

平成 13 年度
学士学位論文

RMTP を用いた教材配信システムの検討

Examination of the Teaching-Materials Distribution
System Using RMTP

1020283 木村 大樹

指導教員 清水 明宏

2002 年 2 月 8 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

RMTP を用いた教材配信システムの検討

木村 大樹

近年の急速なネットワークの整備に伴い、学校環境においても高速に大容量のデータ送受信が可能となり、教材配信サービスの充実が求められている。学校環境では授業単位でのコンテンツ利用が主であり、同じコンテンツを同時に閲覧する特異な状況が考えられる。そのため、個々の受信者が別々にファイルの要求を行うのではなく、効率よく受信者にファイルを送信できる、マルチキャスト同報配信が適している。そこで高速で高信頼なマルチキャスト同報配信として期待されている、RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol) という通信プロトコルを用い、実証実験を通じて学校環境における RMTP の有効性を検証する。

本研究では高知学校インターネットシステムにおける実証実験を通じて、学校環境に適した効率のよい、安定した配信が行えるパラメータの導出を目的とし、教育用ネットワークにおける効率的な教材配信手法を確立することを目的とした。

キーワード マルチキャスト, RMTP, 学校, ファイル配信

Abstract

Examination of the Teaching-Materials Distribution System Using RMTP

Hiroki Kimura

Today, With rapid extended the network, We can transmit and receive data of the big capacity at high speed in the school, and We need to enrich service to send educational material. In the school, We use a content in each class mostly, and it was caused a problem that the same content was accessed. Multicast, which is able to efficiently transmit to receiver, is remarkable solution. So we use RMTP (Reliable Multicast Transport Protocol) and verify that RMTP is suitable in school. In the research, We aim to find out a parameter which has efficient and stability in transferring and is suitable in school, and build up the efficient way to transfer educational material in "educational network".

key words Multicast, RMTP, School environment, Data Transportation

目次

第 1 章	序 論	1
1.1	研究の目的	1
1.2	教育現場の現状	2
1.3	配信方式	3
1.3.1	ユニキャスト配信	3
1.3.2	ブロードキャスト配信	3
1.3.3	マルチキャスト配信	4
1.4	RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)	5
1.4.1	はじめに	5
1.4.2	RMTP の流れ	5
1.4.3	再送の仕組み	7
第 2 章	実験概要	9
2.1	実験目的	9
2.2	実験環境	9
2.3	ログ解析について	11
第 3 章	実験結果	14
3.1	マシンスペックと総配信時間	14
3.2	転送レートと再送回数	16
3.3	クライアントマシン台数と総配信時間	17
3.4	大容量ファイル配信	19
3.4.1	マシンスペックの変化による配信時間の違い	20
3.4.2	再送回数と再送時間	22

目次

3.4.3	受信コンテンツ復元確認	23
3.4.4	配信結果	24
3.4.5	大容量ファイル配信実験まとめ	25
3.5	実証実験まとめ	26
第4章	結 論	27
4.1	成 果	27
4.2	今後の課題	27
	謝辞	28
	参考文献	29

目次

1.1	ユニキャスト配信イメージ	3
1.2	ブロードキャスト配信イメージ	4
1.3	マルチキャスト配信イメージ	4
1.4	RMTP の流れ	7
2.1	学校インターネット I	10
2.2	クライアントログの例	12
2.3	プログラム実行結果	13
3.1	転送レートと配信時間 (高・低スペック)	14
3.2	転送レートと配信時間 (高スペック)	15
3.3	再送回数と転送レート	16
3.4	マシン台数と配信時間の関係	17
3.5	場所による配信時間の違い	18
3.6	大容量教材コンテンツ一部	19
3.7	受信時間と復元時間 (高スペック)	21
3.8	受信時間と復元時間 (中スペック)	21
3.9	再送総時間と再送要求総数の関係 (高スペック)	22
3.10	再送総時間と再送要求総数の関係 (中スペック)	23
3.11	配信結果一覧表	24

表目次

2.1 小・中学校のマシンスペック	11
-----------------------------	----

第 1 章

序 論

社会の IT(Infomation Technology) 化の波は教育の分野にも確実に押し寄せている。学校においても、ミレニアムプロジェクトによるコンピュータ整備計画では教室に 2 台のコンピュータとプロジェクタが置かれ、動画コンテンツの積極的な活用が提唱されている [1]。また、同じ時間に同一のコンテンツを多人数が参照することの多い学校という特殊な環境では、従来の技術であるユニキャスト配信やブロードキャスト配信では大容量マルチメディアコンテンツの配信に対応しきれない。そこで、データを必要としているグループのみに送信するマルチキャスト配信が注目されるようになってきている。本研究で扱う RMTP (Reliable Multicast Transport Protocol) [2] は、マルチキャスト配信の本来の転送効率のよさに加え、再送制御により信頼性を高めたプロトコルである。そこでこの特性を活かして、今後学校などへの教材配信サービスや、生涯教育コンテンツ等の配信利用への検討がなされているが、さまざまな問題から実証実験は限られており、効率のよい安定した配信を行う具体的なパラメータについての、導出に至っていないのが現状である [3]。

1.1 研究の目的

本研究では教育現場におけるマルチメディア教材コンテンツの利用を想定し、RMTP を用いたマルチキャスト配信においての最適なスループットに関する研究を行い、データ配送に最適なパラメータを導出する。また、この配信システムが学校環境において有効であることを検証し、マルチメディア教材配信技術としての確立を目指す。

1.2 教育現場の現状

政府は平成 11 年 12 月、ミレニアムプロジェクトと題し、新しい千年紀に向けて新産業を生み出す技術革新への取り組みをスタートさせた。このプロジェクトの中には、教育の情報化プロジェクトも含まれており、教育の分野においても IT の波は確実に押し寄せてきている。プロジェクトのねらいは、誰もが参加できる情報通信社会の構築を目指し、情報リテラシーの向上をはかるために、インターネットの教育利用を推進する情報通信技術の開発を行うものである。その詳細は各教室からインターネットに高速接続し、テキスト・音声・動画等多様なマルチメディアコンテンツにアクセスできる環境を実現することである。実際に学校現場においても、ネットワークを利用した授業の需要は増加する傾向にあり、データを確実かつ高速に送受信する技術が必要となっている [4]。教育用コンテンツの特徴は、ひとつのコンテンツを複数の端末から同時にアクセスし、閲覧される点である。これにより、一般のコンテンツには見られないトラヒック負荷が発生する。そこで、本研究では、教育現場におけるインターネット利用状況を踏まえた上で、教材コンテンツの配信方法を検討する。

1.3 配信方式

1.3 配信方式

複数の受信側にデータを受け渡す伝送方法としては、ユニキャスト・ブロードキャスト・マルチキャストの3種類がある [5]。初めにこの3種類の配信システムと、その特徴について述べる。

1.3.1 ユニキャスト配信

ユニキャストによる同報配信とは、要するに1対1の通信である。これは、データを送る端末の数だけデータが必要となるので、少数の端末同士なら効率がよいが、端末数が増加するにつれ、ネットワーク上のデータ量も増加し、負荷がかかってしまうため非常に効率が悪い。図 1.1 に処理フローを示す。

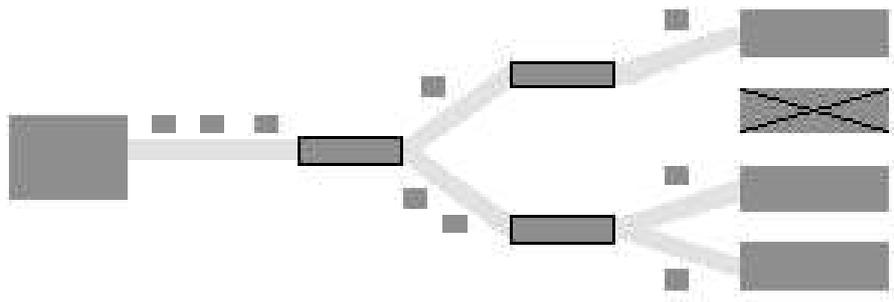


図 1.1 ユニキャスト配信イメージ

1.3.2 ブロードキャスト配信

それに比べて、マルチキャストやブロードキャストでは複数の端末に対して同時に同じファイルを配信するのに向いている。これは送信側から送られたデータがルータでコピーされて配信されるため、端末数のデータは必要でない。しかし、ブロードキャストによる配信では、ネットワーク上すべての端末にデータ配信を行うので、送られる情報とはまったく関係のないクライアントであってもデータの受信を行わなければならない、その分余計なネットワーク負荷をかけることになってしまう。図 1.2 に処理フローを示す。

1.3 配信方式

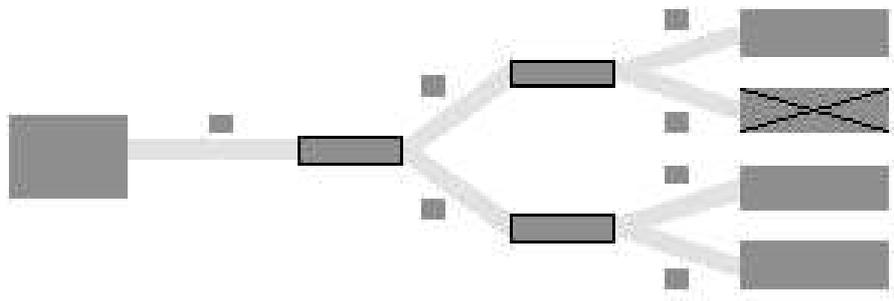


図 1.2 ブロードキャスト配信イメージ

1.3.3 マルチキャスト配信

マルチキャスト配信では、ブロードキャスト配信と同様に送信されたデータがルータでコピーされて配信されるが、特定のグループに属する指定した端末にのみ、データを配信することができるため、送信の必要な複数の拠点に効率よくデータを送る事ができ、ネットワーク負荷も抑えることが可能である。一般的にマルチキャストとは、クライアント側の参加によって受信を行う Pull 型とサーバ側から決められたグループ端末にのみ配信する Push 型とがあるが、本研究で扱うマルチキャストは後者の Push 型である。図 1.3 にその処理フローを示す。

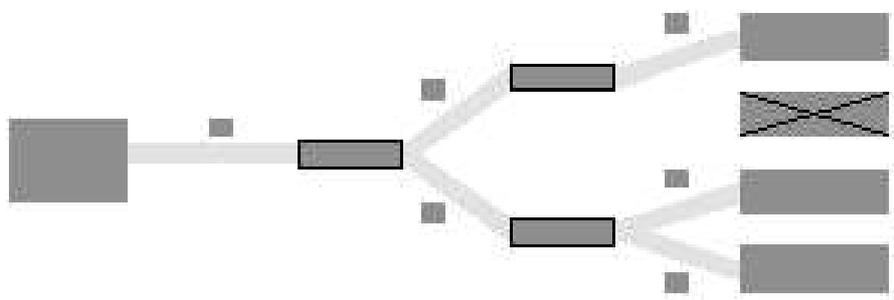


図 1.3 マルチキャスト配信イメージ

1.4 RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)

1.4.1 はじめに

現在、指定した複数の端末にネットワーク負荷を抑えて、効率のよい配信が可能である配信技術として、マルチキャスト配信の利用が大規模なネットワークで考察されている [6]. しかし、マルチキャスト配信では、TCP/IP のような信頼性のある通信が確立されない問題があり、途中でデータの packets 落ちが発生すると、そこから先のネットワークでは確実なデータの受信ができない. そこで、本研究で用いる RMTP は受信クライアントからの再送要求と受信確認の通知を制御することで、マルチキャスト配信の高効率なデータ配信に信頼性を補うことができるプロトコルである.

このプロトコルは日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所と日本電信電話株式会社 (NTT) 情報通信研究所との共同研究プロジェクトで開発された. 確実にデータを送信する為に様々なパラメータが定められており、配信ファイルに最適なパラメータを実証実験において抽出することによって高信頼なデータ配送を行うことができる.

1.4.2 RMTP の流れ

RMTP では 3 つのステップに分かれてデータ配信が行われる.

1. コネクション確立
2. 配信処理 確認応答・再送要求
3. コネクション開放

図 1.4 にその流れを示す.

■前処理 (コネクション確立)

まず、コネクション確立では、サーバはクライアントに対してファイル送信の開始を通知する. ここで、送信するファイルのサイズ、パケットの大きさなども通知する. 次に、通知を受けたクライアントはコネクション確立応答をサーバに応答する. サーバにはあらかじめ

1.4 RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)

受信クライアントのリストが保持されており、コネクション確立時にはこのリストに基づいて適正なクライアントからの応答かどうか判断される。

■配信処理（マルチキャスト送信）

次に、マルチキャスト送信のプロセスでは、パケットに分割されたファイルをマルチキャストで同報送信を行う。ファイル全体を送り終わった時点で、クライアントからの受信確認を待ち、クライアントは、コネクション確立時に得たファイルについての情報から、全ての受信が終わったかどうかを確認する。不足している部分（パケット）があれば、その不足パケットのシーケンス番号を通知し再送をサーバに要求する。サーバは全てのクライアントからの受信応答や再送要求通知を取りまとめ、再送要求のあったパケットを、再度マルチキャストで同報配信する。再送の仕組みについては後程詳しく述べる事とする。

再送を要求していたクライアントはこの再送パケットを受け取り、全て受信完了となれば、受信応答をサーバに通知する。データに不足している部分がある場合、再度、再送要求通知をサーバに送信する。再送手続きは、原則として全てのクライアントから受信完了通知があるまで繰り返される。ただし、サーバが持っている受信クライアントリストにないクライアントからの再送要求は無視される。

■後処理（コネクション開放）

最後に、コネクション開放のプロセスでは、サーバはクライアントに対し、ファイル送信の終了を通知する。通知を受けたクライアントは終了通をサーバに応答し、受信手続きを完了する。

1.4 RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)

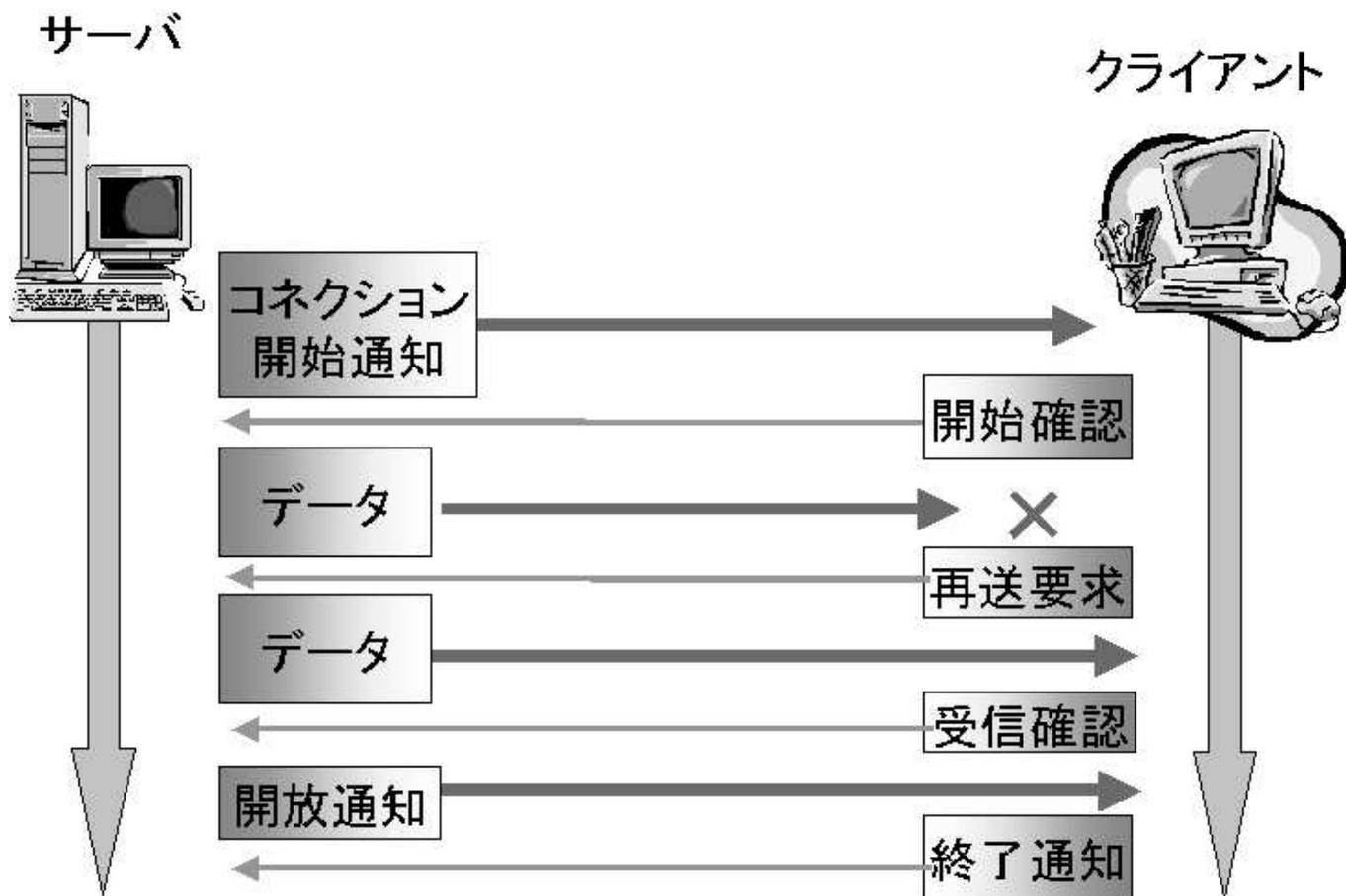


図 1.4 RMTP の流れ

1.4.3 再送の仕組み

データが正確に配信されたかどうかをチェックする方式として、「Sender Initiated」と「Receive Initiated」の2つがある。前者は受信側がパケットを正しく受信した場合は受信確認を返す方法で、送信側は受信確認通知がタイムアウトするとパケットを再送する。後者はその逆で、受信側がパケット損失を検出した場合に再送要求を返し、送信側が再送要求通知を受け取った時点でパケットを再送する。規模が大きいマルチキャストグループにおいて、「Sender Initiated」方式を単純に用いると、ネットワーク上に受信確認パケットがバーストし、発信側のルータにボトルネックを生じてさせてしまう。そこで、この問題に対しては「Receive Initiated」にし、受信確認ではなく再送要求を利用することで、上述のボトル

1.4 RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)

ネックを解消する。本研究の RMTP では、この「Receive Initiated」方式であり、受信者からの応答確認を集約し、その中の再送要求に応答するという手順で通信を行う。受信側が、欠落パケットを検出した場合は、ユニキャストで再送要求を送信して、送信者がこの要求に答える。送信者は、受信者側のパケットの欠落がなくなったという通知があるまで再送を続行する。

第 2 章

実験概要

RMTP を用いた教材コンテンツの配信を以下の目的で行う。実証実験は、異なるファイルサイズの教材コンテンツを、高知 CATV 社のサーバより県内の小・中学校を対象にマルチキャスト配信を行う。その後ログの解析を行い、学校環境に適した配信方法について検討する。

2.1 実験目的

以下の項目について、それぞれの最適パラメータを実証実験により明らかにする。

- マシンスペックと総配信時間
- 転送レートと再送回数
- クライアントマシン台数と総配信時間
- 大容量ファイル配信への適用

2.2 実験環境

高知学校インターネット I(図 2.1) を実験フィールドとする [7]。このシステムは上りが 1.5M、下りが 10M のケーブルを、高知 CATV 社のサーバより県内の学校 15 校に接続している。ネットワーク環境として、CATV 社のサーバからルータを介して、各学校に直通の回線が引かれている。

2.2 実験環境

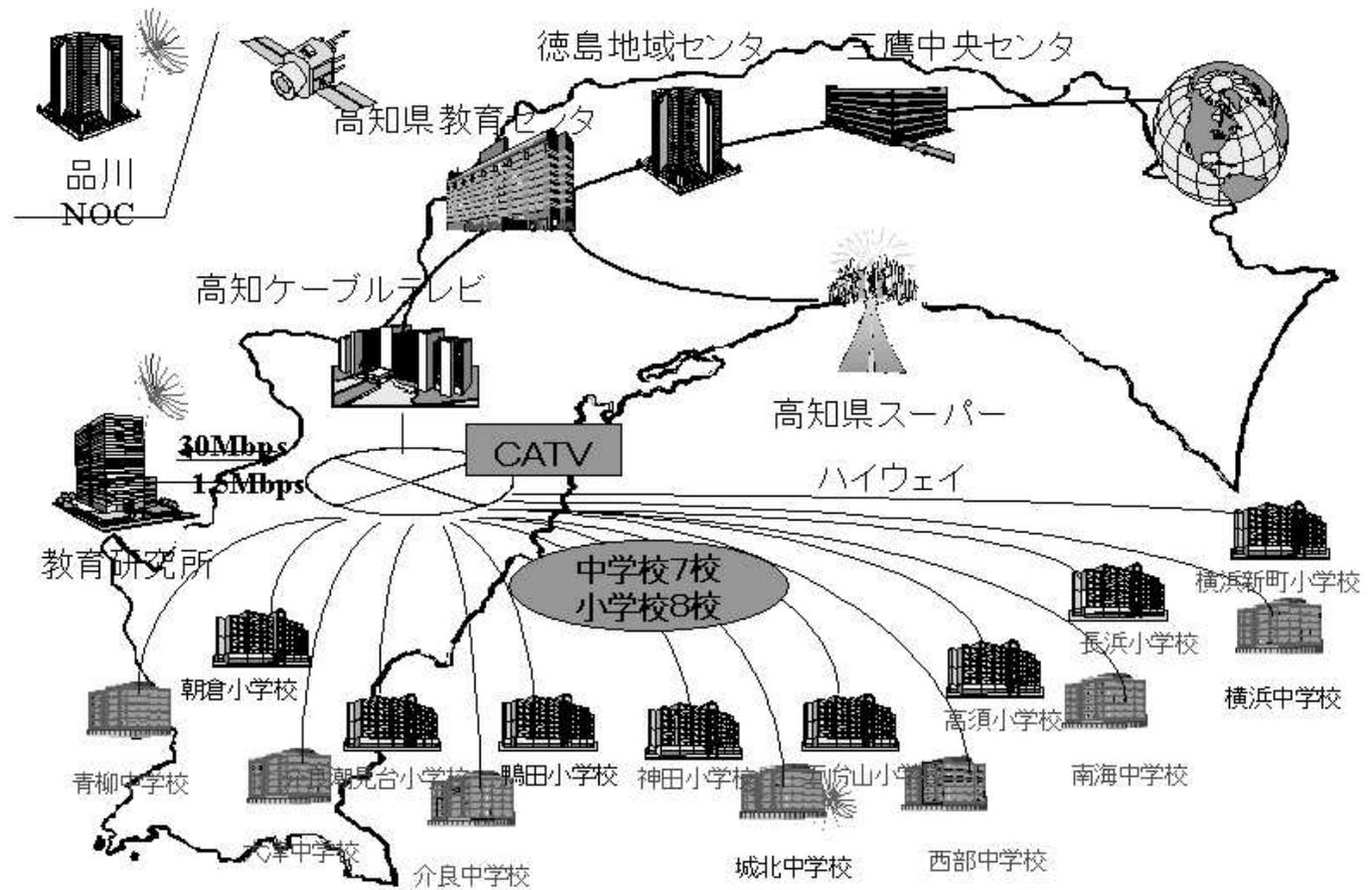


図 2.1 学校インターネット I

配信対象のクライアントマシンスペックに関しては、小学校は PentiumII 400MHz, メモリ 32M の高スペックマシン (以下, 高スペック)5 台と Pentium 120MHz, メモリ 40M の低スペックマシン (以下, 低スペック)10 台が混在した状況であり, 一方中学校では Pentium 200MHz, メモリ 32M の中スペックマシン (以下, 中スペック)40 台で構成されている。また, 配信用教材コンテンツとして, 2~10 分程度の画像や音声のある教材を想定して, 2M,5M,10M のファイルを, また, 授業一時間分の動画やリンクのある教材として, 約 160M のファイルを用意する。

2.3 ログ解析について

表 2.1 小・中学校のマシンスペック

	CPU	メモリ	台数	本文での表し方
小学校	Pentium 120MHz	40M	10 台	低スペック
	PentiumII 400MHz	32M	5 台	高スペック
中学校	Pentium 200MHz	32M	40 台	中スペック

2.3 ログ解析について

このたび、本実験で得られたログ (図 2.2) 数は約 500 本にも上る。中には 1 つのログで 40 回分の配信結果が載っているものもある。そこでログを回収するツールとして、得られたクライアントログを CSV 変換するプログラムを Java を用いて作成した。プログラムの概要としては”StringTokenizer”を用い、空白や各キーワードに反応してパラメータ値を”,(カンマ)”区切りで検出し、CSV ファイルとして保存するプログラムである。本プログラムの実行結果を図 2.3 に示す。

2.3 ログ解析について

```
12/26/01 12:09:48 ADDR=226.1.3.7
12/26/01 12:09:48 ADDR=226.1.2.1
12/26/01 12:09:48 ADDR=226.1.1.1
12/26/01 12:09:48 PORT=7002
12/26/01 12:09:48 USER_NAME=keraj029
12/26/01 13:02:46 CONN RECEIVED blksize = 1024 blknum = 6
12/26/01 13:02:46 CACK SEND
12/26/01 13:02:56 CACK SEND
12/26/01 13:03:06 FIRST DT RECEIVED
12/26/01 13:03:06 RECEIVE COMPLETE size=5130 time 10.050 sec
12/26/01 13:03:06 ACK SEND
12/26/01 13:03:06 REL RECEIVED
12/26/01 13:03:06 RACK SEND
12/26/01 13:03:06 PacketType Send Receive
12/26/01 13:03:06 DT 0 6
12/26/01 13:03:06 ACK 1 0
12/26/01 13:03:06 NACK 0 0
12/26/01 13:03:06 BUSY 0 0
12/26/01 13:03:06 RRDY 0 0
12/26/01 13:03:06 ABORT 0 0
12/26/01 13:03:06 POLL 0 0
12/26/01 13:03:06 CONN 0 1
12/26/01 13:03:06 CACK 1 0
12/26/01 13:03:06 REL 0 1
12/26/01 13:03:06 RACK 1 0
12/26/01 13:03:06 MOVE 0 0
12/26/01 13:03:06 SUSP 0 0
12/26/01 13:03:06 FREPO 0 0
12/26/01 13:03:06 time 10.320 sec RECEIVE COMPLETE
```

図 2.2 クライアントログの例

2.3 ログ解析について

StartTime	Endtime	ReceiveTin	Totaltime	FileSize	DTsend	DTrev	Acksend	Ackrev	Nacksend	Nackrev
13:02:46	13:03:06	10.05	10.32	5130	0	6	1	0	0	0
13:30:23	13:30:49	20.05	25.1	4864	0	5	1	0	0	0
13:41:07	13:41:32	20.11	25.1	4924	0	5	1	0	0	0
13:46:26	13:48:53	117.54	146.98	10485760	0	12337	1	0	1	0
13:59:06	14:01:39	146.22	152.53	10485760	0	17317	1	0	2	0
14:01:39	14:04:07	140.61	147.92	10485760	0	16535	1	0	2	0
14:04:08	14:06:29	133.91	140.55	10485760	0	15560	1	0	2	0
14:06:29	14:08:37	122.1	128.2	10485760	0	14852	1	0	1	0

Busysend	Busyrev	Rrdysend	Rrdyrev	Abortsend	Abortrev	Pollsend	Pollrev	Connsend	Connrev	Cacksend
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Cackrev	Relsend	Relrev	Racksend	Rackrev	Movesend	Moverev	Suspend	Susprev	Freposend	Freprev
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

図 2.3 プログラム実行結果

上記のようにログを CSV に変換することで、各パラメータの推移を一目に収めることができる。また、割愛するが、サーバ側ログに関しても同様の CSV ファイルが作成される。

第 3 章

実験結果

3.1 マシンスペックと総配信時間

マシンスペックの違いが総配信時間に与える影響を調べるため、5M のファイルを配信した際のグラフを図 3.1 に示す。マシンスペックが与える影響について詳しく調べるために、低スペックのみを配信対象にした時のグラフ、高低両スペックを配信対象にした際の低スペックに注目したグラフと高スペックに注目したグラフ、高スペックのみを配信対象としたときのグラフの計 4 つの着眼点から構成している。

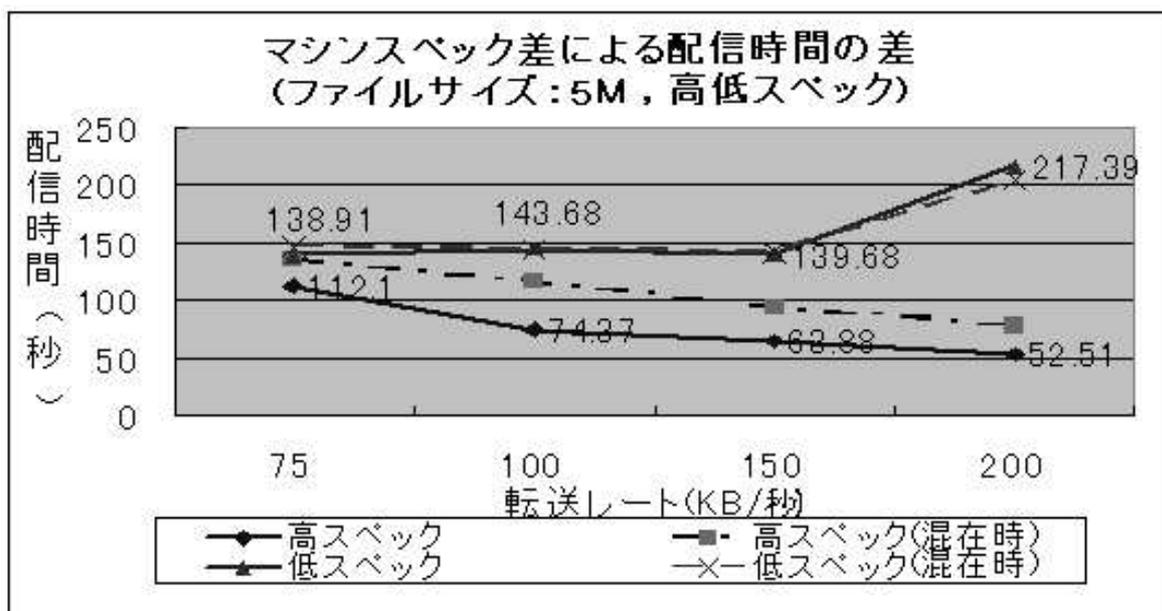


図 3.1 転送レートと配信時間 (高・低スペック)

3.1 マシンスペックと総配信時間

低スペックのグラフの特徴として、低スペックのみで配信した結果と高スペックが混在する状況とでは、ほぼ結果が変わらず平行線のまま、150KB/秒を境に総配信時間が増加している。これは後ほど述べる転送レートの増加にマシンスペックの処理が追いつかず、パケット紛失による再送回数の増加の影響により生じた変化といえる。一方高スペックでは右下がりにグラフ続いており、転送レートに応じて処理が早くなっている。また、低スペックが混在しない状況では、高性能らしいすばやい処理が可能になっており、混在した状況よりも総配信時間が短くなっている。

さらに高スペックのみで転送レートを高めていった結果、300KB/秒を境に低スペック時と同様に総配信時間が増加していることが図 3.2 よりわかる。

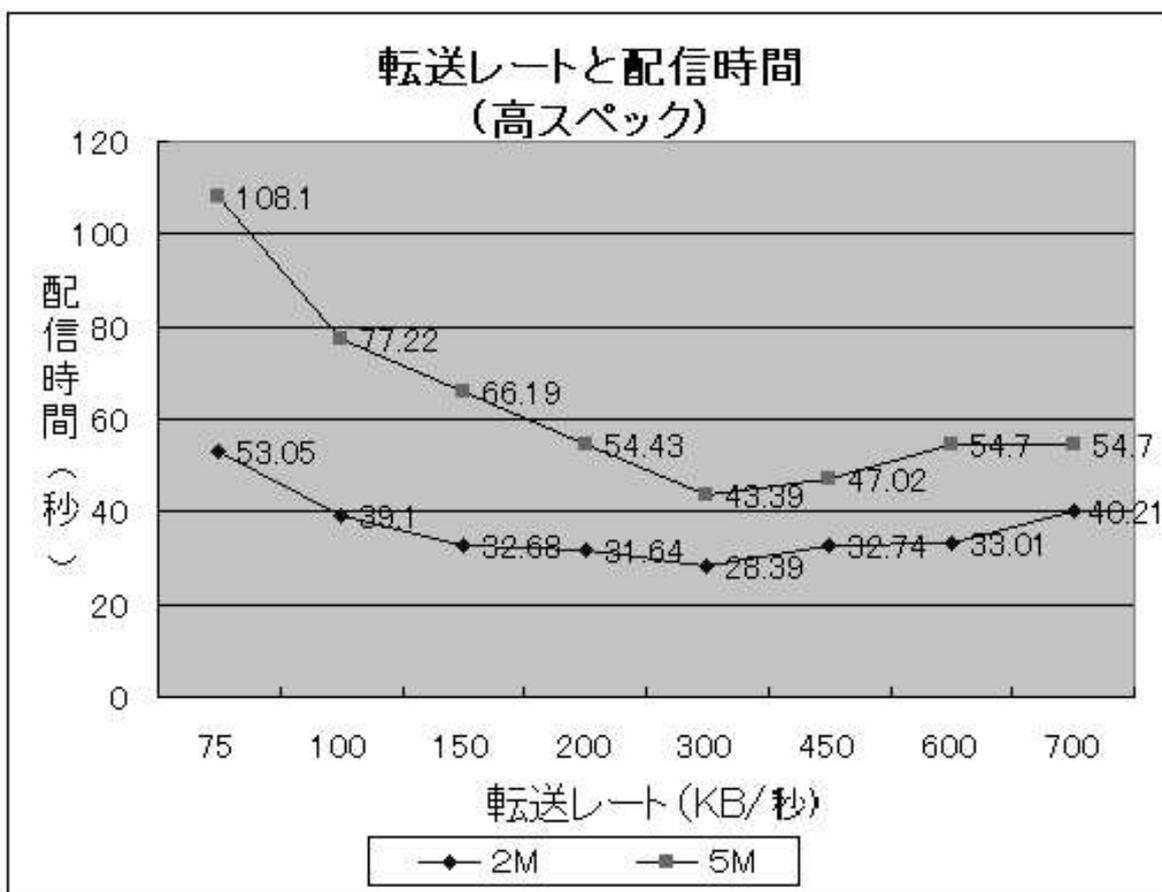


図 3.2 転送レートと配信時間 (高スペック)

3.2 転送レートと再送回数

3.2 転送レートと再送回数

マシンスペックの違いにおいての転送レートと再送回数の関係を探るため、5Mのファイルを送信した際のグラフを図3.3に示す。

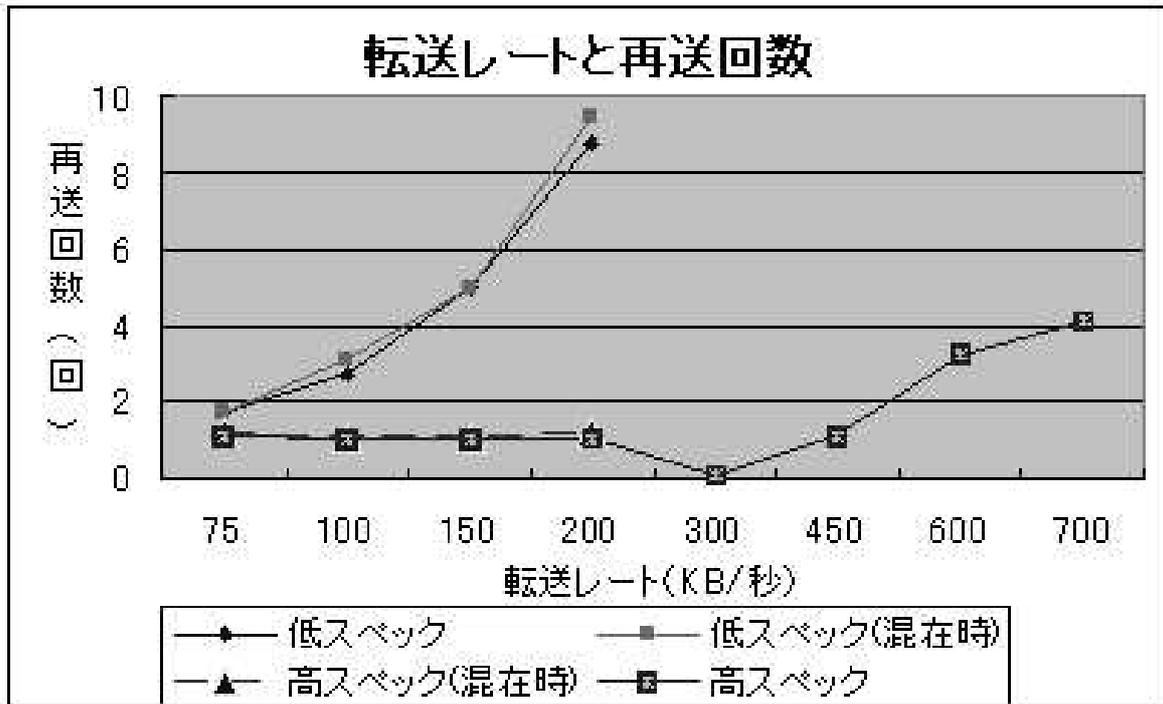


図 3.3 再送回数と転送レート

配信対象を、いずれかのスペックに限定して配信した場合と、限定せずに配信した時の場合の再送回数の特徴はほぼ変わらなかった。このことから、再送回数自体はクライアントマシンの性能に依存していること、また転送レートを速くするに従い再送要求数も増加する傾向であることがいえる。また、先ほどの低スペックの配信時間との影響のグラフから、150KB/秒で総配信時間が増加していたことを考慮すると、本グラフより、再送回数が5回までであれば総配信時間に影響を与えず効率よく安定した配信が可能である。

3.3 クライアントマシン台数と総配信時間

次にほぼマシンスペックが統一されている中学校にて、クライアントマシン数の変化による総配信時間への影響について検証したグラフを図 3.4 に示す。これは配信対象校を 5 校から 1 校ずつ減らすことでデータを得ている。また、一校当たり空き容量に余裕の在るマシンを 8 台ずつ選び、地点の異なる 40 台を対象にした場合と、一校で 40 台すべてを対象にした場合との比較も行った。

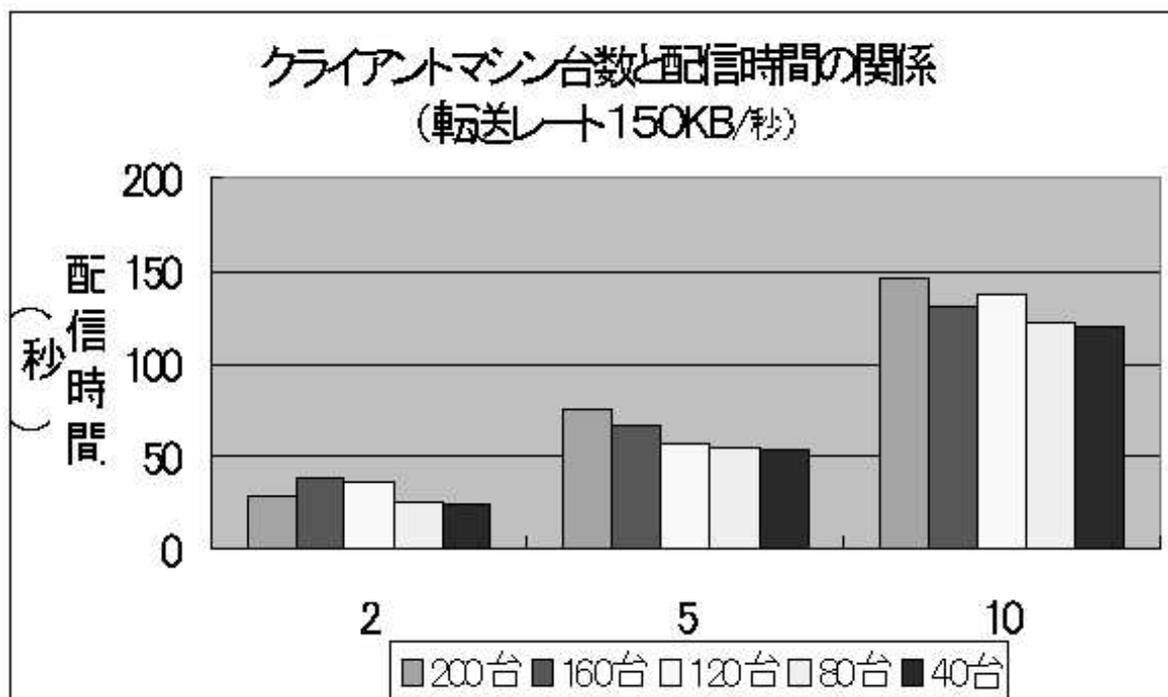


図 3.4 マシン台数と配信時間の関係

マシン台数が増加すると、各マシンから送られる受信確認や再送処理等の影響により、多少の配信時間の増加は見られるが、総じて配信時間にはあまり影響を与えない。そのためクライアントマシン台数が増加しても、効率のよい安定した配信が行えるといえる。(図 3.5)

3.3 クライアントマシン台数と総配信時間

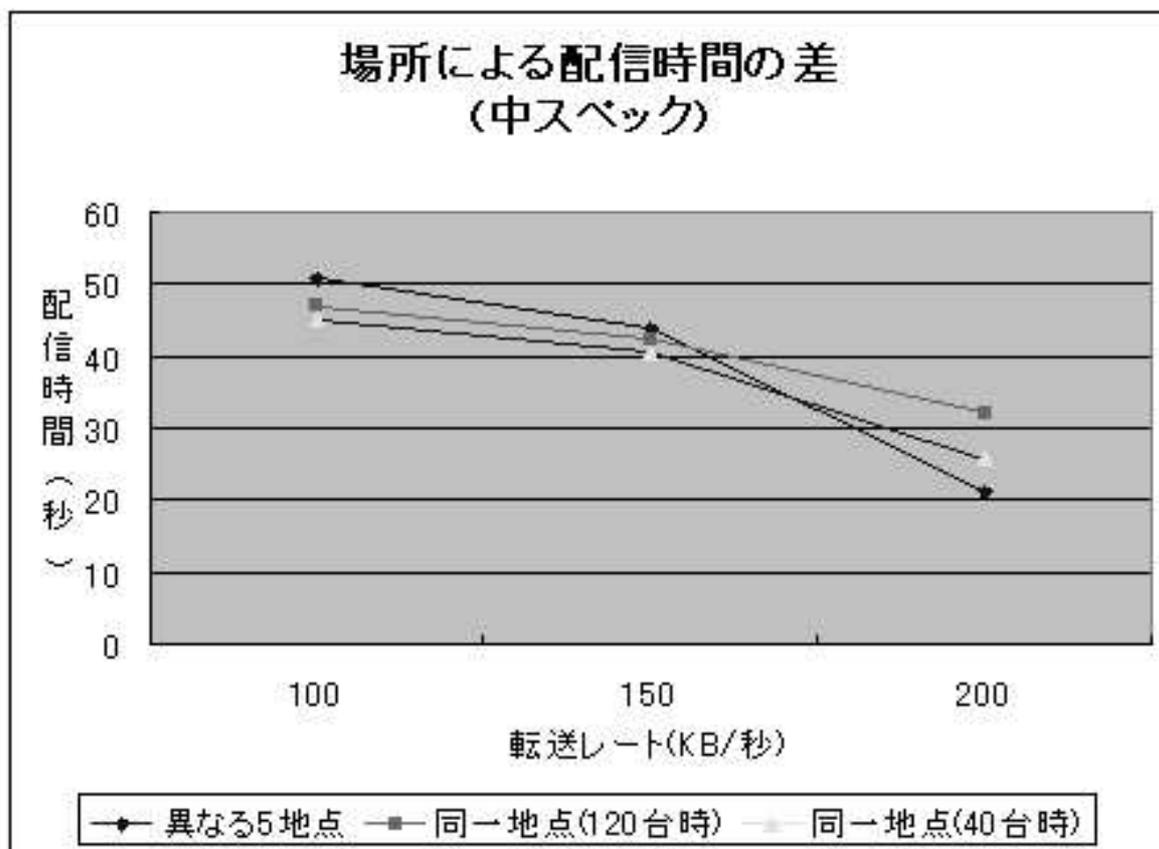


図 3.5 場所による配信時間の違い

また、配信対象のクライアントマシン 40 台の地点を変えての実験結果については、異なる 5 地点からクライアントマシン 8 台ずつの計 40 台のグラフ、120 台一斉配信時の同一地点における 40 台のグラフ、同一地点の 40 台のみに配信した際のグラフを表したものが上図である。グラフから、配信場所が与える変化もほとんど無いことが言える。このことから、配信サーバからの距離の違いによる、配信時間の変化もほとんど無いことが言える。

3.4 大容量ファイル配信

実際の授業1時間分(約50分)を目的に作られた教材コンテンツの配信を行った。使用したコンテンツは小学校3年生社会科の農業に関するコンテンツであり、メロン栽培をテーマとしている。コンテンツは、総再生時間18分で16本の動画中心で構成されており、コンテンツ全体の容量は158MBである。図3.6に製作したコンテンツの概観図を示す。



図 3.6 大容量教材コンテンツ一部

3.4 大容量ファイル配信

RMTP の設定により，今回の大容量教材コンテンツは 10MB 区切りで 16 のパケットに分割されて配信される．そのためクライアント側では十分なキャッシュサイズが必要となる．(コンテンツファイルサイズの約 2 倍) また，クライアントマシンでは全てのパケットを受信できて初めて復元動作に移行する．以上のことより，配信対象マシン候補として，小学校の多数を占める低スペックは，ハードディスクの空き容量の関係から配信対象外とせざるを得なかった．よって本実験の実験対象の構成は，高スペックのみ，中スペックのみ，高中スペック混在時とした．実験目的として，

- マシンスペックの変化による配信時間の違い
- 適切な転送レートの算出
- 再送回数と転送レート
- 各パケットの受信時間と復元時間の関係
- 受信したコンテンツ内容の復元確認についての検証
- ファイル受信率について

以上を検証し，教育現場に適用できるパラメータを検討する予定であったが，実証実験の結果，送信途中でのパケット落ちが目立ち，また，クライアントの処理能力不足で安定した配信が行えなかった．しかし，興味深い結果がでたので原因追求とともに結果を述べる．

3.4.1 マシンスペックの変化による配信時間の違い

まず，マシンスペックの変化による配信時間の違いについて，受信時間と復元時間の関係を図 3.7, 図 3.8 で表す．

3.4 大容量ファイル配信

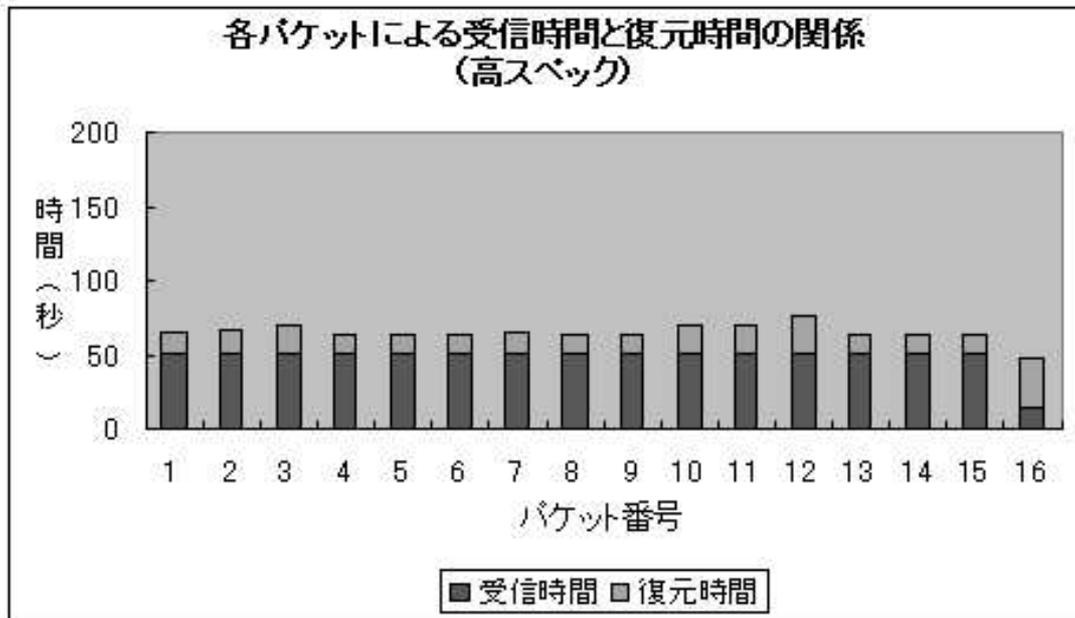


図 3.7 受信時間と復元時間 (高スペック)

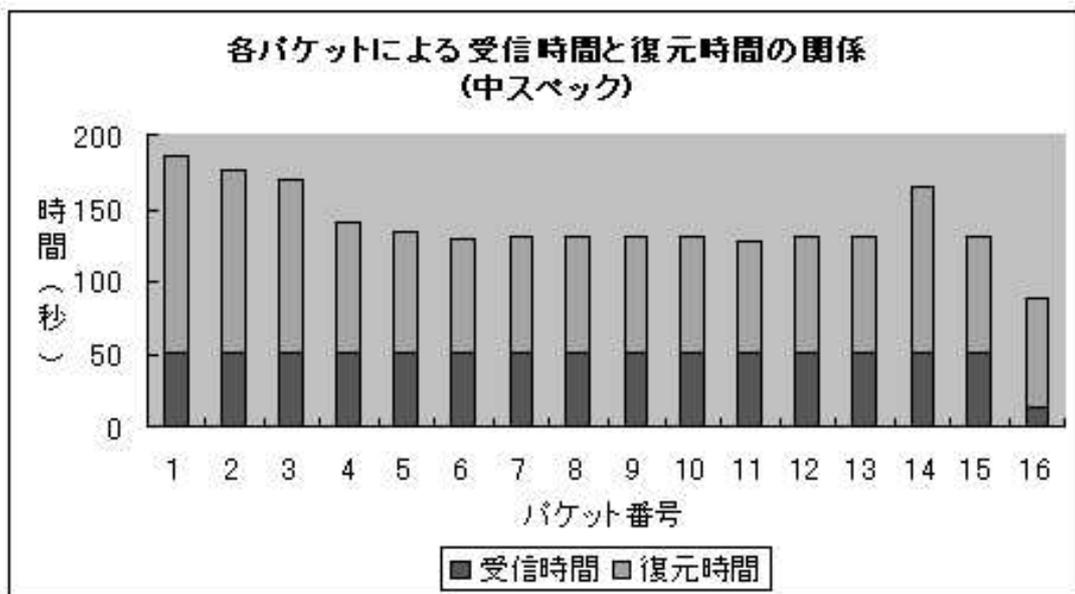


図 3.8 受信時間と復元時間 (中スペック)

3.4 大容量ファイル配信

残念ながら混在した状況での配信結果が得られなかったのだが、同条件の実験内容にも関わらず、受信時間グラフはほぼ同等であるのに対し、復元時間でかなりの差がついていることが読み取れる。また、このとき高スペックマシンは全台受信成功したが、中スペックマシンにおいては半数が受信失敗となったことより、復元処理にある程度のマシンスペックが必要である。

3.4.2 再送回数と再送時間

次の図 3.9, 図 3.10 のグラフは、各パケット送信時のクライアントからの再送要求総数と、その総時間について示したものである。ここでいう再送総時間とは再送が始まり、終了するまでにかかった時間である。一方再送要求総数とは、各クライアントマシンから送られてくる再送要求回数の合計である。

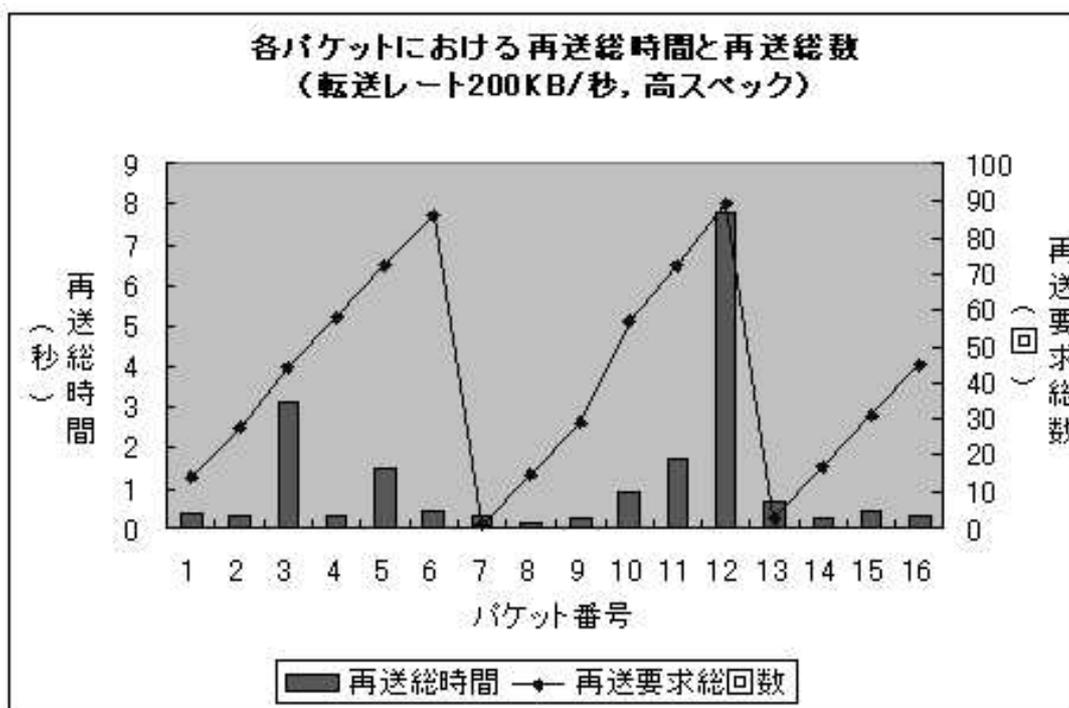


図 3.9 再送総時間と再送要求総数の関係 (高スペック)

3.4 大容量ファイル配信

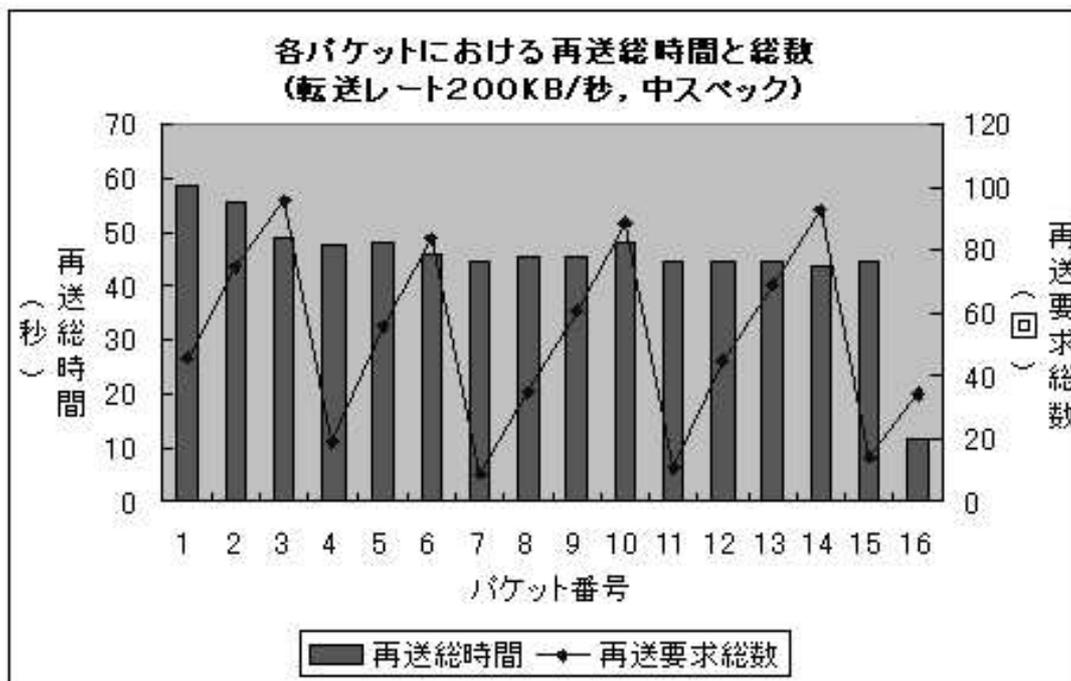


図 3.10 再送総時間と再送要求総数の関係 (中スペック)

それぞれのグラフより、高スペックでは再送にかかる総時間が極めて少ないこと、中スペックでは、再送に要する総時間がほぼ一定であることがわかる。また、再送要求の総数も高スペックのほうが少ない。また、どちらも再送要求総数のグラフが波を描いており、おそらく RMTP 内部設定の、“再送要求待ち時間”などに依存すると考えられるが、明らかではないので、この波の意味について究明していかなければならない。

3.4.3 受信コンテンツ復元確認

次に受信したコンテンツの内容の復元確認に関しては、配信元でのファイルサイズを確認しておき、受信したクライアントでそれと同値であれば遜色がないと断定した。根拠として、音声とび、画像落ち等が起こっていればファイルサイズに変化がなければならない、RMTP の性質上パケットが落ちたままでは復元できないことより、実際にコンテンツを実行して違和感が無かったという観点より判断した。実験の結果、受信成功のクライアントにおいてファイルサイズに変化がなく、実行も可能であったので遜色はないと言える。

3.4 大容量ファイル配信

3.4.4 配信結果

最後に今回の大容量ファイル配信結果を記載する。

このように、RMTP 内部パラメータの影響により受信成功端末数が大幅に変化する。原因と考えられる、他のパラメータとしては、クライアント側の開放通知待ちタイマの値も原因であると思われる。この値が長く設定されていると、開放通知が届かなかった場合に、タイムアウトまでコネクションが開放されなくなる。加えて、受信端末のスペックも CPU200MHz 以上でなければ受信自体が難しいと思われる。

マシンスペック	転送レート (KB/秒)	受信成功 マシン(台)	クライアントマシン 総数(台)	受信率 (%)	track(*1)	Inel(*2)	nrel(*3)
高スペック	200	14	14	100	300	100	3
高スペック	300	4	14	29	300	100	3
高スペック	300	12	14	86	400	1000	3
高スペック	300	0	14	0	400	1000	5
高スペック	400	1	14	7	400	1000	3
中スペック	200	5	10	50	400	1000	3

図 3.11 配信結果一覧表

(*1)RMTP 内部パラメータ 再送要求パケット待ち時間 (ミリ秒)

(*2)RMTP 内部パラメータ 開放通知送信間隔 (ミリ秒)

(*3)RMTP 内部パラメータ 開放通知送信回数

3.4 大容量ファイル配信

3.4.5 大容量ファイル配信実験まとめ

本実験結果より，大容量ファイル配信においては，マシンスペックとして十分な HDD の空き容量と，ファイルの復元には最低限 CPU は 200MHz 以上が必要であることが言える．また，学校端末には圧縮・解凍ツールがないことを想定して，自動実行式のファイルにしておく必要がある．

3.5 実証実験まとめ

本実証実験の結果、まとめると以下のことが明らかになった。

- クライアントマシンの処理能力に応じた転送レートを設定すれば、効率よく安定した配信が可能である
- 再送処理は5回までであれば、安定した効率のよいファイル配信が行える。
- クライアントマシン数が増えても、効率のよいファイル配信が可能である。
- 大容量ファイル配信においては、ハードディスクの十分な空き容量と、ある程度のマシンスペックが必要である。

マシンスペックが混在する学校環境において、適切な転送レートを設定すれば安定した配信が行うことができる。今回の結果としては、CPU120MHz から 400MHz 程度のマシンが混在する多くの学校であれば、転送レートが 150KB/秒までに設定することで、混在した状況でも安定した配信が行えることが明らかとなった。

第 4 章

結 論

4.1 成 果

教育フィールドにおけるマルチキャスト配信では、RMTP を用いることでフィールド内の全てのクライアントに効率よく信頼性のあるファイル配信が行えることが、今回の実験で明らかとなった。具体的には、学校環境を考慮した適切な転送レートを設定すれば、マシンスペックが混在していても信頼性のあるファイル配信が可能であること、クライアントマシン数が増えても転送時間に与える影響が小さく、安定した配信を行うことが可能であることなどである。今回は大容量ファイル配信を確実に行うことはできなかったが、それによって原因を絞り込むことはできたので、このような問題点を1つ1つ解決し、RMTP を用いたマルチキャスト配信の有効性を広げていきたい。

4.2 今後の課題

まず大容量ファイル配信を確実にするために、クライアントマシンのスペックとハードディスクの空き容量を考慮し実験を行わなければならない。また、今回の実験では、トラヒックの少ない、休校日に行ったものであるが、通常トラヒックのある時間帯に実験を行うことも必要である。また、スケジューリング配信により、必要な教材コンテンツをトラヒックの少ない夜間に事前配信しておけば、限られた帯域の有効利用ができると思われるので、それについての実験検証を行う必要性もある。

謝辞

本研究を行うに際し貴重なご指導・ご助言をいただいた清水明宏教授に深謝いたします。また、菊池豊助教授，浜村昌則先生，妻鳥貴彦先生に懇切丁寧にご助言をいただき感謝致します。本研究室院生，田鍋潤一郎氏，岡田実氏，辻貴介氏並びに本研究室学部生，伊藤哲氏，植田洋加氏，越智裕架子氏，上岡隆氏，河村智氏，窪内美紀氏，中務秀和氏，福留一夫氏に多大なご助言・ご協力をいただき，心より感謝御礼申し上げます。また，NTT アドバンステクノロジー株式会社の山崎秀夫様には実験環境の調整や実験の進め方など，懇切丁寧なご指導・ご助言・ご協力を賜り，心より感謝いたします。実験の際には，高知 CATV 社及び高知県内の小中学校に多大なご協力を賜り，関係者の方々へ心よりお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] ミレニアムプロジェクト『教育の情報化』の解説,
http://www.manabinet.jp/it_ed.html
- [2] 高橋修, 城下輝治, 佐野哲央, 國分康彦, 山内長承, マルチキャストを利用したプッシュ型高信頼情報配信サービスとプロトコル-リアルプッシュサービスの実現に向けて-, 情処学会, Vol97 Num.353, pp13 – 18, 1997
- [3] 山崎秀夫, 島岡秀之, 岡田実, 清水明宏, 高信頼マルチキャスト配信プロトコル (RMTP) を用いた学校教材配信実験, 情処学会第 63 回全国大会, Vol3 pp.605-606, 2001.09
- [4] 田村武志, 宮本貴朗, 傍島邦穂, 小島篤博, 久國正吉, 教育コンテンツの創生, 蓄積, 編集, 配信および共有を一元化する統合システムの検討, 進学技報, Vol99 Num.713, pp.99, 2000
- [5] Dave Kosiur, マスタリング TCP/IP, 株式会社オーム社, 1999.11
- [6] 情報処理, 情処学会, Vol42 No.8, 2001.08
- [7] 高知学校インターネット I に関する研究例,
<http://www.net-kochi.gr.jp/2001/bukai/05gakko.htm>