要求」

オンデマンドVPNの多様なトポロジーに対応したVPN構成情報生成技術、機器が相互に接続を「認可」するための仕組みの確立。(構成情報生成技術)

④安全な鍵の配送・管理技術「ノード間接続の実現」

インターネット上で安全に鍵を配送し、機器上で管理可能となる技術、鍵の配信で機器同士が「暗号通信」するための仕組みの確立。(鍵配送管理技術)

技術課題を受けて、以下の研究開発体系とした。基本計画書の「オンデマンドVPN 構成技術」について「構成機器管理」、「構成情報生成」、「複数管理サーバの相互接続」の3項目、「オンデマンドVPN 鍵配送技術」について「鍵配送管理」の1項目に分類した。

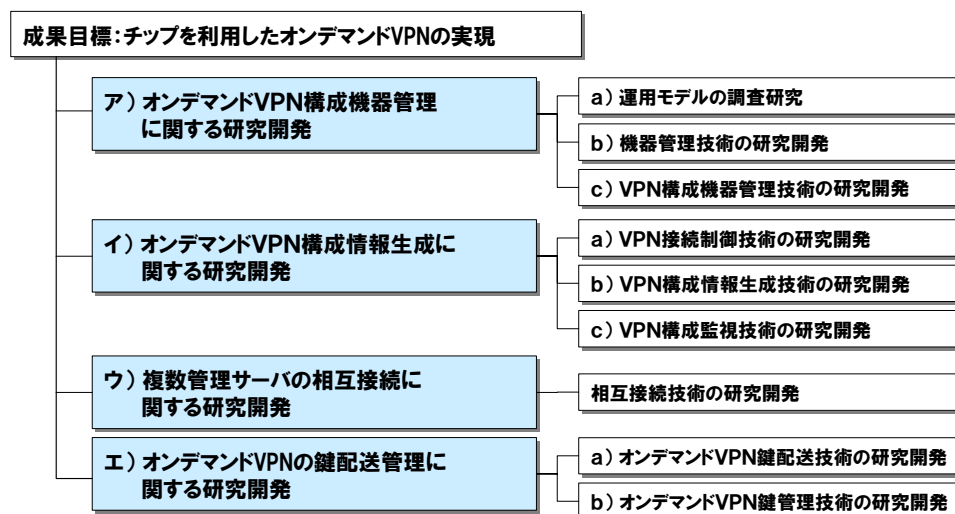


図 2. 研究開発体系

また、ネットワークとポロジの観点から、2地点間VPNの基本モデルから、多様なネットワークポロジ、大規模構成に耐える管理サービスの相互接続という形で、年度毎の研究目標を拡張、積み上げることで、着実な研究開発を進めた。

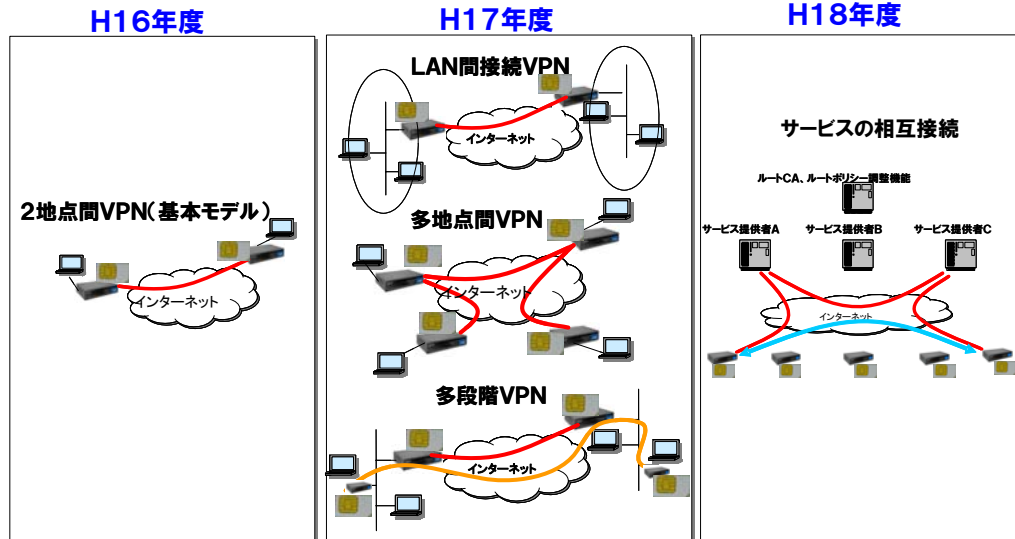


図 3. 各年度で対象としたネットワークトポロジー

各研究項目について、以下のとおり、平成 16 年度に基本モデルの確立、平成 17 年度に多様な機器・ネットワーク形態（多地点、LAN 間）の対応、平成 18 年度に大規模に構成への対応（相互接続、個人認証基盤との連携）をおこなうことで、年度毎に確実に研究実績を積み上げて、最終的な研究開発成果を出すことができた。

成果目標:チップを利用したオンデマンドVPNの実現

		H16年度	H17年度		H18年度	
		基本	多地点	LAN間	相互接続	数値目標
課題ア オンデマンドVPN構成機器管理に関する研究開発	a)運用モデルの調査研究	基本モデル ・ ルータ ・ PC 機器認証	多様な機器への対応 ・ 専用機 ・ チップ未搭載機		個人認証基盤との連携	
	b)機器管理技術の研究開発					
	c)VPN構成機器管理技術の研究開発					
課題イ オンデマンドVPN構成情報生成に関する研究開発	a)VPN接続制御技術の研究開発	接続制御技術 ・ポリシー制御技術	接続制御技術 接続ポリシー管理技術		構成情報生成 1秒未満	
	b)VPN構成情報生成技術の研究開発	構成情報生成技術 ・2地点間VPN ・多地点間VPN(研究)	構成情報生成技術 LAN間接続技術 多地点接続技術			
	c)VPN構成監視技術の研究開発	レイヤ3までの接続 構成監視	アプリケーション連携			
課題ウ 複数管理サーバの相互接続に関する研究開発	a)相互接続技術の研究開発				管理サーバ相互接続 サーバ間情報交換応答 1秒以内	
課題エ オンデマンドVPNの鍵配送管理に関する研究開発	a)オンデマンドVPN鍵配送技術の研究開発	VPN鍵管理 (VPN構築)	サーバ分散鍵配送 多段階接続 チップ外保管		鍵配送管理 3秒以内 500個程度の鍵管理	
	b)オンデマンドVPN鍵管理技術の研究開発					

図 4. 各年度の研究開発の詳細項目

また、年度毎の成果について、技術検証をおこなうとともに、アプリケーションやサービスを用いて技術実験を行い、オンデマンドVPN技術がネットワーク基盤としての十分動作するものか確認・検証、課題抽出をおこない、早期に広く一般の企業への成果展開が可能な技術の研究開発をおこなった。

平成 16 年度に e-Learning、米国との Web-TV 会議・大容量画像の授受、PtoP のファイル転送システム連携、センサネットワーク、地域連携医療と組み合わせ技術実験・検証をおこなった。平成 18 年度は、臨時オフィス回線、入退室管理の遠隔システム、リモートメンテナンスシステム、TV 会議システムとの組み合わせ技術実験・検証をおこなった。平成 18 年度は、相互接続技術 VPN 管理サーバを超えて、高画質 TV

会議兼アプリケーション共有システム、P2P型の相談窓口システムなどで実証実験をおこなった。

3. 1 オンデマンドVPN構成技術

＜基本計画書 目標＞

大規模な構成においては、100万台規模の機器が登録されることが想定される。

本研究開発では、100万台規模の機器管理が可能となるように、オンデマンドVPNを新規に構築する場合、およびオンデマンドVPNを構成している機器の一部の入れ替えによりVPNを再構成する場合に、構成情報を1秒未満で生成できることを目標とする。

さらに、複数の管理サーバ間におけるVPN構成管理情報の交換を可能とするため、他の管理サーバからの情報交換の要求に対する応答を1秒以内で実現することを目標とする。

研究開発の結果、技術を確立し、技術検証した結果、基本計画書の目標を達成したことを確認した。

具体的には、VPNを構成する機器を管理する機器管理、VPN管理システムを開発し、100万台以上の規模を管理できるID管理体系を確立した。3台以上の機器を管理、VPN接続制御をおこなう実証実験を行い、各機器の依頼に応じてVPNの構成情報を生成し、VPN接続・切断ができることを検証し、VPNを構成する機器を管理し、オンデマンドにVPN構築できる仕組みの確立を確認した。

また、2台の機器を登録し、接続・切断の実証実験を行い、約0.1秒で構成情報を生成することを検証し、登録台数の変動要素であるデータベースからの機器情報、ポリシー情報の抽出については、100万台の情報をデータベースに登録、2台の機器情報の抽出・構成するために0.1秒未満で実現できることを検証した。検証数値から、100万台規模の登録時に、1つのVPN構成情報を1秒未満で生成できることが確認できた。

さらに、異なる管理サーバに登録された機器同士のVPN接続の実証実験を行い、接続元の管理サーバに対する、接続先の管理サーバの応答を約0.6秒で実現できることを確認した。

(1) 構成機器管理技術

機器に搭載されたICチップに2階層のPKI認証機能を搭載し、機器管理者とオンデマンドVPNサービス提供者が独立して機器を管理でき、特定の機器管理者やオンデマンドVPNサービス提供者に縛られないモデル、プロトコルを開発した。さらに、個人認証基盤をもつ個人管理者と連携して、利用者の認証も独立して管理できる仕組みを開発・検証した。これにより「機器」「人」「サービス」を管理し、連携してオンデマンドVPNに必要な認証構造を確立することができた。

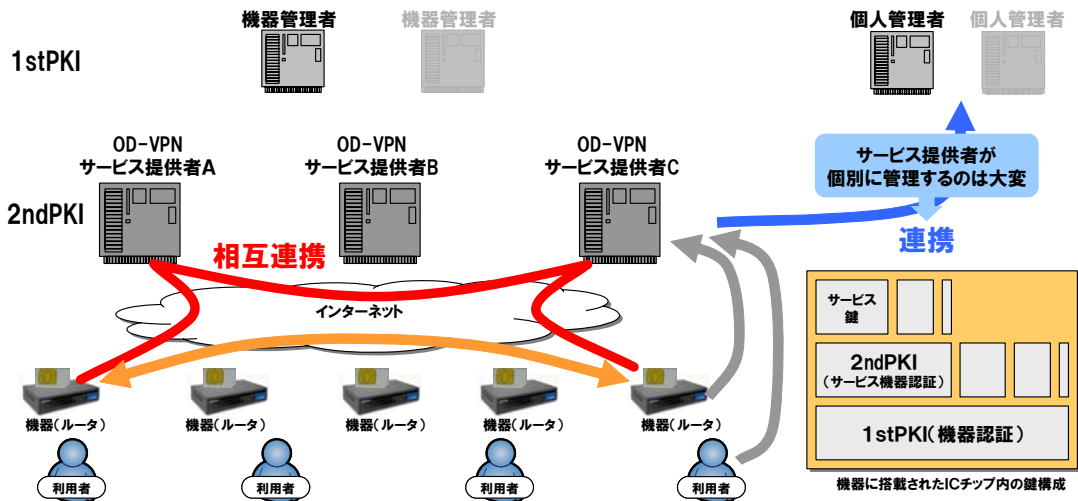


図 5. オンデマンドVPNを構成するノードと認証関係

(2) 構成機器管理技術

オンデマンドにVPNを構築するために、接続可否を判断する接続ポリシー管理、機器のIPアドレスやLAN内端末などの状態情報を管理するプレゼンス管理、接続に必要な構成情報生成の技術を開発した。接続ポリシー管理では、柔軟で拡張性のあるXACMLを用いて10項目以上のポリシーを記述し、ポリシー矛盾検出、ポリシーチェック技術を開発し、動作することを確認した。またプレゼンス管理では、機器のIPアドレスが変化したときに自動的に構成情報を再生成、再接続し、ネットワークの変化にも柔軟に対応することを確認した。

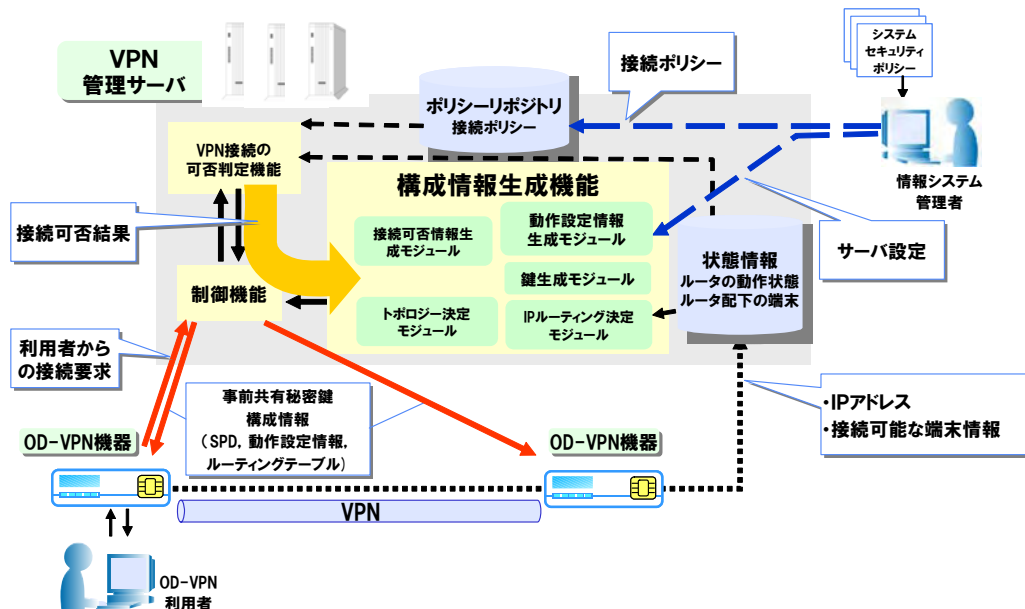


図 6. オンデマンドVPNの構成情報生成

(3) 複数管理サーバの相互接続技術

異なるVPN管理サーバ配下の機器同士で接続可能になる効率的なネゴシエーション方式・プロトコルを研究開発した。各官舎サーバで管理している機器の状態、IPや接続状態、接続可否ポリシーなどの抽出、交換、検証に対応し、複数のVPN管理サーバで相互連携して、大規模なセキュアネットワーク基盤を構築できる方式を確立した。

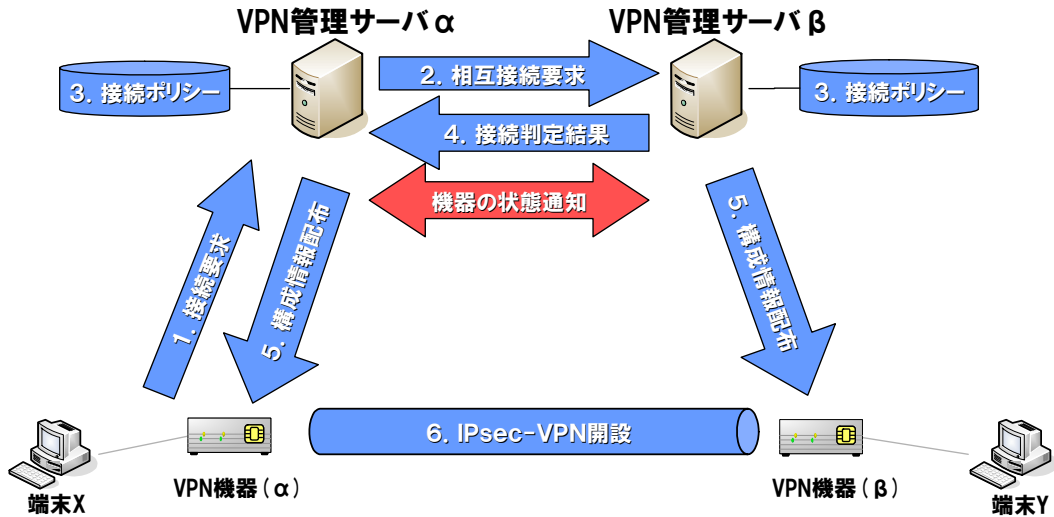


図 7. 複数のVPN管理サーバの相互接続

先進的な成果として、様々な利用形態に対応することを検証するため、IP 競合した LAN 環境の VPN 接続、TV 電話機・携帯電話と連携したオンデマンド VPN 接続技術を開発、実証実験を行い、様々な環境でオンデマンド VPN を実現することを確認した。

IP 競合した LAN 環境のオンデマンド VPN 技術では、拠点毎に仮想 IP 空間を作り、拠点間の中継情報をネゴシエーション、仮想アドレスを用いたプライベートアドレス空間の相互通信方式する方式を開発した。既存方式にくらべ、同時接続や通信機器が多い場合にも耐えられることが可能で、技術検証により自動的にネゴシエーションをおこない通信できることを確認した。

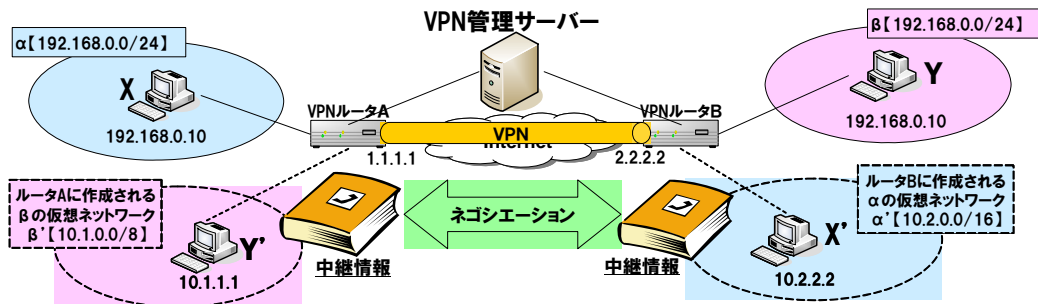


図 8. IP 競合した LAN 環境の VPN 接続 (LAN 間接続)

3. 2 オンデマンドVPN鍵配送技術

<基本計画書 目標>

多地点間であつオンデマンドに VPN を実現可能とする鍵配送管理技術として、具体的には、3 秒以内で VPN 構築を実現可能とする。

さらに事業所や家庭内の機器が、ルータなどの機器を利用してインターネットと接続され、外部の機器と多地点間で VPN 接続される場合を想定し、VPN を構成する 100 万台規模の機器に対応できるように、各々の接続する VPN に応じた 500 個程度の鍵を管理可能とする。

研究開発の結果、技術を確立し、技術検証した結果、基本計画書の目標を達成したことを確認した。

非チップでの鍵配送方式を開発、実証実験を行い、1 秒未満で鍵配送できることを確認した。さらに IC チップを利用した場合についても IC チップへの付加を減らした高速な鍵配送技術を開発し、実証実

験をおこない、平均 3 秒未満でかぎ配送できることを確認した。また、1 台の機器における 1 つの VPN パスに対する機器内メモリの使用量を測定、500 個の VPN パスで必要なメモリ量をシミュレートし、一般的な VPN 構成機器で対応できることを確認した。

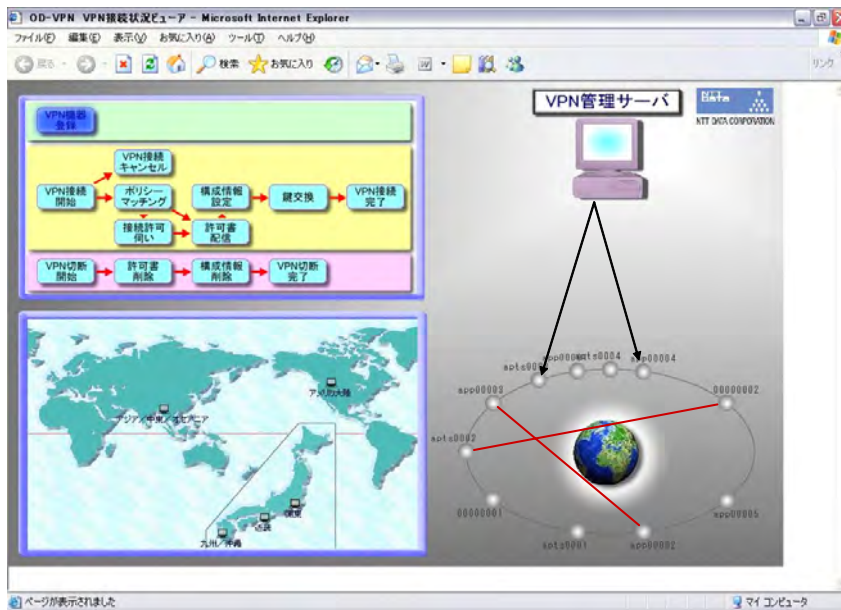


図 9. 鍵・構成情報配信と VPN 接続確認画面イメージ

VPN で用いる IPsec の認証鍵として、相互接続性の高い事前共有鍵を用いた方式を基本として検討後、より高速な鍵配送管理方式として PKI を用いた方式を検討した。PKI を用いた方式については、他方式との相互接続性を行う場合に課題となる点について調査検討を行った。

先進的な成果として、複数の VPN 管理サーバが鍵を分散して配送することにより、管理サーバによる不正を防止する技術の開発、検証をおこなった。各サーバでシードとなる鍵の生成、配送し、機器で鍵を合成する方法についてプロトコルを開発した。鍵の分割・統合方法や脆弱鍵の検証などの様々な技術との併用が可能な方式とし、技術検証にあたっては、簡易な鍵の分割・統合方法を組み合わせたシステムをモデルとし、動作することを確認した。

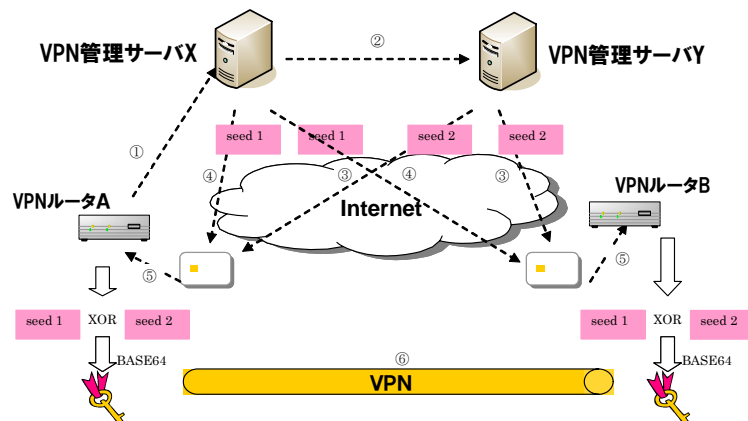


図 10. 複数の VPN 管理サーバによる分散鍵配送

3. 3 その他の研究実績

<基本計画書>

本研究開発で実現する技術に関して、個別企業に特化することなく広く普及・実現するため、普及促進を行う組織との連携をはかること。

本研究開発において、オンデマンドVPN技術の普及促進を行うにあたり、「次世代ICカードシステム研究会」に対し、デモンストレーションを実施するとともに、団体主催のセミナーでの発表実施、団体に所属する様々な企業における実験フィールド提供を受けて技術実験、実証実験を実施し、100以上の企業が所属する団体への研究開発の技術成果の公開をおこなった。また、技術実験、実証実験の報道発表により、オンデマンドVPN技術の利用例を示すことで、広く一般企業への技術成果の公開をおこなった。

4 研究成果の更なる展開に向けて

今後、研究成果の展開として、ルータメーカ等と協業して商用化を行う。また、TV会議システムや業務アプリケーションなどのサービスと組み合わせたソリューションの企画・立案し、様々なグループ、地域単位での管理サーバの構築や、管理サービス立ち上げの技術支援をおこない、本研究開発の技術成果を展開、セキュリティ・ネットワーク基盤の確立に貢献していく。

また、「保健・医療・福祉情報セキュアネットワーク基盤普及促進コンソーシアム」などの普及促進団体において、本研究開発の成果を提供し、他方式との相互接続の検討、および標準にむけた仕様やガイドラインの策定に貢献する。また将来的に、相互接続性をもつサービス事業者が相互に連携することで、ネットワーク基盤技術として確立することを目指していく。また、広く一般的に普及し、基盤構築を希望する企業・団体が現れた際には、仕様開示をおこなうなど、ネットワーク基盤技術の普及拡大を目指していく。

予測される波及効果として、オンデマンドVPN接続サービスとして提供することができた場合、企業におけるグループ、関連企業との接続が進み、海外拠点との接続の基盤として普及し、国際的な基盤促進の可能性が考えられる。また、NGNなどの新しいネットワーク環境に技術対応することで、回線レベルの認証・接続に追加する形で、機器認証に基づく端末間のVPN接続技術として活用される可能性が考えられる。国際的な基盤確立促進、次世代ネットワーク環境への接続技術の活用にむけて、本研究開発の技術成果の公開をおこなっていく。

5 査読付き誌上発表リスト

- [1] 高橋成文・東川淳紀・山本修一郎・小尾高史・谷内田益善・大山永昭、“2階層PKIを用いたオンデマンドVPNシステム”、情報処理学会論文誌 Vol.41 No.6 pp1234-1241 (2005年5月号) :
- [2] 鴨田浩明・星川知之・山岡正輝・山本修一郎、“オンデマンドVPNシステムの実装と評価”、情報処理学会論文誌 Vo47 No.8 pp2371-2383 (2006年8月) :

6 その他の誌上発表リスト

- [1] 山本修一郎、高橋成文、“2階層PKI技術によるサービス利用権認証”、COMPUTER&NETWORK、2004年9月号、pp.43-47 (2004年9月) :

7 口頭発表リスト

- [1] 星川知之・國分誠・鎌仲裕久、“機器の認証に基づく安全なVPN構築技術の提案”、情報処理学会 CSEC (コンピュータセキュリティ研究会) 研究発表会 (東京) (2004年12月20日) :
- [2] 山本修一郎、“オンデマンドVPN構成技術とその適用事例”、NICSSセミナー (東京) (2005年2月14日) :
- [3] 早川晃弘・星川知之・高橋成文・鎌仲裕久、“オンデマンドVPNアーキテクチャの検討”、情報処理学会 全国大会 (東京) (2005年3月2日) :
- [4] 國分誠・星川知之・鎌仲裕久・高橋成文、“オンデマンドVPNにおける機器とチップの連携に関する一検討”、情報処理学会 全国大会 (東京) (2005年3月2日) :
- [5] 竹内陽一・早川晃弘・高橋成文、“オンデマンドVPNにおけるポリシー制御機能に関する一検討”、情報処理学会 全国大会 (東京) (2005年3月2日) :
- [6] 有馬一閣・早川晃弘・高橋成文・鎌仲裕久、“オンデマンドVPNにおける構成情報生成に関する一検討”、情報処理学会 全国大会 (東京) (2005年3月2日) :
- [7] 東福寺幾夫・菅野好史・鎌仲裕久・大山永昭・山口雅浩・大城真理子・仲里巖・中山崇・吉見 直己、“Development of A Telepathology Network Based on On-Demand”、Annual Meeting & Exposition of the American Telemedicine Association (アメリカ) (2005年4月17日) :
- [8] 山本修一郎、“セキュアネットワーク基盤の概要—オンデマンドVPNの取り組み—”、保険・医療・福祉情報セキュアネットワーク基盤普及促進コンソーシアム 情報交換会 (東京) (2005年4月28日) :
- [9] 鴨田浩明・早川章弘・山岡正輝・松田栄之・Kryisia Broda・Morris Sloman、“Policy Conflict Analysis Using Tableaux for On Demand VPN Framework”、Trust, Security and Privacy for Ubiquitous Computing(TSPUC) Workshop (イタリア) (2005年6月13日) :
- [10] 有馬一閣・鴨田浩明・早川晃弘・山岡正輝、“仮想アドレスを用いたプライベートネットワーク間相互通信方式”、電子情報通信学会 IN (情報ネットワーク研究会) (仙台) (2005年9月15日) :
- [11] 有馬一閣・鴨田浩明・星川知之・山岡正輝、“仮想アドレスを用いたプライベートネットワーク間相互通信方式のオンデマンドVPNへの適用”、情報処理学会 CSEC (コンピュータセキュリティ研究会) (佐賀) (2006年3月16日) :
- [12] 山本修一郎、“IT and ubiquitous society”、東北大学大学院情報科学研究科 先進的ICT強化教育プログラム実行委員会主催 研究会「International Workshop on Information Communication Technology

Theory and Practice towards u-World」(仙台)(2006年12月11日):

[13] 有馬一閣・星川知之・鎌仲裕久・中嶋正臣、“公開鍵証明書によるオンデマンドVPNシステムの提案”、情報処理学会 全国大会(東京)(2007年3月7日):

[14] 山本修一郎、“平成18年度セキュアe-Keyネット検討WG活動報告書ーセキュアe-Keyネットワークの普及と今後の展望ー”、NICSS 情報交換会(東京)(2007年3月13日):

8 出願特許リスト

[1]星川知之・國分誠・鎌仲裕久、機器認証装置およびコンピュータプログラム、日本、2004年11月8日

[2]國分誠・星川知之・鎌仲裕久、ネットワーク管理システム、管理サーバ、及び、コンピュータプログラム、日本、2004年11月16日

[3]星川知之・國分誠・鎌仲裕久、VPN接続構築システム発明の名称、日本、2004年12月7日

[4]星川知之・國分誠・鎌仲裕久、暗号通信鍵管理装置及びプログラム、日本、2005年2月10日

[5]有馬一閣・鴨田浩明、通信支援装置、システム、通信方法及びコンピュータプログラム、日本、2005年9月5日

[6]鴨田浩明、ポリシー管理装置、ポリシー管理プログラムおよびポリシー管理方法、日本、2006年2月23日

[7]有馬一閣・鴨田浩明、VPN管理装置、プログラム及びVPN管理方法、日本、2006年3月19日

9 取得特許リスト

[1]國分誠・星川知之・鎌仲裕久、ネットワーク管理システム、管理サーバ、及び、コンピュータプログラム、日本、2004年11月16日、2007年3月16日、3930013

10 国際標準提案リスト

なし

11 参加国際標準会議リスト

なし

12 受賞リスト

なし

13 報道発表リスト

[1] “オンデマンドVPN通信の推進について”、NTTデータホームページ (<http://www.nttdata.co.jp/release/2004/093000.html>)、2004年9月30日 (“オンデマンドで任意の相手とVPN” 日経コンピュータ 2004年11月1日号 pp22-23)

[2] “任意のルータ間で簡易にVPNの開設をするオンデマンドVPNの技術実験の開始について～企業分野7箇所、学術分野3箇所、12月から医療分野10箇所、1月から実験開始～”、日刊工業新聞、NTTデータホームページ (<http://www.nttdata.co.jp/release/2004/120900.html>)、2004年12月9日

[3] “異なる企業・組織間でオンデマンドVPN接続を実現する新技術を開発～インターネットを用いたり

モートメンテナンス、臨時ネットワーク利用を実現する技術として5社で1月から技術評価～”、日経産業新聞、NTTデータホームページ (<http://www.nttdata.co.jp/release/2005/122001.html>)、2005年12月20日 (“世界初の「企業間」動的VPN NTTデータが実証実験を開始”日経コミュニケーション 2006年2月15日号 pp46)

[4] “PtoP型の新しいインターネット通信技術を完成 ～12/28から、プロジェクト連携会議、リモートコンサルティングなどの新サービスに応用～”、日経産業新聞・日刊工業新聞・NTTデータホームページ (<http://www.nttdata.co.jp/release/2006/122700.html>)、2006年12月27日

研究開発による成果数

	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年
査読付き誌上発表数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)
その他の誌上発表数	1 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	6 件 (0 件)	5 件 (2 件)	3 件 (0 件)
特 許 出 願 数	4 件 (0 件)	3 件 (0 件)	0 件 (0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	2 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)

	合計	(参考) 提案時目標数
査読付き誌上発表数	2 件 (0 件)	6 件 (件)
その他の誌上発表数	1 件 (0 件)	0 件 (件)
口 頭 発 表 数	14 件 (2 件)	6 件 (件)
特 許 出 願 数	7 件 (0 件)	9 件 (件)
特 許 取 得 数	1 件 (0 件)	3 件 (件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	0 件 (件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (件)
報 道 発 表 数	4 件 (0 件)	9 件 (件)

注 1 : (括弧)内は、海外分を再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等を計上する。