

P2P を応用した大規模映像配信システムの実用化

多田厚子 †1 田中竜太 †1 高尾典佑 †2

ユニキャストを利用して端末間でデータをリレー転送する P2P(Peer to Peer)技術を応用した企業等のイントラネット向けの映像ライブ配信向けの独自 ALM (Application Level Multicast) 技術を開発した。本技術は、独自のプロトコルにより端末情報をグループ化して分散管理することで、企業内のイントラネットへの影響を抑制しつつ映像配信コストの大幅な削減を実現している。この技術をベースとした映像ライブ配信システムを筆者らの社内に構築し、大規模配信時でも事業所間ネットワーク使用率を 5%以下に抑え、さらにサーバ負荷はクライアントサーバ型配信に対し 1/400 を達成している。本システムを活用し、既に数千端末以上の大規模イベント中継を年数回、中小規模のイベント中継を毎月約 15 回以上のペースで配信し、社内情報共有に大きな実績を上げている。以下に、開発技術及び数千端末規模の企業内ライブ配信事例について説明する。

Practical use of large-scale video delivery system using P2P technology

ATSUKO TADA †1 RYUTA TANAKA †1 NORISUKE TAKAO †2

1. はじめに

近年、ネットワークの高速化や CDN(Content Delivery Network)の普及、映像の圧縮技術の進化、および PC の性能向上等により手軽に高画質な映像を視聴できる環境が整ってきた。YouTube やニコニコ動画など VoD(Video on Demand)型の映像サービスがコンシューマ分野で広く普及している。また、ライブ映像配信についても利用が広がりつつあり、即時性の高い SNS(Social Networking Service)等との相性の良さから、今後さらに普及が進むものと期待されている。

一方、企業内に目を向けると、映像コンテンツの活用はコンシューマ分野に比べてまだ限定的であり、社内教育等の一部の場面で映像コンテンツが利用されているのが実状である。今後は、映像コンテンツの持つ情報量や理解のし易さ等の特性を生かし、より質が高くスピーディな情報共有のために映像コンテンツを活用し、企業の業務効率を改善していくことに期待が高まってくものと思われる。

企業内の情報共有システムにおける動画コンテンツの扱いとしては、動画コンテンツをファイル共有または VoD でプログレッシブ再生 (ストリーミング) するケースと、即時性の高い動画コンテンツを一斉視聴するライブ配信 (ライブストリーミング) するケースの二つに大別できる。筆者らは、後者の企業内ライブストリーミング向けに、P2P(Peer to Peer)技術を応用した独自プロトコルによる

ALM (Application Level Multicast) 技術の開発に取り組み、動画の配信コスト、およびネットワーク帯域の大幅な削減が可能で大規模ライブ配信システムを開発した。筆者らの社内イントラネットにおいてネットワークインフラを増強することなく、数千端末の大規模から数百～数十端末の中小規模に至るまで、様々なイベントを年間数百回にわたりライブ配信している。本報告では、2 章で企業内映像配信の課題について延べ、3 章で開発技術について説明する。4 章で数千端末規模の企業内ライブ配信事例についてデータを示して評価し、5 章で考察をまとめる。

2. 企業内映像配信の課題

一般に企業内のイントラネット構成として、事業所内では高速なネットワークが構築されている一方で、事業所間のネットワークは比較的細いことが多いため、広域にわたり大容量の映像コンテンツを大規模に配信する場合は、配信データ量が一般的な業務通信へ与える悪影響について十分な配慮が必要である。

例えばクライアントサーバ型 (以下 C/S 型) の映像ライブ配信システムを導入するためには、受信端末数に応じた適切な配信サーバ数やネットワーク帯域を見積もり、インフラを設計し増強することが必須となる。配信サーバの負荷軽減や事業所間ネットワークのデータ量削減の別の方法として、キャッシュサーバを適切な事業所単位に構築する等の解もあるが、いずれの場合においても、イベント内容や時間帯により視聴のピーク需要が大きく振れるライブ配信では、インフラ投資規模の見積もりが非常に難しい。

†1 富士通研究所
FUJITSU LABORATORIES LIMITED.

†2 富士通㈱
FUJITSU LIMITED

これに対して ALM (Application Level Multicast) 技術は、アプリケーションレベルでユニキャストを利用し、端末間で映像データをリレー転送して既存ネットワーク上でマルチキャストを実現する。C/S 型配信に比べ、配信サーバや配信センター側ネットワークの負荷を軽減することが可能であり、またキャッシュサーバを配備する必要もない。

ALM 技術におけるデータのリレー経路の制御方法としては、例えば端末離脱時のリレー経路修正方法[1]や、物理網を考慮したルーティング方式[2]など様々な方式が提案されている。

ここで、筆者らは、企業内ライブ配信を適用対象とした ALM 技術においては、既存の社内イントラネット上で細かい事業所間ネットワークを輻輳させることなく効率的に帯域を利用し、一般の業務通信への影響を抑えることが可能な端末間通信プロトコルやリレー経路の制御方法が重要な技術課題と考えた。本技術による開発システムにおいて、社内イントラネットでの数千規模のライブ配信を可能とし、この時、事業所間ネットワークの帯域使用率を 5%以下に抑えることを目標とした。

3. 開発技術

3.1 システム概要

開発システムは配信サーバを頂点とした木構造のリレー経路を生成する独自の ALM 技術に基づいている (図 1)。

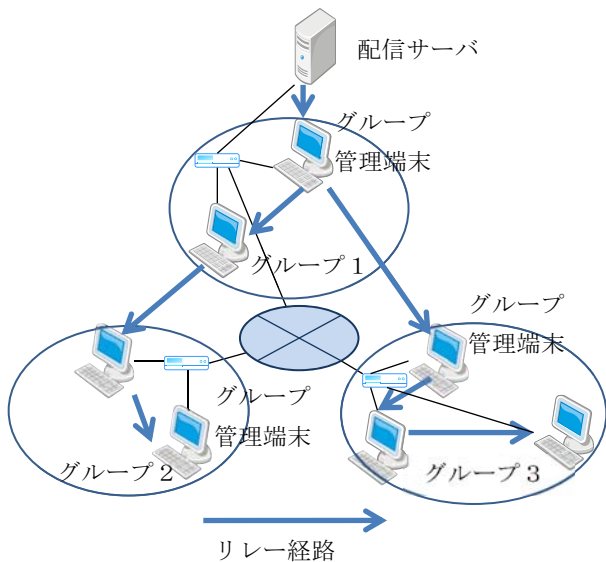


図 1. 開発システムのリレー経路
Figure 1. Relay path of developed system

本 ALM 技術では、リレー経路を構成するノードである各端末をグループ化し、各グループに管理端末を配備してグループを管理、制御する点の一つの特徴である。制御ネットワークとしては、グループ管理端末によってグループ間を木構造で接続し、グループ内はグループ管理端末を中心

としたメッシュ構造で各端末を接続する (図 2)。映像データはグループ内を木構造でリレー転送し、またグループ間も上位グループから下位グループにリレー転送する (図 1)。

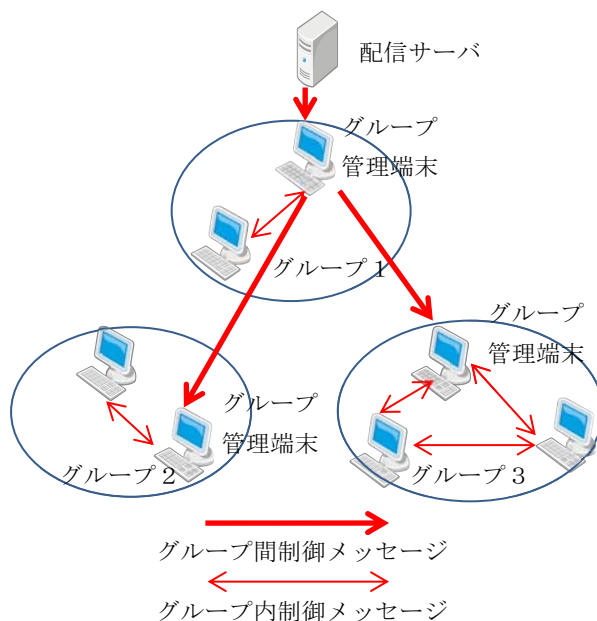


図 2. 開発システムの制御メッセージ
Figure 2. Control message flow of developed system

3.2 システムの特徴

本 ALM 技術のグループ制御は以下の特徴を持つ。

同一事業所端末のグループ化：

リレー経路の構築においては同一事業所端末を優先的に同一グループに集約してグループ内でリレーすることで、事業所間ネットワークの負荷を軽減する。

端末情報の分散管理：

端末の接続や離脱時のリレー経路の修正などの各種制御をグループ単位で行い、サーバの負荷を軽減する。

グループ内リレー経路最適化：

端末離脱時のリレー経路の修正に加え、パケットロスにより通信品質が低下した場合にもグループ内で経路を積極的に再構成することで、リレー経路を適宜改善する。

以上により、配信サーバの負荷を軽減し、ネットワーク状況に応じたリレー経路を生成し、また、適宜修正しながら、業務等における一般の通信への影響を抑制する。上記を実現するグループ制御方法について以下詳しく述べる。

また、今回のシステムの適用想定である企業内のネットワークにおいては、運用管理上の観点等から、一般に、物理的/地理的な構成 (事業所、建屋、フロアなどの階層構成) とネットワークのアドレス階層が密接な関係にあることが多く、以降はこれを前提として説明する。

3.3 グループ制御方法

3.3.1 同一事業所端末のグループ化

新規接続端末の接続時には、同一事業所など、物理ネットワーク距離の近い端末同士を優先的に同一のグループに集約するよう制御する。図3、図4に新規接続端末の接続処理手順を示す。接続の要求メッセージが最初の受信ポイントである配信サーバに送信される（図3の①）と、配信サーバから直下のグループ管理端末へ転送される。グループ管理端末は、さらに下位層のグループ管理端末にメッセージを転送する（図3の②）とともに、グループ内の端末に関する管理情報に基づき、新規端末をグループに受け入れるかを判断する。受け入れ可能と判断した場合は、接続判断に必要なグループ内端末の情報を新規接続端末に送信し（図3の③）、新規接続端末は、受信した複数の情報から最良の接続相手端末を選出し、接続する。グループと端末の選択基準は、グループ管理端末から送信されるグループの管理情報と新規端末の情報を比較して、より評価値の高い端末を検索して接続する。評価値は、IPアドレスやドメイン名、接続しているサブネットのデフォルトゲートウェイのMACアドレス、通信遅延等、様々なパラメータを用いて算出する。図4ではグループ1とグループ2からの接続応答（図3の③）に対して、上記の各パラメータを用いて算出した結果、同じルータを介したグループ管理端末のあるグループ2を選択し接続したことを示す。

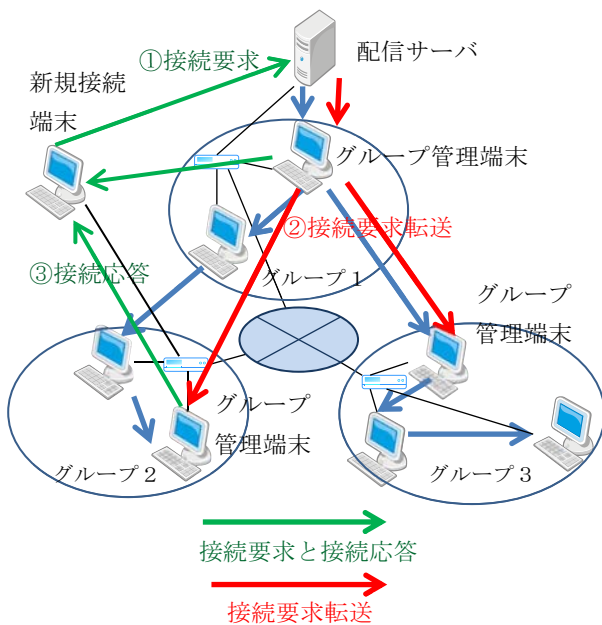


図3. 新規接続端末の接続要求と応答

Figure 3. Message flow of connection request and response

以上により、複数存在するグループのうち接続する端末とネットワーク的に近いグループを選択し、そのグループ

内のネットワーク的に近い端末に接続することができるため、同一事業所内あるいは同一フロア内や同一事務所内の端末が同一グループに集約される可能性が高くなる。なお、配信サーバの接続要求処理性能は平均100端末/secである。配信サーバとして十分且つ、グループ間の制御ネットワークへの過剰なリクエストの流れ込みを抑えるため100端末/secに調整している。

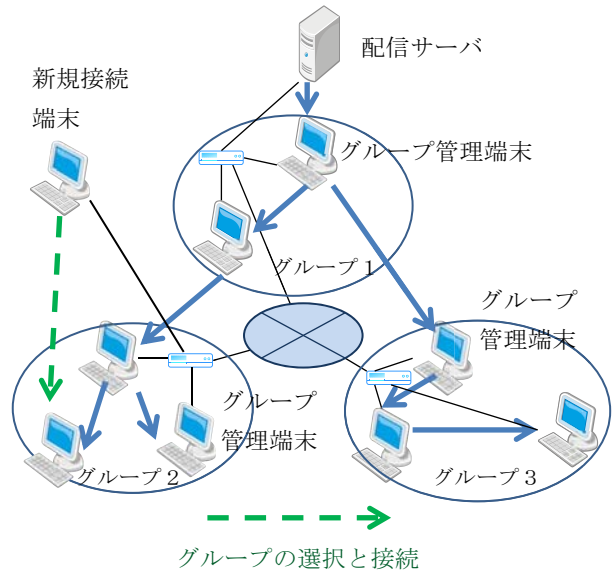


図4. 新規接続端末のグループ選択と接続

Figure 4. Group selection and connection of new terminal

3.3.2 端末情報の分散管理

端末情報はグループ毎にグループ管理端末で分散管理し、端末の新規参加や離脱時のリレー経路の修正などの各種制御をグループ単位で行う。これにより配信サーバの負荷および配信サーバとの通信量を軽減する。これを行うグループ管理端末の自動選出とグループの生成、及び、グループ管理端末を維持する方法を以下に示す。

① グループ管理端末の自動選出とグループの生成

端末数が増加してくると、既存のグループ管理端末が、所定の性能条件を満たす新規端末の参加時に、グループ管理端末として、新規グループを起動するよう指示を与え、自グループ配下に接続させる。新グループ管理端末は、以降、新グループ内の情報を管理し、新規端末の追加や離脱の際に制御を支援し、また管理情報を更新する。

② グループ管理端末の維持

グループ管理端末もユーザ端末の一つであるため、受信を取りやめたり、通信障害等により配信ネットワークから離脱したりすることがある。本 ALM 技術では、

グループ管理端末の管理情報の複製を保持するレプリカ端末（グループ管理端末のバックアップ管理端末）を用意している。

グループに新規端末を追加する際には、バックアップ管理端末との性能比較を行い、必要に応じてバックアップ管理端末をより性能の高い新規参加端末へ自動交代する。バックアップ管理端末が離脱する際には、別のバックアップ管理端末を割り当てて起動し、また、グループ管理端末が離脱する際にはバックアップ管理端末をグループ管理端末へと昇格させる。グループ管理情報は常にグループ管理端末とバックアップ管理端末の間で同期され、互いの状態も監視しているため、グループ管理端末とバックアップ機が通信障害により配信ネットワークから突然かつ同時に離脱しない限り、管理情報は保持される。

3.3.3 グループ内リレー経路最適化

配信ツリーから端末が離脱する際にはグループ内で自動的にリレー経路の再構築を行う。さらに、通信品質の低下を監視し、低下を検知した場合はグループ内で積極的にリレー経路を再構成し最適化を行う。

① 通信品質低下の検知

本配信システムの端末間リレー転送は、リアルタイム性を重視し、トランスポート層のプロトコルとして UDP を使用している。そのため、本システムでは、映像データのパケットロスに対して、再送制御や FEC（Forward Error Correction）によるエラー訂正にて映像の品質を維持している。

上記訂正によりユーザが視聴する際の映像品質を維持する一方で、通信品質の低下を監視する。リレー経路の隣接 2 端末間のパケットロス率とデータ到着遅延等のジッタが閾値以上となった場合、通信品質が低下したと判断する。

通信品質については、リレー経路上の上位端末が単位時間中のデータ送信タイミングと送信量を記憶し、下位端末は上位端末からの受信状況を上位端末に送ること、上位端末によって品質低下を判断している。

② リレー経路の再構成方法

上位端末が 2 端末間の通信品質が低下したと判断した場合、下位端末に他端末との再接続を促す。下位端末は、グループ内での配信能力に余裕のある端末から再接続端末を検索し再接続する。この時下位端末は、再接続が完了するまで再接続前の上位端末から映像データを受信し再接続の際も映像データの途切れは発生しないよう制御している。また、再接続の際も、新規接続時と同様に IP アドレス等の情報を比較してより評価

値の高い端末に再接続する。

以上、UDP でエラー訂正を行いながら通信品質を詳細に監視し、これをリレー経路修正に早めにフィードバックすることで、ユーザの映像視聴体験に影響が及ぶ品質低下を抑制するとともに、帯域の輻輳による業務のネットワーク利用への悪影響を抑制している。

4. 評価

論理検証、実験環境での検証を経て、自社内の実インターネット上での配信実験を展開し、データ収集と改善を積み重ねた上で、現在、本 ALM 技術に基づく映像ライブ配信システムを自社内に構築している。本システムを活用し、数千端末以上の大規模イベント中継を年数回、中小規模のイベント中継を毎月約 15 回以上のペースで定常的に広域の各事業所へライブ配信している。

今回の報告では、本システムによる社内イベントのライブ配信事例 2 件について評価した。

4.1 配信事例 1

ある社内イベントをビットレート 700kbps でライブ中継した際に採取したログデータの分析結果を示す。

図 5 に端末のリレー経路図を示す。図 5 は、約 30 分間のライブ配信時の同時最大接続時（1227 台）のリレー経路図である。図中の左端の赤丸印が配信サーバ、その他の丸印が映像を視聴するユーザ端末であり、左側から右側に向けてリレー経路が形成されている。また、各端末の丸印の色は事業所毎に色分けしている。配信結果の分析を以下に示す。

① 配信サーバの負荷軽減

同時受信台数が 1200 台以上（総受信量 840Mbps 以上）に達した場合でも、配信サーバのデータ送信量をわずか端末 3 台分（2.1Mbps）に抑制し、C/S 型配信比で配信サーバの送信データ量を約 1/400 以下に軽減。

② 事業所間ネットワークの帯域削減効果

図 5 の各端末に関して、同色端末が群を成して配置されていることから分かるように、同一事業所の端末は概ねリレー経路上の近隣位置に配置されている。

ここで、各事業所における受信端末数と、その端末へデータ配信する上位端末の事業所分類（同一事業所か他の事業所か）を表 1 に示す。表 1 は全データのうち一部の事業所に関して抜粋したデータである。また、表 1 における各事業所の事業所間ネットワーク帯域と、配信時の事業所間ネットワーク使用率(%)と、C/S 型で

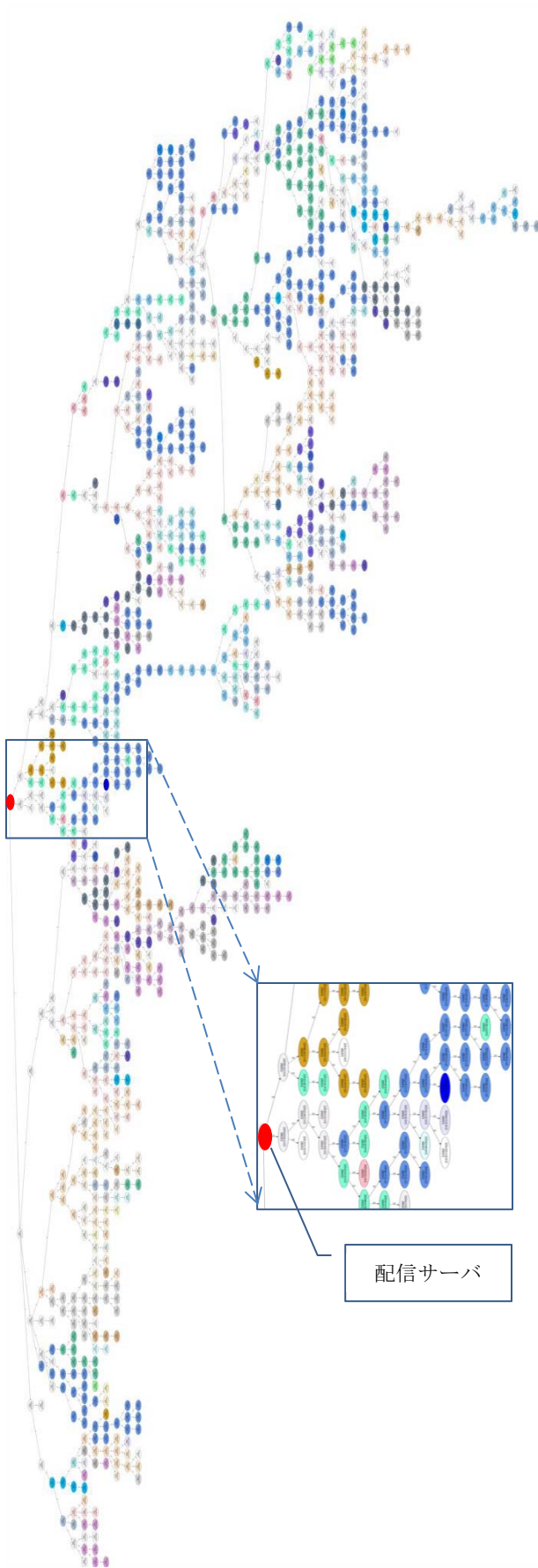


図 5. 配信ピーク時におけるリレー経路
Figure 5. Relay path at the peak of distribution

換算した場合の事業所間ネットワーク使用率(%)を表 2 に示す。配信時の事業所間ネットワーク使用率(%)と、C/S 型で換算した場合の事業所間ネットワーク使用率(%) は以下とした。

$$\text{配信時の事業所間ネットワーク使用率(\%)} = \frac{(\text{異事業所受信数} \times \text{配信レート})}{(\text{回線帯域})} \times 100$$

$$\text{C/S 型換算の事業所間ネットワーク使用率(\%)} = \frac{(\text{受信端末数合計} \times \text{配信レート})}{(\text{回線帯域})} \times 100$$

表 2 より、C/S 型で換算した場合の事業所間ネットワークの使用率は、最大で 39.9%に達するが、本システムを使用した配信時の事業所間ネットワークの使用率は最大でも高々 4.2%である。

以上より、既設の企業内ネットワークインフラ上で通常の業務通信への影響を抑えて映像ライブ配信を実施できていることを確認した。

なお、表 2 は、全事業所の内、C/S 型で換算した場合の最大値 39.9%と、配信時の事業所間ネットワーク使用量の最大値 4.2%の事業所を残す形で抜粋した。

表 1. 配信事例 1 の接続先事業所集計 (一部抜粋)

Table 1. Distribution source office of 1st case (excerpt of part)

事業所	受信端末数		
	異事業所	同事業所	合計
事業所 1	5	1	6
:	:	:	:
事業所 4	6	2	8
:	:	:	:
事業所 8	22	83	105
事業所 9	28	542	570
事業所 10	8	64	72
:	:	:	:
事業所 20	54	218	272
:	:	:	:
合計	224	1003	1227

③ グループ管理型のリレー経路制御の効果

表 2 より事業所間で使用するネットワーク帯域は、C/S 型配信に比べ平均 1/6 に、事業所 9 では 1/20 に削減できた。

端末同士をグループ管理せずに任意に接続した場合と比較する。今回の接続端末とネットワークにおいて、端末同士をグループ管理せずに任意に接続した場合、事業所間で使用するネットワーク帯域は、C/S 型配信に

比べ約 5/7 となる。これは下記の算出式により、全端末 1227 中 885 端末が他の事業所からリレーされるためである。算出式(1)を以下に示す。

$$\sum_{n=1}^N \frac{N - A_n}{N} \dots (1)$$

N : 全端末数

A_n : 端末 n の位置する事業所の端末数

従って、端末同士をグループ管理せずに任意に接続した場合と実験結果を比較すると、(1/6)/(5/7) ≒ 1/4 となり、約 1/4 に削減できると言える。このことから、物理ネットワークを特に配慮しない ALM 方式に比べても削減効果が得られていたことが分かる。この値は事業所あたりの端末数に依存する面も大きく、接続端末が少ない事業所が多い場合は削減効果が低く、接続端末が多い事業所が多い場合は削減効果が高くなる。

表 2. 配信事例 1 の帯域使用率(%)の比較 (一部抜粋)
Table 2. Comparison of bandwidth consumption rates (%) of 1st case (excerpt of part)

事業所	帯域 (Mbps)	帯域使用率(%)		削減率
		本方式	C/S 型方式	
事業所 1	200	1.8	2.1	5/6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
事業所 4	200	2.1	2.8	3/4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
事業所 8	1000	1.5	7.4	1/5
事業所 9	1000	2.0	39.9	1/20
事業所 10	300	1.9	16.8	1/9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
事業所 20	900	4.2	21.2	1/5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
備考		最大値 4.2	最大値 39.9	平均 1/6

④ 経路制御の効果の低い事業所

表 1 の事業所 1 と事業所 4 では、異事業所からリレー配信している端末数が、同事業所からリレー配信している端末数を上回っている。これは、リレー経路に接続する順番によっては、例えば、同事業所の端末の配信帯域に余りがなく、同事業所の端末からリレー出来ない場合が生じるためである。このとき、表 2 のとおり、事業所 1 および事業所 4 の事業所間ネットワーク帯域の使用率は、1.8%、2.1%と低く、通信品質が安定していたため、積極的な経路最適化処理は起動されて

いなかったことが分かる。配信データのトラフィックを事業所内へ局所化する観点では、改善の余地がある。

4.2 配信事例 2

別の社内イベントを同様にビットレート 700kbps でライブ中継し、従業員が通常業務を行いながら業務用端末にて約 15 分間のライブ配信の視聴を行ったケースについて、事業所間ネットワークの各回線 (200M~1G) 使用状況を観測した結果を以下に示す。

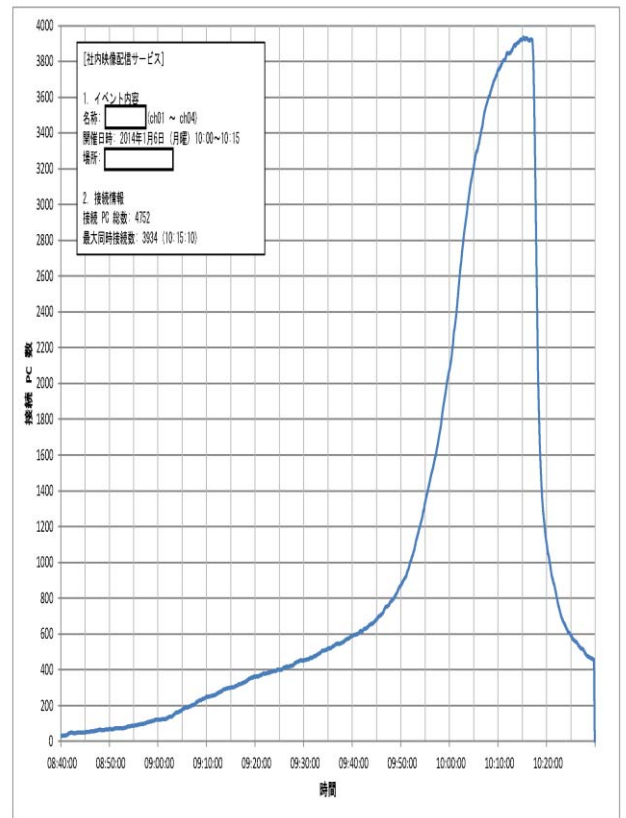


図 6. 視聴者数の推移

Figure 6. Transition of number of audience

① 視聴者数の推移

既存イントラネットでは約 4000 台 (3967 台、総受信量 2.77Gbps 以上) の端末がイベントを同時視聴した。図 6 に視聴者数の時間推移を示す。最大数を予測し難いライブ配信特有の視聴者数の変化に破綻することなく配信が行えている。また、全事業所データのうち、表 1、表 2 と同じ事業所について抜粋した受信端末数を表 3 に示す。

表 3. 配信事例 2 の受信端末数 (一部抜粋)

Table 3. Number of receiver terminals of 2nd case (excerpt of part)

事業所	受信端末数
事業所 1	32
⋮	⋮
事業所 4	105
⋮	⋮
事業所 8	173
事業所 9	2656
事業所 10	233
⋮	⋮
事業所 20	628
⋮	⋮
合計	4696

② 事業所間ネットワークの使用帯域

約 4000 台配信時の事業所間ネットワークの受信帯域使用量と、通常営業日の同曜日且つ同時刻の受信帯域使用量を比較した結果、同じ事業所内端末同士を優先的にリレーする制御の効果により、ライブ配信の有無に起因するとみられる顕著な差異は認められなかった。

例として事業所間ネットワーク帯域 300M の事業所 10 と、事業所間ネットワーク帯域 200M の事業所 4 について、配信実施日時の帯域使用量データと、配信を行っていない通常営業日の帯域使用量を以下に示す。

配信実施日には、事業所間ネットワーク帯域 300M の事業所 10 では 233 台 (総受信量 163Mbps 以上) の端末がデータを受信しているが、図 7~図 9 の通り、映像配信を実施していない他の通常営業日と比較しても受信データ量の顕著な増加は見られなかった。なお、グラフ中の緑が受信量で青が送信量を示す。

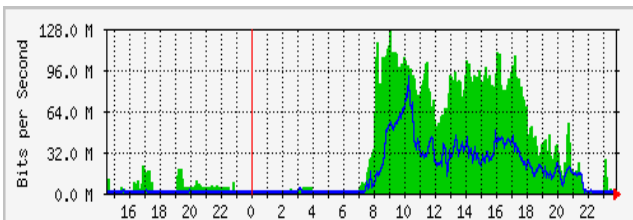


図 7. 事務所 10 における配信実施日の帯域使用量
Figure 7. Bandwidth graph on event day in office #10
(10 時 : 約 100M 最大 : 127.2M 平均 : 31.4M)

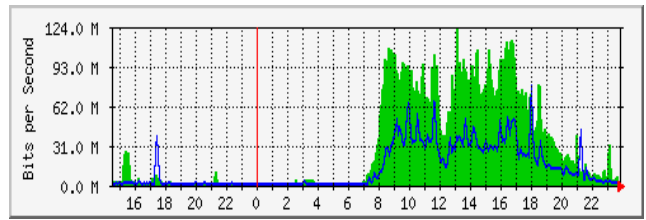


図 8. 事業所 10 における営業日 1 の帯域使用量
Figure 8. Bandwidth graph on business day 1 in office #10
(10 時 : 約 93M 最大 : 122.0M 平均 : 30.0M)

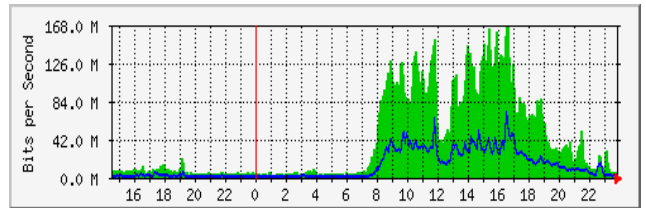


図 9. 事業所 10 における営業日 2 の帯域使用量
Figure 9. Bandwidth graph on business day 2 in office #10
(10 時 : 約 84M 最大 : 167.0M 平均 : 39.5M)

また、配信当日、事業所間ネットワーク帯域 200M の事業所 4 では、105 台 (送受信量 73Mbps 以上) の端末が受信しているが、事業所 10 と同様、図 10~図 12 の通り、別の通常営業日と比較して受信量の増加は見られなかった。

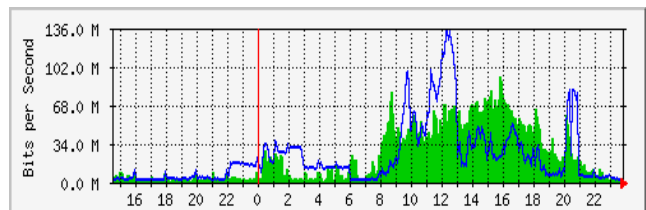


図 10. 事務所 4 における配信実施日の帯域使用量
Figure 10. Bandwidth graph on event day in office #4
(10 時 : 約 68M 最大 : 93.3M 平均 : 22.6M)

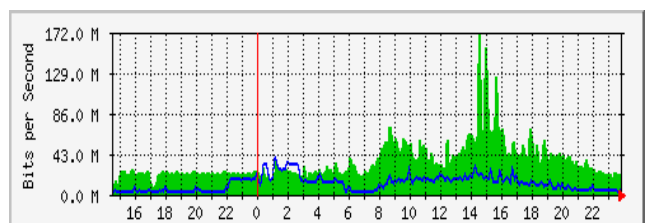


図 11. 事務所 4 における営業日 1 の帯域使用量
Figure 11. Bandwidth graph on business day 1 in office #4
(10 時 : 約 50M 最大 : 171.8M 平均 : 21.1M)

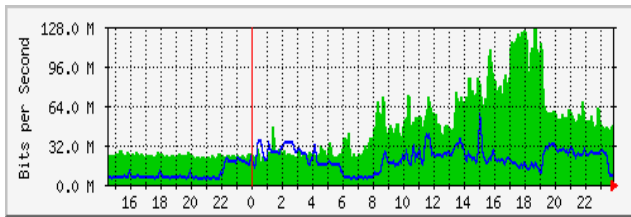


図 12. 事務所 4 における営業日 2 の帯域使用量
Figure 12. Bandwidth graph on business day 2 in office #4
(10 時：約 49M 最大：127.2M 平均：44.4M)

また、事業所 4 は、配信事例 1 の時は異事業所からリレーしている端末が多かったが、配信事例 2 では、受信量の増加が見られなかったことから受信端末数が増えた場合は同事業所からリレーする端末が増えたと見られる。

以上の評価結果より、配信事例 1 では約 1200 端末へのライブ配信時での事業所間ネットワーク使用率は、最大でも 4.2%であり目標性能とした 5%を達成している。また、配信事例 2 では約 4000 端末へのライブ配信時も、配信の有無に起因するとみられる顕著なネットワーク使用の増加は認められなかった。このことより、本システムは事業所間帯域が狭い企業内イントラネットでの大規模な映像ライブ配信に有効であることを実証した。

4.3 社内配信利用実績

本ライブ配信システムは、数千端末以上の大規模イベント中継を年数回、中小規模のイベント中継を毎月約 15 回以上のペースで配信し、企業内の情報共有に活用している。過去 1 年 8 ヶ月間で配信したイベント数と述べ視聴者数を表 4 に示す。定常的な活用で従業員の出張や移動時間の削減で効果を上げている。

表 4. イベント数と述べ視聴者数

Table 4. Number of events and viewers

配信規模	中小規模 (1,500 未満)	大規模 (1,500 以上)	合計
イベント件数	291	4	295
述べ視聴者数	35,152	12,993	48,145

4.4 今後の課題

本システムの性能を今後さらに改善するための検討課題は以下の通りである。

配信事例 1 の事業所 1, 4 の考察の通り、リレー経路の生成において、端末の接続順番により事業所間のリレー数が増加する場合がある。映像データが安定受信できている場合はリレー経路の再構成はあえて実施していないため、事

業所間のリレー数を最適化したリレー経路とはなっていない。今後、事業所間ネットワーク帯域をより効率よく使用するためにはこの点を改善する必要がある。

5. まとめ

P2P を応用した独自 ALM による大規模ライブ配信システムを開発し、本システムによる企業内配信事例について報告した。既存イントラネットにて大規模なライブ配信を可能とする本システムにより、業務のネットワーク利用への影響を与えることなく、社内セミナーやイベントに広く利用できる事を示した。ライブ配信の活用により、地方から遠隔でのセミナー聴講者も増加し、セミナー開催時の聴講者の出張旅費の削減にも効果が得られている。

本システムのグループ制御は IP アドレス等のネットワーク情報をベースに接続をコントロールしており、実験や評価から IP アドレスベースの制御が企業内向け ALM には有効であることを示した。一方で、接続順番によっては事業所間ネットワークの利用効率に課題が残っており、今後この点に関して改善する必要がある。

参考文献

- 1) 渡辺 雅人, 高橋 修, 高橋 信行, “アプリケーションレベルマルチキャストにおけるノード情報を用いた予備親決定手法の提案と評価” 情報処理学会研究報告. マルチメディア通信と分散処理研究会報告 2009(20) pp.199-204 20090226
- 2) 杉野 博徳, 森野 博章, 三好 匠, “仮想バックボーンを利用する ALM における常時接続ピアの評価指標に関する検討” 電子情報通信学会技術研究報告. NS, ネットワークシステム 108(457), 105-109, 2009-02-24