

学生の自主的な取り組みをベースとした ICT 技術習得環境の構築 の試みと課題事例の紹介

鈴木彦文^{†1} 田中篤志^{†2} 中島徳雅^{†2} 松本圭威^{†2} 不破泰^{†1}

概要：近年、高度な ICT 技術者の育成が重要課題となっている。情報システムやセキュリティ技術者の養成は喫緊の課題であり、様々な取り組みが行われている。しかしながら、高度な人材を育成するためには、高度な技術や知識を有する教師の存在や様々な実験等が可能な教育環境が不可欠であり、これを一般の教育機関に求めることは非常に困難となっている。しかも、単に技術を持っているだけでなく、自主的に課題に取り組む姿勢も求められる。そこで本研究では信州大学総合情報センターの協力のもと、学生が自主的に高度な ICT に関する課題を発見し、自主的に解決する環境を整備し運用を行うことによる高度 ICT 技術者育成を試みている。本稿ではその取り組みと成果を述べる。

キーワード：高度職業人、大学生、授業外学習、知識と技能

An Attempt to Develop an Environment for ICT Learning Based on Autonomous Initiatives by Students and Introduction to a Topical Case Study

HIKOFUMI SUZUKI^{†1} ATSUSHI TANAKA^{†2} KATSUMASA NAKAJIMA^{†2}
KEI MATSUMOTO^{†2} YASUSHI FUWA^{†1}

Abstract: In recent years, the training of ICT engineers with high degrees of technical capabilities has become an important topic, leading universities to provide education on information systems and security. There also is a need for human resources who possess high levels of skills and knowledge in order to train advanced human resources. In addition, an educational environment that enables advanced, diverse experimentation also is essential. However, it is extremely difficult for an educational institution to secure these. What's more, engineers need not only to possess appropriate skills but also to have an attitude of taking on issues on their own initiative. Accordingly, with the cooperation of the Shinshu University of Integrated Intelligence Center we are attempting in this study to develop and operate an environment in which students discover advanced ICT issues and attempt to solve them on their own initiative. This paper describes some of the results of our efforts in this area.

Keywords: advanced professionals, university students, out-of-class studies, knowledge and skills

1. はじめに

高度な ICT 技術を持つ技術者の育成が重要課題となっている。例えば、平成 27 年に開催された総務省 IoT 政策委員会[1]に提出された報告書にもあるように、情報システムやセキュリティ技術者の養成は喫緊の課題であり、様々な取り組みが行われている。しかしながら、高度な人材を育成するためには、高度な技術や知識を有する教師の存在や、高度な技術的実験を行える環境の整備が不可欠であり、これを一般的な教育機関に求めることは非常に困難となっている。

大学において、ICT に関する技術を習得するにあたり対応可能なものとしては、従来は、まず授業や実験実習があり、次いでプログラミングコンテストやネットワークコンテストなどの学外におけるイベントがある。前者の授業・実験実習では、個々のシラバスで細分化された範囲の知識や

技術の習得が中心となり、総合的な技術力を向上させるには不十分であると考えた。後者のイベント活用では、イベントの性格上、一過的であり、また一部の学生のみ参加にとどまっている。

また、課外活動や学生生活の支援において、アクティブラーニングを中心とした取り組みが大学にて行われている。その多くは授業との連携することにより、多くの実績を上げている[2]。しかしながら、多くは授業との連携を主軸としており、学生が自由なテーマを主体的に行うものではない。また、大学として様々なアクティブラーニングに対応した施設を準備しているが、用意されている施設も一時的な利用を想定しており、継続的に長期的な取り組みを受け入れる体制になっていない。さらに、アクティブラーニングにおける課外活動においては[3]に見られるような学生の取り組み姿勢、教員の指導や負担、体制などに関する問題がある。

そこで、本研究では、信州大学 総合情報センターの協力を得て、十分に時間をかけ、自由な発想で、学生自身の手で課題を発見し開発し完成させる取り組みを通じて総合的

^{†1} 信州大学総合情報センター
Integrated Intelligence Center, Shinshu University.

^{†2} 信州大学 工学部 電子情報システム工学科
Department of Computer Science & Engineering, Shinshu University

な技術力を持たせる高度 ICT 人材育成を試みている。

本取り組みでは、授業との連携ではなく、ICT に興味を持つ学生の主体的な取り組みを、長期間に渡り支援する点が特徴となっている。本取り組みにより、学生が自主的に様々な ICT に関わるニーズやシーズを発見し、学生同士が協業しながら、発見したニーズやシーズに対応したシステムやアプリケーションを開発しネットワークを構築することで、問題の解決に取り組むことができた。また、この取り組みでは、教員の負担も過大なものとならず、その成果を大学の情報サービスの一部として活用することも可能となった。更に、この取り組みを一過性で終わらせない継続性についても、異なる学年の学生による自主的・協業的な取り組みが実現することで可能となった。本稿では、その取り組みの紹介と、成果について報告する。

2. 高度 ICT 技術を有する学生を育成する環境における問題

高度な ICT 技術を持つ学生の育成においては、担当や指導に当たる教員、必要な設備、取り組みの継続性にそれぞれ問題がある。本章では我々が検討した3つの面の7つの問題を説明する。

教師の問題

- (1) 日々更新される技術的情報を授業に取り入れる労力が大きい(可能な教員が極めて限定される上、シラバスとの整合等ため、どんなことでも取り入れが可能という訳ではなく、さらには技術資料や実験環境の構築は教師に大きな負担となる(資料や授業環境の維持が極めて困難)
- (2) 授業外で指導や実験等を実施する場合(講習会等)、講師として参加する労力がかかり、また(1)と同様な問題も発生する
- (3) 教員が講習等を主導的に行うと、一部の学生を除いて、「教員の提示する課題」を解く意識となり、自主性や自由な発想が阻害される

環境の問題

- (4) 大学等においてネットワークを利用した自習や開発を行う場合、大学コンプライアンスやセキュリティ規制・ポリシーの問題があり取り組む前の壁が高い(意思を持って取り組み始めた学生にとっても、何らかの通信実験等を行うたびに許可が必要となり、継続的な取り組みに水を差す)
- (5) 自由に利用できる機材が無く、また、機材の大学内への持ち込みにも制限がある(申請や報告等)
- (6) 教室やミーティングルームやゼミ室等を利用する場合、利用時間が限定されてしまい、長期的に機材を

用意して学生が時間制約なく取り組む事ができない

継続性の問題

- (7) 教員や環境の問題とも関連するが、最新の技術情報や指導を常に行い続けることは担当教員に大きな負担であり、また実習環境の構築やその維持を担当教員が継続的に行うことにも限界がある

本研究ではこれら7つの問題を解決し、高度 ICT 技術を有する学生を育成する環境を提案し、実際に環境を構築して育成を行い、その評価を行っている。本取り組みの中で、教員と環境の面でどのような準備を行い実施したのかについて3章で説明し、4章において本取り組みに参加した学生が実際に行った成果を記述する。その後、本取り組みの評価を行う。評価においては、アクティブラーニングの要件「課題の発見・解決」「主体的な学習」「協働的な学習」「能動的な学習」[4] との比較、及び、「継続性の確保」について評価することで、本取り組みの有効性について評価する。

3. 高度 ICT 技術者育成環境の整備

2章において本取り組みが解決すべき問題点を7つ上げた。これらの問題を全て解決するのは非常に困難であるが、3.1.3.2 節に示すような形で、教員が(T1)-(T2)を担当し実施し、環境(E1)-(E5)を用意することで、上述の(1)-(7)の問題を解消する取り組みを実施した。

3.1 教員面における取り組み

まず、指導にあたる教員は次のような姿勢・体制で臨んでいる。

- (T1) 毎週 1 回のフリーテーマのサロン開催(ネットワーク・ICT システム障害、システム構築、セキュリティ、ユーザ対応関係、予算申請の話題など)
- (T2) 各種イベントの情報提供と情報交換会(大学内だけでなく、地元企業や自治体、総務省等のイベント等も含む、また、講習会のアシスタントやボランティアの呼びかけも行う)

本取り組みでは、信州大学総合情報センターの業務上発生した、ネットワーク・ICT システム障害、システム構築、セキュリティインシデント、ユーザ対応等の話題を毎週サロン形式で取り上げて学生に語っている。また、ベンダが障害対応する場合、担当ベンダが作成した資料をほぼそのまま利用し、サロンを開催している。日々行われている業務がそのままサロンの内容となるため、(1)(2)の問題が解決した。また、授業ではなく課外活動を教育環境の中心とし

たため、学生の進度や技術、またやりたいことに違いがあっても問題無い。

(1)(2)を考慮するにあたって、学生への ICT 技術情報の提供は、サロン形式とし授業や講習会形式にしていない。基本的なスタンスとして、講師にあたる教員が、方向を定めない・誘導しないため(つまり、あるテーマや開発に関わる方針を一方向的に誘導したり押し付けけないため)、高度な技術的話題を提示しつつ、学生が自主的にテーマを創り、また、アイデアを思いつき、それを基に、ネットワークシステムの構築やプログラミングを行うことができる。テーマやアイデアを平等に扱うことで、(その他の複合的な要因があるにせよ)(3)の問題を解消できると考えた。

本取り組みにおける担当教員は 2015 年度には次の事項を実施した。

- サロン(90-120分) 40回
- 講習会やボランティアにおける TA のための ICT 技術講習会 2回
- 自治体(長野県など)・省庁(総務省など)・企業の担当者や技術者との交流会 3回
- 自治体(長野県など)・省庁(総務省など)・企業のイベントの紹介と学生の自主的な参加 多数

3.2 環境面における取り組み

学生が様々なアイデアを練ったり、プログラミング・システム開発、勉強等を行う環境として次の環境を用意した(詳細は付録 A.を参照)。

- (E1) IC カード等で入館が管理された居室(机, 椅子, ホワイトボード等設備含む)を用意
- (E2) 居室では課外活動が可能(サークル活動, 授業の予習・復習, 実験など)
- (E3) 一般的なデータセンターと同等程度の情報システム・ネットワーク機材用ラック設備
- (E4) プロ仕様の機材の貸与と持ち込み制限機材の制限解除(総合情報センターが予備機として保有しているもので、長期間の設置も許可)
- (E5) 様々なネットワーク環境の提供(認証ネットワーク, 大学内ポリシーが適用されているネットワーク, 大学内ネットワークポリシーが適用されていないネットワーク)

環境面において、入館や入退室を IC カード(学生証)によって管理すること(E1)で、入退出の記録が付けられる(ドアの開閉)。また、入退館を許可する管理名簿自体も学生に作成させ、教員は承認のみ行っている。基本的に(E1)をベースとして居室には 24 時間入退室可能とし、サークル活動と連携することで様々な活動が可能となっている(E2)。これ

により(6)の問題を解消している。

大学における様々なポリシーのネットワークを用意することで、(4)の問題を解消できる。ただし、無条件に(4)の問題を解消する (E5) のみを実施すると無制限に利用する可能性がある。そこで、(T1)において、セキュリティインシデントやユーザ対応の話題を提供することで、利用にあたっての規範意識の育成を重視した。

機材に関しては、総合情報センターに協力の下、リプレース時に発生した前システムの機材の一部や、他部局での余剰物品等を取得し提供する(E4)ことで、(5)(6)の問題を解消している。これらの機材は故障しても問題無い物として供与している。また、学生が自主的に調達した機材(IA サーバやネットワークスイッチ, ルータ等)も、設置している。本取り組みでは、総合情報センターの協力を得て、居室以外に計算機室に専用の 19 インチラック(E3)を用意し、そこに様々な機材を搭載している。この入退出の管理も IC カード(学生証)を用いて管理している(入退室できる学生の選抜も学生に行わせている)。

4. 学生の取り組んだ課題と成果

本取り組みにおいて、(T1-2)(E1-5)は 2010 年から継続して実施している。ここではその評価として 2015 年度の取り組みの成果を記述する。

本取り組みに参加した学生と対応に当たった教員について、本取り組みにおける施設を利用した学生は主に工学部学生を中心に 20 名、サロン開催・講習会・技術交流会のコーディネートなどに教員 2 名が主に対応した。そして、本取り組みを通じて 2015 年度に学生が実施した内容や成果を簡潔にまとめると次のようになる。

- ネットワークを利用したシステム・アプリケーションの開発(2件) [4.1,4.2 節及び付録 B にて後述]
- ネットワーク・プログラミングコンテスト参加
 - ICTSC(ICT トラブルシューティングコンテスト)(1 チーム)
 - サイバー犯罪に関する白浜シンポジウムと情報危機管理コンテスト(1 チーム)
 - ACM-ICPC 国際大学対抗プログラミングコンテスト(4 チーム)
 - SECCON(セキュリティコンテスト)(2 チーム)
 - ISUCON(Ikanjini Speed Up Contest) (1 チーム)
 - CODE FESTIVAL(コードフェスティバル)(3 人)

今回は本取り組みにおける学生の活動の成果として作成されたシステム・アプリケーション(2015 年度作成)を紹介し、一部を詳細に記述する(付録 B)。

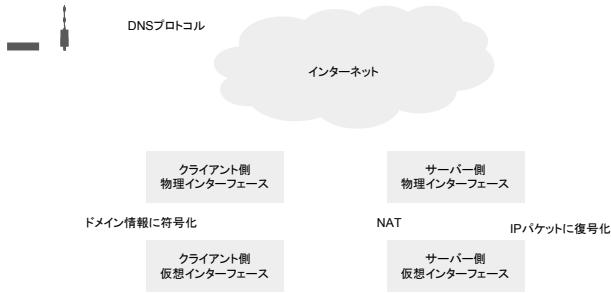


図1 学生が構築した DNS を用いた任意の通信を可能とするトンネル VPN システム

4.1 トンネル VPN システムの構築

インターネットには技巧を凝らした様々な通信があるが DNS を用いた独自の転送が可能なトンネル VPN システムの構築を実施した。これは元々の発想としては付録 B にて指摘しているように、大学が提供しているサービスの一つである認証ネットワークを検証したり、利用に関して考察する中で、セキュリティホールがあるのではないかという結論に達し、それを実証し実用化するために構築したシステムである(図1)。

図1及び付録Bに示すように、本取り組みに参加している学生からは、例えばセキュリティホールであれば、その可能性があると指摘するだけでなく、実際に構築しデモンストレーションしたり、プレゼンテーション・説明して説得力を持たせる姿勢が見られる。



図2 学生が構築したシラバス検索システムの検索画面

4.2 シラバスデータベースシステムの構築

信州大学においても、各大学で進めてきたように、シラバスシステム Web 化・オープンデータ化、また履修登録システムを導入し ICT による学生生活を支援してきた。しかしながら、シラバスシステム及び履修登録システムの利便性や性能の向上は、コストの問題もありなかなか進まないのが現状である。

そこで本取り組みに参加している学生の内の1グループ(3名)が、オープンデータであるシラバス情報をクローリングし、検索性を向上させたシラバス検索システム(図2)と、検索結果を記憶し履修登録時に一括で登録する支援が可能なシステムを構築した(図3)。

信州大学既存のシラバスシステム及び履修登録システムでは (1) 検索機能が不足しており必要な検索が困難 (2) 検索結果を蓄積する等ができないため、「検索→登録」というプロセスを、受講する教科があるだけ実行しなければならない、(3) 検索時の補完機能が無い、等の問題があった。

本システムにおいては信州大学学務係、及び、総合情報センターに対して、デモンストレーション及びプレゼンテーションを実施しており、学務係と連携してスムーズなデータ連携を実現する予定である。

ID	履修コード	授業名	担当教員	年度学期	曜日時間	開講場所	講義室
5774	T5202	確率・統計(情報)	河邊 淳	2015後期	水2	工学部	情報第2講義室
5777	T5203	オートマトンと言語理論	山本 博章	2015後期	水1, 木3	工学部	情報第2講義室
5778	T5204	情報数学	師玉 康成, 山崎 浩	2015後期	木4, 金4	工学部	情報第2講義室
5779	T5205	コンピュータアーキテクチャ	橋本 昌巳, 阿部 誠	2015後期	火2, 火3	工学部	情報第2講義室
5780	T5206	信号処理	ASANO DAVID KEN, 阿部 誠	2015後期	月1, 火4	工学部	情報第2講義室
5781	T5207	アルゴリズムとデータ構造	宮尾 秀徳, 岡崎 裕之	2015後期	月3, 水3	工学部	情報第2講義室

履修登録 (クイック入力)

学籍番号 13T5074D 氏名 松本 圭威 所属 工学部

ここでは追加登録のみが行えます。修正・削除を行う場合は通常の画面で行ってください。
入力枠にコードを入力して「確認」ボタンを押してください。

※キャンパス情報システムを利用した履修抽選の対象となっている授業については登録できません※

T5202	T5203	T5204	T5205	T5206	T5207
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

登録内容に間違いがないことを確認して「確認」ボタンを押してください。

図3 学生が構築したシラバスデータベースシステムの検索結果から一括で登録支援する画面(上段の選択を基に下段の GUI に遷移)

5. 副次的な効果

本取り組みは学生による自主的な開発等を主眼においているが、その過程で、大学の情報システムの脆弱性や性能の問題等を発見し、これが実際のシステム改良につながっている。ポータルサイト等の情報システムのパスワード管理の脆弱性から、学生向けのサービスサーバの性能問題の発見などがあり、2015年度においては次の脆弱性や問題点を発見し報告している。なお、セキュリティホールの発見について、高度な ICT 技術を有する学生を育成するという観点から、大学のセキュリティを担当している部局と協力

の上、セキュリティホールへ対応することで、本取り組みの範疇としている。

- セキュリティホールの発見(認証ネットワークの脆弱性)(2件)
- サービスサーバの問題の発見(シラバスシステム性能問題)
- 大学システムにおけるパスワード強度・長さの問題

信州大学においては、外部公開しているサーバホストに対して脆弱性の検査等を義務づけているが、内部に公開限定しているサーバの検証や、サーバの個々の機能や性能などの検証は完全ではない。そこで、学生から指摘されるこのような指摘を利用し、大学の情報系センターを通じて、セキュリティホールに対応したり、サービスサーバの機能・性能の向上を図ることで、重大なセキュリティインシデントやシステムトラブル・障害を引き起こす前に手当ができるものと考えられる。

6. 評価・今後の予定

先にも述べたように本研究ではアクティブラーニングの要件「課題の発見・解決」「主体的な学習」「協働的な学習」「能動的な学習」[4]の観点、及び、「継続性の確保」から本取り組みの評価を行う。

課題の発見・解決

本取り組みでは教員はサロン形式のゼミを毎週実施(2015年度実績 90分程度を40回)しているものの、技術的な解説や紹介、技術者の障害対応などの話題に止めており、テーマに関する話題はほとんどしていない。そのため学生が取り組んでいるテーマはすべて学生が自主的・主体的に発見したものであり、上述の開発例に示すように、問題(セキュリティホールや脆弱性)を実証するためのシステムを構築したり、問題を解決するシステムの構築を行っているところから、「課題の発見・解決」が可能な環境であると考えられる。

主体的な学習

「課題の発見・解決」の内容とも一部重複するが、担当教員は事前に学生が活動するテーマは知らされていない。当初想定していなかったが、現在、本取り組みにおいては、実証する環境を構築し、デモンストレーションやプレゼンテーションができる状態になったテーマのみ担当教員に知らせ、その段階でサロン形式のゼミ等で議論する形態となっている。そのようなことから学生の取り組み姿勢など、直接担当教員が指導しておらず(もちろんサロン形式のゼミでは、実例を基に間接的に触れている可能性はある)、基本的には学生が主体的に行った活動の結果といえる。

協働的な学習

本取り組みにおいて、学生は一人でシステムやアプリケーションを作成するケースはほとんどない(U-20 プログラミングコンテスト等の単独のアプリケーションが評価されるコンテストへの参加を除く)。先のアプリケーションは3名以上の学年が異なるチームで作成されており、また直接参加する以外のメンバーも、システム開発に関する議論に参加しシステムを構築している。コアの開発チームと、その他のメンバーによるフォローという姿勢が見られており、そのため、能力の高い一人の学生による成果ではないと言える。このようなことから「協働的な学習」も実現できていると考えられる。

能動的な学習

本取り組みにおいては、各種コンテスト参加のための勉強会や講習会も開催しており、これらは全て学生が主体的に能動的に実施している。システム開発に関しても、リリーススケジュールを自主的に作成しそのリリーススケジュールに沿うように作成している。例えばシラバスデータベースシステムであれば、シラバスデータの更新時期や実際に利用する時期等を把握し、それに合わせる・間に合う形で開発している。このような指導を直接的には担当教員はしていない(上でも述べたが、サロン形式のゼミで間接的に話をしている可能性はある)。

継続性の確保

高度なICT技術を持つ学生の育成は様々なアプローチがとられているが、本取り組みの特徴の一つは、学生が主体となり本取り組み自体を維持し継続性を確保することである。この継続性について、[5]にあるように、アクティブラーニング環境・体制の継続性を確保するために、学生の「適応的熟達者」を育成し、これを継続的に投入する取り組みとはアプローチが異なり、ICTに関わる技術における「高度(専門)職業人」を学生が自主的に育成して行く中で、参加学生が「学年の壁を越えて相互に補完し合うことで継続性を維持」している。

以上のことから定量的な評価は難しいが、本取り組みはアクティブラーニングの観点からも「高度(専門)職業人」育成の環境として、一定の効果があるといえる。本取り組みを今後継続する中で、例えば「大学生活の過ごし方」[6]などの観点からの評価を検討することで定量的な評価を実施する。

今後の予定

2015年度までの成果等を基に、2016年度はこれまでの取り組みを踏まえ、更に次の計画を立てている。

- 企業・自治体・省庁からの講師招聘(2016年度の活動として2016年5月現在で1回招聘,2名の大学内外の講師に招聘打診済み)
- 自治体の初年次教育やICT技術者養成と連携した動き(自治体と連動した予算申請の実施を含む,2016年度の活動として2016年5月現在で1件申請中)
- 企業や大学,自治体等から機材等の寄付の募集
- ボランティアやアイデアソン,ハッカソン,各種研修への参加呼びかけ(スタッフとしての参加も呼びかける)
- サーバやネットワーク資源のみを利用する学生への対応環境の整備(自学自習を行う居室ではなくサーバ室の利用)
- サーバやネットワーク資源のみを利用する学生に対応する教育環境の整備(自学自習を行う居室ではなく,サーバ室のリソースを利用する学生への対応)

今後は本取り組みと産学官連携(産学連携ソフトウェア工学教育[7])を視野に入れながら取り組みの更なる活性化を図る。

7. まとめ

高度なICT技術を持ち,自由な発想で主体的に取り組む学生の育成について,総合情報センターの協力を得て取り組んだ。2010年度より開始されたこれらの取り組みの結果,「高度(専門)職業人」育成の事例としては一定の成果が上がっていると評価している。

大学には情報系センターがあり,その日々の活動そのものが,学生へのICTに対する話題となる。そのため,情報系センターの協力を得られれば,ICT技術に興味を持つ学生に対して,授業では得られない高度なITシステムの情報を提示できる機会となり,それが大学における教育と融合することで,学生の有する技術や知識を確かなものとする事が可能となる。

引き続きこの取り組みを継続し,本取り組みの定量的な評価の方法を確立しながら,この取り組みを関連機関や自治体などに広げていく予定である。

謝辞 本取り組みを実施するにあたり,居室,サーバラック,通信機材等を供与していただいた信州大学総合情報センター,IAサーバやL3SWスイッチ,プレゼンテーション用の機材を供与していただいた工学部電子情報システム工学科新村正明先生,同小林一樹先生,本取り組みに参加し活動し様々な取り組みを実施した信州大学公式サークルkstmのメンバー,ご協力頂いた皆様に,謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 総務省：情報通信審議会 情報通信政策部会 IoT 政策委員会（第3回）配付資料・議事概要；
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/iot/02tsushin01_03000368.html (最終確認 2016年5月16日)
- [2] 山地弘起,川越明日香：国内大学におけるアクティブラーニングの組織的実践事例,長崎大学大学教育機能開発センター紀要,2185-6281,長崎大学,2012-03-01
- [3] 文部科学省：アクティブラーニング失敗事例 ハンドブック,「産業界ニーズに対応した教育改善・充実体制整備事業」中部圏の地域・産業界との連携を通じた教育改革力の強化,平成26年度 東海 A(教育力)チーム成果物,
<https://www.nucba.ac.jp/archives/151/201507/ALshippaiJireiHandBook.pdf> (最終確認 2016年7月18日)
- [4] 溝上慎一：アクティブラーニングと教授学習のパラダイムの転換,東信堂,2014年
- [5] 近藤秀樹：多様な学びを支援する学習環境の学生中心の運用体制の構築,教育システム情報学会(JSiSE),研究報告Vol.30, No.7, pp.81-87 (2016-3)
- [6] 溝上 慎一：「大学生活の過ごし方」から見た学生の学びと成長の検討：正課・正課外のバランスのとれた活動が高い成長を示す；京都大学高等教育研究 15, 107-118, 2009-12-01
- [7] 小林 隆志, 沢田 篤史, 山本 晋一郎, 野呂 昌満, 阿草 清滋：On the Job Learning：産学連携による新しいソフトウェア工学教育手法；電子情報通信学会,技術研究報告.SS,ソフトウェアサイエンス 109(170), 95-100, 2009-07-30

付録

付録 A 大学・総合情報センターからの提供機器

表1 大学及び総合情報センターから提供された機器

機器名称・仕様	数量
L3SW Cisco 社製 Catalyst 3750G (WS-C3750G-24TS-E) SFP モジュール各種(SX,LX,1000Base-T)	1
L3SW Cisco 社製 Catalyst 3550G (WS-C3550-12G, EMI) GBIC モジュール各種(SX,LX,1000Base-T)	1
L2SW Cisco 社製 Catalyst 3500XL (WS-C3512-XL-EN) GBIC モジュール各種(SX)	6
L2SW Cisco 社製 Catalyst 2950G (WS-C2950G-24-EI) GBIC モジュール各種(SX,LX,1000Base-T)	2
IA サーバ 日立製作所製 HA8800/RS220AJ 2U, XeonE5570, MainMemory 48GB, NIC 6 port	2
IA サーバ 日立製作所製 HA8800/RS210HJ 1U, XeonE5520, MainMemory 4GB, NIC 2 port	2
IA サーバ EMT 製サーバ(特注) 2U	2
無停電電源装置(UPS) APC 社製 Smart-UPS 1500 AP9630(Network Management Card)	2
L3SW Cisco 社製 Cisco1812J	1
L3SW YAMAHA 社製 NVR500	1
L2SW Alaxala 社製 2430S-48T	1
EIA 規格 19 インチサーバラック 42U	1
パソコン(自作, MAC)	5
その他消耗品 光ケーブル, ネットワークケーブル(Category 5E)作成 治具等一式 EIA 規格 19 ラック, 及び, 用治具等一式	



図4 EIA規格19インチサーバラックと学生が搭載したネットワーク・サーバ機材一式

付録B 学生が作成したトンネルVPNシステム報告書

本報告書は学生が担当教員への説明時に主体的に作成したレポートの一部を抜粋し、整理して掲載している。

1. 背景・目的

信州大学において学生がインターネットを利用する場合、学籍番号を用いて認証を行う必要があり、未認証状態でのインターネット利用は制限されている。しかし、未認証状態でのインターネット利用の制限には例外もあり、DNSについてはユーザの利便性を考慮し、制限されたネットワーク以外についても名前解決を行うことができる。DNSを用いることにより未認証状態においてもインターネット上の任意の情報が得られることを利用し、IPによる通信をドメイン情報へ符号化することで、制限なくインターネットを利用出来るのではないかと考え、トンネルVPNプログラムを制作した。

2. 必要となる知識

本プログラムではデータコンテナを一部偽装するにあたり、認証ネットワークを透過させる通信プロトコルとして Domain Name Service(DNS) を選択した。DNSとは、ドメイン名とIPアドレスを変換するサービスである。DNSサーバは自身のデータベースに存在しないドメインの要求を受けると、ドメインを管理するDNSに対して代理で問い合わせを行う。未認証状態での制限ネットワーク内においては、外部DNSサーバへの要求は許可されていないが、信州大学のDNSサーバへの要求は許可されており、再帰的な問い合わせにも対応している。このため、目的のDNSサーバへ直接要求を送ることはできないが、大学内のDNSサーバに対して受信側のDNSサーバの管理下のドメイン情報を要求することで、目的のDNSサーバと通信を行うことができる。

3. 手法

クライアントからサーバへ情報を伝達する場合、仮想デバイスドライバのTUNを用いて任意のIPパケットをクライアントプロ

グラム上で受信し、ドメイン情報へ符号化したIPパケットをDNSを経由しサーバプログラムへ送信する。サーバプログラムでは受信したDNSリクエストをIPパケットへ復号化しTUNへ送信する。この章ではそれぞれの手法について詳しく説明を行う。

a. プログラム上で任意の通信を送受信する手法

仮想ネットワークデバイスのTUNを用いることで、プログラム上でIPパケットを送受信することができる。送信については、OSのルーティングテーブルを書き換えることにより、OSから送信されるすべてのIPパケットをTAPデバイスから送信することができ、送信されたIPパケットはプログラム上で受信できる。また、受信については、OSに受け取らせたいIPパケットをプログラム上からTAPデバイスにsendすることにより、OS上ではネットワークインターフェースからIPパケットが送られてくるように見える。

ラベル 63オクテット以内

example.domain.tld

ドメイン名全体 255オクテット以内

図5 DNSで取り扱うドメインの例

b. 任意のIPパケットをドメイン情報へ変換する手法

DNSリクエストをサーバプログラムへ伝達するため、経由するDNSサーバで処理できるドメイン情報を生成する必要がある。DNSの仕様で定められているドメイン情報は、図5に示すフォーマットである。

ドメイン名の"."(ドット)で句切られた部分はラベルと呼ばれ、63オクテット以内で構成される。また、ドメイン情報全体は255オクテット以内で構成される。DNSの仕様上はどのような文字を使用しても問題ないが、本プログラムでは経由するDNSサーバにより処理できない文字が存在することを考慮し、問題なく処理できると確認のできたアルファベットの大文字と小文字、数字、ハイフンとアンダースコアの64文字を用いたURIセーフなBase64変換によりIPパケットを符号化し、仕様に従い63オク

c. サーバからクライアントへ情報を伝達する手法

サーバからクライアントへは情報を送信できないため、クライアントからポーリングを行いサーバ側へ情報がないか定期的に確認する。

d. VPNのプロトコル

DNSを利用し通信を行うためにプロトコルを定めた(表2)。

表2 DNSを用いた独自通信のプロトコル

名称	形式	用途
Error	0.0.{エラーコード1}.{エラーコード2}	エラー処理
Polling	{バディンク}.{ドメイン名}.	サーバに溜まっているデータの確認
RxInitialize	{リクエスト数}.{ID}.{符号化データ}.	サーバからデータの送信を開始
RxSend	{シーケンス番号}.{ID}.{符号化データ}.	サーバからデータを送信
Receive	{シーケンス番号}.{ID}.{バディンク}.{ドメイン名}.	サーバからデータを受信したことを通知
TxInitialize	{リクエスト数}.{ID}.{ドメイン名}.	クライアントからデータの送信を開始
TxSend	{符号化データ}.{シーケンス番号}.{ID}.{ドメイン名}.	クライアントからデータを送信
Ok	{リクエスト数1}.{リクエスト数2}.{シーケンス番号1}.{シーケンス番号2}	クライアントからデータを受信したことを通知

パディングは符号化されたランダムなデータ、ドメイン名はVPNサーバ側で管理するドメインである。1や2と付いているものに関しては、IPv4の仕様上ドットで区切る必要があるため上位バイトと下位バイトに分割している。IDには符号化前のIPパケットのIDを使用する。リクエスト数はひとつのIPパケットが符号化される際に分割された数を表し、シーケンス番号はそのうち何番目のデータかを表す。表2に示したプロトコルを用いての通信シーケンスの例を図6に示す。

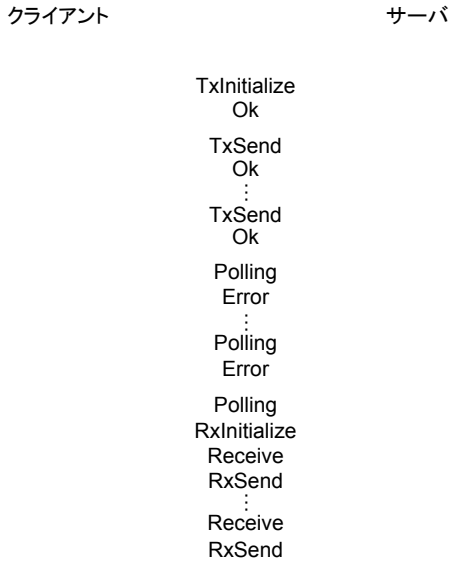


図6 表2に基づくプロトコルのシーケンス例

4. 実験環境

今回は、任意の通信が問題なく行えるかという点と、通信速度に関して実験を行った。

VPNを構築するために、クライアントは全てのパケットをTUNを通してVPNプログラムで受信できるようにルーティングを行う。また、サーバではクライアントから送られてきたパケットをインターネットと繋がっているインターフェースへ転送するためNATを使用する。サーバのOSにはDebianを用いたため、iptablesのIPマスカレード機能によってNATを構成した（VPNのネットワーク構成 図7）。

クライアントは信州大学の認証ネットワーク内に配置したPC内の仮想環境、VPNサーバはDTI社のVPSを用い、ドメイン名にはvpn.401.jpを使用した。

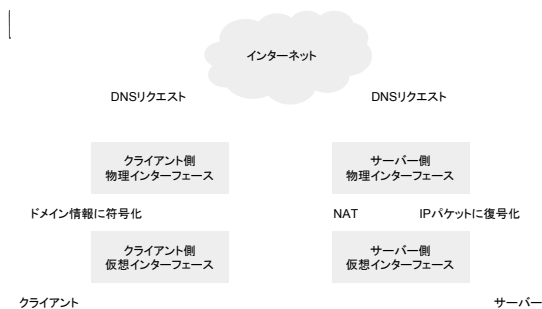


図7 システムの接続概要

表3 通信可能なプロトコル

サービス名	評価
PING	問題なく使用できる
DNS	問題なく使用できる
HTTP	通信はできるが容量の大きいデータの転送は時間がかかる
FTP	通信はできるが容量の大きいデータの転送は時間がかかる
SSH	問題なく使用できる
VNC	安定せず長時間の使用はできない
SMTP	通信はできるが容量の大きいデータの転送は時間がかかる
IMAP	通信はできるが容量の大きいデータの転送は時間がかかる
POP	通信はできるが容量の大きいデータの転送は時間がかかる

5. 実験結果

一般的に用いられているプロトコルを用いて測定を通信の可否、及び、VPNプログラムを使用した際の通信速度について計測する。

a. 通信可能なサービス(表3)

b. VPNを経由した際の通信速度

(抜粋)Webページのロードが完了するまでの時間を計測すると、51.3KBのデータで26.46秒の時間がかかった。

6. 結論

実験の結果より、使用できるサービスは多いが通信速度に問題があり、リアルタイム性の求められるサービスは安定して使用できないことがわかった。DNSは即応性の求められるプロトコルではなく、クライアントからサーバまでDNSサーバを経由することから速度低下は考えられるが、PINGやDNS等データサイズの小さい通信については問題が見られないためVPNプログラムに問題があると考えられる。

今後の課題として、本プログラムを用いてVPN接続を行い通信を行った場合、極端な速度低下が見られたため、プログラムを見直し改善する必要がある。また、今回は認証ネットワークの突破という限られた環境のためにVPNプログラムを制作したが、他にも利用できる環境がないか模索したい。