

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中内 清秀

本論文は、「Content Discovery and Distribution for Internet Distributed Applications (インターネット分散アプリケーションにおけるコンテンツの発見と配信に関する研究)」と題し、7章からなる。将来の3CE (Connections, Computation, Contents Everywhere) 環境においては、ユーザが所望のコンテンツを確実に発見し、かつユーザの環境に適した品質でコンテンツを受信できるようなインフラストラクチャが必須となる。本論文では、インターネット上に広域展開される分散アプリケーションという観点から、(1) どのようなコンテンツ配信機構が必要か、(2) どのように所望のコンテンツを発見するのか、(3) コンテンツをどこに配置すればよいか、という問いに対して論じている。

第1章は、「Introduction (序論)」であり、本研究の背景と目的、本論文の構成について述べている。

第2章は、「Network-supported Layered Multicast (ネットワーク支援型階層化マルチキャスト)」と題し、不均一なインターネットにおいて効率的なストリーム型コンテンツの配信を可能とする階層化マルチキャストに着目し、ネットワーク支援型の階層化マルチキャスト手法 NLM (Network-supported Layered Multicast) を示している。NLM はフィルタリング機構及びシグナリング機構から構成される。輻輳を検出した階層化マルチキャスト対応ルータ LMR (Layered-Multicast-capable Router) によるフィルタリングにより輻輳に対する迅速な対応を可能とする。同時に、各階層の優先度及び下流における割当帯域に基づいたフィルタリング及びLMR 間のシグナリングにより不要階層の転送を防止し、セッション間の公平な帯域割当を可能とする。

第3章は、「Rendezvous Point Based Layered Multicast (ランデブーポイントベース階層化マルチキャスト)」と題し、スパースモードルーティングを採用するネットワーク上で階層化マルチキャストを展開した時の問題点を指摘するとともに、そのような環境においても効率良く機能するレート制御手法であるランデブーポイントベース階層化マルチキャスト RPLM (Rendezvous Point based Layered Multicast) を示している。具体的には、各階層が異なるランデブーポイントに割り当てられるような場合においても、受信する複数の階層をルート(経由するランデブーポイント)毎にグルーピングし、グループ毎にレート制御を行うことにより輻輳の原因となる階層を正確に把握し、迅速に輻輳に対処することが可能となる。

第4章では、「Peer-to-Peer Streaming Distribution Middleware (ピアツーピア型ストリーミング配信ミドルウェア)」と題し、アプリケーションレベルマルチキャスト (ALM) に必須となる基本機能をまとめて提供する ALM ミドルウェア RelayCast を示している。RelayCast を用いることにより、既存のユニキャスト対応アプリケーションをシームレス

に ALM 対応アプリケーションに移行すること、及び新たな ALM 対応アプリケーションの開発を容易にすることが可能となる。まず ALM の機能を抽象化することにより、オーバーレイネットワーク構築機能とそのオーバーレイ上でのマルチキャストルーティング機能を抽出できることを示す。次に、これらの機能を提供する RelayCast のアーキテクチャを示す。RelayCast は、各機能をコンポーネント化し、複数の基本的アルゴリズムをオプションとして選択可能とすることにより、多様なアプリケーションからの多様な要求に対する柔軟性が期待できる。

第5章では、「Distributed Content Search using Query Expansion (クエリー拡張を用いた分散コンテンツ検索)」と題し、クエリー拡張を利用したセマンティック分散コンテンツ検索機構を示している。従来の分散コンテンツ検索機構では単純なテキストマッチに基づいて検索を行うため、クエリーに示された文字列を含むキーワードをもつコンテンツしか発見できない。これに対し、本章で示す検索機構ではキーワードの関連性に着目し、キーワードの関連性を利用したクエリー拡張を行うことにより、目的のコンテンツの発見確率を向上させている。クエリー拡張は各ホストが保持するキーワード関連性データベース (KRDB : Keyword Relationship Data Base) に基づいて行われる。KRDB をホスト間で分散的に更新することにより、検索精度の向上を試みている。

第6章では、「Distributed Content Location for Relative Contents (関連性を有するコンテンツのための分散コンテンツ発見)」と題し、コンテンツの関連性を利用した分散コンテンツ発見機構を示している。ここでは、ネットワーク上に遍在する多数のノードがローカルストレージを互いに共有し合う分散ストレージシステムを想定する。分散ストレージ上で関連コンテンツ群をまとめて発見する場合、各コンテンツを独立に発見する従来手法ではコンテンツ数に比例した数のクエリーが生成され、ネットワークの負荷増大を招く。そこで、本章ではコンテンツの関連性を利用し、関連性をもつ複数のコンテンツを効率良く発見する分散コンテンツ発見機構を示す。具体的には、関連コンテンツ群をディレクトリ構造に基づいてクラスタリングし、クラスタの発見には従来の広域コンテンツ発見手法を、クラスタ内の各コンテンツの発見には高速なローカルコンテンツ発見手法をそれぞれ適用することにより、関連コンテンツ群を高速かつ低負荷で発見、アクセスすることを可能とする。

第7章は、「結論」である。

以上、これを要するに、本論文はインターネット分散アプリケーションにおいて、包括的マルチキャスト配信に向けて階層化マルチキャストレート制御、及びアプリケーションレベルマルチキャストミドルウェアの各アーキテクチャを提案するとともに、高速、スケーラブルかつ確実なコンテンツ発見を目指してセマンティック分散コンテンツ検索機構及びコンテンツの関連性を利用した分散コンテンツ発見機構をそれぞれ提案し、シミュレーション、実装実験などを介して有効性を実証したものであつて、電子情報工学上寄与するところ少なくない。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。