

氏 名 川島 龍太

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大甲第 1339 号

学位授与の日付 平成 22 年 3 月 24 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 A Study on a Framework of Transparently Extending
Networking Services for Adaptive Communications

論文審査委員 主 査 教授 計 宇生
教授 丸山 勝巳
准教授 福田 健介
教授 山田 茂樹
教授 中村 素典
教授 谷口 秀夫（岡山大学）

論文内容の要旨

Since current networking technology is rapidly evolving, many users can now access information from all over the world without any geographical and temporal constraints. Networks are now a fundamental infrastructure for social services, such as E-commerce, online banking, social networking services (SNS), and cloud computing. As a result, current networks must provide a flexible service composition and robust system components.

Most networks are currently based on TCP/IP protocol suite, and any application that supports it can communicate with another application without custom-made protocols. Networks have evolved by incorporating extended functions on the TCP/IP core functions that are complementary without actually changing them. Current networks basically have both old-fashioned systems, and cutting-edge systems.

There is a hierarchical structure referred to as an hourglass based on TCP/IP in the background of the universality of the fundamental networking capability. The main idea of this structure is that the TCP/IP ensures there is a logical connectivity between end-to-end applications. Users can introduce a variety of applied networking services on TCP/IP and physical access technologies under TCP/IP. However, since there still are many systems that only support traditional networking services, it is difficult to widely deploy advanced services in the network, and users may struggle to replace core network protocols with new protocols to correct a backward compatibility problem.

Generally, it is believed that networking applications and services are evolving as the network environment expands and diversifies. However, a variety of dedicated systems that depend on particular platforms and the developing environment have appeared that lack a higher-level common platform for these advanced networking services and users have developed their own services, respectively.

In this paper, we would like to discuss a common software platform for diversifying networking services. Not the only network software, such as the applications, servers, and protocol stacks, but also the methodologies and implementation techniques are expected to provide a common software platform. In particular, instead of developing brand-new network systems, existing software assets and technologies are used to construct the advanced network environment.

To achieve extensible network software, we have focused on a notion of an adaptive communication. The adaptive communication provides a way to adaptively compose networking capabilities of applications when the surrounding environment is changed. In practice, each networking function for the application could be added, removed, or replaced per functional unit, and therefore, a transparent mechanism that dynamically composes networking functions is required to ensure compatibility with existing systems.

Network applications usually use socket interfaces that abstract the networking functions to communicate over the network. A socket interface generally supports two types of communication: connection-oriented communications and connectionless-oriented communications, and it allows for the construction of network software that is independent of the network protocol. So, I am proposing a system that enables networking functions to be transparently change an application by using the

abstraction of the socket interface. Since the change in networking functions is conducted entirely within the socket interface, the application can use the socket interface as is.

Many related systems that transparently change the networking functions of applications. However, there are some platform, performance, developer-oriented behavior, usability, and flexible functions composition restrictions that exist with these systems. This study aims at a more pragmatic system compared to these systems in that it has a component-oriented function, composition mechanism, minimum overhead, multi-platform support, and a unified usability by taking into account not only the methodology for transparent extension, but also a common-platform for higher-level services characteristic. In addition, we take into account a user-interface that targets non-professional users as well as developers in the paper.

In this paper, the proposed system was designed and implemented to work on Windows and Linux operating systems, and evaluated its functionalities comparing with existing systems. The result showed following advantages;

- Users can extend and configure their systems as intended
- Non-experimental users also can utilize the proposed system without programming
- The proposed system can be available with more applications and operating systems
- Users can manage the proposed system without difficulty

Therefore, the proposed system allows us to extend applications more concisely and finely on variety of network environments, and existing software asset can be leveraged to compose advanced network environment.

In addition, performance overhead of the proposed system was measured by comparing with another application that equips network functions directly. The result showed that overhead of transmitting/receiving each user data was slightly several thousand clocks, and this value can be negligible considering that fluctuation time of the packet processing within the kernel protocol stack and packet transferring on the actual network. As a result, the proposed system could not be performance bottleneck on practical network systems.

博士論文の審査結果の要旨

本博士論文は「A Study on a Framework of Transparently Extending Networking Services For Adaptive Communications (ネットワーク機能を透過的に拡張する適応型通信のためのフレームワークの研究)」と題し、英文で書かれている。ネットワークを構成するアプリケーションプログラムやサーバプログラム、さらにはオペレーティングシステム内のプロトコルスタックなどのネットワークソフトウェアに焦点を当て、ネットワークの拡張性や互換性に配慮したソフトウェアシステムの実現について、その方法論や実装手法などの考察を行い、多様化するサービス機能を実行するための共通基盤となるミドルウェアを提案した。特に、既存の多くのネットワークソフトウェアに拡張性を持たせることによって、先進的なネットワーク機能やサービスが幅広く利用できるようなフレームワークについて提案した。

論文は7章と付録A、Bから構成され、第1章及び第2章では研究の目的、背景と関連研究について概観し、既存の手法の問題点を指摘しながら、本研究の必要性について述べている。

続いて、第3章から第6章では、提案システムの基本方針、アーキテクチャ、実装および性能評価について記述している。

第3章では、分散システムの性能、サービス品質、セキュリティ、信頼性、拡張性、多様性、および移動性をサポートする観点から提案システムFreeNAが目指すところについて述べ、FreeNAが対象としている利用者と利用場面について紹介し、FreeNAによって実現できるネットワークサービスの例を提示した。

第4章では、FreeNAのアーキテクチャ設計の詳細と動作機構について記述している。FreeNAはいくつかのコンポーネントから構成され、ユーザインターフェースを提供するクライアントと呼ばれる部分と、アプリケーションの呼び出しとネットワーク機能の挿入などの機能を実行するサーバと呼ばれる部分が含まれる。利用者はコンフィギュレーションファイルにネットワークサービスの適用ルールを記述し、FreeNAクライアントがそれを解析して必要な動作がするようにサーバを制御する。この章ではそれぞれの構成要素とそれらの役割およびその間の関係について詳細に記述している。

第5章では、FreeNAのクライアントとサーバの実装について述べた後、透過的にネットワークサービスを挿入するためのメカニズムとそのためネゴシエーション機構について述べた。さらに、トランスポートレイヤのプロトコルの挿入のメカニズムについて、それをユーザ空間での実装方法やそれによって実現される適応的にトランスポートプロトコルを変更できる環境の実現について述べた。

第6章ではFreeNAの機能と性能について評価を行った。まずFreeNAの機能をほかのシステムと比較し、利用者、ネットワークサービス、アプリケーションおよびプラットフォームの各方面から評価を行った。また、管理の容易さとセキュリティについても評価を行った。さらに、実装されたFreeNAを使ったデータ転送実験によって、FreeNAのスループット、実行オーバーヘッドなどの性能を評価し、上位レイヤのネットワークサービスの挿入によるスループットの低下やオーバーヘッドがほとんどなく、トランスポートレイヤのプロトコルの挿入では最大約25%のオーバーヘッドにとどまっていることを明らかにした。

また、最後の第7章では、研究成果をまとめ、今後の課題を提示した。

なお、本研究の成果として、出願者は電子情報通信学会論文誌論文2篇、査読付会議論文2篇、その他3件の研究発表を行っている。

以上を要するに、本論文は高度化・多様化するネットワークサービス機能を実行するための共通基盤となるソフトウェアシステムを提案し、実装システムの機能と性能を提示することによってその有効性を示したものであり、先進的なネットワーク機能やサービスが幅広く利用できるような情報ネットワーク環境の実現に貢献するところが大変大きい。よって、本論文は博士の学位請求論文として合格と認める。