

NTP に基づく複数 Monolith 間同期

藤田 佳樹[†] 片桐 滋[†] 大崎 美穂[†]同志社大学大学院 情報工学専攻[†]

1. はじめに

Monolith と呼ばれるマルチメディア壁面によって部屋を構成する遠隔コラボレーション支援システム *t-Room*^[1] に着目し、その性能向上を目指した研究が行われてきた^[2]。本研究では特に、NTP サーバから得られる時刻情報を利用することによって、*t-Room* 内の複数映像間の同期を向上させる仕組みを実装し、その評価結果を報告する。

2. 背景：同期の崩れによる映像の質の低下

同室感の向上を目指す *t-Room* では、壁面に映し出される映像は、各 *Monolith* に対応する大型ディスプレイ間で同期がとられた上で再生されることが望まれる。しかし、これまでの *t-Room* の実装においては、各ディスプレイ上の映像の撮影と伝送、再生は、それぞれのディスプレイ（及び対応するカメラ）毎に独立に行われ、ディスプレイ間の映像同期の確保に関する直接的な対策はとられてこなかった。その結果、同期の崩れによる再生映像の質の低下を避け得ないリスクが存在した。

一方、*t-Room* 環境における同期の崩れが映像知覚に及ぼす影響が、知覚実験によって調査されている^[3]。実験は、*t-Room* 内の隣接する2面のディスプレイにまたがって再生される動きのある人物映像を用いて行われた。2面の一方に0から4フレーム分の遅延が付加され（ここでフレーム間隔は33msである）、観察者が人物の動きの知覚において感じる違和感が5段階で評価された。結果の *t* 検定を経て、横方向の動きについては66ms以上、縦方向の動きについては33ms以上の遅延が違和感を生じさせることが明らかとなった。実験は、基本的に、わずか33ms程度のディスプレイ間の遅延でも映像知覚における質の低下を引き起こすことを示している。

WAN 経由で通信が行われる *t-Room* においては、映像パケット毎に変動し得る伝送遅延の存在を避けることができない。また、ディスプレイ上の映像再生を行う映像サーバにおいても、映像データ処理に伴う時変の遅延を見逃すことができない。こうした状況と上記の評価結果を考慮すると、*t-Room* における映像処理の手続きは、時変の遅延を受け入れつつ、再生映像間の同期のずれを33ms程度に収め得るべきことがわかる。

3. NTP サーバの時刻情報を用いる映像間同期

3.1. *t-Room* における NTP 時刻精度の確認

t-Room 内の全てのサーバで NTP サーバの時刻情報を利用する前提として、まずその時刻情報の精度を確認した。調査環境として、*t-Room* 内に時刻配給源としての1台のローカル NTP サーバを構築し、各 *Monolith* に対応するサーバ（合計6台）を NTP クライアントとして構築した。

任意の端末2台と NTP サーバについて NTP の通信オフセットの求め方と同様の手法で時刻の同期精度を求めた結果を表1に示す。これらの結果から、時刻のずれは1ms以下にとどまっており、*t-Room* 内のサーバ間時刻同期には十分な精度であることを確認した。

表1 NTP 時刻同期情報の精度調査結果。

	平均(ns)	分散(ns)
端末 A と端末 B	453326	0
NTP サーバと端末 A	130333	0
NTP サーバと端末 B	135741	0

3.2. NTP 時刻情報を用いる映像同期手法の実装

提案システムの概要を図1に示す。*t-Room* 用に先に開発されてきた映像伝送システム^[4]に NTP 情報を用いた時刻同期機能を加え、さらに、ディスプレイサーバ間の時刻同期を利用する同期サーバを新たに設置して、映像再生の同期の向上を目指す手法を提案する。

提案手法は、関わるサーバそれぞれの時刻が全て同期していることを前提とする。そのとき、それぞれの映像処理（撮影から伝送、再生に至る全体）にかかる遅延量は、そのまま各サーバがもつ（*t-Room* 内で共通の）時刻の差によって表すことができる。

図は、*Monolith A* と *Monolith B* をもつ *t-Room* が、WAN を通してもう一台の *Monolith A'* と *Monolith B'* をもつ *t-Room* と接続されている様子を示している（*Monolith* には一組のディスプレイとカメラが対応するため、便利のため、伝送の単位を *Monolith* によって表す）。映像伝送は、*Monolith A* と *Monolith A'* の間（以下、A-A' チャンネルと略記）と、*Monolith B* と *Monolith B'*（以下、B-B' チャンネル）の間でそれぞれ行われている。また、A-A' チャンネルと B-B' チャンネルに対する処理遅延量をそれぞれ D_a と D_b としてい

NTP-Based Synchronization for Multiple Monolith in *t-Room*
Yoshiki Fujita[†], Shigeru Katagiri[†], and Miho Ohsaki[†],
[†]Information and Computer Science Course, Graduate School
of Science and Engineering, Doshisha University

表 2 伝送遅延量の差異に伴う映像再生フレームレートと映像再生に生じる遅延量.

伝送遅延 (ms)	フレームレート		遅延量補正を伴う場合の映像 再生時の遅延量		遅延量補正を伴わない場合の映 像再生時の遅延量	
	平均	分散	平均(ms)	分散(ms)	平均(ms)	分散(ms)
0	14.054	0.0605	26.8	4.18E-02	23.1	3.79E-02
30	13.956	0.213	17.9	3.01E-01	49.0	1.03E-02
60	9.740	0.311	62.7	3.40	55.1	7.50E-01
90	7.465	0.271	75.3	2.23	85.4	7.67E-01
120	5.496	0.251	96.9	8.73	129.0	1.34

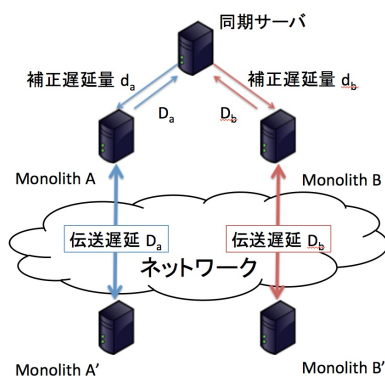


図 1 映像提示同期の提案システム概要.

る. このとき同期サーバは, 式(1)に基づいて Monolith A と Monolith B 上の映像を同期するための補正遅延量 d_a と d_b を算出する. そして, それぞれの Monolith に対応する映像サーバはその補正遅延量を加えることで映像間の同期の実現を試みる. 補正遅延の付加は, ディスプレイサーバ内にリングバッファを設けることで実施した.

$$\begin{cases} d_a = (D_a - D_b) & (D_a > D_b \text{ の時}) \\ d_a = d_b = 0 & (D_a = D_b \text{ の時}) \\ d_b = (D_b - D_a) & (D_a < D_b \text{ の時}) \end{cases} \quad (1)$$

リングバッファに関する映像データの出入力は, 効率的で円滑な動作を実現するため, それぞれ独立して動作する入力用スレッドと出力用スレッドを用いて行った. 基本的に, 出力用スレッドはバッファ内に映像データがある限り, ディスプレイ側にそれを送出する. そのため, バッファ入力時に付加された遅延量が変更される可能性がある. この点を考慮し, 本研究では, リングバッファを用いる遅延量の補正 (付加) を伴わない場合も実装し, 前述した遅延量の補正を伴う場合との比較も行った.

3.3. 評価実験

映像の撮影から再生に至る伝送路上の様々な要因のため, 映像再生のフレーム間隔が撮影時

のそれを下回ることもあり得る. 本研究では, そうした状況も想定し, Monolith 毎に (時变的に) 異なるフレームレートで再生される映像を同期することを目指した評価を行った. なお, このフレームレートの変更は, 映像サーバが持つ, 伝送遅延量に応じて自動的にフレーム間隔を変化させる機構を利用して行った.

伝送遅延の制御には Linux カーネルの tc コマンドを用いたネットワークシミュレータを用いた. ネットワークの遅延量は, 30ms 間隔で 0ms から 120ms までの 5 段階に設定した. 実験の映像入力デバイスには WEB カメラを, ネットワークには LAN を用いて約 10 分間の映像伝送を行った.

表 2 に, 各伝送遅延量に対する, 結果的なフレームレートと (遅延付加の有無に関する 2 つの場合における) 映像再生時に生じた遅延量との, それぞれの平均値と分散を示す. ここで, 再生時の遅延量の測定は, フレーム間隔の変動に対処するため, 映像データがもつ時刻情報を用いて行った. 表中の結果から, 遅延量補正を行う場合の方が, 映像再生遅延は平均的には小さいものの, その分散は大きくなることがわかった. これは, バッファリングに拠るものと思われる.

4. おわりに

評価結果から, 伝送遅延量が大きい場合は, 映像再生遅延は標準的なフレーム間隔である 33ms よりも大きく, またその遅延の大きさも変動することがわかった. この改善のため, ディスプレイサーバにおけるバッファリングの実装法の見直し等が必要と考えている.

参考文献

- [1] K.Hirata, et. al; The t-Room: Toward the Future Phone, NTT Technical Review, vol. 4, no. 12, pp. 26-33 (2006).
- [2] 和田, 他; 空間重量型遠隔コラボレーション支援システムにおける利用可能領域の拡大, 情報処理学会, 第 96 回 GN 研究会, no. 22 (2015).
- [3] 貝瀬; t-Room における隣接ディスプレイ間の映像同期に関する知覚的評価, 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科 卒業論文 (2015).
- [4] 村上, 他; 遠隔コラボレーション支援のための映像伝送システムの開発とその遅延評価, 情報処理学会, 第 86 回 GN 研究会, no. 19 (2013).