

論文の内容の要旨

論文題目 ユーザ主導型ネットワークサービスとその構成に関する研究

氏名 三村 和

インターネットと計算機の発展に伴い、ユーザとそれらの関係も常に変遷を遂げてきた。メインフレーム時代には複数人がネットワークを通じて1台の大型計算機を共有していたが、1980年代半ばにはいわゆるパーソナルコンピュータ（パソコン）が登場し、個人が1台の計算機を利用するようになった。またインターネットの普及により、パソコン同士を結びつけて協調的な作業をするようにもなった。その後現在に至るまで、インターネットの高速化、計算機の小型化、低廉化によって個人が複数の計算機を所有するようになった。そして今後訪れるであろうユビキタス環境下では身の回りのデバイスが高機能化、遍在化していき、複数人が複数台の計算機を所有、あるいは共有するようになる。つまり、ユーザと計算機のマッピングがより複雑化し、これまでのような計算機間での通信到達性を重視した管理者依存のネットワーキングとは別に、サービス（アプリケーション）を中心に見据えたユーザ主導のネットワーキングを再構築することが必須となる。

本論文は、ユーザ主導なサービス指向ネットワーキングを実現するという立場から、ユーザの要求に応じたネットワークの個人化と、それに基づいたサービス間の動的な通信制御を支援するためのネットワークミドルウェア、およびソフトウェア構成を論じたものである。具体的には、ユーザの要求に応じた適応的なアクセス制御を目的とし、物理ネットワークトポロジに依存しないサービス指向な端末グルーピング機構について示す。また、構築されたグループ内における効率的かつ適応的なブロードキャスト配信機能の提供を目的とし、アプリケーション層マルチキャスト（ALM：Application-Level Multicast）を用いた配信サービスを支援するミドルウェアのアーキテクチャについて示す。さらには、複数ユーザがネットワークを共有する場合にはユーザ同士の信頼関係を常時から醸成しておくことも重要な課題の1つであると考え、インフォーマルなコミュニケーションの活性化を支援するためのプレゼンス機構について示す。以上の検討を通じて、来るべきユビキタス環境におけるユーザ主導型ネットワークサービスとその構成方法のあり方についての議論を行っている。

第2章では、ユーザの要求に応じた適応的なアクセス制御を実現するためのサービス指向な端末グルーピング機構について論じる。様々な端末やサービスがネットワーク上に遍在する環境では、サービス単位での柔軟なアクセス制御を実現する共通基盤をネットワークレベルで提供することが必須となる。そこでまず、サービスを単位としたアクセス制御を行うための端末グルーピング機構である MyNetSpace（MNS）システムの設計指針について示す。MNS は端末群の仮想的な閉域グループであり、グループ内での安全な通信機能と端末管理機能をネットワークレベル

で提供する。端末は属する MNS ごとに専用の仮想ネットワークインタフェース (VNI: Virtual Network Interface) を作成する。それぞれのサービスはこの VNI を通して MNS 内部で安全な通信を行うことができる。また、サービスが適切な VNI を指定して、通信を許可する MNS を明示的に選択することによって、MNS システムはネットワークレベルでありながら IP 層からは分離した “第 3.5 層” で動作する。端末は複数の MNS に属することが可能であり、柔軟なグループピングを実現する。次に、このような MNS システムを実現するために、MNS Analyzer、Server、Manager という 3 要素から構成されることを示し、それらの実装と動作検証を述べる。MNS Analyzer は各端末内において、MNS ごとに固有な識別子をパケットに付加し、それを解析することで適切な VNI へ通信を振り分ける。MNS Server は MNS ごとに 1 つ起動され、MNS 内の参加端末を管理する。参加認証では、たとえば端末が部屋にいることを検査するために外部の ID タグ監視基地局などとも連携する。また、参加端末だけに共通鍵を配布することで安全性を高める。MNS Manager は各端末に 1 つ起動され、MNS への参加や、MNS Analyzer の設定を行う。

第 3 章では、特定のグループ内における効率的かつ適応的なブロードキャスト配信機能をサービスに対して提供するための ALM ミドルウェアアーキテクチャについて論じる。ALM はグループ管理やパケット複製などといったマルチキャスト機能をアプリケーション層、すなわち端末側において実現するものであり、IP マルチキャストに比べてストリーミング配信やビデオ会議などのサービス、あるいは CPU 速度やネットワーク帯域などの端末リソースに応じてその構成を変更しやすいという利点をもつ。これまで ALM のための仕組みやアルゴリズムが多数提案されているが、マルチキャストに関するすべての機能は個々のサービスごとに独立に開発して組み込まれている状況は冗長であり、時間の浪費を生み出すことになる。そこで、開発上の冗長性を軽減し、最小限の労力で様々な ALM 機能をサービスに組み込めるようにすることで開発効率を改善することを目指し、RelayCast と呼ぶ機能ユニット指向 ALM ミドルウェアを示す。RelayCast は、最小かつ基本的な ALM 機能を 1 つのユニットとして提供し、また新たなアルゴリズムを柔軟に追加できる枠組みをもつ。具体的な設計を行うにあたり、まず既存の ALM システムを鳥瞰した際に主としてオーバレイネットワーク構築機能とマルチキャストルーティング機能という 2 つの機能を抽象化できるということに着目する。また、通信機能、データベース機能、評価機能に関して共有モジュール機能としてそれぞれ独立化する。すなわち、RelayCast は ALM に関する抽象化された基本機能と共有モジュール機能の、5 つの機能ユニットから構成される。機能ユニットはコンポーネントというそれぞれが異なるアルゴリズムで動作するブロックをもち、適切なコンポーネントを組み合わせることで、RelayCast は様々なサービスからの要求を満たすことが可能である。さらに、上記の設計指針に基づいたプロトタイプ実装を行い、実用性の検証として実験において性能上のボトルネックが生じていないことを示す。

第 4 章では、インフォーマルコミュニケーションを支援するためのプレゼンス機構について論じる。物理的に離れた拠点のユーザ同士が MNS システムなどの仕組みを用いてネットワークを個人化し、それぞれがサービスを共有するような場合、お互いに顔の見えない所にいる相手と信頼関係を常時から醸成しておくことで円滑な運営が行えるであろう。一般に、日常生活の中で雑

談のようなインフォーマルなコミュニケーションを積み重ねることが信頼関係の構築に有益であると言われている。インフォーマルなコミュニケーションは会議などフォーマルなコミュニケーションと比較すると、偶発的で相手も話題も不特定という特徴があり、プレゼンス情報によりユーザの状況を適切に伝達することがインフォーマルなコミュニケーションの支援には重要となる。そこでまず、インフォーマルなコミュニケーションを支援するためのプレゼンス技術に求められる要素を検討し、それに基づくシステム設計を示す。実空間に存在するユーザをネットワーク空間に投影するために、ユーザごとにユーザエージェントを備え、プレゼンス情報の（外部情報源からの）取得、伝達、合成という3段階のプロセスで処理する。このときサーバでプレゼンス情報を処理、蓄積しないことで、情報処理の柔軟性とユーザのシステムに対する安心感を得ることができる。次に、いくつかのプレゼンス情報を利用出来るテストベッドとして実装を行ったサービスを示す。究極的にはある1種のプレゼンス情報を伝えることで目標とするようなコミュニケーション支援をできることが理想であるが、実際にはプレゼンス情報の種類は極めて多岐に渡り、現時点ではその解を見いだすのは非常に困難である。更なる検討を有意義なものとするためには、どのような情報をどのような形で他のユーザへと伝達することがコミュニケーション支援に効果的であるかを、実際に試用していく中で見極める必要がある。最後に、テストベッドを用いて行った、プレゼンス情報のコミュニケーションに与える影響に関する評価実験の結果について報告する。