

WIDE Technical-Report in 2013

アプリケーション層マルチキャ
ストによる遠隔講義
wide-tr-muramoto-almultitalkexp-00.pdf



WIDE Project : <http://www.wide.ad.jp/>

*If you have any comments on WIDE documents, please contact to
board@wide.ad.jp*

Title: アプリケーション層マルチキャストによる遠隔講義
Author(s): 吉田 達哉 (yoshida.tatsuya@jp.panasonic.com) バデ
 ウゲ テイル ミー (baduge.thilmee@jp.panasonic.com)
 後藤 博喜 (gotoh.hiroki@jp.panasonic.com) 村本 衛
 一 (muramoto.eiichi@jp.panasonic.com) 工藤 紀篤
 (kudo@sfc.wide.ad.jp) 大川 恵子 (keiko@sfc.wide.ad.jp)
Date: 2013-08-19

Title: アプリケーション層マルチキャストによる遠隔講義

Author (s) :

吉田 達哉 (yoshida.tatsuya@jp.panasonic.com)

バデウゲ ティルミー (baduge.thilme@jp.panasonic.com)

後藤 博喜 (gotoh.hiroki@jp.panasonic.com)

村本 衛一 (muramoto.eiichi@jp.panasonic.com)

工藤 紀篤 (kudo@sfc.wide.ad.jp)

大川恵子 (keiko@sfc.wide.ad.jp)

Date: 2013-08-19

アプリケーション層マルチキャストによる遠隔講義

— 実証実験の報告 —

吉田 達哉, バデッゲ ティルミー, 後藤 博喜, 村本 衛一 (パナソニック)

工藤 紀篤, 大川恵子 (慶應義塾大学)

本稿では、ALM (Application Layer Multicast) を用いた遠隔講義向け配信システムとその実証実験の紹介を行う。多くの遠隔講義において、多地点を接続する際にはMCU (Multipoint Control Unit) が用いられているが、MCUには導入コストと運用コストが高いという課題があった。本稿で紹介する ALM を用いたシステム (名称: 「ALM マルチトーク」) はこれらの課題を解決できるものであり、選択した 2 拠点間のリアルタイム会話ができ、その会話を残りの拠点 (最大 30 拠点) にリアルタイム配信できるものである。今回、慶應義塾大学、京都大学、広島市立大学、キャンパスプラザ京都を接続して行われる遠隔講義「21 世紀の企業の挑戦」の運用において本システムの実証実験を行い、実用性を確認した。その結果、講演と講演後の質疑がある遠隔講義や遠隔セミナーのような用途において十分適用可能であることが確認できた。

1. 背景

近年、ネットワーク回線の高速化や機器・ツールの低価格化など環境が整ってきたこと、及び二酸化炭素排出削減や出張コスト削減等の要望が高まってきたことなどから、企業、教育機関等でリアルタイムのストリーム伝送による遠隔 TV 会議の利用が急速に進んでいる。また、これらのシステムは 1 対 1 の遠隔 TV 会議の利用に留まらず、1 対多の片方向配信を利用した遠隔講義、デジタルサイネージやイベントのライブ配信、多対多の双方向通信による多拠点遠隔 TV 会議など、多様な用途で利用されている。

上記用途のうち多数の拠点が関わる多対多、及び 1 対多の片方向配信又は双方向通信を実現する方法として、MCU (Multipoint Control Unit) を経由した多拠点接続が広く用いられている。しかし、一般的に MCU は導入コスト、運用コストとも高く、その用途によってはオーバースペックとなることもある。特に上記用途のうち 1 対多の配信は多対多の通信に比べて、MCU のリソース消費が少なく、オーバースペックであると言える。よって、必要な機能だけを備えることでより安価に導入、運用できるシステムが求められている。そこで、我々は ALM (Application Layer Multicast) 方式による「2 対多の配信システム」を実現した。本システムは、多数の拠点のうち任意の 2 拠点が双方向通信ができると同時にそれら 2 拠点から残りの全拠点へ片方向配信もできるものである。従来の 1 拠点から多拠点に配信を行う 1 対多の配信に比

べて 2 拠点から多拠点に配信できることから本システムを 2 対多の配信システムと定義した。また、前記のように選択した 2 拠点が双方向通信できることも大きな特徴であり、遠隔講義等に最適なシステムとなっている。遠隔講義の基本的な動作モードとしては「講義中」と「質疑応答中」があり、これらに対応するコミュニケーションパターンは講義中は先生から各生徒への 1 対多の配信、質疑応答中は、生徒-先生間の双方向通信である。また、生徒からの質問が順番に行われるのは一般的であり、複数生徒が同時に先生と通信する必要はない。よって、双方向通信は先生と任意の 1 生徒間で行われる 2 拠点通信に限り、我々が提案する 2 対多の配信システムが必要十分な機能を備えている最適なものと言える。以降、本 2 対多の配信システムを「ALM マルチトーク」と記す。

改めて、ALM マルチトークのメリットを記載する。ALM は、各端末がパケットの複製や転送といったマルチキャストの機能を行う (仮想的なマルチキャストを実現する) ため、配信元のネットワーク回線コストを抑えた大規模な片方向配信が実現できるというメリットがある。一方、一般的な ALM は片方向通信に限定されており、遠隔講義等多少でもインタラクティブ性が必要な用途では使いにくかった。これに対して ALM マルチトークは、選択した 2 拠点間の会話もできるようにしたことで、ALM のメリットを活かしながら、インタラクティブ性も実現し、ネットワーク回線コストが安く、かつ、遠隔講義等に必要インタラクティブ性も提供するものである。

Copyright Notice

Copyright (C) WIDE Project (2013). All Rights Reserved.

今回、本システムの実証実験として、慶應義塾大学、京都大学、広島市立大学、キャンパスプラザ京都を接続して行われる遠隔講義「21世紀の企業の挑戦」にて運用を行い、実用性を確認した。

以降、第2章ではMCUと比較したALMマルチトーク方式の特徴の示し、第3章でシステム構成を説明する。第4章では遠隔講義における実証実験の内容と結果について報告し、第5章で結論と今後の展開を述べる。

2. ALM 適用のメリット・デメリット

本章では、MCUを用いた多地点通信とALMマルチトーク方式を用いた配信システムの差異について説明する。MCU方式、ALMマルチトーク方式について説明した後、それぞれの利点、欠点を比較する。

2.1 MCU 方式

MCUとは、複数拠点とTV会議を行うために設けられる多地点通信制御装置のことである。MCUとそれぞれのTV会議システムは1対1で接続されたスター型のネットワーク構成になる。MCUの構成を図2-1に示す。

それぞれのTV会議システムの映像をMCUが受信してデコードし、16分割画面等に配置し直した映像をMCUが再エンコードし、それぞれのTV会議システムに伝送する。音声も同様に、それぞれのTV会議システムからの音声をデコードして合成したデータをMCUが再エンコードして、それぞれのTV会議システムに伝送する。

TV会議システムメーカーやMCU専用メーカーがMCUを製造販売している。

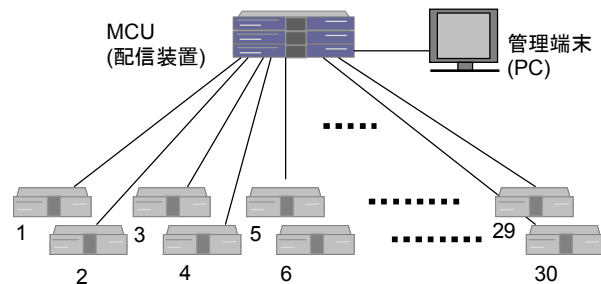


図 2-1. : MCU 方式の構成

2.2 ALM マルチトーク方式

ALMマルチトークとは、2つの送信元TV会議システムからの映像音声のストリームを他のTV会議システムにALM方式で伝送することで、2地点が会話する映像音声を多数のTV会議システムに配信する方式である。受

信・中継端末では、Side by Sideの2画面表示の映像と合成された2拠点の音声再生される。中継端末では、映像音声の再エンコードは行わず、下流の受信・中継端末に向けてパケットを複製転送することで、多地点配信を実現する。

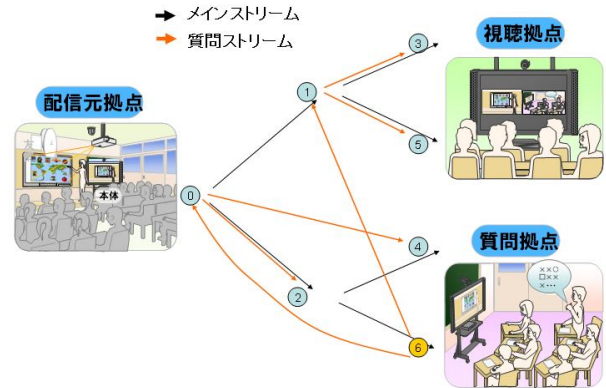


図 2-2. ALM マルチトーク方式

2.1 MCU 方式と ALM マルチトーク方式の比較

2.3.1 導入コスト

MCUには、複数のデコーダ、エンコーダの搭載が必要となり、製造コストは高くなるため、販売価格も高額となる。対応する拠点数が多くなれば、その分製造コストが大きくなる。MCU方式を採用するユーザは、MCUを購入しデータセンタ等に配置する必要がある。

ALMマルチトークでは、TV会議システムが搭載しているデコーダ、エンコーダを利用する。ALMマルチトーク方式を採用するユーザは、新たな通信装置をデータセンタ等に配置する必要がない。

2.3.2 運用コスト

MCUでは、TV会議システムが配置される拠点の回線コストに加えて、MCUを配置する拠点に全拠点と接続して双方向に映像音声ストリームを伝送するための広帯域の回線を導入し、運用する必要がある。

ALMマルチトーク方式では、TV会議システムが配置される拠点の回線コストのみとなる。

2.3.3 映像品質

MCU方式では、MCUを設置した拠点に広帯域の回線を導入すれば、フルHD等の高画質で通信できるが、例えば、MCUを実効帯域10Mbps程度の回線で運用し30地点に配信する場合、1拠点あたり333kbps程度の帯域が利用可能であり、モノラル音声帯域やIPオーバーヘッド

を差し引いて映像レートは 300kbps 未満となるため、HD 映像伝送は困難となる。

ALM マルチトーク方式では、2 分木で配信を行う場合、TV 会議システムが配置される拠点の回線の半分を映像音声に割り当てられる。ALM マルチトーク方式で配信木を 2 つ運用する場合、更に半分となり、回線の実効帯域の 1/4 を 1 つの映像音声ストリームに割り当てることができる。例えば、実効帯域 10Mbps 程度の回線で運用し、30 地点に配信する場合、1 拠点あたり 2.5Mbps 程度の帯域が利用可能となり、ステレオ音声帯域や IP オーバヘッドを差し引いても、HD 映像伝送に十分な帯域を割り当てることが可能となる。

2.3.3 インターラクティブィティ

MCU 方式では、すべての拠点の映像音声は常に再生されているため、発言する拠点が頻繁に変わるような討議に向いている。しかし MCU におけるデコード、エンコード処理により直接接続時よりも映像音声の遅延が大きくなる。特に複数 MCU のカスケード接続時には高遅延となり複数地点間でのインタラクティブな会話時に違和感やストレスを感じやすい。

ALM マルチトーク方式では、同時に 2 拠点のみが会話可能であるため、発言する拠点が頻繁に変わるような討議には向かない。しかし、通話している 2 拠点の間では、再エンコードが行われないので遅延が小さくなり、高頻度でテンポよく 2 拠点が掛け合いを行う会話を行ってもストレスはない。

3. システム構成

本章では、実証実験で利用した、ALM マルチトーク方式による配信システムの構成について説明する。

本システムにおける ALM 配信機能は、二分岐の木構造で論理ネットワーク（配信木）を構成し、配信元端末から送信された映像・音声ストリームを、各端末が転送していくことで全受信端末に配信する。ALM 配信機能の構成を図 3-1 に示す。映像・音声の配信元拠点に設置した配信端末が、ストリームを 2 つの受信拠点に送信する。ストリームを受けた先の受信拠点が、更に配信先がある場合にはストリームを中継する中継端末となり、最大で 2 つの拠点に中継し、受信端末が中継を繰り返すことで全受信拠点へストリームを送信する。配信拠点には配信端末を制御するタブレット等の操作端末があり、操作者が配信の開始、終了等の制御を行う。

木構造による ALM では、中継している端末がネットワーク切断等で配信木から離脱した場合に、中継先の端末での映像・音声の再生が途切れてしまう課題があるが、配信端末が参加端末と定期的にメッセージを交換して生存確認を行い、離脱時にはすぐに検知して配信木の自動的な再構成を行うことで、映像・音声の乱れを最小限とるようにしている。

また、帯域が保障されておらず利用可能帯域が変動するインターネット回線等では、変動する帯域にあわせた送信レートで配信のストリームを送信しなければ、パケットロスにより再生映像・音声は乱れてしまう。本 ALM 配信機能では、各端末間のストリーム伝送経路で利用可能帯域推定を行い、推定結果を配信端末に集約し、最も低い推定結果に合わせて送信エンコードのレートを適応的に制御する機能により、映像・音声の乱れを抑えている。

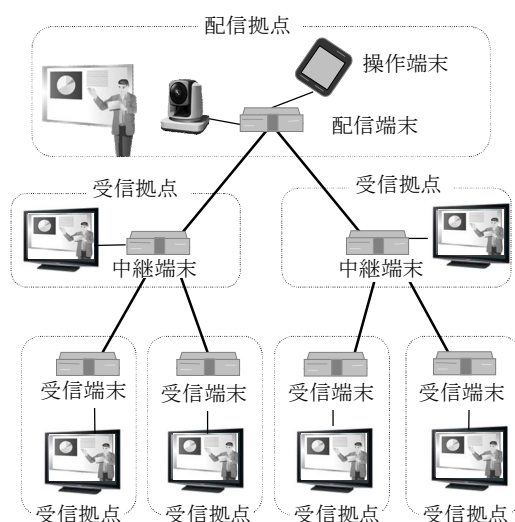


図 3-1. ALM 配信システム

遠隔の受信拠点から講師がいる拠点への質疑応答は、複数の配信木を構築する ALM マルチトーク方式で実現する。本配信システムでは、最大で 2 つの配信木を構築でき、配信元と選択された 1 つの受信拠点での会話を実現できる。

ALM マルチトーク方式による質疑応答実現の概要を図 3-2 に示す。配信端末から実線で示される配信ストリームの二分岐の配信木に加えて、点線で示される受信端末が送信元になった質問ストリームの二分岐の配信木が構築され、各端末に映像・音声を配信している。これにより、配信端末と送信元となっている受信端末は、それぞれ相手の映像・音声を再生して拠点間で会話をするこ

とができ、他の拠点の中継端末、受信端末は、受信している2つのストリームを再生することで、2拠点の会話を視聴することができる。

受信端末が送信元になりたい場合は、発言要求をあげることができる(挙手機能)。発言要求は配信端末に届き、他に送信元になっている受信端末がない場合、2つ目の配信木が構築され、配信元と会話を行うことができる。送信元になっている受信端末がいる場合は、発言要求は配信端末に蓄積され、どこの拠点で発言要求があるか、配信元の操作者は操作端末で確認できるようになっている。質疑をやめる際は、配信端末の拠点で操作者が終了操作を行うか、送信元になっている受信端末からの発言キャンセル操作で、質問側の配信木を解除して送信を止め、配信端末からの配信のみに戻すことができる。また、配信端末の拠点で質問ストリームの送信元切替え操作を行うことで、質問者の配信木を再構築して、送信している拠点を切り替えることができる。

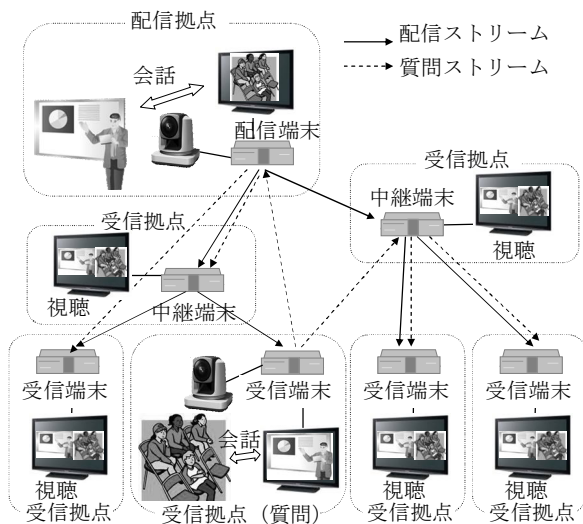


図 3-2. ALM 配信システムの会話機能

4. 実証実験

本章では、実証実験の目的、遠隔講義の概要や運用について説明する。

4.1 実験の概要

本実証実験は遠隔講義「21世紀の企業の挑戦」にて行った。この遠隔講義は慶應義塾大学に開設された寄附講座を京都大学、広島市立大学、キャンパスプラザ京都からも参加できるようにしたもので、本実験では4拠点を3章で説明したALMマルチトークの配信システムで接

続して行った。また、遠隔講義ではあるが各大学において単位が認定される講座である。実施期間は2012年10月2日～2013年1月8日の全15回(毎週火曜日の14:45から16:15)にて行った(※広島市立大学は14:40～16:10と5分ずれる)。講義のスタイルは毎回異なる企業から講師が大学へ来訪して講演を行い、最後に質疑応答を行う形式である。質疑応答は遠隔の大学からも毎回行われた。

複数の配信木による会話機能は、講師が講演している配信元拠点と、質問者がいる選択した1拠点との会話を他の拠点が視聴する構成であり、MCUなどの多地点会議システムとは異なるインタラクションとなる。よって、適用可能なユースケースを抽出するフィージビリティ調査を行う必要があり、下記の2点を本実験の目的とした。

- ① 複数の配信木による会話機能を利用した大学間の遠隔講義、さらには企業内での利用についての適応可能性を検証する。
- ② 遠隔教育等の研究に携わる大学関係者に利用してもらい、改善点を抽出する。

4.2 実験の構成・運用

4.2.1 ネットワーク構成

本実証実験における遠隔講義では、慶應義塾大学SFC、京都大学、広島市立大学、キャンパスプラザ京都の各拠点にTV会議端末を設置し、各大学・拠点内ネットワークから学術情報ネットワーク(SINET)を経由して接続する。講義では、プレゼンテーション資料用に片方向の配信のみに利用するTV会議端末と、講師映像を配信し、質疑応答の際にはALMマルチトーク機能で会話を実現するTV会議端末の、2台の端末を各会場に設置する。

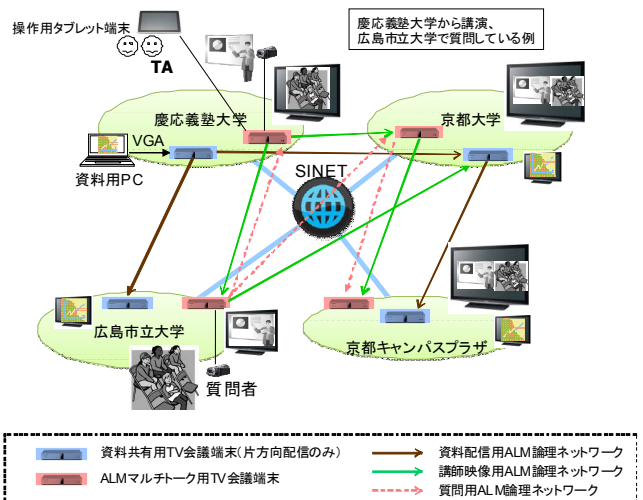


図 4-1. 遠隔講義のALM配信の一例

4 拠点に配信を行うため、配信元拠点から二分岐で送信されたストリームは、他の2拠点で受信し、そのうち1拠点は中継して残りの1拠点にストリームを転送する。授業の開始の際、資料用の端末の配信木と、講師映像用の端末の配信木と2つの配信木が構築される。更に、質疑応答を行う際には、講師映像用の端末がもう1つの配信木を構築し、複数の送信元のストリームをALMで配信する。ALMの論理ネットワーク構成の一例（慶應義塾大学が講演の配信元となり、広島市立大学から質問をしている際の構成）を図4-1に示す。本実証実験では各拠点が持ち回りで配信元となるため、ALMの論理ネットワーク構成は配信元が変わるたびに異なるものになる。

4.2.2 講義室の構成

各教室には既存の映像音響システムがあるため、既設のシステムの入出力系統にTV会議端末を接続して、遠隔講義を実現した。配信元拠点、視聴拠点とも、資料及び遠隔映像を映すためのプロジェクタとスクリーン、音声再生のためのスピーカ、カメラ、マイク等の入力系統、また、音声ミキサや映像スイッチャ等が必要となるが、基本的には教室の既存設備を活用し、一部、追加で必要となったカメラや映像変換のためのコンバータ類を今回の実証実験のために設置した。実証実験においてこれらの機材の評価は目的としていないため、詳細は割愛する。

4.2.3 視聴拠点映像表示機能の概要

講師が遠隔拠点の生徒の反応も把握しながらの講義を可能としたい、また、遠隔拠点にあっても講師や他拠点の生徒に見られるている感覚からくる緊張感が欲しいとの要望があり、京都大学の教室にもそのためのバックスクリーンが備えられていることから、視聴拠点映像の表示機能についても追加し、実証実験で評価を行った。

全受信拠点の様子が共有できるように、受信拠点のTV会議端末が、自拠点の映像の静止画(約10秒間隔で更新)を作成する。配信拠点の操作端末(タブレット端末)は直接各拠点から画像を収集し、講師に提示できるシステムとした。また、タブレット端末以外にも専用サーバから全拠点の画像を取得できるシステムを構築し、遠隔拠点においても、専用サーバにアクセスして取得した視聴拠点の様子を静止画でモニタして、プロジェクタに投影するなど各講義室で提示した。モニタしている画像の様子を図4-2に示す。

4.2.4 遠隔講義での運用について

遠隔講義は各大学数名のスタッフで運用されており、設営、操作や進行補助を行っている。本実証実験では講義開始前には配信拠点と各拠点とで音声確認を行い、マイク入力レベル、音声出力レベルの調整を行い、質疑応答時の準備を行った。教室が前の授業で利用されている拠点もあり、15分程度の空き時間で設営及び事前接続確認を行う必要があった。講義開始後はIRCにて各拠点の運用者と講義の進行情報を共有し、質疑応答開始前に質問拠点の順番を事前に調整しておき、配信拠点におけるタブレット端末の操作により質疑応答の開始・終了を行った。よって質疑応答は、進行を行う配信拠点の教員によりどの拠点から質問を行うかを制御して行われた。



図4-2. 各視聴拠点のモニタ画像の例

4.3 実験結果

実証実験としてのフィードバックを得るため、関係者から改善点や意見のヒアリングを行い、結果を整理した。

①ALM 配信の適用可能性について

- ・3ヶ月の講座で実運用を行い、講演と講演後の質疑の遠隔講義スタイルでは適用可能であることが確認できた。

- ・同様なスタイルが想定される企業ユース(遠隔セミナー等)でも適用可能であるとのコメントを、実験に協力頂いた有識者より頂いた。

②改善要望について

- ・操作性の鍵となる操作タブレット端末の操作アプリケーションのUIの改善。具体的には、運用スタッフ1名でも運用可能な操作性の実現。

- ・各種状況(他拠点の情報も含む)の把握機能。

- ・講義開始前の音声疎通確認の効率化。

③会話のしやすさや映像・音声の品質について
・質疑応答では遅延が短く会話しやすく、映像・音声共に高品質であり、ネットワーク混雑時の乱れ防止の機能があり快適であった。

P.Y., "Treemap - The Fast Routing Convergence Method for Application Layer Multicast", Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2010 7th IEEE ,pp.1-5, 9-12 Jan. 2010

5. 結論および今後の展開

本稿では、ALM を用いた遠隔講義向け配信システム、「ALM マルチトーク」とその実証実験の紹介を行った。選択した2拠点間のリアルタイム会話ができ、その会話を残りの拠点（最大30拠点）にリアルタイム配信するALM マルチトークによって、導入コスト、及び運用コストが高くなるMCUの課題を解決することができた。また、遠隔講義等において十分に適用できることは今回の実証実験であった慶應義塾大学、京都大学、広島市立大学、キャンパスプラザ京都を接続して行われた遠隔講義「21世紀の企業の挑戦」の運用によって確認できた。

今後は本運用において改善要望として挙げた、操作性の鍵となる操作タブレット端末の操作用アプリケーションのUIの改善、各種状況（他拠点の情報も含む）の把握機能の提供、講義開始前の音声疎通確認の効率化等に取り組む予定である。

6. 謝辞

本実証実験に多大なご協力頂いた慶應義塾大学 小澤太郎教授、京都大学 中村 裕一教授、小泉 敬寛 助教、広島市立大学 前田 香織教授、キャンパスプラザ京都の担当者様、本実験へご協力いただいた関係諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) 吉田達哉, バデューゲティルミー, 米田孝弘, 後藤博喜, 村本衛一, 金子仁, 森田直樹, "アプリケーション層マルチキャスト(ALM)による多地点配信システムのビデオ会議端末への搭載", デジタルプラクティス, 情報処理学会, Vol.4, No.2, pp.191-199, 2013
- 2) Baduge T., Ping L.B., Akashi K., Soong J., Chinen K.-I., Ettikan K.K., Muramoto E., "Functional and Performance Verification of Overlay Multicast Applications - A Product Level Approach", Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2010 7th IEEE, pp.1-5, 9-12 Jan. 2010
- 3) Lim, B.P., Karrupiah E.K., Lin E.S., Phan T.K., Thoai N., Muramoto E., Tan P.Y., "Bandwidth Fair Application Layer Multicast for Multi-Party Video Conference Application", Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2009 6th IEEE, pp.1-5, 10-13 Jan. 2009
- 4) Phan K.T., Thoai N., Muramoto E., Ettikan K.K., Lim B.P., Tan

Copyright Notice

Copyright (C) WIDE Project (2013). All Rights Reserved.