

平成 12 年度

学士学位論文

教育コンテンツ分散管理方式

An Implementation for Dispersed Management of
Multimedia Educational Materials

1010456 安岡 隆司

指導教員 清水 明宏

2001 年 2 月 5 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

教育コンテンツ分散管理方式

安岡 隆司

教育効果が期待できるインターネット上のコンテンツは、現在その数が少なく、アクセスが集中されると予想できる。さらに、教育現場では、教育カリキュラムに基づいて教室単位でアクセスすることが多く、トラフィックは、時間・空間的に極端に集中する。また、ユーザトラフィックは、ほぼ平日の昼間に集中し、夜間および休日は非常に少ないと思われる。本稿では、これらの特徴、および教育現場におけるインターネット利用の実態をふまえ、教育特有の問題点や課題を明らかにした上で、教育現場に適した教育コンテンツの分散管理方法を検討した。

キーワード インターネット， 教育コンテンツ， 運用手法， 分散配置

Abstract

An Implementation for Dispersed Management of Multimedia Educational Materials

Takashi Yasuoka

Multimedia educational materials on Internet are overwhelm with access by reason of scanty. When the Internet is used for school education, students in a class will access to WWW under the supervision of their teacher. In this situation, a lot of request packets to get WWW objects may be spontaneously transmitted to the Internet due to the instructions of the teacher and it may cause heavy congestion in an access line or servers. To avoid traffic congestion, dispersed management technique will be required. In this paper, I study dispersed management method suitable for the educational use of the Internet.

key words Internet, Educational Material, Network Operation, dispersed Method

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	教育におけるインターネット利用の現状	4
2.1	教育現場におけるコンピュータ	4
2.2	インターネットを用いた学習方法	6
2.2.1	リソースを利用した調べ学習	6
2.2.2	交流, 共同学習	6
2.3	インターネットを利用した教育の課題	7
2.3.1	設備・人員に関する課題	7
2.3.2	インターネット上の情報に関する課題	8
2.3.3	外部からのアクセスに関する課題	9
2.4	教育現場における分散管理	10
第 3 章	教育用ネットワークモデル	12
3.1	学校インターネットとは	12
3.2	接続媒体について	13
3.2.1	光ファイバ	13
3.2.2	DSL(Digital Subscriber Line))	13
3.2.3	CATV 回線	14
3.2.4	衛星回線	14
3.2.5	WLL(Wireless Local Loop)	15
3.3	高知学校インターネットシステム概要	16
3.4	高知学校インターネットシステムの機能概要	17
3.5	高知学校インターネットシステムにおける教育コンテンツの概要	17

目次

第 4 章	シミュレーション実験	18
4.1	教育コンテンツについて	18
4.2	コンテンツ配信実験	19
4.2.1	中央センタから地域センタへの配信	19
4.2.2	地域センタから学校への配信	20
4.3	コンテンツ閲覧実験	21
4.3.1	中央センタに配置	21
4.3.2	地域センタに配置	22
4.3.3	学校サーバに配置	22
第 5 章	考察	25
第 6 章	おわりに	28
	謝辞	29
	参考文献	30
付録 A	RMTP プロトコル	31

図目次

3.1 DSL モデル図	14
3.2 CATV 網モデル図	15
3.3 WLL モデル図	16
3.4 高知学校インターネットモデル図	17
4.1 実証フィールドモデル図	19
4.2 中央センタから地域センタへ	20
4.3 地域センタから学校へ	21
4.4 中央センタに配置	22
4.5 地域センタに配置	23
4.6 学校サーバに配置	24
5.1 最適システムモデル形態案	27

表目次

2.1	インターネットへの接続率の推移	5
2.2	日本国内の学習に関する情報を探す際に見るページ	6
2.3	教育情報の入手経路 (2項目選択, 計 200 %表示, () は前年度結果)	7
2.4	コンピュータを操作, および指導できる教員に関するデータ	8
2.5	情報受信時の問題点 (2項目選択, 計 200 %表示)	9
4.1	中央センタから地域センタへの配信時間と効率	20
4.2	地域センタから学校への配信時間と効率	20
4.3	中央センタのコンテンツを閲覧するのに要する時間	21
4.4	地域センタのコンテンツを閲覧するのに要する時間	23
4.5	地域センタのコンテンツを閲覧するのに要する時間	24

第 1 章

はじめに

現在，世界は産業文明の新しい流れ，すなわち IT(Information Technology) 革命による変革の波に直面している．近年の情報通信技術の飛躍的な進展などを背景とした，インターネットやモバイル通信の急速な普及などに象徴される IT の波が，既に進行していた工業社会から情報社会へのパラダイムシフトを加速させている．インターネットの発祥国である米国は，その経済を再生させ，そのエンジンとなった IT は，米国のみならず世界中に波紋を広げて，人々のビジネスや暮らしの構造を大きく変えようとしている．日本も例外ではなく，IT は生産者と消費者を効率的に結びつけ，これまで市場が存在しなかった分野に新しい市場を創出したり，コスト削減に寄与している．これを受け，政府は平成 11 年 12 月，ミレニアムプロジェクト [1] 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．具体的には，今後の日本の経済社会にとって，重要性や緊要性の高い環境対応，高齢化、そして情報化の三分野について，技術革新を中心とした産学官共同プロジェクトを構築し，明るい未来を切り拓く核を作り上げるものである．この情報化の中には，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ため、教育情報ナショナルセンタのネットワーク機能の高度化、学校のインターネットアクセス機能の高度化、ネットワーク上の様々な学習資源コンテンツの円滑な流通、教育現場を支援する効率的なヘルプデスクの実現等に資する情報通信技術の研究開発を行うというもので

ある。

ミレニアムプロジェクトより以前，旧文部省は，2001 年度中にすべての学校をインターネットで結び，インターネットを用いた情報教育を国内すべての小・中・高等学校，および特殊学校で実施していく計画を 1999 年 1 月に発表した [2]．ここでの情報教育とは，情報を活用していく能力，情報を理解する能力，情報社会に加わる態度を身につけていくことを目標とした教育のことであり，これらを目標としたカリキュラムが現在作成されている．その一方で，情報教育を行うためのインフラ整備はこれからであり，当面は，限られた通信帯域を有効に利用するための工夫が必要となる．近年，インターネットへの接続ユーザー数の急激な増加や、より高速なアクセスの要求に伴い，様々な通信媒体が増えてきた．一般加入電話回線，ISDN，DSL，CATV 網，光ファイバ等，様々なものがあるが，音声や動画といったマルチメディアコンテンツを踏まえたこれからのインターネット利用を考え，高速化への動きがひとつの流れとなっている．

教育コンテンツの特徴は，ひとつのコンテンツをある授業時間中に，教師の指導に従って，複数の端末から同時にアクセスし，閲覧されることである．これにより，一般のコンテンツにはみられないトラフィックが発生する．この大きなトラフィックの負荷によるレスポンスストレスに着目すれば，コンテンツを分散配置して管理する方法を積極的に利用することにより，トラフィック負荷を軽減できる可能性がある．

そこで，本稿では，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，教育コンテンツ，および教育現場に適したコンテンツ分散管理方式についての考察を行った．

本稿の構成は，以下の通りである．まず，2 章において，教育現場におけるコンピュータの利用に関して述べ，インターネット利用の現状と，教育分野特有の課題や問題点を明らかにする．そして，この分野で検討されてきたこれまでの技術と，その課題について明らかに

する．次に，3章において，本研究の実証フィールドである学校インターネットシステムの概要について述べる．4章において，シミュレーション実験の内容と，教育コンテンツについて述べ，5章では実証実験の結果に基づく考察について述べる．

第 2 章

教育におけるインターネット利用の 現状

2.1 教育現場におけるコンピュータ

大容量のマルチメディアコンテンツの流通は、CD-ROM 等の物理媒体による方法からネットワークを活用した流通方法に移行しはじめている。これは教育の現場においても同様で、コンピュータは、スタンドアロン端末としての活用方法からネットワーク型の活用方法へと移行している。ここでのネットワーク型の活用法とは、ネットワークを通じて利用できるマルチメディアコンテンツ（以下ネットワーク型コンテンツと表す）を教育に利用することである。ネットワーク型コンテンツの特徴としては、物理媒体と比べ配布が容易であり、訂正があった場合でも再配布が簡単にできる点にある。また、コストが安価で情報をリアルタイムに提供することができるという点もネットワーク型コンテンツならではの利点といえる。

公立学校におけるコンピュータの設置率は、旧文部省より発表された「学校における情報教育の実態等に関する照査結果（平成 11 年度）」[3]において、小・中・高等学校、および特殊学校全体で平均 99.3 あり、そのほとんどで設置されていることがわかる。また、コンピュータを設置する学校における平均設置台数は、全体で 28.4 台であり、その主な設置場所はコンピュータ室が 82.2 いる。次に、同調査におけるインターネットに関する調査では、インターネットに接続している学校数は、全体で 57.4 % であることが報告されている。表

2.1 教育現場におけるコンピュータ

2.1 に同調査の平成 8 年度から平成 12 年度までの調査結果を示す。

表 2.1 インターネットへの接続率の推移

	平成 8 年度	平成 9 年度	平成 10 年度	平成 11 年度
小学校	7.3 %	13.6 %	27.4 %	48.7 %
中学校	12.5 %	22.7 %	42.8 %	67.5 %
高等学校	17.3 %	37.4 %	63.0 %	80.1 %
特殊学校	11.2 %	21.9 %	36.3 %	59.9 %
全体平均	9.8 %	18.7 %	35.6 %	57.4 %

次に、具体的な接続方法については、各学校のホームページ管理担当教員を対象としたアンケート調査 [4] より、公衆回線を用いたダイヤルアップ接続方式が 62 % と接続形態の主流となっており、専用線あるいは LAN による接続方式が 20 % であることが報告されている。しかしながら、アメリカ合衆国の国立教育統計センターの報告 [5] によれば、1996 年から 1998 年にかけての 3 年間で、ダイヤルアップ接続が 74 % から 22 % に減少し、逆に専用線接続が 39 % から 65 % に増加している。これらの結果は今後、地域教育情報ネットワークの整備を進めるにあたり、検討される項目のひとつとなるであろう。一方、先程のホームページ管理担当教員アンケートでは、学校あたりのインターネットに接続された端末の平均台数は 18 台であった。調査結果の対象となった学校では、インターネットに接続された端末あたりの平均児童・生徒数は 22 人となりアメリカ合衆国の平均 12 人の 2 倍弱となっている。これらの結果より、インターネットの教育利用を進めていく上では、校内ネットワークの整備や、インターネットに接続可能なコンピュータの台数の確保といった校内設備の整備が欠かせないことがわかる。

2.2 インターネットを用いた学習方法

インターネットを用いた学習方法については、まだ十分なノウハウが確立されていない段階であるが、様々なインターネット学習のモデルが提案されており、一定の方向性が見えてきつつあると考えられる。ここでは、インターネット利用の促進を図るための試みである100校プロジェクト・新100校プロジェクト [6]、および次世代ネットワーク技術の研究を目的とした学校インターネット [7] 等における典型的と考えられる2つの学習方法について概要を述べる。

2.2.1 リソースを利用した調べ学習

インターネットを教育に利用する学習法のひとつはリソース、すなわち教育・学習情報資源の利用である。「Yahoo! Japan」(表 2.2 参照) に代表される索型サーチエンジンサービスを利用して、インターネットの膨大な情報の中から、適切な情報を選択するための技能を学ぶことを目的としたものである。具体的には、検索サーバの利用法や情報の選択方法について学習するとともに、調べ学習のツールとして利用するものである。(表 2.3 参照)

表 2.2 日本国内の学習に関する情報を探す際に見るページ

YAHOO!JAPAN	http://www.yahoo.co.jp/	72 %
こねっと・プラン	http://www.wnn.ro.jp/wnn-s/	25 %
インターネットと教育	http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/educ/	25 %
サーチエンジン goo	http://www.goo.ne.jp/	12 %

2.2.2 交流，共同学習

インターネットを教育に利用する際のもう一つの柱は、インターネットをメディアとして利用した交流・共同学習(コミュニケーション・コラボレーション)である。これは、情報発信のための技術やネットワーク上でのネチケット、および意見交換を行うためのマナーを学

2.3 インターネットを利用した教育の課題

表 2.3 教育情報の入手経路 (2項目選択, 計 200 %表示, () は前年度結果)

	教育情報の入手経路	
1	WWW(検索エンジン・キーワードによる検索)	53 % (46 %)
2	書籍, 雑誌, 新聞など既存のメディア	49 % (53 %)
3	電子メール, メーリングリスト	36 % (36 %)
4	WWW(リンク集・カテゴリー別索引による検索)	27 % (23 %)
5	WWW(ネットサーフィン)	19 % (23 %)
6	同僚, 友人, 知人などとの直接の会話	11 % (12 %)
7	ネットニュース, BBS・会議室・フォーラム	5 % (5 %)
8	その他・無回答	0 % (1 %)

ぶことを目的としたものである。これには、インターネットを利用する以上、利用者が未成年であろうと甘えは許されず、社会常識やモラルが求められるという背景がある。その具体的な内容としては、電子メールやホームページを用いて地域社会と交流したり、他校と共同学習を行うというものである。

2.3 インターネットを利用した教育の課題

教育にインターネットを利用する場合のいくつかの課題を以下の3項目にまとめた。

2.3.1 設備・人員に関する課題

近年、行政プロジェクトや地方自治体の活動等により、各種学校のインフラ整備は進みつつある。しかし、現時点での状況としては端末の台数、および性能の不足が感じられる。また、コンピュータを扱える人員不足(表 2.4 参照)と、管理負担が一部の教員へ集中するというのが現状であり、校内ネットワークのインフラが整いつつあるなか、学校全体で取り組む体制が未整備であるという、量的な拡大に活動の質がともなっていけない様子がうかが

2.3 インターネットを利用した教育の課題

える。

表 2.4 コンピュータを操作，および指導できる教員に関するデータ

	PC を操作できる教員	PC を指導できる教員
小学校	63.0 % (57.4 %)	36.5 % (28.7 %)
中学校	67.2 % (59.3 %)	29.7 % (26.1 %)
高等学校	73.8 % (67.6 %)	28.1 % (26.0 %)
特殊教育諸学校	54.2 % (44.3 %)	20.5 % (16.5 %)
合計	66.1 % (57.4 %)	31.8 % (26.7 %)

2.3.2 インターネット上の情報に関する課題

インターネットを利用して情報を受信する場合，情報が一般むけで教育効果を期待できない，すなわち教育・学習の場で利用可能な情報の絶対量が少ないことがあげられる。また，必要な情報が過剰な不要情報に埋没してしまい，探し出すことが容易でないという問題もある。今後インターネット上のリソースの学習素材的な利用が進むと，著作権の問題も学校における利用の大きな制約要因としてクローズアップされてくることも予想される。(表 2.5 参照)

「現在インターネット上で不足している教育・学習情報」というアンケート [8] では，教育実践事例報告が 45 % と 1 位であった。このように現場の教師のニーズが教育実践事例報告や学習指導案・授業案にあるということは，逆に教師自身が情報発信を要求されているということにほかならず，インターネットを利用した教育方法の確立が早急に必要となることがわかる。

2.3 インターネットを利用した教育の課題

表 2.5 情報受信時の問題点 (2 項目選択, 計 200 %表示)

	情報受信時の問題点	
1	過剰な不要情報の中に必要な情報が埋没	57 %
2	情報が一般的で, 教育用ではない	46 %
3	必要な情報が存在しない	25 %
4	著作権の問題で情報を再利用できない	18 %
5	児童生徒に有害な情報を遮断できない	18 %
6	情報の信頼性に不安がある	9 %
7	情報が頻繁に移動, 変更されている	3 %
8	その他・無回答	9 %

2.3.3 外部からのアクセスに関する課題

インターネットを利用する以上, 情報を発信する際には, その内容に責任が生じる。発信者が児童・生徒・学生であってもそれは同様であり, そこにリテラシ教育が必要となってくるわけである。しかしインターネットユーザのすべてがそれらのマナーやモラルを守っているかというのは別の話で, プライバシー侵害の不安や嫌がらせ・広告メールを防げないという課題が, インターネットを教育に利用する際に大きな課題となってくる。また, ネットワークにつながっている以上, クラッキングやコンピュータウイルスに対する不安も存在する。

以上のような, インターネットを教育に利用する場合の3項目の課題には, 教育コンテンツの分散管理をモデル化する際に, 注目すべき点がいくつか含まれている。例えば, インターネット上の情報に関する課題には, 教育に利用可能な情報の絶対量が足りないことが示されているが, この点から, 教育効果の高いと思われるページは比較的少数であり, アクセ

2.4 教育現場における分散管理

スが集中することが予想できる。また、設備・人員に関する課題からは、学校端末の性能不足、および一部の教員への管理集中といった現状から、学校現場へ負担をかけるようなコンテンツの配置は避ける必要があることがうかがえる。

このように、実際の教育現場におけるインターネット利用の実態や問題点を考えることは、教育コンテンツの分散管理方式を考える上で重要となる。

2.4 教育現場における分散管理

ネットワーク上を流れるトラフィック量を削減し、ユーザへの応答時間を短くする方法としては、キャッシングやミラーリングが広く用いられている。ここでキャッシングとは、外部から取り寄せたデータを内部に一次的に蓄えておき、次にそのデータに対するアクセスがあった場合に、内部に蓄えたデータを送信する方法のことである。よくアクセスされる Web ページやオブジェクトをその要求を出すユーザの近くに置いておくことで、同じ Web サイトにアクセスする複数のユーザは、その情報をワイドエリアネットワーク (WAN) への接続を要求することなく、ローカルに入手することが可能となる。これは WAN の帯域幅使用量を大幅に削減できることに加え、Web キャッシングにより、エンドユーザへのレスポンスタイムを短縮し、複数のユーザを効果的にサポートすることにつながる。次に、ミラーリングとは、特定のサーバにあるファイルシステムの一部、もしくはすべてを別のサーバにコピーしておく手法を指している。Web データをキャッシングする方法や、サーバを分散配置する方法については、多くの研究がなされている [9][10] が、それらは研究の対象を高速かつ大容量のサーバ網としている。すなわち、従来の研究はトラフィックが極めて多くかつ記憶容量の制約条件が厳しいという条件を前提としたものであるといえる。

一方、教育現場におけるインターネット利用について考えると、キャッシュやミラーリングの効果を必要とされるのは、学校からのアクセス回線部分を通るトラフィック量の軽減である。よって、一般のインターネットにおける基幹網とは、取り扱うトラフィックの量・質ともに異なっており、従来の手法とは全く異なるアプローチが必要になるものと考えら

2.4 教育現場における分散管理

れる。

教育コンテンツを授業等で使用する際、たいていの場合、教師はそのコンテンツを事前に閲覧することが多いといわれている。この閲覧時に、非常に時間がかかるコンテンツは、小学校における1時間の授業が45分間、中学・高等学校が50分間ということを考慮すると、教材として使用されにくい。このことを解決するためにも、レスポンスストレスを軽減し、応答時間を短縮する工夫が必要となることがわかる。

第 3 章

教育用ネットワークモデル

本稿では、高知学校インターネットを実証フィールドとし、教育でマルチメディアコンテンツを利用する際のシステムモデルを作成した。そのモデルの中で、効率的にコンテンツ利用を行うためのコンテンツ分散配置方式を明らかにする。以下に学校インターネットシステムに関する概要について述べる。

3.1 学校インターネットとは

学校におけるインターネット利用を促進するため、文部科学省(旧文部省)と総務省(旧郵政省)が連携し、全国の 30 地域・1050 校を光ファイバ、DSL(Digital Subscriber Line)、CATV、通信衛星、WLL(Wireless Local Loop)等、様々な高速アクセス回線を活用してインターネットに接続し、新たなネットワーク構築・運用管理技術等の研究開発を推進している。全国 30 地域中、高知県を含む 7 地域は、ネットワークを通じて利用する教育コンテンツを整備している。この研究開発は、「特定公共電気通信システム開発関連技術に関する研究開発の推進に関する法律」(平成 10 年 5 月 6 日公布)に基づき、平成 10 年度第 3 次補正予算に盛り込まれた 300 億円により、通信・放送機構が実施している。さらに文部科学省は、現在、教科書に即したマルチメディアコンテンツの研究を実施しており、将来的に中央センタにて作成されたマルチメディアコンテンツを学校インターネットを通じて流通させる可能性がある。

3.2 接続媒体について

学校インターネットシステムでは様々なアクセス媒体を用いてインターネットへアクセスし、次世代のネットワーク環境について研究が行われている。以下にそのいくつかの概要と特徴を述べる。

3.2.1 光ファイバ

グラスファイバの中を進む光の波動を利用してデータ通信を行う接続サービス。平成6年5月の電気通信審議会の答申で、2010年までに全家庭に光ファイバー網を敷設しようという目標がたてられた。目標では光ファイバーの普及率を、2000年までに県庁所在都市で20%、2005年までに人口10万人以上の都市で60%、2010年までに全国で100%にするとされている。更に97年の1月には、この答申に対し、「5年程度前倒しできないか」という要請が郵政大臣よりなされたが、家庭向けの本格的な敷設作業はまだ始まってもおらず、現実的には2010年目標達成も危うい状況であると考えられる。光ファイバ通信のメリットとしては、高速なデジタル通信であること。デメリットとしては、ケーブル敷設に多大なコストがかかることが予想され、それが料金に反映される可能性が考えられること。また、全国で利用可能になるにはおそらくかなりの時間を要するということである。

3.2.2 DSL(Digital Subscriber Line))

従来の電話用メタリックケーブルにDSLモデムを接続することにより、高速のデジタルデータ伝送を可能とする接続サービス。メリットは既存の電話回線をそのまま高速デジタル通信が行える点である。また、電話と通信を同時に利用することも可能となる。デメリットとしては光ファイバの敷設が進み、メタルケーブルが撤去され使えなくなる可能性がある点である。ただし、現在のところメタルケーブルの撤去には代替接続方法の提供と、撤去4年前の通知が義務付けられている。(図3.1参照)

3.2 接続媒体について

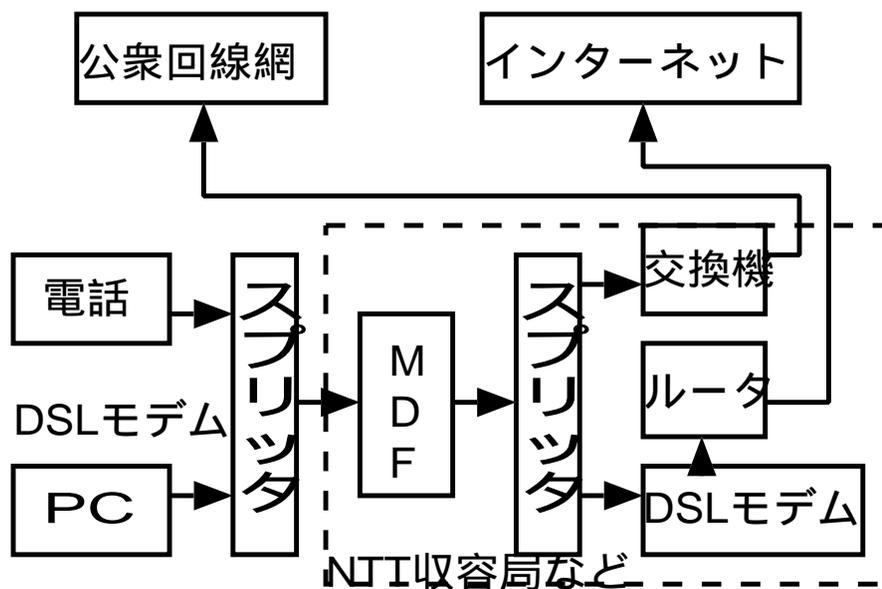


図 3.1 DSL モデル図

3.2.3 CATV 回線

ケーブルテレビ会社で使用しているケーブルをインターネット接続要媒体として流用する接続サービス。メリットは比較的安価で高速な常時接続環境を手に入れることができる点。デメリットとしてはサ1地域に1業者の場合がほとんどのため、競争がおきにくい構造となっており、業者によって契約内容がばらばらだったり、サービスエリアが極端に限定されていたり、サービスエリアであっても、インターネット接続サービスだけはエリア外ということもある。さらにマンションなどの集合住宅では、あらかじめCATVに対応して建築されていない場合はあきらめるしかなく、その他諸事情により問題も多いようである。(図 3.2 参照)

3.2.4 衛星回線

上り回線を電話回線で、下り回線を通信衛星経由でデータ通信を行う接続サービス。米国だけでなく、日本でも衛星を利用したアクセスも出てきている。その中の一つ「ディレク

3.2 接続媒体について

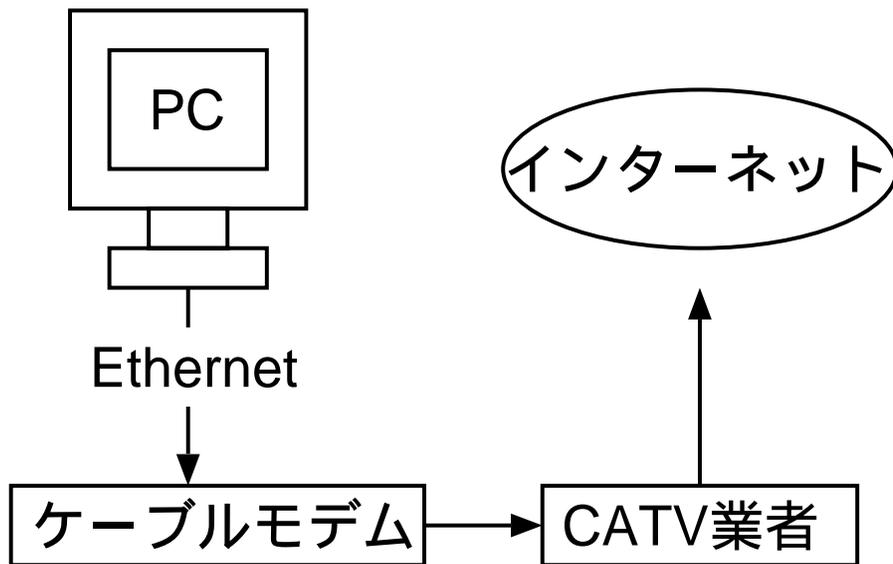


図 3.2 CATV 網モデル図

PC」では、0.4Mbps での接続が出来る。衛星を利用するため地域的な制約が発生する他の接続よりも汎用性が高そうである。また、既存のメタリックケーブル利用の ISDN の速度は 0.128Mbps であるから、約 3 倍程度の電送量を持つ。しかし、NTT サテライトコミュニケーションズは「Mega Wave」という衛星通信サービスを提供していたが、ユーザーが集中する時間帯には、かなりの速度低下が発生し、トラフィックに見合った設備を整えるにはコストがかかりすぎるとの事から個人向けのサービスを停止しているのが現状である。

3.2.5 WLL(Wireless Local Loop)

電気通信事業者の回線設備と学校との間を、無線により接続するサービス。IEEE802.11 準拠の無線機器を使って、最大 2Mbps 程度の速度までのようだ。メリットとしては、CATV の様な有線であるが故の制約が緩和でき、価格も比較的安く設定されている点である。しかし、他の接続媒体に押され話題性が乏しいのが現状といえる。(図 3.3 参照)

3.3 高知学校インターネットシステム概要

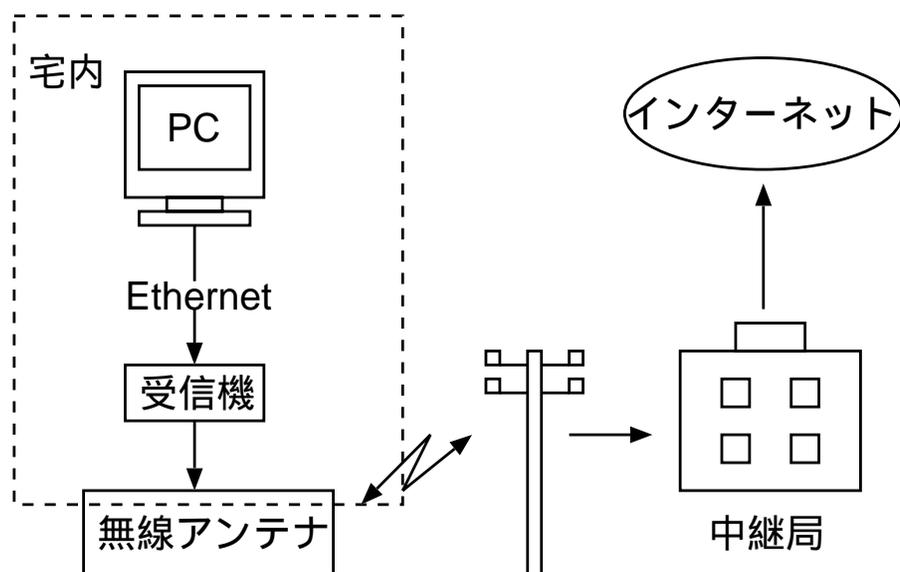


図 3.3 WLL モデル図

3.3 高知学校インターネットシステム概要

高知学校インターネットシステムは、三菱電機株式会社・高知ケーブルテレビ・西日本電信電話株式会社・NTT アデバンステクノロジー・NTT ソフトウェア株式会社が共同で構築し、平成 11 年 10 月より運用を開始している。高知市内 15 校(中学校 7 校, 小学校 8 校)が高速なケーブルテレビネットワークにより接続され、インターネットやマルチメディア教育用コンテンツを平成 14 年 3 月まで無料で利用可能となる。(図 3.4 参照)

高知学校インターネットシステムから作成した学校インターネットモデルは、中央センター・地域センター・学校という 3 つの施設を有する。また、このシステムモデルにおけるマルチメディアコンテンツは、中央センターで制作されたコンテンツが更新され、学生の生徒用端末から閲覧されるものとする。

3.4 高知学校インターネットシステムの機能概要

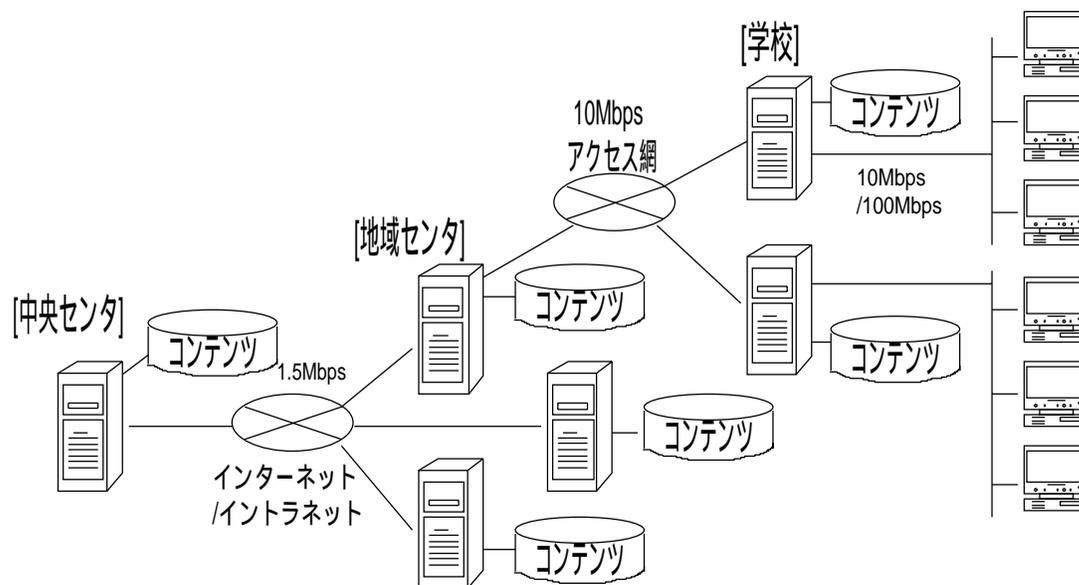


図 3.4 高知学校インターネットモデル図

3.4 高知学校インターネットシステムの機能概要

インターネットや教育用コンテンツを利用して、生徒が「調べる」・「まとめる」・「交流する」機能を提供することで、インターネットを活用する教育を支援する。

また、職員室ではビデオ・写真等を活用したオリジナル教育用コンテンツや、CG による仮想空間で電子会議を行うことができる。

3.5 高知学校インターネットシステムにおける教育コンテンツの概要

ビデオ、CG、アニメーション、写真等マルチメディアをふんだんに利用した教育用コンテンツを高速なケーブルテレビネットワーク経由で閲覧できる。

教育コンテンツは高知県を題材とした「伝統工芸」、「歴史・名所」、「自然」、「産業」、「くらし」の5つのテーマから構成される。

第 4 章

シミュレーション実験

高知学校インターネットシステムから作成した学校インターネットモデルは，中央センタから地域センタ (50 箇所) まで，上り下りとも 1.5Mbps の回線，地域センタから学校 (1 地域 15 校・全国で 1050 校) までが上り 1.5Mbps・下り 10Mbps の非対象通信となっている．高知学校インターネットでは，遠隔研究拠点である教育研究所と，地域センタである高知ケーブルテレビの間が上り・下り 1.5Mbps，地域センタと学校の間が上り 1.5Mbps，下り 10Mbps でつながれている．(図 4.1 参照)

以下に，このシステムにおけるシミュレーション実験について述べる．

4.1 教育コンテンツについて

これまで，教育の分野において，ネットワークでマルチメディアコンテンツを配信するという試みは少なく，教育効果を持ったコンテンツは，どのくらいの容量になるかよくわからないという実態があった．

そこで，今回の実験で使用するコンテンツは，教育効果という点から品質を分析，これから流通するであろう教育コンテンツの容量を検討した．例えば，1 時間の授業でコンテンツを利用することを考えた場合，品質の悪い動画を使用すると，子供たちの集中力が欠けたり，興味をなくすことが考えられる．授業で利用するのに十分な品質を維持するため，今回使用するコンテンツの作成には，学校の先生に協力していただいた．

コンテンツは，RealVideoG2 ストリーム形式 (以下ストリーム形式) と MPEG-1 形式 (ダウンロード形式) を用意した．教育効果を考慮した画質を維持すると，容量はストリーム形

4.2 コンテンツ配信実験

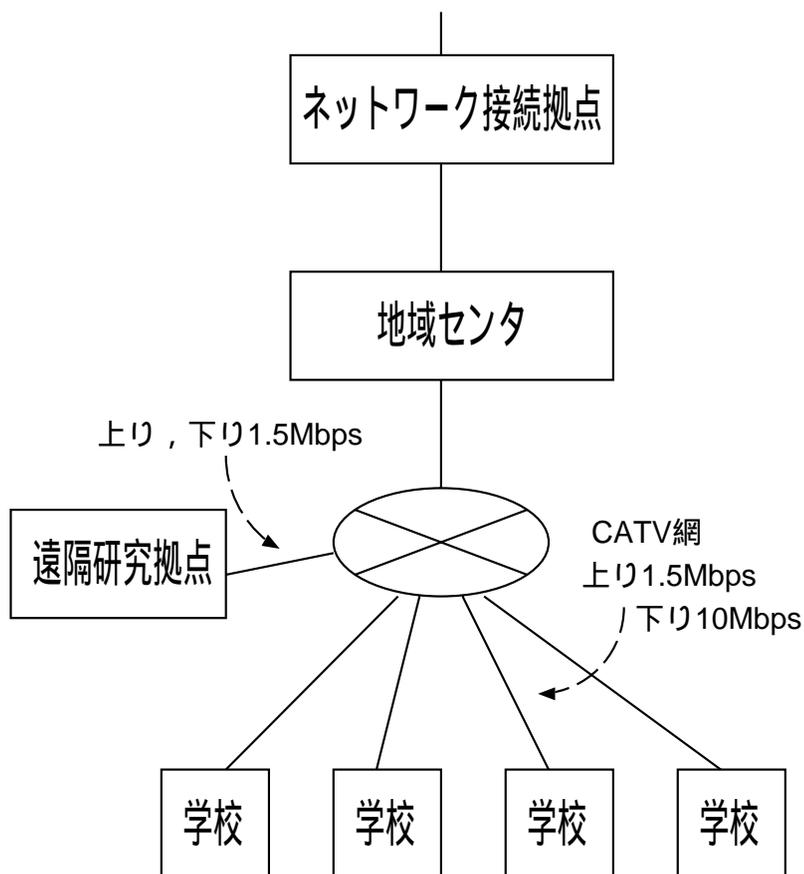


図 4.1 実証フィールドモデル図

式で 84.2MB , MPEG-1 形式で 158MB となった .

4.2 コンテンツ配信実験

中央センタで制作されたコンテンツを , 中央センタから地域センタへ , 地域センタから学校へ , 中央センタから学校へと配信する際に要する時間と , その効率について実験を行った .

4.2.1 中央センタから地域センタへの配信

各コンテンツの , 中央センタから地域センタへの配信時間と効率を表 4.1 に示す .

4.2 コンテンツ配信実験

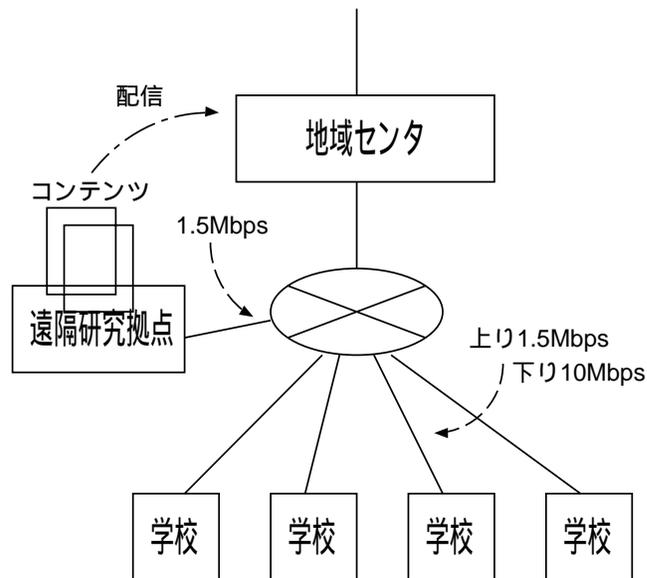


図 4.2 中央センタから地域センタへ

表 4.1 中央センタから地域センタへの配信時間と効率

	容量	配信時間	配信効率
MPEG-1 形式	158MB	1276 秒	0.98Mbps
ストリーム形式	84.2MB	683 秒	0.99Mbps

4.2.2 地域センタから学校への配信

各コンテンツの、地域センタから学校への配信時間と効率を表 4.2 に示す。

表 4.2 地域センタから学校への配信時間と効率

	容量	配信時間	配信効率
MPEG-1 形式	158MB	467 秒	1.01Mbps
ストリーム形式	84.2MB	238 秒	2.38Mbps

4.3 コンテンツ閲覧実験

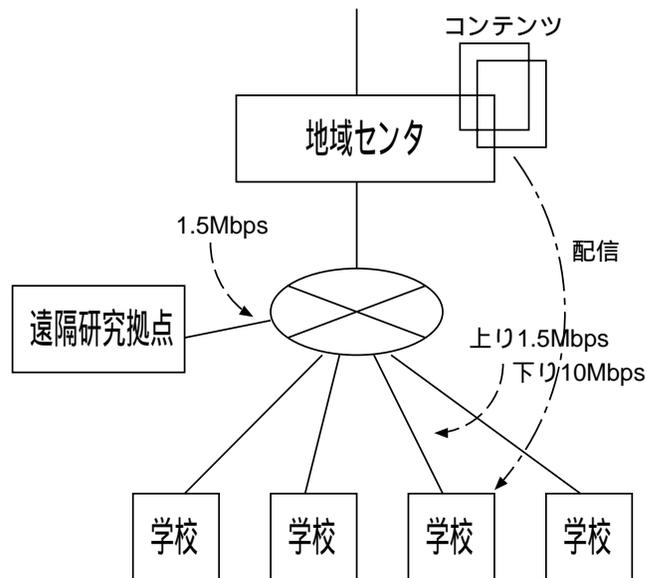


図 4.3 地域センタから学校へ

4.3 コンテンツ閲覧実験

基本的なコンテンツの配置は、以下の3つが考えられる。各配置で、53.4秒の動画を学校端末から閲覧するのに要する時間について実験を行った。端末の台数については1台、5台、10台、15台と、同時に閲覧する端末を増やし、トラフィックの負荷を増やしていった。

4.3.1 中央センタに配置

コンテンツを中央センタに配置し、各学校から中央センターのコンテンツを閲覧する実験を行った。実験結果を表 4.3 に示す。

表 4.3 中央センタのコンテンツを閲覧するのに要する時間

	1台	2台	3台	4台	5台
ストリーム形式	1:03	1:04	1:06	1:06	1:08

4.3 コンテンツ閲覧実験

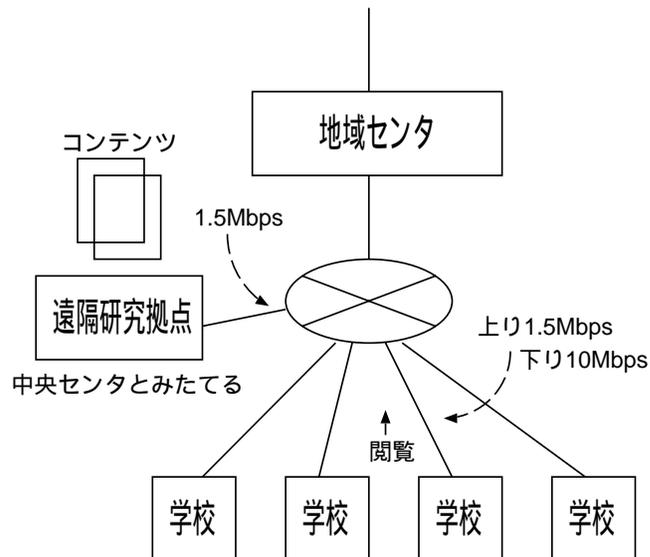


図 4.4 中央センタに配置

MPEG-1 方式のコンテンツに関しては、学校端末が閲覧途中でフリーズを起こす現象がつづき、閲覧することがむずかしかった。4 台までは品質を維持していたが、5 台目からは教育効果を期待できない状態になった。

4.3.2 地域センタに配置

コンテンツを地域センタに配置し、各学校から中央センターのコンテンツを閲覧する実験を行った。実験結果を表 4.4 に示す。

MPEG-1 形式のコンテンツは 3 台まで閲覧することができたが、4 台同時に閲覧するとフリーズを起こした。

4.3.3 学校サーバに配置

コンテンツを学校のサーバに配置し、各学校から中央センターのコンテンツを閲覧する実験を行った。実験結果を表 4.5 に示す。

4.3 コンテンツ閲覧実験

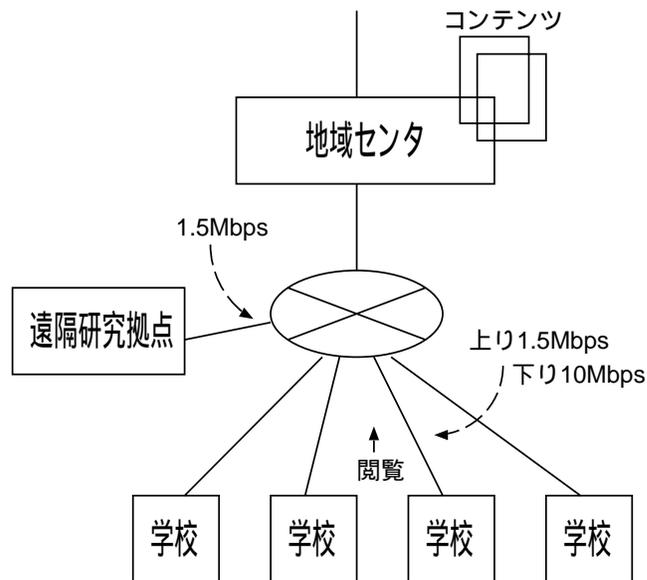


図 4.5 地域センタに配置

表 4.4 地域センタのコンテンツを閲覧するのに要する時間

	1台	5台	10台		15台		
ストリーム形式	1:05	1:13	1:06	1:16	1:07	1:13	1:16
		1:13	1:12	1:16	1:08	1:14	1:17
		1:15	1:12	1:17	1:09	1:15	1:17
		1:16	1:14	1:18	1:11	1:15	1:18
		1:19	1:14	1:19	1:12	1:16	1:23

以上のように，MPEG-1形式のコンテンツを9台まで閲覧することができ，10台目でフリーズ状態となった。

4.3 コンテンツ閲覧実験

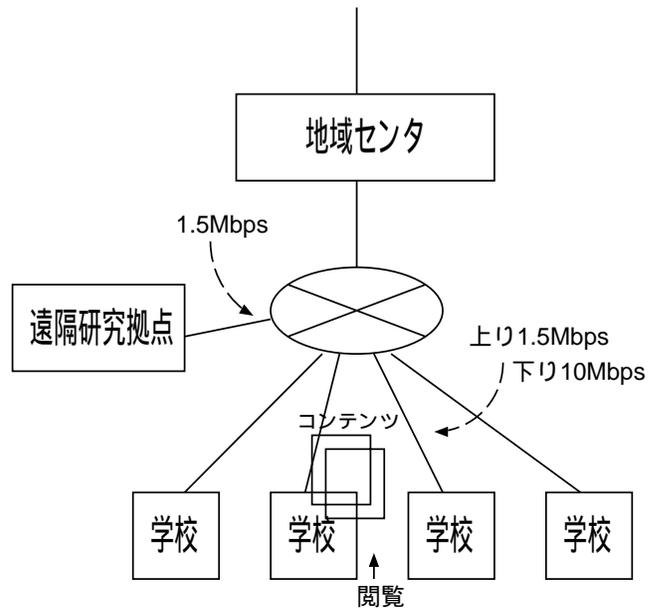


図 4.6 学校サーバに配置

表 4.5 地域センタのコンテンツを閲覧するのに要する時間

	1 台	5 台	10 台	
MPEG-1 方式	1:13	0:58	1:12	1:16
		0:59	1:14	1:18
		1:01	1:16	1:18
		1:01	1:16	1:19
		1:06	1:16	

第 5 章

考察

シミュレーション実験の結果より，ストリーム形式と MPEG-1 形式（ダウンロード形式）では，ストリーム形式の方が配信効率がよいことが明らかとなった．このことから，教育コンテンツを作成する際には，ストリーム形式で作成し，配信するのがよいことがわかる．ただし，画質の面では MPEG-1 形式の方がよく，さらに，ストリーム形式は，ネットワークが混雑すると帯域を落して再生を行うため画質がさらに悪くなる可能性が考えられる．これらを考慮すると，利用する授業等での性格により，細かい部分まで鮮明に見せる必要が生じるケースを考え，画質を高く保ちたいコンテンツを作成する場合には MPEG-1 形式を採用し，そうでない一般のコンテンツに関してはストリーム形式で作成する必要がある．よって，両方の形式を利用できる環境が必要である．

次に，コンテンツの配置についての考察である．中央センタを想定してコンテンツを配置したシミュレーション実験の結果では，学校端末がフリーズしてしまい，MPEG-1 形式のコンテンツが 1 台も閲覧できなかった．また，ストリーム形式のコンテンツを学校端末から 15 台同時に閲覧した実験時には，画質が明らかに悪くなった．さらに，中央センタ以下の学校すべてにコンテンツを配信する場合，ストリーム形式でも 1 校に対して十分な品質でコンテンツを配信できないと考えられる．また，中央センタ以下の学校数の多さを考慮すると，学校端末から中央センタのコンテンツを閲覧した時，そのコンテンツは教育効果を落とし，品質を維持できないと考えられる．従って，教育コンテンツの配置としては適していないことが明らかである．

学校のサーバにコンテンツを配置したシミュレーション実験では，15 台の学校端末に

対し，ストリーム形式のコンテンツでは想定した品質で閲覧することが可能であった．MPEG-1 形式のコンテンツでは，10 台が閲覧の限界台数となった．他のセンタにコンテンツを配置した時より，閲覧できる端末の台数が増えたのは，データが学校のサーバにキャッシングされたためだと考えられる．これにより，コンテンツの閲覧に関しては，中央センタ・地域センタに配置するよりもよい結果となった．しかし，中央センタからのコンテンツ配信に時間がかかる点，また，サーバの管理負荷に関する問題から，学校にサーバを設置することが好まれないという，現時点での教育現場に実態を考慮すると，学校にサーバを設置し，コンテンツを配置するのは適していないといえる．

よって，地域センタにコンテンツを配置するのが望ましいと考える．地域センタにコンテンツ配置したシミュレーション実験では，15 台の学校端末に対し，ストリーム形式のコンテンツでは想定した品質で閲覧することが可能であった．しかし，MPEG-1 形式のコンテンツでは，4 台が限界であるという結果を得た．これを解決する方法としては，学校に管理が簡単なキャッシュサーバを配置することが考えられる．Web 上で簡単に管理ができるキャッシュサーバを配置することで，学校へのサーバ管理負荷を回避できる．これにより，少なくとも 8 台程度には配信可能となる．図 5.1 に本稿での最適システムモデル形態案を表す．

中央センタから地域センタにコンテンツを配信するとして，配信を全地域に対して実施するとよい性能が見込まれない．ストリーム形式のコンテンツでは，638 秒かける 50 箇所でおよそ 9 時間程度となる．したがって，コンテンツの配信には，高速で高信頼なマルチキャスト配信方式として期待されている RMTP というプロトコル (付録 A 参照) を用いることで効率化を図れる可能性がある．

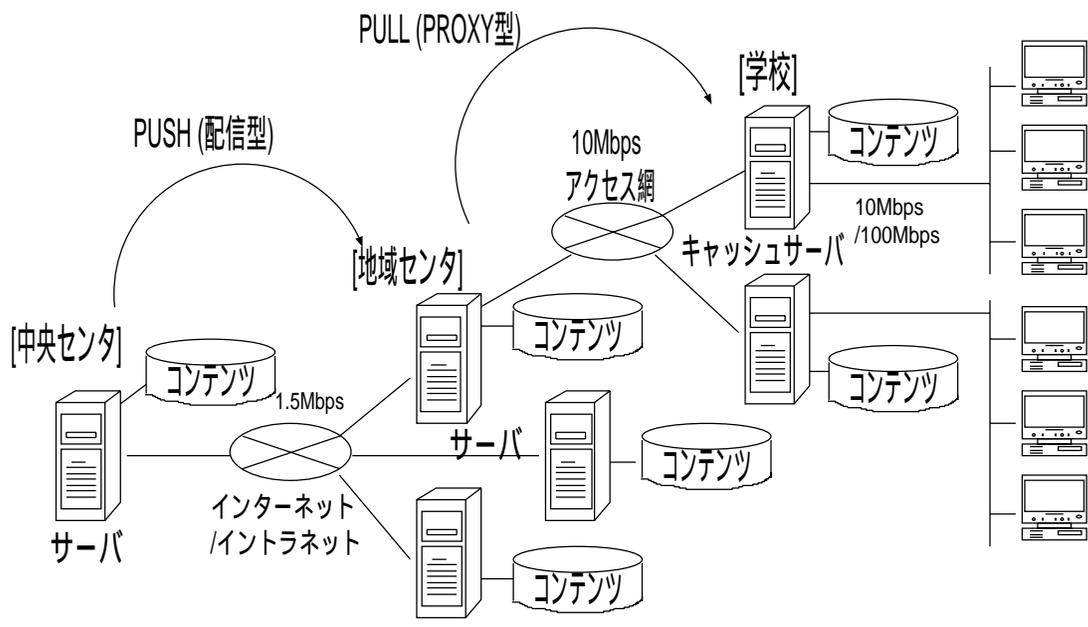


図 5.1 最適システムモデル形態案

第6章

おわりに

本稿では、教育現場の特殊性を考慮した実証実験を行い、その結果から教育コンテンツ分散管理において最適と思われるシステムを提案した。

しかし、地域センタにアクセスが集中すると配信できなくなる可能性があるため、アクセスが集中しはじめると自動的にコンテンツを学校へコピーし、リクエストを学校に転送するという方式、または、容量の大きくなる要因である動画ファイルのみをミラーリングするといった方式の検討が今後必要であると考えます。

謝辞

本研究を進めるにあたり，多くの方々にお世話になった．日頃からご指導頂きました本学清水明宏助教授，ならびに本研究室院生田鍋潤一郎氏をはじめ，三菱電機株式会社の横里純一氏には多くの貴重なアイデアとアドバイスをいただいた．シミュレーション実験のデータ収集においては，研究室の4年生，および3年生の皆様にご協力いただいた．この場を借りて皆様に厚く御礼申し上げます．

参考文献

- [1] <http://www.kantei.go.jp/jp/mille/index.html>
- [2] <http://www.monbu.go.jp/news/00000307/>
- [3] 旧文部省，学校における情報教育の実態等に関する調査結果，2000.8.
- [4] <http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/educ/enq99/enq99a.html>
- [5] <http://nces.ed.gov/pubs99/1999017.html>
- [6] <http://p100.mgt.ipa.go.jp/100school/>
- [7] <http://www.mpt.go.jp/whatsnew/school/kenkyuu/9911-index.html>
- [8] <http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/educ/enq99/enq99b.html#5>
- [9] 中庭，杉山，中尾，"信頼性を考慮した分散ミラーサーバ配置最適化モデル"，電子情報通信学会技術研究報告，PP.7-12，2000.4
- [10] 吉原，杉山，中尾，"分散網管理における動的負荷分散アルゴリズムの提案"，電子情報通信学会技術研究報告，PP.13-18，2000.4

付録 A

RMTP プロトコル

RMTP (Reliable Multicast Transport Protocol)

通信の途中で、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、レイヤ4のプロトコル。一般的なマルチキャスト配信では、失敗が生じる可能性があるが、RMTPであれば、配信が失敗しても再送する。電子新聞・営業情報などのマルチメディア情報を、同時に多数のユーザに効率よく配布するための技術で、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。