

動的ネットワークにおけるメディア配送機能の設計

中村直毅[†] 菅沼拓夫[†]
木下哲男^{††} 白鳥則郎[†]

利用者指向のVoD環境を実現するための、メディア配送機能の設計について述べる。本機能は動的ネットワークにおけるやわらかいネットワーク層(FN層)の一機能として実現する。具体的には、動画データの配送における利用者要求、ネットワーク状況の特性を考慮し、効果的なメディア配送を実現するために、動画データの配送にかかわる機能群および動画データ自体をエージェント化する。本発表ではエージェント組織設計とエージェントの知識設計について述べる。

Design of the Media Delivery Function on Dynamic Networking

NAOKI NAKAMURA[†] TAKUO SUGANUMA[†]
TETSUO KINOSHITA^{††} NORIO SHIRATORI[†]

This research is the design of a media delivery function for realizing the user-oriented VoD environment, using Flexible Network layer (FN layer) on Dynamic Networking. For realizing effective media delivery, we agentify the video data and the functional groups for delivering it, considering the characteristics of user demand in the delivery of video data, and the network dynamics. In this paper we describe the design of an agent organization and the knowledge of agents for the purpose.

1. はじめに

近年のコンピュータ等の端末の高機能化、およびADSLや光通信ネットワーク等による回線の高速化に伴ない、次世代ネットワークアプリケーションの中心として、VoDなどをはじめとした動画像配信システムが注目を集めてきている。最近では携

帯端末による動画配信サービスも行なわれるようになってきた。そのような背景の中、利用者にとって満足のいくような動画配信サービスを提供することを目的として、低遅延で安定したサービスを提供するためのプロキシをはじめとしたストリーミング配信技術等の研究や、柔軟なストリーミング配信を提供できるようなメディアデータのエンコード形式に関する研究などが行なわれている。

現在のVoDなどの配信サービスの形態では、エンコード形式や解像度などといったサービスの品質が、サービス提供者によってあらかじめ設定されている限定されたサービス形態をとっている。このため利用者が受けることができるサービスは限定され

[†] 東北大学電気通信研究所 / 情報科学研究科
Research Institute of Electrical Communication / Graduate School of Information Science, Tohoku University
^{††} 東北大学情報シナジーセンター / 電気通信研究所
Information Synergy Center / Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

たものとなっている。

また利用端末、利用ソフト、通信環境などといった利用者環境の多様化が進んできており、各々の利用者の要求を可能な限り満たすことができるようなサービスの提供が望まれる。しかし利用者要求は多種多様であり、サービス提供者があらかじめそれらを把握し、全ての利用者の要求を満たすようにサービスを準備することは現実的でない。

本研究では動的ネットワーキングのアプリケーションとして VoD 環境を構築することにより、利用可能なネットワーク / 計算機資源を有効活用しつつ、動画データを必要に応じて適切に変換処理を施しながら配信することによって、利用者の要求を可能な限り満たす柔軟な利用者指向 VoD 環境の実現を目指している。

本発表では、利用者指向 VoD 環境を実現するためのメディア配送機能のエージェント指向設計について述べる。

2. 利用者指向 VoD 環境

2.1 既存の VoD 環境

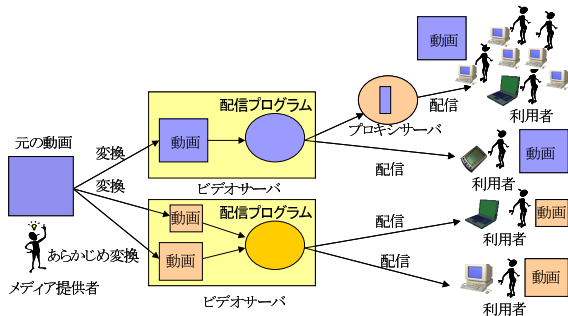


図1 既存のVoD環境

既存のVoD環境は図1に示すようにあらかじめ提供者によって用意された動画データ（以後メディアと呼ぶ）、ストリーミング配信を行なうビデオサーバ、負荷分散・低遅延なサービスを提供するためのプロキシサーバ、および利用者端末であるクライアントから構成される。異なった利用者環境において利用者の要求を満たすことができるようにするため、メディア提供者が必要に応じて、エンコード形式、解像度の異なる動画を複数用意することによって対処したり、あるいはマルチエンコーディング、マルチビットレートなどの技術を利用することによって利用者の要求をできる限り満たすことがで

きるサービスを提供している。しかし多種多様な利用者要求に備えてあらかじめメディアやサーバを準備することは限界があるため、すべての利用者が満足することができるようなサービスの提供は難しいのが現状である。

2.2 利用者指向 VoD 環境

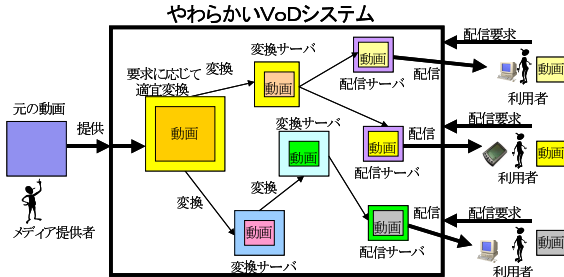


図2 利用者指向VoD環境

既存のVoD環境の場合には、エンコード形式や解像度などといったサービスの品質があらかじめメディア提供者によって設定されており、それを満足できるような利用者がサービスを受ける。またサービスが固定的なため、たとえサービスを受けたとしても、利用者の要求を十分に満たすサービスを受けることは限らない。一方、提案する利用者指向VoD環境は、図2のようにサービス提供者によって与えられたメディアを必要に応じて、利用者の望むエンコード形式や解像度などへ変更し、必要に応じてネットワーク上に存在するストリーミングサーバを有効に利用することによって動的なサービスを提供する。具体的には利用者の要求、ネットワーク / プラットホームの資源状況、各プラットフォームで提供しているメディアに関する機能、および動画データ特性に基づき、ネットワークに配置されたメディア変換サーバを適切に選択し、メディアに対して変換処理を施し、ネットワークの適材適所に配置し（メディア配送）、要求に応じて適切な配信サーバを選択し、利用者へメディアを提供（メディア配信）する。

しかしながらこれらを実現するために必要な情報を統一的に管理し、メディア配送・メディア配信を行うための仕組みが提供されていないため、これらを効果的に行うことは困難である。動的ネットワーキングのやわらかいネットワーク層（FN層）¹⁾においては、利用者のサービス要求やネットワーク / プラットフォームの状況を層内に獲得・保持し、管理するための仕組みを提供しており、FN層の機能を

活用することによって上記の問題を解決可能である。

2.3 動的ネットワークキッキングとFN層

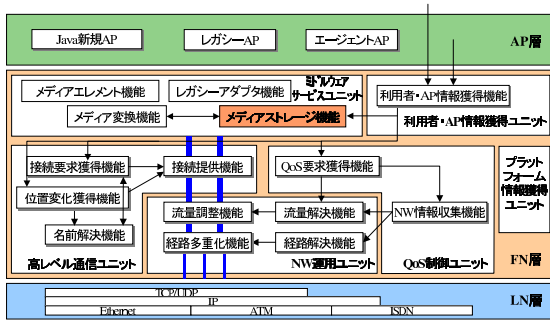


図3 やわらかいネットワーク層の概要

動的ネットワークキッキングアーキテクチャにおけるやわらかいネットワーク層とは、図3に示すようにアプリケーション (AP) 層と論理ネットワーク (LN) 層の間に、両者を効果的に連携させるために導入された新たな機能層のことを指す。FN層は、LN層が提供する従来型のネットワークサービスを抽象化/高度化し、AP層に利用者指向ネットワークサービスを提供する。すなわちアプリケーション/ネットワークのそれぞれの動作状況を自律的/能動的に監視し、ネットワーク状況の変化に応じてアプリケーションを調整・制御するアクティブなミドルウェアである。

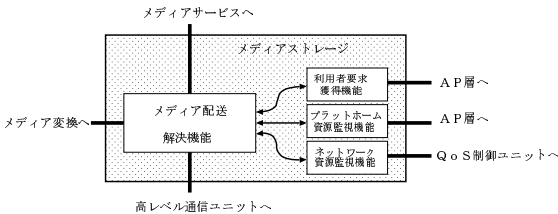


図4 メディアストレージ機能の内部構成

提案するVoD環境はFN層におけるメディアストレージ機能によって実現される。配信を希望するメディアは、AP層からFN層に渡され、メディアストレージ機能で保持される。メディアストレージ機能は、利用者要求や資源状況などの情報から、適切な配送戦略を決定し、必要に応じてメディア変換機能との連携により適切な変換処理を施し、高レベル通信ユニットとQoS制御ユニットとの連携によって適材適所にメディアを配送する機能である。図4にFN層におけるメディアストレージ機能の内

部構成を示す。この中で中心的な機能であるメディア配送解決機能は、利用者要求、ネットワーク/プラットフォームの状況から最適な配送戦略決定し、実行する機能である。

3. メディアストレージ機能のエージェント指向設計

3.1 エージェント指向の適用

メディアストレージ機能は、分散環境の様々な情報を収集し、メディアの配送制御を行うが、集中型の監視・管理機構では負荷・障害の集中やスケラビリティなどの問題があり現実的ではない。そこでメディア配送にかかわる機能群およびメディア自体をエージェント化し、自律的に情報収集・配送戦略決定を行うエージェント群の集団、すなわちマルチエージェントシステムとして設計する。

3.2 エージェントの機能定義

以下にメディアストレージ機能を実現するエージェント群の機能を示す。

- アクティブメディアビークル (AMV)

あるメディアに対し、そのメディアの特性や配送処理のための知識をラッピングした移動エージェントである。AMVは一つのメディアについてコピー・分割・変化・移動・消滅を繰り返すことでAMV組織を作る。AMV組織形成は、個々のAMVに組み込まれたプラン型の知識を用いてプランニング³⁾を行う。またAMVは、ビークルステーション (VS) を滞在の場として利用する。

- ビークルステーション Ag (VSA)

VSを管理する常駐エージェントである。VSAは、VSの存在するCPU・メモリの状態をはじめとした計算機環境の利用状況等の資源の監視や、VS間のネットワーク資源状況の監視およびそのノードで提供している機能を監視し、AMVの組織形成時にその情報を提供する。

- メディア変換 Ag (CA)

AMVと協調してメディア変換を行う常駐エージェントである。特定の計算機上にインストールされた既存のメディア変換プロセスをエージェント化したものである。CAの存在するVSを特別にメディアテラー (MT) と呼ぶ。

- ストリーミング Ag (SA)

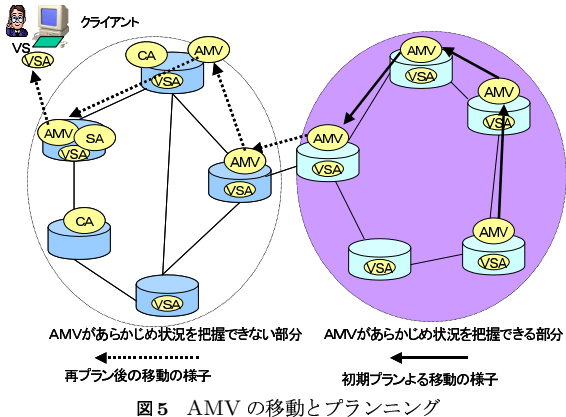
ストリーミング機能を提供する常駐エージェントである。特定の計算機上にインストールされた既存のストリーミングサーバをエージェント化したもので

ある。SA の存在する VS を特別にストリーミングステーション (SS) と呼ぶ。

3.3 AMV の概要

AMV は以下のような特徴を持つ。

- 移動性を持つ。
- 利用者から与えられた要求を実現するために、AMV の振舞いを決定する動作系列であるプランを作成する (プランニング)。
- プランの実行中に、動作を妨げるような問題や競合が生じた場合、実行しているプランの重要度に応じて、他のエージェントから情報を得て、今までのプランを再検討し、新しくプランを作成する (再プランニング)。
- メディア変換 Ag(CA) と協調することによって、保持しているメディアの品質を動的に変更する。



AMV が以上の動作を行うことによって、局所的な情報のみを用いて移動を繰り返し、メディアを配送することが可能となる。例えば図5にあるように、AMV が詳細なネットワークのトポロジーやネットワーク上の機能や利用者要求などを全体に渡って把握することは現実的でなく、把握できる部分と把握できない部分がある。そこで最初はプランニングを行い、局所的な情報のみを用いてVS間を移動し、移動先で再プランニングすることで、その後の動作を決定する。つまりAMVによる動的なメディア変換、移動、プランニング、再プランニングといった能力により、移動先で情報を収集し、必要に応じてメディアの変換を行うことができ、得られる情報が限られた状況下でも柔軟なサービスを提供することができる。

次に図6にFN層におけるエージェントの動作概

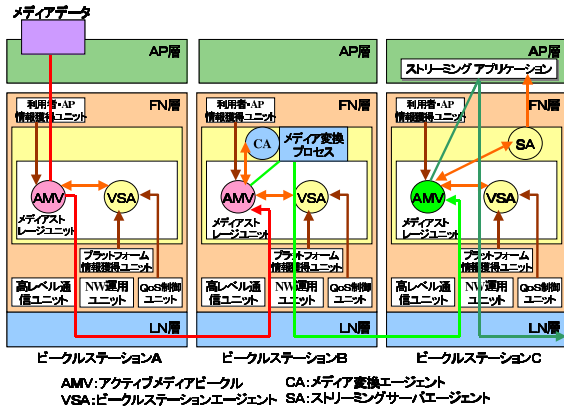


図 6 FN 層における AMV の移動

要を示す。VSA はプラットフォーム情報収集ユニット、QoS 制御ユニットなどからの情報を収集する。メディアがビークルステーション A でFN層の中に保持されることによって、AMV が生成する。その後利用者へメディアを配信するため、AMV はVSA との協調により、メディア変換可能なビークルステーション B を発見し、ビークルステーション B へ移動する。CA と協調しメディア変換を行い、配信サーバがあるビークルステーション C へ移動し、SA と協調してストリーミング配信する。また AMV の移動は、高レベル通信ユニット・ネットワーク運用ユニットによって効果的に配送される。

3.4 エージェント動作設計

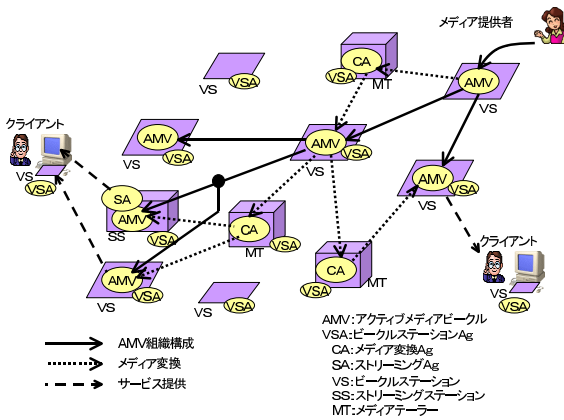


図 7 AMV に基づくメディア配送・メディア配信

図7にエージェント群の動作概要を示す。

- メディア提供者はFN層にそのメディアに関する知識を記述して渡すと、AMV が生成される。

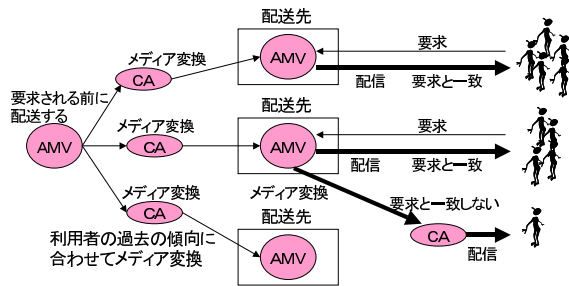


図8 AMVの分散配置

- クライアントの利用者要求は、過去のメディア利用履歴としてFN層内で保持・管理されている。AMVは自身のメディア特性に関する知識と利用者要求から、必要な情報獲得プランを生成し、VSAから資源に関する情報を得る。
- 資源に関する情報に基づき、組織生成プランを生成する。
- CAとの協調によりメディア変換処理を行う。
- 利用者の要求に応じて、AMVとSAとが協調を行い、SSからストリーミング配信する。またはクライアント上のVSに移動し、再生する。

エージェント群の動作について以下に詳しく述べる。

(1) メディア変換処理

AMVが保持しているメディアと利用者の要求するメディアの特性とが異っている場合、メディアを変換する必要がある。AMVは利用者が要求するメディアに変換するため、利用者要求におけるメディア特性(エンコード形式や解像度など)、分散配置されたCAによって提供される変換機能の特徴、機能の稼動状態、ネットワーク資源の状態などから、メディアを変換するための適切な動作をプランニングする。その後作成したプランに従い、適切なノードへ移動し、CAと協調することによって利用者の要求している特性を持ったAMVに自身を変化させる。

(2) AMVの分散配置

できる限り利用者の要求を満たすことができるサービスを実現するため、図8のように、過去の利用者の要求履歴に基づいて、あらかじめメディア変換処理を行い、AMVの複製を分散化させて配置する。これによってメディアが利用者にネットワーク的に近くなるだけでなく、将来利用者が要求する可能性のある形式でメディアが配送され、変換することなくメディアを受け取れる可能性が高くなり、

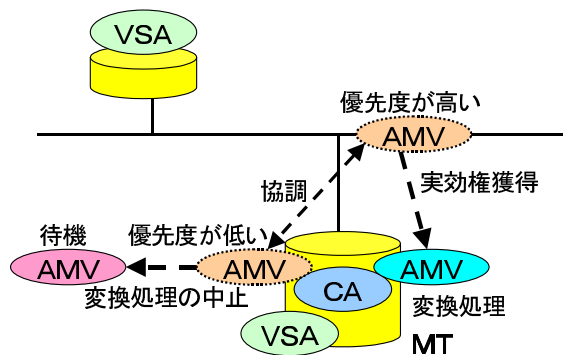


図9 AMVの優先度の違いによる協調

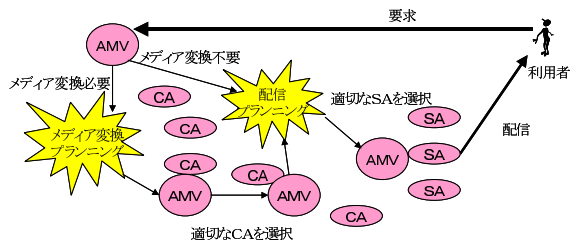


図10 AMVによるメディア配信

要求するサービスを迅速に提供することが可能となる。また、要求を満たすことが出来なかった時には、CAと協調することによってメディア変換処理を行い、利用者が要求したメディアを提供する。

(3) AMV間の協調

例えば図9のように2種類のAMVが同一のMT上に存在し、片方はストリーミング配信要求のために動作しており、もう片方はAMVの分散配置のために動作しているとする。ここではストリーミング配信の方が重要である。そこでAMV間で協調を行い、前者のAMVが優先してメディア変換処理を行う。あるいはディスクスペースに制限があった場合、利用されていないAMVが近くのVSに移動するといったような協調も行う。

(4) 例外によるAMVの再プランニング

AMVがプラン続行不可能になったり、他のAMVと競合するといったような例外が生じた場合には、もう一度プランを練り直す再プランニングを行うことによってプランを適切に再設定して適切に動作する。

(5) 配信

図10のように利用者によってメディアのストリーミング配信が要求されたとする。利用者の要求を満たすサービスを提供できる適切なAMVが存在する場合には、AMVは適切なSAを見付け、それ

と協調することによって、利用者へストーリーミング配信される。また、利用者の要求を満たすAMVが存在しない場合には、適当なAMVが選ばれ、それがCAと協調することによって利用者の要求する形式へメディア変換される。その後、上記の場合と同じようにAMVとSAの協調することによって、利用者へストーリーミング配信される。

4. 各エージェントの知識構成

4.1 AMVの知識

AMVの知識はメディアそのものであるMED、および知識MEDKにより構成される。MEDKは、メディア仕様知識S-MEDK、および動作知識A-MEDKにより構成され以下のようなになる。

AMV ::= <MED, MEDK>

MEDK ::= <S-MEDK, A-MEDK>

S-MEDK ::= <OSPEC, SSPEC, DSPEC, CONT, DEP, ...>

OSPEC: MEDのサイズ・ファイル名等の外部仕様

SSPEC: MEDのエンコード形式等の静的内部仕様

DSPEC: MEDの帯域幅の変化等の動的内部仕様

CONT: MEDのコンテンツに関する知識

DEP: 他のAMVとの依存性に関する知識

A-MEDK ::= <REQ, I_PLAN, O_PLAN, ...>

REQ: 利用者要求理解知識

I_PLAN: 資源情報獲得プランニング知識

O_PLAN: 組織構成プランニング知識

4.2 CAの知識

CAの知識はメディア変換機能そのものであるサービスCServ、および知識CServKにより構成される。CServKは、機能の特徴知識S-CServ、および動作知識A-CServKにより構成され以下のようなになる。

CA ::= <CServ, CServK>

CServK ::= <S-CServK, A-CServK>

S-CServK ::= <SSPEC, DSPEC, OWSPEC, ...>

SSPEC: 提供可能な機能の静的知識

DSPEC: 機能提供状況の動的知識

OWSPEC: 機能提供者による機能要求知識

A-CServK ::= <SINF, OPE, ...>

SINF: 機能提供情報理解知識

OPE: 機能制御知識

4.3 VSAの知識

VSAの知識はAMVへ提供する情報そのものについての知識S-VSAKとそれらの情報を獲得・提供するための知識A-VSAKにより構成され以下の

ようになる。

VSA ::= <S-VSAK, A-VSAK>

S-VSAK ::= <SPEC, ARES, SRES, NRES, ACCP...>

SPEC: VSのホスト名, IPといった静的知識

ARES: 配置されているエージェントに関する知識

SRES: プラットホーム資源状況の動的知識

NRES: ネットワーク資源状況の動的知識

ACCP: 情報に対するアクセス制限知識

A-VSAK ::= <AMVCOM, RES, ...>

AMVCOM: AMVへの情報提供動作知識

RES: 資源情報を獲得する動作知識

5. 実装

本機能の実装においては、ADIPSフレームワーク²⁾の最新バージョンであるDash 1.0を用いる。これは、エージェントが組織構成のプランニング等の高度な処理を行う必要があること、移動性に富むこと、メディア制御が行いやすいプラットフォーム(Java)と親和性が高いことなどが理由である。

6. まとめ

本研究では動的ネットワーキングのアプリケーションとしてVoD環境を構築することにより、利用者指向のVoDサービスの実現を目指している。本発表ではFN層におけるメディアストレージ機能を実現するために、アクティブメディアビークル(AMV)を中心としたエージェント指向設計について述べた。

参考文献

- 1) T. Suganuma, T. Kinoshita and N. Shiratori, "Flexible Network Layer in Dynamic Networking Architecture", Proc of The 1st International Workshop on Flexible Networking and Cooperative Distributed Agents (FNCDA2000), pp.473-478, 2000.
- 2) S. Fujita, H. Hara, K. Sugawara, T. Kinoshita, and N. Shiratori, "Agent-based Design Model of Adaptive Distributed Systems", The International Journal of Artificial Intelligence, Neural Networks and Complex Problem-Solving Technologies, vol.9, No.1, pp.57-70, 1998.
- 3) "Artificial Intelligence - A Modern Approach", Stuart J. Russell and Peter Norvig, 1995