

# 知っておきたいキーワード

## アプリケーションレイヤマルチキャスト

バドゥゲ・ティルミー†

† パナソニック株式会社 本社R&D部門

"An Introduction to Application Layer Multicast" by Thilmee Baduge (Corporate R&D Division, Panasonic Corporation, Osaka)

キーワード：ALM, オーバレイマルチキャスト, P2P

### アプリケーションレイヤマルチキャストとは？

アプリケーションレイヤマルチキャスト（ALM: Application Layer Multicast）とは、その名の通りOSI参照モデルのアプリケーションレイヤ（第7レイヤ）によってマルチキャストを行う技術です。ここで言うマルチキャストとは、1カ所から複数箇所に同時にデータを送信する1対多の通信のことです。

これ以外に、1対1の通信がよく知られているユニキャスト通信と1対全の通信を行うブロードキャスト通信があります。マルチキャストでは選定した複数箇所にのみデータが同時送信できるのに対して、ブロードキャストでは選定できず、指定するネットワーク（例えば、サブネット）のすべての端

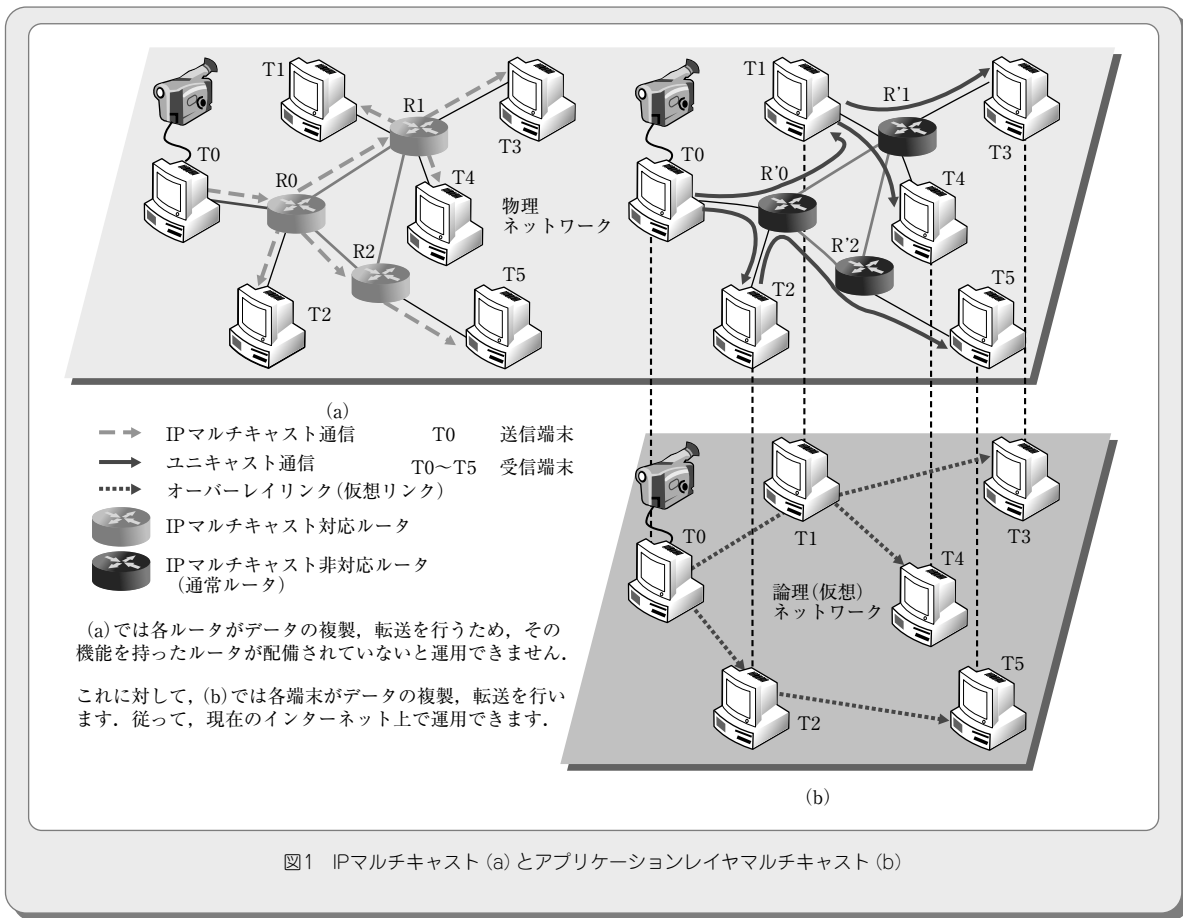
末にデータを同時送信することになります。

マルチキャストには、アプリケーションレイヤマルチキャスト（以下簡単のためALMと書く）に加えて、IPマルチキャストという通信方法もあります。これらの違いは、OSI参照モデルのどのレイヤでマルチキャストを実現するかであり、IPマルチキャストは第3レイヤ（IPレイヤ）、すなわちルータレベルで実現します。

この違いについて図1を用いて説明します。図1(a)にあるように、IPマルチキャストでは、送信端末（T0）はデータを送信したい全端末（T1～T5）のグループアドレスを指定したデータストリームを1本だけ送信します。これを受信したルータ（R0）は、自身から先で経路が分かれる分だけ複製した複数のストリーム（R1, R2,

およびT2宛の合計3本）を送信します。これを各ルータが繰り返すことで、全端末にストリームがちょうど1本だけ届くようになるわけです。

これに対してALMでは、送信端末はデータを送信したい端末の一部にユニキャスト通信（1対1通信）によってデータを直接送信し、それを受信する各端末も、そのデータを残りの端末の一部に送信し、これを各端末が繰り返すことで、全端末にデータが届くようになります。図1(b)にこの様子を示しており、この場合はT0がT1, T2に、T1がT3, T4に、そしてT2がT5にデータを送信していることがわかります。また、図1の左右を比較するとわかるように、ALMではデータの複製、転送は各端末によって行われ、ルータは何ら特殊な役割を果たしていません。



### ALM vs. IPマルチキャスト

一般的にマルチキャストという言葉は、IPマルチキャストを指すことが多く、これは1988年にSteve Deering氏の博士論文によって最初に提案されています。先に説明したように、IPマルチキャストは、ルータによってマルチキャスト機能を実現するため、ルータがIPマルチキャスト対応のもでなければならないという厳しい制約があります。例えば、世界中どこでもIP

マルチキャストを利用可能にするためには、全世界のインターネットで利用されているすべてのルータを置き換える必要があります。無数のキャリアや管理団体によって管理されているこれら装置の置き換えは、そう簡単には実現されず、IPマルチキャストは、それが考えられてから20年以上経っている今でも普及していません。

この問題を解決するために現れたのがALMです。マルチキャスト機能は端末上で動いているアプリケーション

によって実現されるため、現状のインターネット上で動かすことができます。また、端末上で実現されているため、マルチキャスト機能をその用途に合わせていつでも変更、改良でき、柔軟性は非常に高いです。この二つのメリットこそが、ALMが目目されている大きな要因です。

しかしながら、これまでの説明では良いところだけに聞こえるALMですが、実は良いことだけではありません。

### ALMの技術的な課題

ALMでは、エンドユーザ（端末）によってデータの複製、転送が行われるため、特殊なネットワーク（特にルータ）が不要であるというメリットについて前節で説明しましたが、これはエンドユーザの振舞いによって、マルチキャスト機能の性能が左右されるというデメリットにも繋がります。例えば、図2にあるように、端末T3とT4にデータを転送していた端末T2が、セッションから突然抜ける（電源を切る等）ことで、T3とT4は一時的（代替経路が確立されるまでの間）にデータが受信できなくなります。もう一つの課題に、ALMはIPマルチキャストに比べて余分な帯域を消費するという課題があります。つまり、図1 (b) に示すように、ALMでは、ソース端末（T0）以外のノードはデータを送信している

（IPマルチキャストではソース端末以外のノードがデータを受信するのみ）ため、それら端末とインターネットを接続するリンク（アクセスリンク）のアップロード帯域を余分に消費しま

す。しかし近年、アクセス回線が高帯域化（数十MbpsのADSLサービスや光回線等）しているため、アップロード帯域面での課題はそれ程目立たなくなってきています。

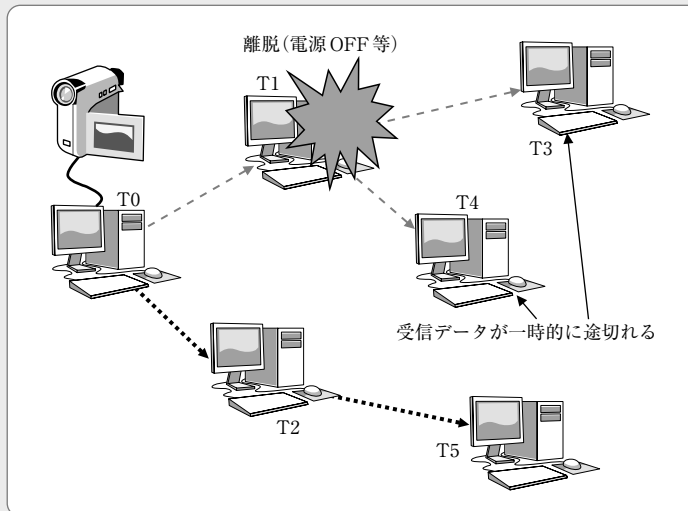


図2 ALMの課題（途中離脱）

### ALMの課題の解決方法

前節での課題を解決する複数の方法が、過去の研究で提案されています<sup>1)</sup>。ここでは、最初に述べたエンドユーザがセッション中に抜ける（以下ノード離脱と書く）問題の解決方法を簡単に説明します。この解決方法は、①冗長経路保持、②修復プラン保持、という2種類に分類できます。冗長経路保持手法とは、図3に示しているように、

同じデータを二つ以上の経路（冗長経路）上に常に流しておくことで、一つの経路が途切れた時（ノード離脱が発生した時）に、残りの経路からデータが受け取れるようにする手法です。これに対して修復プラン保持手法とは、各ノードが自身へデータを送っているノードが離脱した時に、代わりにデータを受信できる代替ノードを予め計算しておき、離脱発生後にその代替ノードからデータを受け取る方法です。前

者は、ノード離脱の際の他ノードへの影響を最小化することができますが、冗長経路用の帯域を余分に消費します。したがって、実際のアプリケーションにどの手法を適用するかは、そのアプリケーションの用途（送信するデータの大きさ、インタラクティブ性の有無等）、および利用環境（各端末のアクセス回線の帯域、ノードの離脱しやすさ等）を考慮した上で決める必要があると言えます。

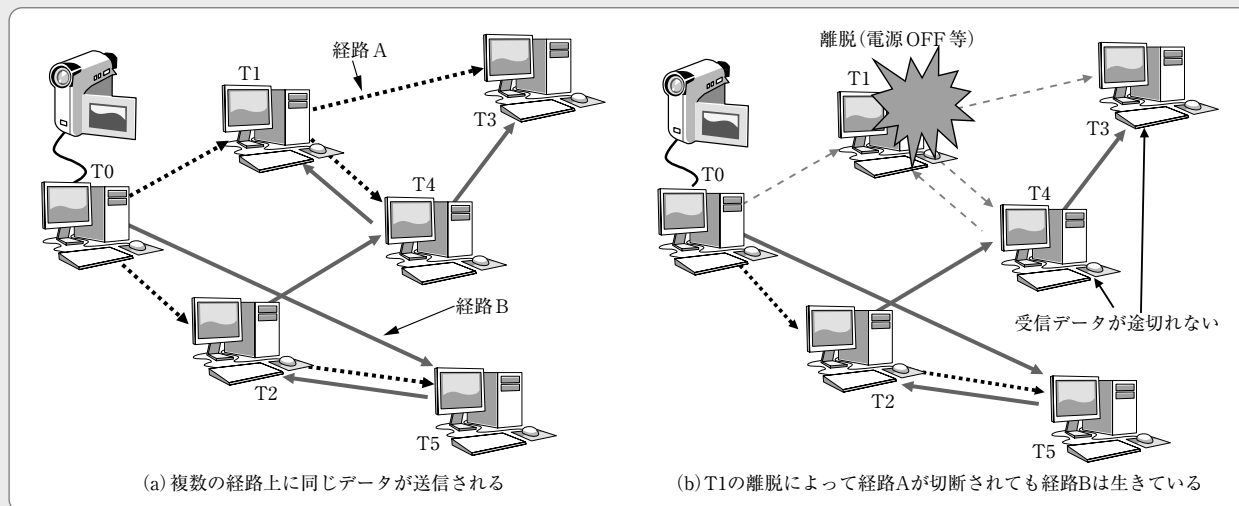


図3 冗長経路形成によるノード離脱対策

### P2PとALMどう違う？

ALMは、マルチキャスト機能を実現するためにエンドユーザ（端末）同士がお互いに通信し合うため、P2P（ピア・ツー・ピア）アプリケーションの一種と言えます。しかし、一般的にP2Pという言葉で指すのは、ファイル交換を行うことを目的としたGnutella, Winny等のアプリケーションのことで、ALMとP2Pの最も大

きい技術的な相違点は、ALMは一般的に同じデータを複製して図1 (b) のようなツリー（配信木と呼ばれる）状に複数箇所に同時に送信するのに対して、P2Pは必ずしも同じデータの複製、送信に限られず、配信木を意識しないデータを送受信することです。また、一般的にP2Pアプリケーションには、そのコンテンツが予め用意されており、リアルタイム性がないという特徴があります。これに対して、ALMが

対象とするのは、リアルタイム性が必要な映像配信（スポーツ中継や遠隔講義等）やビデオ会議等のアプリケーションです。このように、見かけ上の動作が同じように見えても、目的や実現方法がまったく異なっていることから、その本質は同じであっても、P2PとALMは異なるものとするのが一般的です。

### むすび

ALMは普及に苦むIPマルチキャストの代替手法として、過去十数年にわたって注目されてきました。特に近年の広帯域ADSLや光回線の普及に伴

い、高いネットワーク帯域を消費するスポーツ中継や、遠隔講義等の映像配信アプリケーションにも、ますます適用できるようになったと言えます。日本の通信業界も、この背景に後押しされ、NHK<sup>2)</sup> やパナソニック<sup>3)</sup> 等はいち

早くALMを用いた放送や映像配信の実用化を発表しています。今後もALMは、より豊かなコンテンツを、より柔軟な形でユーザに提供する技術として大いに活躍することでしょう。

(2009年8月31日受付)

### 参考文献

- 1) M. Hosseini et al.: "A Survey of Application-Layer Multicast Protocols", IEEE Communications Surveys, 9, 3, pp.58,74 (2007)
- 2) [http://av.watchimpress.co.jp/docs/news/20090519\\_169569.html](http://av.watchimpress.co.jp/docs/news/20090519_169569.html)
- 3) <http://panasonic.co.jp/pcc/news/2009/jn090605/jn090605-1.html>



### バドゥゲ・ティルミー

2003年、神戸大学工学部情報知能工学科卒業。2005年、大阪大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。同年、同大学院情報科学研究科博士後期課程入学。2008年、大阪大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。同年、パナソニック（株）本社R&D部門に入社。マルチキャスト通信などの研究に従事。

### キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ (<http://www.ite.or.jp>) の会員の声より入力可能です。また電子メール ([ite@ite.or.jp](mailto:ite@ite.or.jp))、FAX (03-3432-4675) 等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。

(編集委員会)