情報処理学会研究報告
IPSJ SIG Technical Report

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

通話セッションと連動したコンテンツ共有の差分更新プロトコル変換方式

大西健夫[†]　城島貴弘[†]　中島一彰[†]

写真や動画などの様々なコンテンツを共有する Web サービスにおいて，書き込みや拡大縮小，スクロールなどの操作を複数のユーザでリアルタイムに共有する場合に，通信遅延の発生や通信量の増加が課題となる．そこで，リアルタイム性を確保し，通信量を削減する差分更新プロトコルを提案する．既存の Web サービスでは，操作をコマンド化した差分更新情報の存在を，HTTP のポーリングを利用してブラウザからサーバに確認しなければならず，通信遅延やネットワークへの負荷が発生してしまう．そこで，差分更新情報の送受信プロトコルを HTTP によるポーリングから，メッセージングサービスのプロトコルである MSRP でのトンネリングに切り替える方式を提案する．評価実験により，差分更新プロトコルの通信遅延を約 40 %，通信量を約 80 %削減できることを示した．

Protocol conversion method coupled with phone call sessions for transmitting differential information

Takeo Onishi[†], Takahiro Shirosima[†]
and Kazuaki Nakajima[†]

There are many web services which enable us to share contents, for example, images or videos. In these services, sharing operations, such as writing lines or scrolling contents, cause increasing response time and transmitted data amount. Then, we propose a method that reduce response time and transmitted data amount. In general, a web browser should check periodically existence of differential information of the contents with HTTP polling. But this increase latency and network load. Thus, we propose a method in which the protocol to get differential information is switched from http to MSRP tunneling. Experimental results show that the proposed method improves response time by 40 %, reduce transmitted data amount by 80 %.

1. はじめに

ネットワークのブロードバンド化にともない，遠隔地の相手とのリアルタイムコミュニケーションに音声やテキストのみならず，写真や動画等の様々なメディアを利用することが可能となってきている．モバイルネットワークにおいても，LTE が導入されることによって，広帯域・低遅延の通信が実現され，大容量のデータを利用したリアルタイムコミュニケーションサービスが可能となる．

モバイルネットワークの広帯域化にともない可能となるコミュニケーションサービスの一つとして，コンテンツ共有が挙げられる．コンテンツ共有は，携帯電話や固定電話などの音声通話サービスで会話をしながら，遠隔地の相手と様々なコンテンツを同時に閲覧し，そのコンテンツに対する線の書き込みや拡大・縮小等の操作も共有することが可能なコミュニケーションサービスである．

コンテンツ共有は，コミュニケーションを実現する手段であるため，コミュニケーションに参加する全ての人の端末で利用可能でなければならない．そのためには，コンテンツ共有アプリケーションは様々な端末で動作する必要があり，また，インストールや設定などの煩雑な作業が不要であることが望ましい．そのような条件を満たすため，我々は，コンテンツ共有を Web アプリケーションとして実現している．Web アプリケーションとすることで，Web ブラウザを搭載する様々な端末で，煩雑なインストール作業の必要なくコンテンツ共有を使用することができる．

コンテンツ共有の利用端末・サービスを，端末性能・要求されるリアルタイム性能で分類したものを図 1 に示す．利用端末のうち，性能が高いものは PC や高性能ゲーム機等が挙げられ，低いものとして携帯電話やスマートフォン等が挙げられる．音声通話をしながらのコンテンツ共有は，音声通話とコンテンツに対する操作を同時に行うため，音声と操作が同時に相手に届く必要がある．したがって，音声通話をしながらのコンテンツ共有は，コンテンツに対して行った操作が即座に相手に反映させることが可能なように，高いリアルタイム性能を要求される．一方で，チャットをしながらのコンテンツ共有では，発言と操作は同時には行われないため，さほど高いリアルタイム性能は要求されない．

携帯電話でのコンテンツ共有が可能であれば，家やオフィスだけでなく外出中でもコンテンツ共有を使用することが可能となり，コンテンツ共有の利用の幅を広げることができる．しかし，図 1 に示したように，携帯電話での音声通話を行いながらのコンテンツ共有は(図 1 の赤枠内)，高いリアルタイム性が要求されるにもかかわらず，端末の処理性能は低くなる．そのため，携帯電話でのコンテンツ共有はリアルタイム性能が課題となる．

[†] 日本電気株式会社
NEC Corporation

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

そこで，本論文では，コンテンツ共有に適した Web アプリケーションを拡張して，携帯電話端末におけるコンテンツ共有の操作共有のリアルタイム性を向上させる方式について提案する．

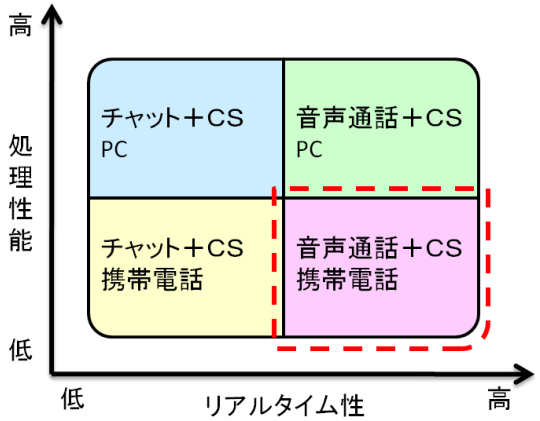

図 1　コンテンツ共有(図中 CS と表記)の会話手段と利用端末

2. 従来方式の課題

Web ブラウザ上で実現されるコンテンツ共有のシステムは，一般に図 2 の構成となる．クライアントは，Web ブラウザからコンテンツ共有サーバにアクセスし，共有するコンテンツをダウンロードする．ダウンロードされたコンテンツはブラウザ上に表示される．ブラウザ上に表示されたコンテンツに対して，ユーザ（クライアント A）が書き込みや拡大・縮小表示等の操作を行った場合，HTTP により操作内容を表す差分更新情報がコンテンツ共有サーバ上に送信される．差分更新情報は，コンテンツ共有サーバ上のメッセージキューに保存される．HTTP では，サーバからクライアントへの Push 型の配信はできない．したがって，クライアント B がコンテンツ共有サーバに保存された差分更新情報を取得するには，共有サーバに差分更新情報の取得要求を送信しなければならない．共有相手のクライアント B から，差分更新情報の取得要求があった場合には，コンテンツ共有サーバはメッセージキューを参照し，差分更新情報をクライアント B に返信する．差分メッセージ記録部には，メッセージキューの他に，各クライアントがどこまで差分更新情報を取得したかを示すキューポインタが保持されており，差分更新情報をクライアントに送信する際には，未取得の差分更新情報を順に送信し，送信が完了したところまで，メッセージキューを進める．

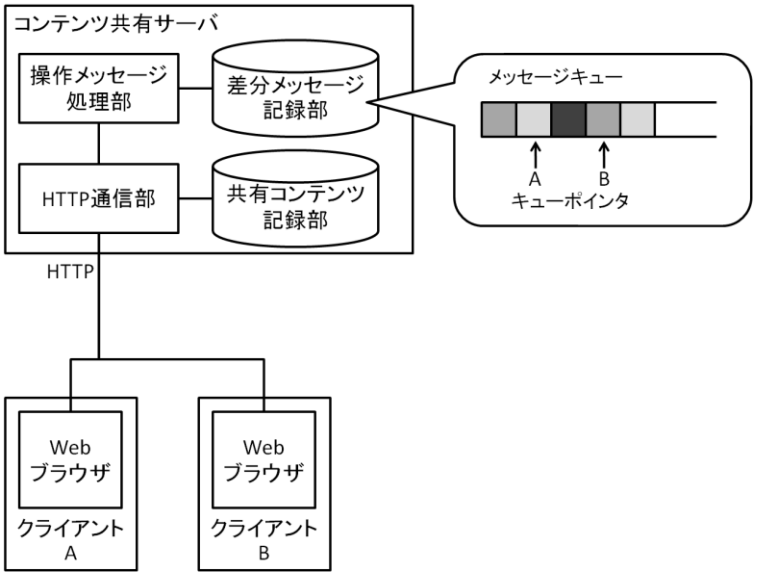

図 2　コンテンツ共有システムの構成

このような差分更新情報のキューイングが必要となるのは，HTTP ではサーバからクライアントへの能動的にメッセージ配信が出来ないため，クライアントがサーバに対して差分更新情報を取得要求をするまで，サーバ上に差分更新情報を保持する必要があるためである．

クライアントから差分更新情報を取得する方法には，HTTP ポーリング[1][2]と HTTP ロングポーリング[3]の二種類が挙げられる．以下，それぞれについて説明する．

(1) HTTP ポーリング

クライアントが，未取得の差分更新情報が存在するかを定期的にサーバに問い合わせる方式である（図 3 参照）．コンテンツ共有サーバは，未取得の差分更新情報がある場合には，差分更新情報を持ったレスポンスを返信し，未取得の差分更新情報がない場合には，空のレスポンスを返信する．

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

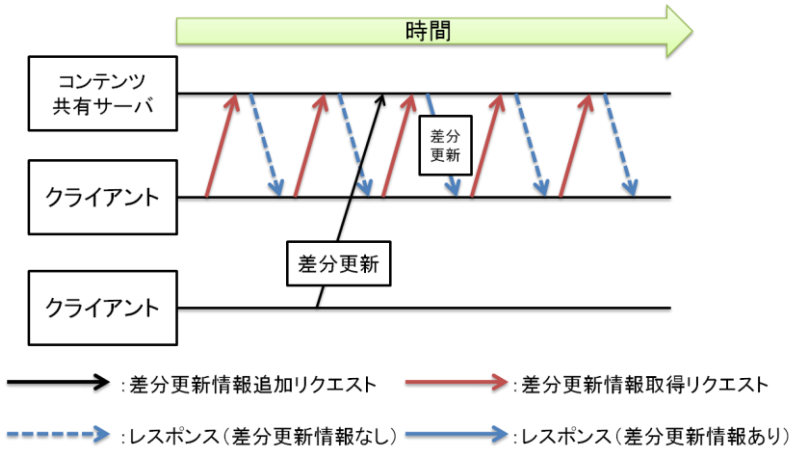

図 3　HTTP ポーリング方式

HTTP ポーリングには，差分更新情報が相手端末に到達するまでに時間がかかるという問題と，通信量が増大するという二つの問題が存在する．

HTTP ポーリング方式では，クライアント A がサーバに差分更新情報を送信してから，クライアント B が差分情報更新情報を取得しに行くまで，時差が存在する．例えば，クライアントがコンテンツ共有サーバに差分更新情報を問い合わせる間隔（ポーリング間隔）を 1 秒とする．クライアント B が差分更新情報を問い合わせした直後に，クライアント A から差分更新情報がサーバに送信された場合，1 秒後に差分更新情報を問い合わせるまで，クライアント B は差分更新情報を取得できない．このように，ポーリング間隔を t とすると，差分更新情報が相手に到達するまで，平均 t/2 の遅延が発生することになる．このような遅延が存在すると，話しながら操作を行った場合に，声が相手に到達してから操作内容が到達するまでの時間差が大きくなり，相手に違和感を感じさせることになる．

次に，HTTP ポーリング方式では，クライアントは，未取得の差分更新情報の有無がわからないため，定期的にサーバに問い合わせを発行しなければならない．したがって，サーバからクライアントに伝達すべき差分更新情報がない場合でも，サーバ・クライアント間に通信が発生し，ネットワークやサーバの負荷が増加するという問題が発生する．

なお，上記二つの問題はトレードオフにある．差分更新情報の通知遅延を小さくしようとすれば，ポーリング間隔を短くする必要があるが，それに伴い，通信量が増大することになる．逆に，通信量を減らそうとすれば，ポーリング間隔を長くすれば良いが，その場合，差分更新情報の通知遅延が大きくなることになる．

(2) HTTP ロングポーリング

一般的に，Web サーバは，クライアントから要求があった場合に即座にレスポンスを返信する．一方で，HTTP ロングポーリング方式では，クライアントからの差分更新情報取得要求があった場合に，まず，そのクライアントが未取得の差分更新情報があるかをチェックする．未取得の差分更新情報が存在する場合には即座に未取得分の差分更新情報をレスポンスとして返信する．未取得の差分更新情報が存在しない場合には，クライアントに対してレスポンスを返さず，他のクライアントから新たな差分更新情報がサーバに送信され，キューに追加されたタイミングで，その差分更新情報をレスポンスとして返す（図 4 参照）．

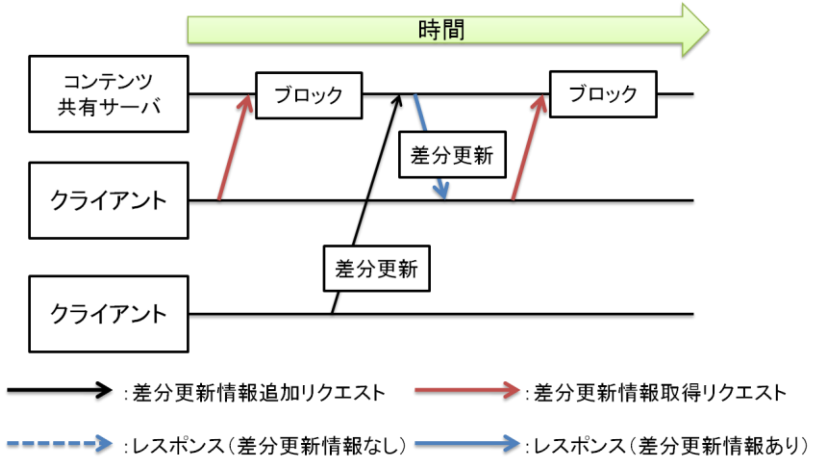

図 4　HTTP ロングポーリング方式

HTTP ロングポーリングでは，HTTP ポーリングにあったような，差分更新情報を共有相手に伝達するまでの遅延や通信量が増大する課題は解決される．しかしながら，別の課題が発生する．

HTTP1.1 では，クライアントから同一ホストへの HTTP 接続数が 2 本までと規定されている(RFC2616)[4]. Web ベースのコンテンツ共有では，差分更新情報取得要求と，

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

差分更新情報送信要求で，HTTP 接続数を 2 本消費してしまうため，例えば，バックグラウンドでコンテンツデータを取得する等ができなくなる．また，一般に，Web サーバは，クライアントからのリクエストを受け付けるたびにスレッドを生成して，レスポンスをクライアントに返信するが，HTTP ロングポーリング方式では，リクエストをブロックするため，長時間スレッドに割り当てられたリソースが解放されず，サーバの負荷が高くなる．

3. 提案方式

次に，本論文での提案方式について説明する．提案方式では，Web アプリケーションで実現したコンテンツ共有システムを拡張し，携帯端末上でのコンテンツ共有のリアルタイム性の向上を目指す．

提案方式では，コンテンツ共有が開始された時に通話中である場合は，差分更新のための通信プロトコルを HTTP から MSRP(Message Session Relay Protocol)[5]に変更する．MSRP はセッションを確立した相手とインスタントメッセージを送受信するためのプロトコルである．MSRP では，通信相手との間に TCP コネクションを確立し，双方向でメッセージの送受信を行う．MSRP を用いることによって，HTTP ではできなかったコンテンツ共有サーバからクライアントへの能動的な配信が可能となる．また，HTTP ロングポーリングに存在するようなコネクション数の制限や，リクエストのブロックに起因するリソースの消費も回避される．

様々な端末で利用可能であるという Web アプリケーションの利点を損なわないように，提案方式は，従来の Web アプリケーションを拡張して実現する．したがって，コンテンツ共有におけるコンテンツの表示や操作等の部分は従来方式のものをそのまま利用し，差分更新情報の通信部分のみを切り替える．通信部分の切り替えは，Web ブラウザに用意される JavaScript と外部プログラムとの通信機能を用いて行う．外部プログラムが共有サーバと TCP コネクションを確立し，ブラウザは外部プログラム経由で差分更新情報の送受信を行う．

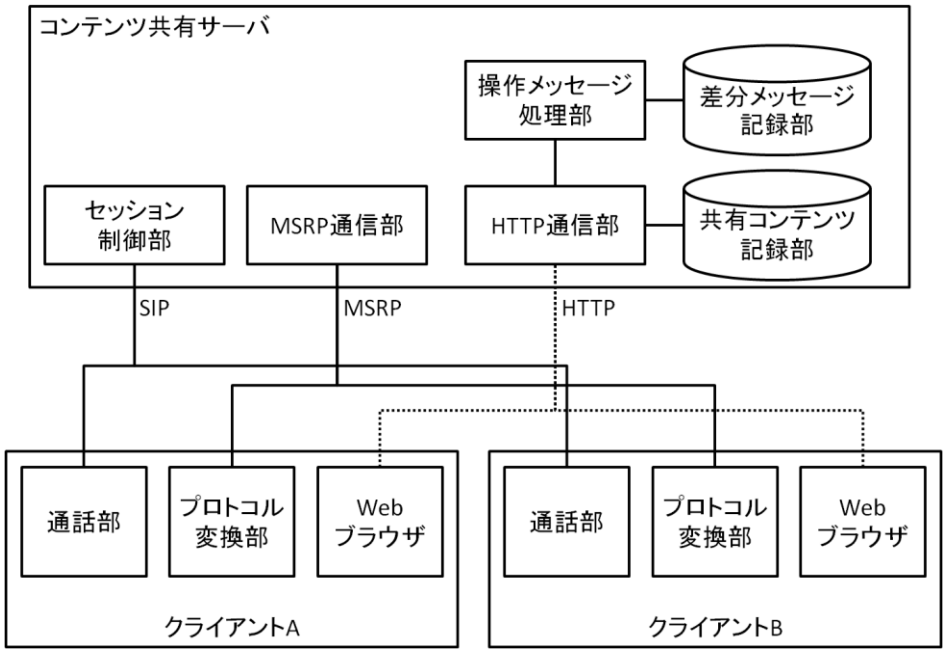

図 5　提案方式の構成図

提案方式の構成を図 5 に示す．以下，クライアント A と B が通話中にコンテンツ共有を開始する場合を例として，提案方式の詳細を説明していく．まず，クライアント A がコンテンツ共有を開始するために，ブラウザを用いてコンテンツ共有サーバにアクセスする．ブラウザにダウンロードされた JavaScript が，プロトコル変換部経由で，通話部にアクセスし，通話中であるかどうかを判断する．通話中である場合は，差分更新情報のプロトコルを HTTP から MSRP に切り替える．先に述べたように，クライアントは TCP コネクションを用いて，MSRP メッセージの送受信を行う．この時，クライアント A は共有サーバ経由でクライアント B と MSRP メッセージを送受信するための通信路を確保する必要があり，共有サーバとのネゴシエーションが必要となってくる．ここでは，ネゴシエーションのためのプロトコルとして，VoIP でよく使用される SIP(Session Initiation Protocol)[6]を使用する．クライアント A の通話部は，通話相手であるクライアント B とのコンテンツ共有開始要求を INVITE メッセージによっ

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

て，コンテンツ共有サーバに送信する．この時の INVITE には，MSRP メッセージの送受信に用いる TCP のポート番号が SDP(Session Description Protocol)[7]内に記載されており，この情報を基に，コンテンツ共有サーバの MSRP 通信部とクライアント A のプロトコル変換部は，MSRP メッセージを送受信するための TCP コネクションを確立する．クライアント A からの INVITE を受け取ったコンテンツ共有サーバは，クライアント B に INVITE を送信し，クライアント B との間にも TCP コネクションを確立する．このようにして，差分更新情報の通信経路がクライアント A と B との間で確立される．

その後，クライアント A のユーザがコンテンツに対して操作を行うと，ブラウザ上で差分更新情報が生成され，プロトコル変換部経由で MSRP を用いてコンテンツ共有サーバに送信される．コンテンツ共有サーバは，クライアント B に，受信した差分更新情報を MSRP で即座に送信する．クライアント B のプロトコル変換部は，受け取った差分更新情報をブラウザに送信し，クライアント B のブラウザ上のコンテンツにクライアント A の行った操作が反映される．

なお，クライアント A が通話中でない場合にコンテンツ共有を開始した場合には，差分更新情報も HTTP を用いて送受信される．

4. 評価

提案方式，HTTP ポーリング方式，HTTP ロングポーリング方式の三方式について，通信遅延及び通信量の比較評価を実施した．比較評価の結果を本節にて述べる．

4.1 評価方法

本論文における評価環境の構成を図 6 に示す．コンテンツ共有サーバは，Windows 2003 Sever 上に実装した．クライアントは，Android OS 1.6 上に実装し，Web ブラウザは Android OS 標準のものを使用している．プロトコル変換部は，Android 上の Java アプリケーションとして実装し，Web ブラウザとプロトコル変換部の通信には，Android SDK に用意されている JavaScript と Java アプリケーション通信インタフェースを使用した(android.webkit.WebView.addJavascriptInterface)[8]．クライアントの通信には，IEEE 802.11g を使用した．クライアントは，無線 LAN アクセスポイントを経由し，100BASE-T にてコンテンツ共有サーバに接続される．

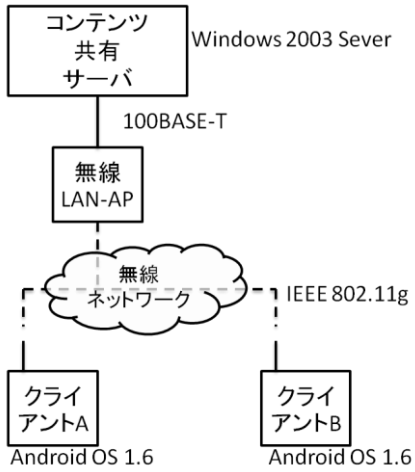

図 6　評価環境

次に通信遅延の測定方法を述べる．測定したい値は，一方のクライアント（クライアント A）から，コンテンツを共有しているもう一方のクライアント（クライアント B）に差分更新情報が到着するまでの時間（図 7 の t_A）である．但し，t_A を得るためにはクライアント A と B の時刻を高精度（数十 ms）で同期させる必要があり，時刻同期が正確でない場合は，測定値に誤差が混入することになる．そこで，本論文では，クライアント A と B の時刻の同期ずれを考慮する必要のない方法で通信遅延を測定した．

まず，クライアント A からコンテンツ共有サーバに向け，差分更新情報 1 を送信する．この時の時刻を T_0 とする．差分更新情報 1 を受け取ったコンテンツ共有サーバは，クライアント A のコンテンツ共有相手であるクライアント B に対して差分更新情報 1 を送信する．差分更新情報 1 を受け取ったクライアント B は直ちに差分更新情報 2 を生成し，コンテンツ共有サーバに送信する．コンテンツ共有サーバは，差分更新情報 2 をクライアント A に送信する．クライアント A が，差分更新情報 2 を受け取った時点の時刻を T_1 とする．本論文では，通信遅延として，T_1-T_0 を使用する．このようにして通信遅延を測定することによって，クライアント A と B の時間同期を気にする必要がなくなる．

通信量測定は，上記の通信遅延測定を 1 秒周期で 100 サイクル繰り返した時のクライアント A が送受信したバイト数を測定することで行う．

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

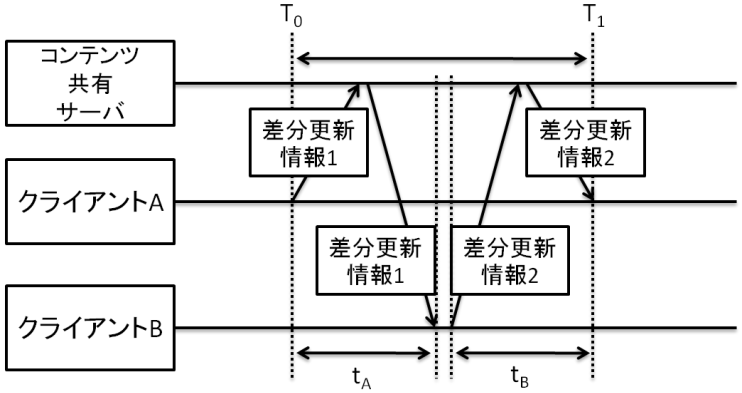

図 7　通信遅延測定方法

4.2 測定結果と考察

(1) 通信遅延

通信遅延測定の結果を図 8 に示す．HTTP ポーリングのポーリング間隔は 300 ms と 400 ms の 2 パターンについて測定した．図中の縦軸が通信遅延，横軸は測定の試行回数を表す．また，図中に示した横線は，各方式における測定値の平均値を示す．平均値をまとめると以下の表のようになった．

表 1　各方式における通信遅延の平均値

方式	通信遅延の平均値 (ms)
ポーリング（400 ms 間隔）	867
ポーリング（300 ms 間隔）	732
ロングポーリング	559
提案方式	334

HTTP ポーリング方式の 400 ms 間隔，300 ms 間隔，HTTP ロングポーリング方式，提案方式の順に通信遅延が短くなることが分かる．提案方式は，従来方式の中で最も通信遅延の少ない HTTP ロングポーリング方式に比べて，約 40 %の改善がみられる．

HTTP ポーリング方式で，ポーリング間隔を短くすると通信遅延が減少するのは，差分更新情報がコンテンツ共有サーバに追加されてから，クライアントが取得要求を出すまでの時間が短くなるためである．

HTTP ポーリング方式(300 ms 間隔)と提案方式を比較すると，約 400 ms 程度の差がみられる．ポーリングによって生じる遅延は，前述したようにポーリング間隔の 1/2 である．評価実験では，差分更新情報を往復させているため，ポーリングに起因して発生する遅延は，ポーリング間隔に等しくなる(300 ms)．一方で，測定された通信遅延の差は 400 ms となっている．これは、提案方式に比べて，HTTP ヘッダの解析処理やサーバでのキューイング処理など，様々な処理が必要となり，オーバーヘッドが発生するためである．

同様の理由で，HTTP ロングポーリング方式の方が，提案方式よりも必要な処理が多いために，提案方式の方が通信遅延が小さくなっている．

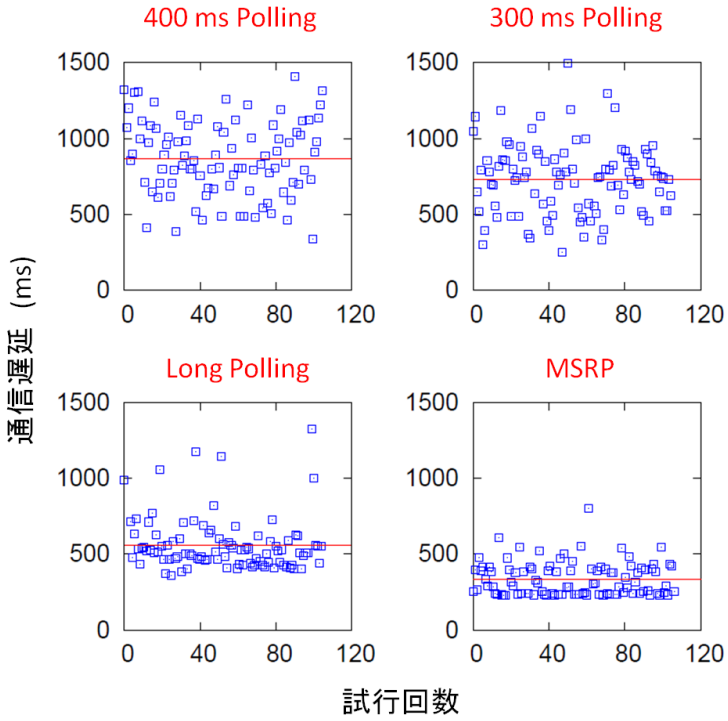

図 8　HTTP ポーリング，HTTP ロングポーリング，提案方式の通信遅延比較

(2) 通信量

HTTP ポーリング（ポーリング間隔 300 ms），HTTP ロングポーリング，提案方式に関して通信量を測定した結果を以下に示す．

Vol.2010-DPS-145 No.2
Vol.2010-GN-77 No.2
Vol.2010-EIP-50 No.2
2010/11/25

表 2　各方式における通信量

方式	通信量 (KByte)
HTTP ポーリング	503
HTTP ロングポーリング	331
提案方式	71

通信量は，HTTP ポーリング，HTTP ロングポーリング，提案方式の順になった．HTTP ポーリング方式は，コンテンツ共有サーバに新しい差分更新情報がなくても定期的に通信を行うため，もっとも通信量が多くなる．提案方式は，HTTP ロングポーリング技術に比べて，通信量で約 80 %の改善がみられた．

HTTP ロングポーリング方式に比べ，提案方式の通信量が低いのは，HTTP 通信の方がヘッダなどの余分な情報量が必要になることに起因している．HTTP を用いた通信では，通常の HTTP 通信のヘッダに加えて，差分更新情報をコンテンツ共有の相手に送信するために，差分更新情報の送信先と送信元の URI 等の情報が必要となってくる．一方で，MSRP のヘッダは送信先や送信元，コンテンツのタイプや長さ等，差分更新情報の送信に必要な最小限の情報しか含まれていないため，HTTP に比べて小さくなっている．そのため，提案方式の方が，通信量が小さくなっている．

5. まとめ

本論文では，インストール等の煩雑な作業が必要なく様々な端末で利用可能な Web アプリケーション型のコンテンツ共有システムを拡張し，特にリアルタイム性に課題のある音声通話を行いながらのコンテンツ共有のリアルタイム性を向上する方式を提案した．提案方式では，音声通話に連動させて，HTTP を用いて交換していた差分更新情報を，MSRP を用いて交換するように切り替える．提案方式と従来の HTTP ポーリング，HTTP ロングポーリングを用いた方式との比較評価を行い，提案方式が最もリアルタイム性にすぐれ，かつ通信負荷の低い方式であるとの結論を得た．本方式を，従来の HTTP ポーリング方式等と組み合わせて使用することで，幅広い端末で利用可能で，かつリアルタイム性にすぐれたコンテンツ共有を実現することが可能となる．

参考文献

[1] Jabber HTTP Polling
http://xmpp.org/extensions/xep-0025.html
[2] 城島貴弘，大西健夫，中島一彰: 双方向 Web コミュニケーションにおけるプロキシキャッシュを利用した負荷分散方式，情報処理学会，Vol.2010-GN-75 No.3 (2010)
[3] Crane Dave, McCarthy Phil: Comet and Reverse Ajax: The Next-Generation Ajax 2.0., Apress (2008)
[4] Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1
http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html
[5] The Message Session Relay Protocol
http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4975.txt
[6] SIP: Session Initiation Protocol
http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt
[7] SDP: Session Description Protocol
http://www.ietf.org/rfc/rfc2327.txt
[8] android developers
http://developer.android.com/reference/android/webkit/WebView.html