社団法人 情報処理学会 研究報告
IPSJ SIG Technical Report

2008－DPS－136 (17)
2008－GN－ 69 (17)
2008－EIP－ 41 (17)
2008／9／26

多人数会議における会議サーバ移行時の過負荷防止方式

中島一彰†、金友大

NEC サービスプラットフォーム研究所

†nakajima@ah.jp.nec.com

概要

多数の端末が参加しているWeb会議において会議サーバを移行するときに、一斉再ログインによるバースト的な負荷を与えずに、最短時間で会議サーバの移行が完了する制御方式を提案する。会議サーバを移行するときには、全端末のセッションを新しい会議サーバに切り替える必要がある。しかし、一斉に呼制御とログイン処理を動作させると、呼制御サーバと会議サーバが輻輳状態に陥り、ログイン処理の遅延とタイムアウトが発生してしまい、短時間の移行ができない。そこで、呼制御とログイン処理をスケジューリングして、呼制御サーバや会議サーバの負荷状況に応じてタイミングを動的に調整することで、最短時間で会議サーバを移行する方式を提案する。

An Overload Avoiding Method for Conference Server Transition

Kazuaki Nakajima and Dai Kanetomo

NEC Corporation, Service Platforms Research Laboratories

ABSTRACT

This paper proposes the overload avoiding method at conference server transition in minimum time without burst login transactions. When the conference server is shifted, it is necessary to switch the sessions of a lot of terminals' to a new conference server. However, a smooth transition of the conference server cannot be done because of congestion at the SIP Server and the conference server. This paper shows the transition method of the conference server to adjust schedule of login transaction interval dynamically based on load of the SIP Server and the Conference Server.

1. はじめに

近年、ブロードバンド環境の普及により、インターネットを利用した分散環境での多人数Web会議が実現可能になった。従来、分散環境ではテレビ会議が行われており、分散拠点に用意されたテレビ会議室に参加者が集合していた。しかし、Web会議の普及によって、それぞれの参加者のPCから個別に参加することが可能になった[1]。今まで、会議室に1つの端末があれば済んでいたテレビ会議に比べて、参加者の数と同じだけの端末が会議に接続するようになった。また、Web会議は、テレビ会議と異なり、音声、映像、情報共有ツールなど複数のコミュニケーションツールが別々のセッションを形成することが多く[2]、1つのセッションを接続するだけのテレビ会議に比べて、ログインに関する処理負荷が高い。

Web会議で多人数会議を開催した場合には、会議サーバの過負荷や障害などで、会議を開催している会議サーバから別の会議サーバに移行しなければならなくなったときに、端末のセッションを一斉に新しい会議サーバに切り替える必要がある。一斉にセッションを切り替えると、バースト的に呼制御が発生し、さらに、新しい会議サーバにログイン処理が発生する。すると、呼制御サーバおよび移行先の会議サーバが過負荷に陥ってしまい、呼制御の失敗およびログイン処理のタイムアウトが発生して、ロ

グイン処理の繰り返しを行わなければならず、会議サーバの移行に時間を要する。

本稿では、音声、映像、情報共有ツールを同時に利用する多人数 Web 会議において、会議サーバを移行するときに、呼制御サーバと会議サーバの負荷に基づいて、それぞれの端末の会議サーバへのセッションの移行に失敗せずに、短時間で会議サーバの移行が完了する、会議サーバ移行時の過負荷防止方式を提案する。

2. 会議サーバ移行の要件と課題

2.1. 会議サーバ移行が発生する場面

会議サーバの移行が発生する典型的なケースを示す。会議サーバの移行は会議の開催予定の変更、障害などのシステムの不具合に大別される。

A) 開催予定の変更

(1) 会議の予約の延長

Web 会議は予約制で実施されることが多く、設定した予約を延長する場合に、すでに予約が埋まっているときには、予約に余裕がある会議サーバに移行する。

(2) P2P 型会議で開催者が抜けるとき

会議サーバの機能が参加端末のいずれかで動作する P2P 型の会議の場合、会議サーバは通常、会議を主催した端末である発信者の端末で動作している。発信者の端末が会議を離脱するときに、他の端末に会議サーバの機能を移行する。

B) システムの不具合

(3) 会議サーバの異常

Web 会議を開催している会議サーバに異常が発生した場合に、会議の続行ができなくなるので、正常に動作している会議サーバに移行する。

(4) 会議サーバの負荷の増加

会議サーバに負荷が集中して会議を続行できないほど過負荷になった場合、いくつかの会議を負荷が軽い会議サーバに移行する。

2.2. 会議サーバ移行処理の要件

多人数会議を開催中に会議サーバを移行するときの要件として、会議サーバを移行するときの会議の停止時間を最小限にすることが求められる。会議サーバを移行するときは、会議の進行と無関係に会議を中断してしまうために、移行時間を最小化する必要がある。会議サーバの移行の詳細な要件を以下に記す。

(1) 全体の移行時間を最小化する

端末数が多い場合に、全ての端末が新しい開始サーバにログインしないと、会議を再開することができないので、会議サーバ移行時のログインの時間を最小化する。

(2) 個別の移行時間を最小化する

それぞれの端末のログイン処理に時間がかかると参加者のフラストレーションが増加するので、個別の端末の切断・ログイン時間を最小化する。

(3) システムの過負荷を防止する

複数の端末が一斉にセッションを移行先の会議サーバに切り替えるときに、呼制御サーバおよび移行先の会議サーバが過負荷になることで、さらなる呼制御サーバの呼損の発生や実行中の会議の品質が低下することを防止する。

2.3. 技術課題

要件を満たすための技術課題は、負荷の状況に応じて端末のセッション移行のスケジューリングである。それぞれの端末が自律的に移行先の会議サーバにセッションを移行すると、同時並行で呼制御およびログイン処理が動作するので、端末のセッション移行を最適にスケジューリングし、負荷の状況をフィードバックすることが課題である。

従来技術としては、呼制御において一定以上のシグナリングを規制する発信規制がある[3]。発信規制では、シグナリングが規制された端末の再ログインまでの待機時間のランダム性に

期待して全端末のログインを平滑化している。しかし、この方式は、システムの過負荷防止を目的としており、会議の移行時間が最短とはならない可能性が大きい。

3. 会議サーバ移行の制御方式

3.1. システムの設計方針

次の 2 つの設計方針に基づいて、方式設計を行った。

(1) セッション移行全体をスケジューリング
会議ごとに全体のセッション移行のスケジュールである各端末での移行前の会議サーバからの切断と移行先の会議サーバへの接続のシグナリングの順番を制御する。全体の状況を見て制御できる。

(2) 負荷状況に基づいて同時並行数を制限
呼制御サーバおよび会議サーバの負荷状況によって[4]、同時実行可能な端末のセッション移行に関するシグナリングの上限数を動的に変更する。過負荷を抑制することで、過負荷にならないで最短時間で会議サーバの移行を完了させる。

3.2. システム構成

システム構成を図 1 に示す。会議システムを構成するために会議サーバを端末が存在する。セッション移行管理サーバと呼制御サーバが各端末の会議サーバへのログインを制御する。会議サーバは 2 つあり、セッションを移行する前の会議サーバとセッションを移行した後に利用する移行先の会議サーバがある。端末は多数存在しており、それぞれ会議サーバに接続する。また、どの会議サーバに接続するかは、呼制御サーバから会議端末へのグナリングで指示される。呼制御のプロトコルは多くの場合 SIP(Session Initiation Protocol)が利用されている[5]。SIP サーバは 1 つではなく、各拠点に置かれることが多いが、会議サーバの移行に関する呼制御では、多数の端末の終端ポイントとなる会議サーバを管理する SIP サーバの負荷が集中的に高くなる。したがって、セッション移行管理サーバは移行前後の会議サーバを管理する呼制御サーバと、移行前後の会議サーバが連携する構成をとる。

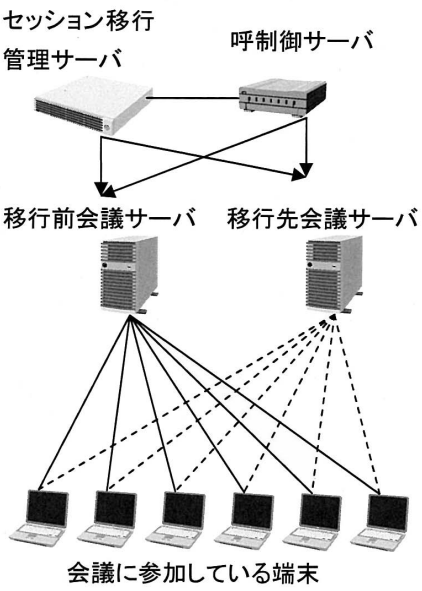


図 1 システム構成

3.3. 制御モデルの概要

制御モデルの概要を図 2 に示す。一定時間内に発行するシグナリング数の上限である同時並行処理数の上限に基づいて、各端末の移行前の会議サーバからの切断と移行先の会議サーバへの接続に関するシグナリングのスケジュールを決定する。そして、スケジュールに記載された順番で同時並行処理の上限内で、同時にシグナリングを発行していく。さらに、移行先の会議サーバおよび呼制御サーバの負荷の状況をフィードバックして、同時並行処理数を動的に変更する。

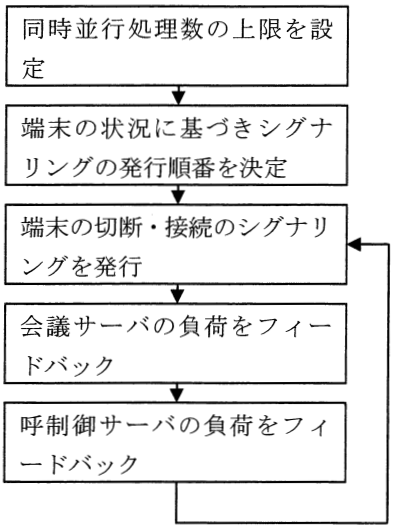


図 2 制御モデル

3.4. 制御モデル

3.4.1. 同時並行処理の上限の決定

会議サーバの移行にともない、前端末が移行先の会議サーバにログインするときの同時並行処理数の上限を設定し、バースト的なログインを回避する。同時並行処理数は利用しているメディアの数とメディアの種類に依存し、ログイン時に会議サーバに与える負荷によって決定される。通常、資料共有ツールやアプリケーション共有、Web アプリケーションなど初期データを端末に送信するキャッチアップ処理に負荷がかかる。さらに、キャッチアップ処理はデータの一貫性保証のために排他制御される場合がある。1 端末当りのログイン負荷は各ツールのログイン負荷の総和として推定できるので、同時並行処理の上限は、会議サーバの許容負荷を越えない端末数である。したがって、次の数式で同時並行処理の上限が決定される。

会議サーバの同時並行処理の上限＝
会議サーバの許容ログイン負荷÷（Σ利用中のツールのログイン負荷）

また、呼制御サーバは単位時間当りの呼制御の回数に上限が決められており、同時実行できないほどの呼制御が発生した場合に、呼制御を失敗させる。呼制御サーバは SIP の電話網でも利用されることが多いので、安全係数をかけて、会議サーバ移行時の同時実行数を制限する。

呼制御サーバの同時並行処理の上限＝
呼制御サーバの同時発呼数＊安全係数

したがって、ログインに関する同時並行処理の上限は会議サーバの同時並行処理の上限呼制御サーバの同時並行処理の上限の最大値となる。

3.4.2. スケジューリング

端末のセッション移行は、移行前の会議サーバに接続しているセッションの切断と、移行先の会議サーバへのセッションの接続の 2 つのシグナリングが必要となる。この切断と接続のシグナリングと接続している全端末に対して実施させる。各端末におけるシグナリングの順番と間隔は次の要素で決定される。

- セッションを多重に接続できるか
- 課金体系の有料、無料の区分
- 同時間に接続する端末を拠点分散させる
- 同時並行処理の上限内に同時実施してはいけないシグナリングを設定しない

まず、それぞれの端末における、接続と切断の順序と間隔を設定する。セッションを多重化できる場合には、会議の移行時の空白区間を最小化するために、移行先の会議サーバに接続してから、移行前の会議サーバのセッションを切断する。このとき、課金体系が無料である場合には、接続後にすぐに切断する必要がないので、切断までの時間に制約を設けない。一方、セッションを多重化できない場合には、移行前の会議サーバから切断したら直ちに移行先の会議サーバに接続する順序制御を行う。

次に、全体の順番を決定する。まず、全てのシグナリングが格納できるスケジューリング

テーブルを用意する。次に、拠点間の通信回線のトラフィックを分散させるために、各端末が所属する拠点ごとに、端末を順番にスケジューリングしていく。スケジューリングテーブルの先頭から順番に、各端末の1番目のシグナリングを登録し、2番目のシグナリングは同時並行処理の上限を加算して、スケジューリングする。2番目のシグナリングの中で、同時実行する必要がないシグナリングは、スケジューリングテーブルの後半に配置する。

3.4.3. シグナリングの発行

セッション移行管理サーバは呼制御サーバに依頼して、各端末に対して移行前の会議サーバからの切断および移行先の会議サーバへの接続のシグナリングを発行する。スケジューリングテーブルにしたがって同時並行処理の上限まで同時にシグナリングを発行する。

続いて新たなシグナリングを発行するためには、実施中のシグナリングの終了を判定する必要がある。シグナリングの終了時間は、実測を集計する方法と、予測に基づく方法がある。本方式では、サーバの集計負荷を軽減するために、予測に基づく方法を用いる。あらかじめ、実測に基づいて、切断にかかる時間と、接続にかかる時間を計測し、切断と接続に関するシグナリングの終了時間とする。

3.4.4. フィードバック

他の会議の運用状況などの外的要因による会議サーバの負荷の上昇や、他の呼制御の増加にともなう呼制御サーバの状況の変化が発生した場合に、同時並行処理の上限を減算する。負荷を減らす手段として、同時並行処理の上限を一定割合ずつ減算して、同時にログイン処理が可能な端末数を削減し、実行時点での最適な同時並行処理の上限になるように調整する。ただし、すでにシグナリングを発行しているログイン処理は取り消すと、時間が余計にかかるので、ログインの完了を待って同時並行処理数が低減させる。

4. シミュレーションによる評価

会議サーバに 200 端末が接続したときに、会議サーバを移行する環境をシミュレートし、同時並行処理の上限を変更して本方式の評価実験を行った。シミュレーションの条件は、既存の Web 会議から推定し、会議サーバ内の処理に関するログイン時間1秒、ログアウト時間0.1秒とする。ログインが同時に発生した場合には、各ログイン処理を等差数列で傾斜配分、ログイン処理に関するタイムアウトを30秒とし、タイムアウトが発生したら10秒後にリトライすることとする。

4.1. 同時並行処理の上限の変動

基礎データを分析するために、フィードバック処理を行わない場合について、同時並行処理の上限を変動させて実験を行った。全ての端末のログインが完了するまでの全体完了時間の変化、各端末がログインに要した平均ログイン時間の変化、再ログイン発生回数の実験結果を図3に示す。

同時並行処理の上限が小さい場合には、並行処理による時間の削減効果が少ないので、全体のログイン完了時間が長くなり、その後、最小値で安定する。一方、同時並行処理の上限を大きくすると、ログインのタイムアウトが発生して、繰り返しログイン処理を行うために、ログイン完了時間が長くなる。また、各端末のログイン時間の平均は、同時並行処理の上限に比例して上昇する。以上の実験結果により、同時並行処理の上限の最適な値が存在し、最適値としては、ログイン完了時間が最短である範囲で、平均ログイン時間が最小となる値である。

4.2. フィードバックをした場合の変化

次に、本方式によって会議サーバの負荷と呼制御サーバの同時呼制御数の上限をフィードバックした場合の変化を図4に示す。同時並行処理の上限の初期値を変化させて、フィードバック制御の効果をシュミレーションした。その結果、全体完了時間がほぼ一定して、最短時間

に近くなっていることが分かる。また、平均ログイン時間もほぼ一定していることが分かる。また、再ログイン発生回数が半減しており、負荷が低減できていることが推定できる。なお、同時並行処理の上限の初期値が大きい場合には、フィードバック処理で安定するのに時間がかかるので、全体完了時間、平均ログイン時間ともに最適値よりも大きくなっているが、フィードバックしない場合に比べて改善している。

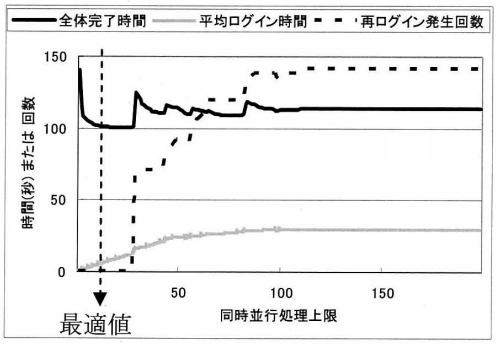


図 3 全体完了時間の変化

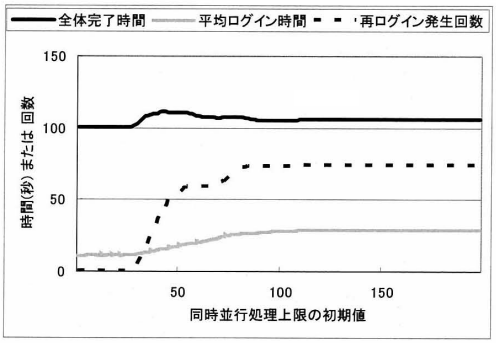


図 4 フィードバックでの全体完了時間の変化

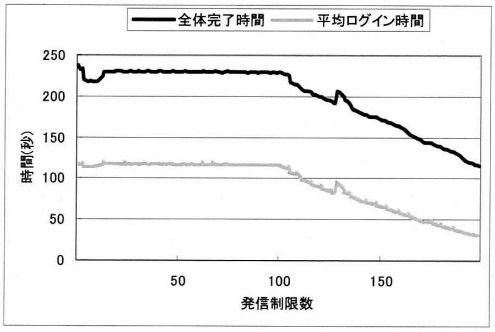


図 5 発信制限方式での全体完了時間の変化

4.3. 発信規制方式との比較

従来方式である発信規制方式において、発信規制数を変化させたシミュレーション結果を図 5 に示す。全体完了時間、平均ログイン時間ともに方式よりも数倍大きい。これは、発信規制により再ログインの処理回数が大幅に増加したためである。

4.4. 考察

上記の結果から、フィードバック制御を行うことで、同時並行処理の上限の最適値が変化しても、会議サーバの移行にともなう会議サーバの過負荷を防止し、各端末のログイン待ちの時間を一定に保ちつつ、全体のログイン完了時間を短縮できることを示している。

5. おわりに

本稿では、会議サーバを移行するときのバースト的なログインによる過負荷を回避するための制御方式を提案した。今後は、実用化に向けて、実際の音声・映像・情報共有ツールを利用した Web 会議システムによる実証実験を行う予定である。

参考文献

[1] Gartner, Inc., “Magic Quadrant for Unified Communications, 2006”, June 2006

[2] 中島、川本、大芝、吉坂、田淵：リアルタイム Web 共有方式による双方向コミュニケーション基盤、情報処理学会第 50 回 GN 研究会報告、pp57-64、2004.1

[3] 出谷、有満：VoIP 輻輳制御の機能配備、電子情報通信学会技術研究報告 NS、Vol.10 負荷による制御

[4] 金友、中島、大芝、田淵：リッチメディアコミュニケーションにおけるリソースの傾斜配分による品質制御方式の提案、情報処理学会 DICOMO シンポジウム、2007.7

[5] 吉内、星、武田：SIP による集中制御型会議システムの開発、情報処理学会論文誌 Vol.46、No.1、pp.51-59、2005.1