

デジタルAV・コンピュータネットワークを用いた 視聴覚コンテンツのマルチメディアシステム構築

Multimedia System Construction of Audio-Visual Contents
using Digital AV and Computer Network

宮崎保光

Yasumitsu Miyazaki

あらまし

デジタルAV機器の発達、ネットワーク家電、デジタル家電分野を中心に、近年急速に進歩してきている。しかしながら、これまで、視聴覚教育の教育現場の多くは、アナログAV機器が主流となっていた。インターネットをはじめとするデジタルネットワークであるコンピュータネットワークは、家庭端末としてのPCクライアントの増加とともに、画像コンテンツ利用のブロードバンドネットワークとして著しく発展してきている。こうしたクライアント・サーバネットワークシステムの端末として、デジタルAV家電の多くは、画像処理・メモリ・伝送機器として十分な画質レベルに達しつつある。視聴覚教育においても、一般的コンテンツ利用である範囲では、デジタルAV機器の多くは、デジタルAV-LANの利用として、効率的システムの構築が可能である。ここでは、そうした設計ビジョンを示す。

Abstract

Recently, very rapidly, digital AV equipments, particularly, network consumer electronics and digital consumer electronics have been developed. However, audio-visual education systems in colleges and universities mostly consist of analog AV systems. Computer digital network including internets are now in progress with PC clients of home terminals, as broadband network for visual image contents. Digital AV consumer electronics have reached to high level technologies of image processing, memories and transmissions, as terminals of client-server network systems. These digital AV information technologies can be applied to effective education systems, as digital AV-LAN systems in colleges and universities for normal information contents. In this paper, suitable and effective designs of digital AV and computer networks for audio-visual education multimedia

systems are shown.

1. まえがき

学校における視聴覚教育は、1950年代に、レコード、カセットテープの聴覚メディアによる音楽教育、および映画、ビデオテープの視覚メディアによる美術教育の情操教育を中心として、各種の記録メディアを用いて、人文社会、自然科学についての教育の分野において、始められている。¹⁻⁷⁾ 1960年代には語学教育のLL (Language Laboratory)、Teaching Machine、C.A.I (Computer Assisted Instruction) などの教育システムがComputerの発達とともに進展してきた。1970年には教育工学として教育手法が検討されてきた。1980年代のニューメディア時代には、視聴覚コミュニケーションとして統合デジタル通信による教育システムが進められ、1990年代には、PCの発達とともに、マルチメディアとしての教育システムが検討され、e-Learning、インターネットによる遠隔授業、衛星通信を用いたSCS (Space Collaboration System) ⁸⁻¹¹⁾ が開発されてきた。⁸⁻¹¹⁾ しかしながら、これらの教育システムでは、インターネット、LANを用いた、PCを端末とし、データベース用サーバによるコンピュータネットワークによるデジタル型教育システムと、映像、音のアナログ型視聴覚教育システムとは一体化されていない。^{12,13)} 映像系と音系であるAudio-Visual教育システムは、放送、CATV分野におけるアナログ型と同種のシステムであり、有線の場合、キャンパスにおいては、CATVと同様、同軸線による伝送システムである。¹⁴⁻¹⁷⁾

近年、ブロードバンドネットワークであるインターネットおよびLAN用ADSL、FTTH、CATV Netの発達により、画像コンテンツの伝送が容易になるに従い、視聴覚メディアの端末系であるデジタル家電、ネットワーク家電の関連機器が著しく進歩してきている。これらはおもに、インターネット、LANのデジタルAV端末系機器であり、いまでは広く開発し始められている。

一方、視聴覚教育システム、放送用CATVのAV系シ

システムにおいては、産業用、民生用ともに、いまだ、アナログ系システムが中心となっている。放送においてもデジタルTV放送が開始され、TVのデジタル化が進み、また、インターネット、LANのデジタル通信のブロードバンド化が進められるに伴い、AV端末系であるビデオカメラ、OHC、マイクロホンの入力系、プロジェクタ、モニタ画像表示器、プリンタ、スピーカのデジタル化、ネットワーク化は、普及家電機器として、高性能タイプが急速に進展していくものと思われる。

これまで、インターネット、LAN系のブロードバンド化と画像コンテンツ伝送、処理、記録のデジタル技術分野と、放送を含むAV伝送系のアナログ技術分野が分離した形式で進んできているが、AV伝送系のAV端末機器はブロードバンドコンピュータネットワーク用に開発されたデジタルAV機器により置換され、しかもAV伝送系自体もアナログ型からデジタル型に進展していくものと思われる。ここでは、視聴覚教育アナログシステムが、デジタル型として効率的であり経済的なデジタルシステムとして改革された実施設計を示す。

2. 視聴覚システムによる教育

アメリカのJohn Deweyの経験主義による教育手法である目、耳、手による学習と経験、体験重視の教育が、基礎となり、Edgar Daleの「Audio-visual Methods in Teaching」に示されたように、1946年以降、視聴覚教育システムが発展してきている。日本においても、Daleの教育手法が西本三十二等によって、1950年前後に紹介され、視覚教育が波多野完治のグループより展開された。1960年以降、通信機器の利用により、広く教育分野に学習機器の活用が進められた。B.F.SkinnerのTeaching Machineが代表的なものである。プログラム教材とともに、フィルムやスライド、VTRのアナログ情報利用が行なわれた。さらに、語学教育のLL(Language Laboratory)など多様なメディア手法が用いられた。1960年代後半、1970年代には、コンピュータを組み入れた学習過程としてのC.A.I(Computer Assisted Instruction)システムが試みられ、システム工学を教育分野に適応した教育工学が展開された。また、1950年以降、放送メディアを用いたラジオ、テレビ放送による教育手段も提供されてきている。

1980年代の統合的デジタル通信の利用としてのニュー

メディアの時代、1990年代のPCの普及によるマルチメディアの時代、2000年以降のインターネットの時代とともに、新しい視聴覚教育が進められてきている¹⁾。

3. 情報システムと視聴覚教育

視聴覚教育は、TV放送を用いた伝送型のメディア、VTRなどの記録型のメディア、パソコンを用いた処理型のメディアによる進歩によって発展してきている。図1は、これらのTV、VTR、パソコンのAV機器の時代進展を示している。ラジオ放送を用いた視聴覚教育は、もっとも初段階のシステムであり、パッケージ媒体、放送、通信は伝送型の教育手段の重要手法である。図2は、教育にも関連する各種のメディアを示している。

伝送システムは図3に示されるように通信系と放送系の分野があり、有線系通信のブロードバンドシステムは、ADSL、FTTH、CATVおよびGiga Ethernetがある。現在、放送については、CATVでは通信系と併用されている。また、マルチキャスト方式により通信系のIPTVが検討されている。

放送メディアは、図4のように現在アナログ型とデジタル型が平行して放送されているが、アナログ型TV地上波放送は2011年までである。

情報処理機能のデジタルコンピュータは、大型コンピュータ、ワークステーション、パソコンについて、図5に示されるように、進展してきており、メモリ機能は、図6に示される進歩である。

情報コンテンツに関する各種メディアの伝送速度、コンテンツの情報精度、解像度および情報圧縮効率を図7に示す。図7、図8は情報圧縮技術による画質と符号化を示している。MPEG-4の特性範囲は画質の高質化に開発されている。AVコンテンツを教育に用いる場合にはデジタル情報圧縮技術が有効である。

教育における情報化は、図9に示す情報ネットワークと情報利用サービスの分野に関して、2000年以降検討が進められている。教育の情報化の内容項目について図10に示す。PC、ネットワークのハード面の推進とコンテンツ制作、ライブラリー、センターサイトのソフト面の実施が進められている。

これまでの教育の情報システムは、コンピュータネットワークとPC、サーバを中核としたデジタルシステムであり、視聴覚教育に関した映像と音についてのアナ

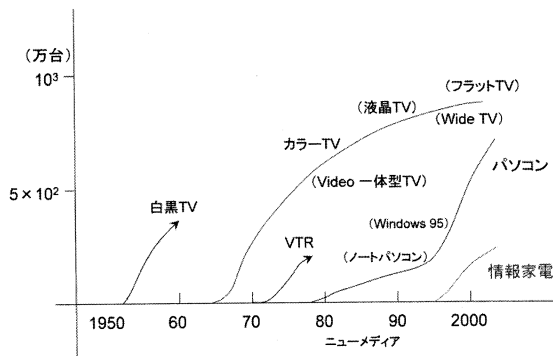


図1 民生機器と情報家電

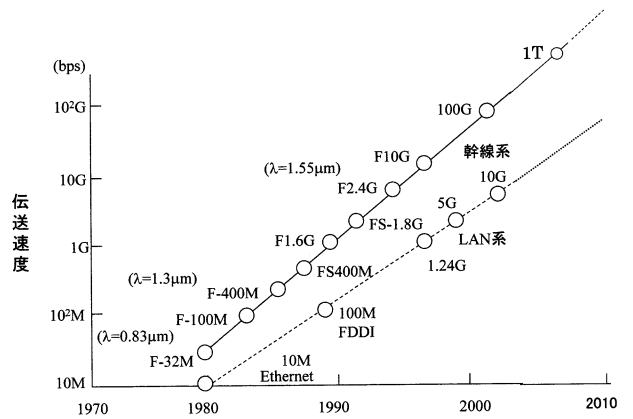


図3(b) 光伝送幹線とLAN

		オールドメディア	ニューメディア
パッケージメディア		新聞 郵便 テープレコード	ファクシミリ新聞 電子メール(1982~) VTR ビデオディスク(光ディスク) (1981~) CD, DVD
	放送	無線 AMラジオ FMラジオ VHFテレビ UHFテレビ	AMステレオ FM多重 (1983~)多重放送, 音声多重, 静止画放送 文字多重, ハイビジョン, 衛星放送(1984~) デジタルテレビ(2003~)
	有線	有線通信	CATV(双方向) (1980~, 2000~) デジタルCATV(2002~)
通信	無線	無線通信	移动通信, PHS 衛星通信 WiMAX
	有線	電話 データ通信	キャプテン(1983~), ビデオテックス テレビ会議, テレビ電話(2000~) パソコン通信(1980~), LAN ファクシミリ(1981~), VAN インターネット(1985~)

図2 各種メディア

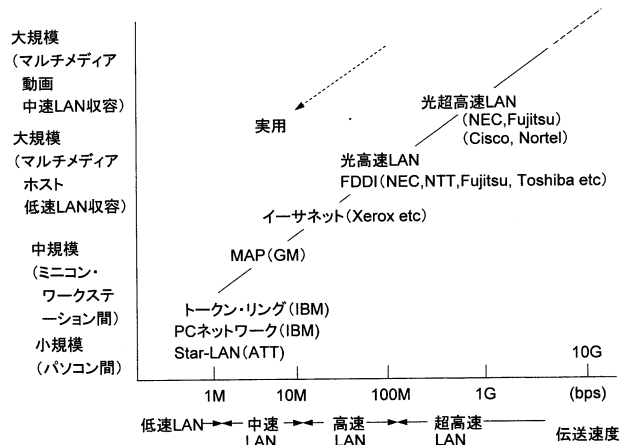


図3(c) 各種LAN

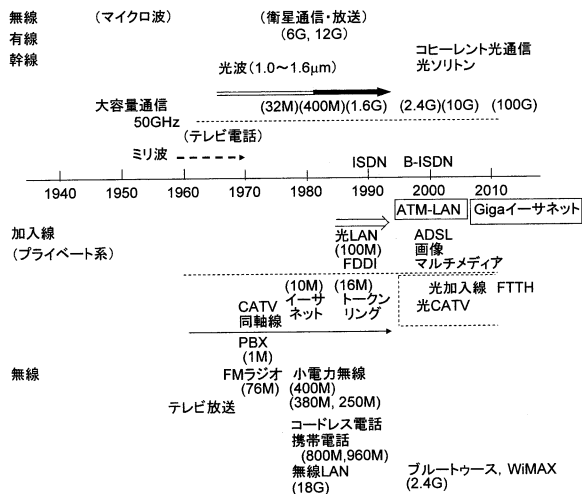


図3(a) 電磁波と光波のシステム

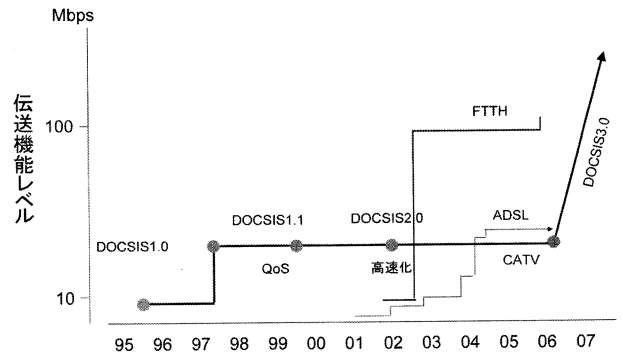


図3(d) ブロードバンドネットワークケーブル

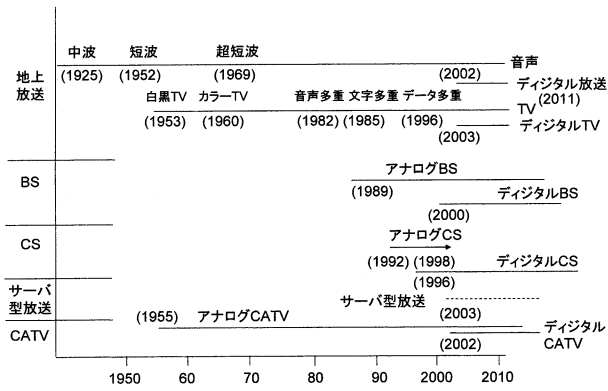


図4 放送メディア

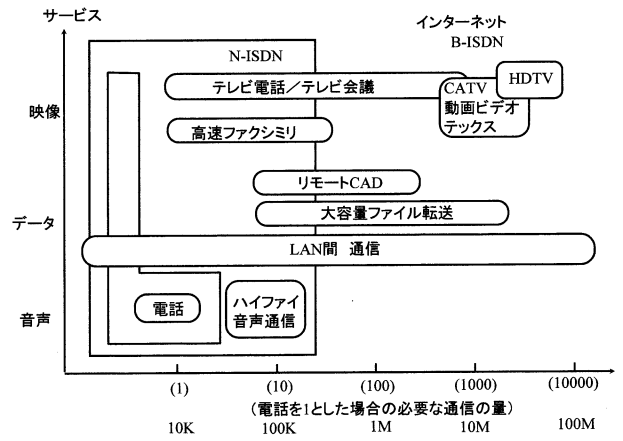


図7(a) 各種メディアの伝送速度

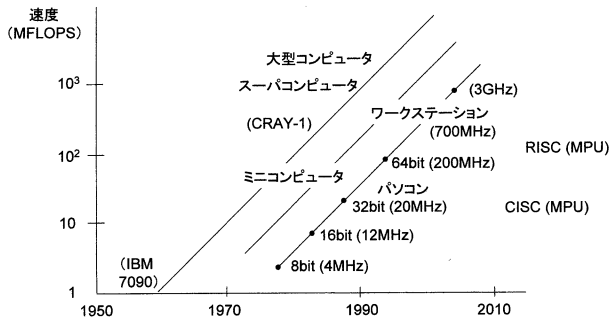


図5 コンピュータ機能

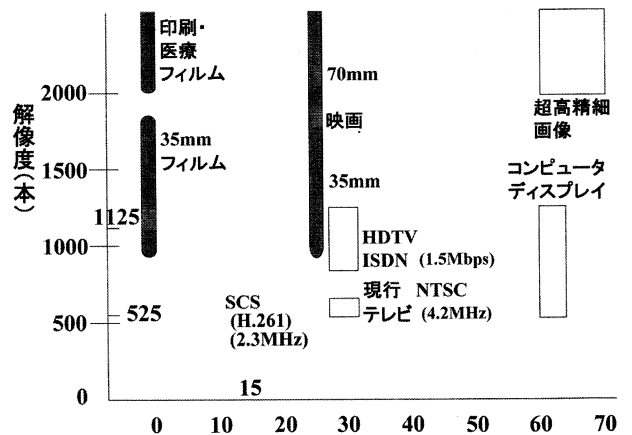


図7(b) 1秒当たりの画面数 (フレーム/秒)

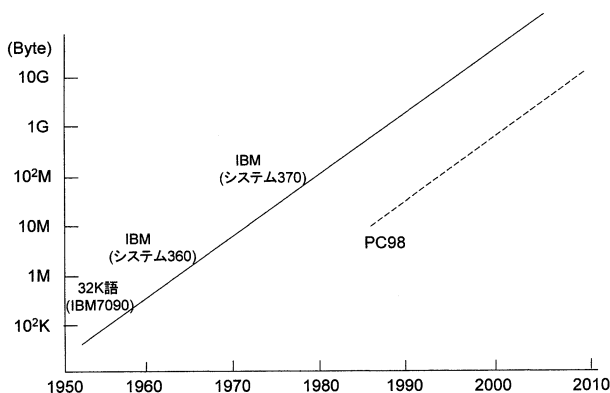


図6 主メモリ容量の進歩

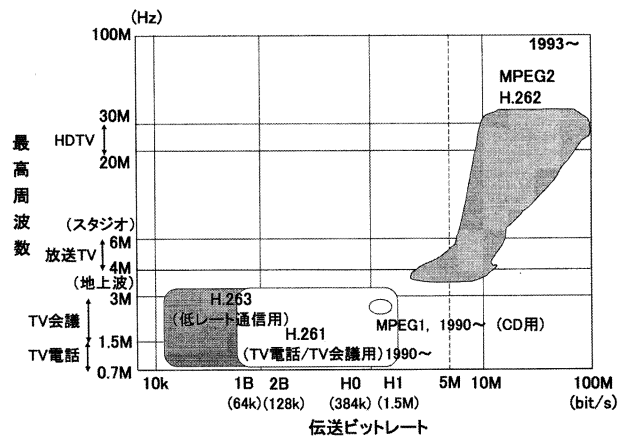


図7(c) ビットレートと標準化符号化方式

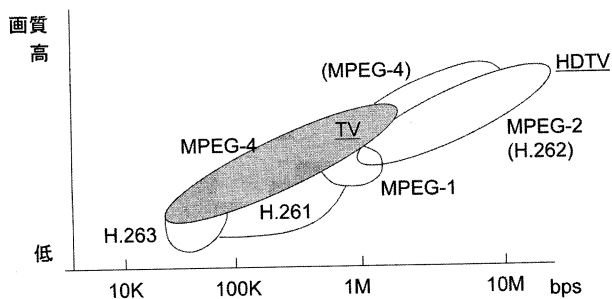


図8(a) 符号化レートと画質

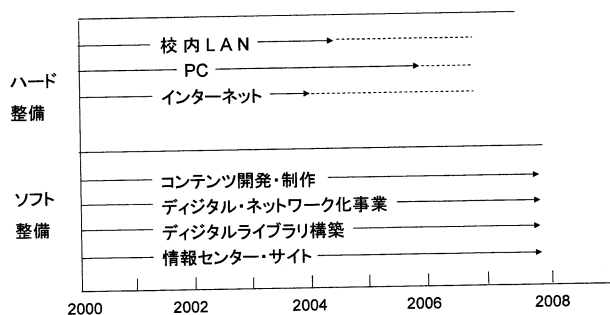


図10 教育の情報化

	解像度	フレーム/秒	伝送速度
H.261	352×288 (101,376)	15	64K ~ 2Mbps (p×64K) (TV会議)
MPEG-1	352×240 (84,480)	30	1 ~ 1.5Mbps (CD用)
MPEG-2	704×480 (337,920)	30	4 ~ 10Mbps
Hi-Vision	1920×1035 (1,987,200)	30	30 ~ 60Mbps

図8(b) 伝送方式の比較

ログ型AV機器とは統一的に一体化されたものではなく、インターネット、LANのネットワークにおける音・画像伝送について、接続がアナログ型AV系と十分されていない。

4. キャンパスLAN

大学などのキャンパスにおけるコンピュータネットワークは、初期(1985年)の10Mbps Ethernetから、100M FDDI(1990年)、ATM-LAN(1995年)、1~10Giga Ethernet(2000年)と発展してきている。SINETとともに、1990年以降は外部ネットワークでInternetの端末系での10M~100Mbps高速化対応がされてきている。またSCSによるデジタル衛星通信によるTV会議も進展してきている。図11は、Layer 3 Switch (Router) をコアとした10Gbpsのバックボーンとし、各棟、フロア(階)にLayer 2 Switch (Router) を中継器としたネットワークを示している。10Gbps、1 Gbpsの伝送路は光ファイバ線路であり、L3 SwitchのPort両端、L2 Switchの片端はOE、EO変換のメディアコンバータを用いている。また、L2 Switchの出力端PortのUTP端子は12、24、48型のものを用いている。

5. アナログ型AV装置系

Audio-visualの有線伝送路はCATVケーブルである。とくに、アナログTVの共同視聴システムはTVアンテナ、チューナ、ブースター(増幅器)、分岐器を同軸線によって構成するシステムである。また、ホール、講義室、研究室におけるアナログAV端末系は、コンピュー

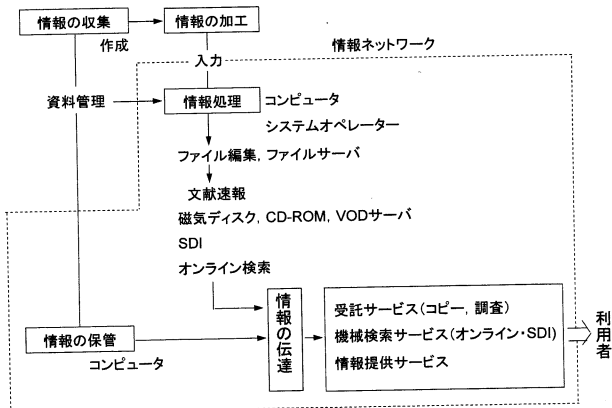


図9 情報ネットワークと情報サービス

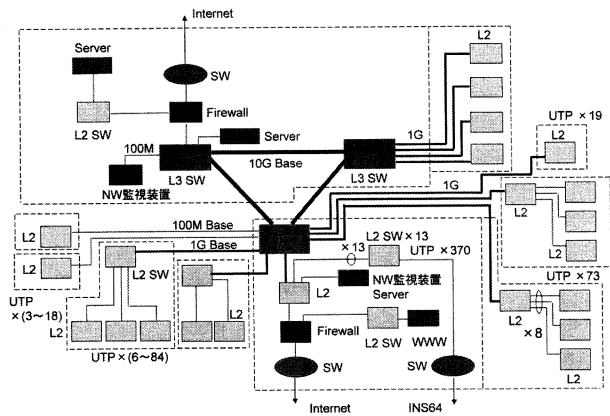


図11 キャンパスLAN

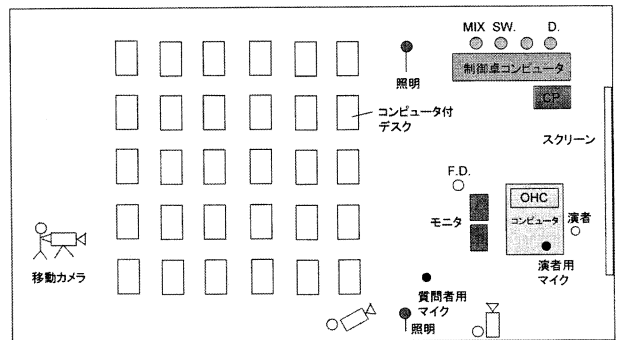


図13 コンピュータAV教室

タネットワークのLANとは独立の伝送路である。また、各部屋のAV系は下り伝送のみであり、上り伝送は構築されていないのが多い。図12はアナログ型AV装置系を示す。図13は、普及されているPCコンピュータとAV装置を混合した情報AV教室である。このシステムは制御卓が大規模であり、PCネットワークとAV系が統一されていない、経済的とはいえない。

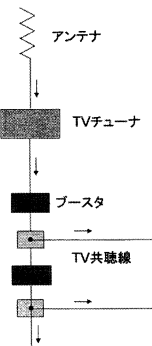


図12(a) アナログTV共視聴システム

6. デジタルAVネットワーク

AV系をデジタルLANとして構成するにはTV地上波、衛星放送波をチューナによってベースバンドに変換し、エンコーダ、MPEG2、MPEG4方式によって効率的デジタル符号信号とし、LANのスイッチL2のポートに入力し、L2 SWよりL3 SWを通じて各端末AV LAN系に伝送する。この伝送はチューナ・エンコーダ部をヘッドエンドとすれば、下り波と考えることができる。LAN光ファイバケーブル幹線とデジタルAV LAN幹線とはケーブル束内の光ファイバケーブル芯線を分割してケーブルを併用使用することにより経済的な共用使用とすることができる。光ファイバ端部はL2 SW、L3 SWのPort入出力部にメディアコンバータ(OE、EO変換器)を用いている。

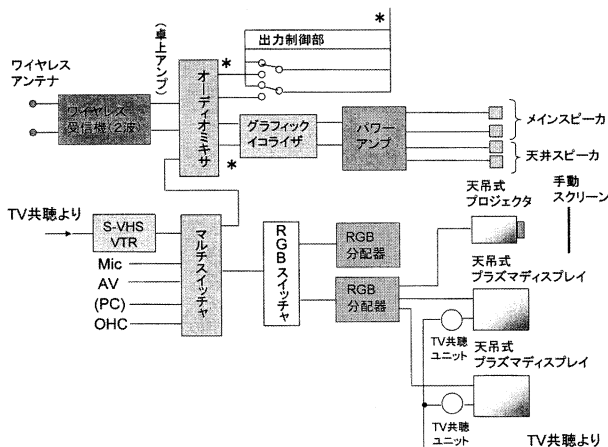


図12(b) アナログAV装置システム

デジタルAV LANの端部であるL2 SWからホール、講義室、研究室へは、部屋内のHubに接続し、部屋内の加入線部からは、AVコンテンツ信号は、Hub、L2 SWを通じ、双方向として、キャンパス全体に配信することができる。これらのシステムを図15に示す。出力系は、教室内では、スピーカーとプロジェクタであり、外部へはAV-LANとして出力される。入力系はカメラ、OHC、

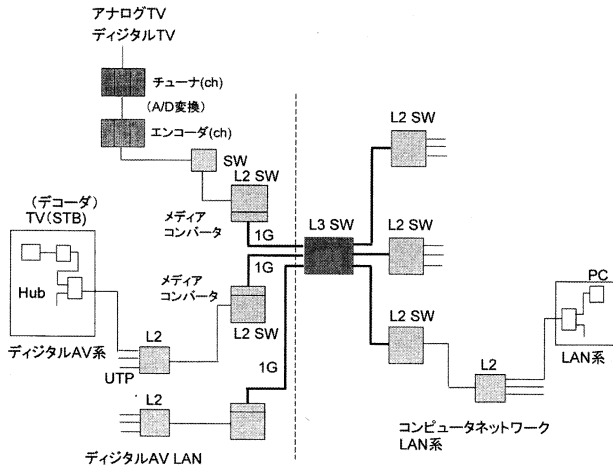


図14 デジタルAV LAN系 (マルチメディアネットワーク)

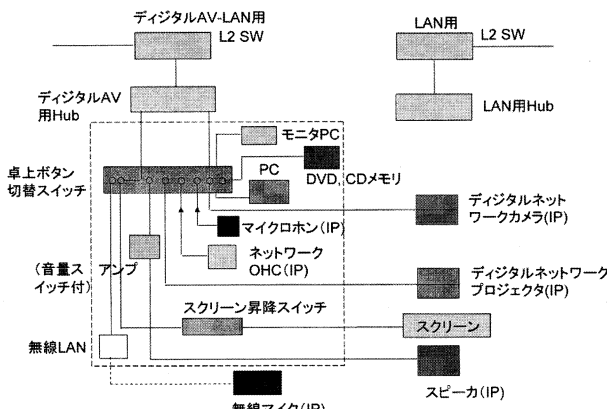


図15 デジタルAV LAN教室

メモリ (DVD)、PCであり、無線LANによる無線マイクである。入出力指定は、IP Address指定により、プライベートAddressを用いることができる。各入力、各出力の切替は、伝送回路の入出力UTP、LANケーブル、USBケーブルの回線切替として、機械式切替ボタンで十分であり、操作性がよい。また、音量は、卓上のアンプの増幅度変換回転つまみで十分であり、操作性が高い。機器のインフラとしての全体調整は専門担当者が事前に行い、使用者は最低限必要な操作のみで実行可能とする方式が望ましい。機器選択は、機械式切替ボタンで行い、カメラ、スピーカの方法は、独立のリモート制御が望ましい。機器操作が簡単であることは、安定性を高めることができる。

7. 画像コンテンツと情報圧縮

音と画像コンテンツの違いは、1次元の時間変数の情報、2次元空間変数の情報としての次元数の違いである。情報の変数に対する値は、標本化定理により、Nyquist周波数に対応する標本値によって与えられ、離散値であるデジタル値によって、連続値であるアナログ値が完全に示される。1次元の場合、帯域巾W (Nyquist周波数 $f = W/2\pi$ 、周期 $T = 2\pi/W$) である有限帯域情報 $x(t)$ は、

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) \frac{\sin W(t-nT)}{W(t-nT)} \quad (1)$$

人間の知覚特性は、細かな変化については認知に限界があること、標本値については、大きな値についての変化については、小さな値に比べて、絶対値よりも相対変化が重要であることが知られている。 $x(nT)$ の標本値を0、1のデジタル符号にするには、アナログ値を離散値に変換する量子化演算が必要である。時間変化、空間変化の大きさは、時間についての周波数、位置座標についての空間周波数の表現が重要であり、これらは、2次元画像 $f(j,k)$ の場合、2次元周波数特性 $F(u,v)$ は、離散コサイン変換によって示される。

$$F(u,v) = \frac{2}{\sqrt{M}\sqrt{N}} C(u)C(v) \sum_{j=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} f(j,k) \cos(j,u,M) \cos(k,v,N) \quad (2)$$

$$f(j,k) = \frac{2}{\sqrt{M}\sqrt{N}} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u,v) \cos(j,u,M) \cos(k,v,N) \quad (3)$$

ここに、

$$\cos(j,u,M) = \cos \left\{ \frac{(2j+1)u\pi}{2M} \right\}$$

$$C(u) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & u=0 \\ 1 & u \neq 0 \end{cases}$$

情報は、隣り近くの変数に対する標本値は、相関特性によって、変化を評価することができ、これらの特性を用いることにより、120MbpsのアナログTV画像情報は、MPEG2方式の場合、4~6Mbpsに情報圧縮が可能である。圧縮率は20~30倍である。JPEG方式の静止画は、10~20倍である。全体の周波数特性利用より、局所の変数に対する周波数特性を用いる場合、品質のよい高効率の情報圧縮となる。つぎのウェーブレット変換はその手法である。1次元のケースでは、

$$f(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (4)$$

$$a_{j,k} = \int \psi_{j,k}^*(t) f(t) dt \quad (5)$$

ここに、 $\psi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \psi(2^j t - k)$

従来の画像 I P 配信を活用したライブストリーミングはいくつかの問題を抱えている。¹⁸⁾

動画画像は、1秒間に約30フレームの静止画を送信する。720×480ドットの解像度では、データ量は100GB/60分を超える。動画圧縮処理のMPEG2ではSDTVと同等品質の画像を約30分の1の容量以下には圧縮できず、大容量であり I P 配信時には問題が生ずる。これは、MPEGのDCT（ディスクリートコサイン変換）による圧縮では、低ビットレートでは破綻しやすく映像圧縮に時間がかかるため、リアルタイムでの伝送ができないためである。

MPEG動画形式ではナローバンド環境ではブロックノイズやモスキートノイズのため映像の画質が不十分である。

伝送遅延については、従来の I P 配信では、分単位での遅延が生じるライブストリーミングであるが、ウェーブレット変換を用いたXVD型の動画圧縮方式では、1.5～2秒前後の遅延にまで短縮することができ、低ビットレートでも高画質であり、通信速度の遅いユーザにも伸張ソフトウェアをパソコンにインストールすれば、Windows Media playerなどにより容易に視聴が可能である。

ネットワークを伝送された被測定映像（評価映像）については、評価用基準映像と比べ、ネットワークを経由したパケットは数秒の遅延が発生し、映像再生のタイミングも基準映像に比べ、若干遅くなるが、AVともに遅延するため画質の劣化なく、高品質の視聴ができる。

デジタル方式では、ほとんどの画像で劣化が認められないが、特定の絵柄の画像でのみ劣化することが多い。平均評点だけでシステム性能を示すのは不十分であり、劣化の生じる頻度や最悪画像の評点を考慮し、システム性能を正しく表すことが重要である。

また、IPv4ネットワーク環境において、XVDフォーマットを用いた動画配信が有効である。IPv4における動画配信は同時二重刺刺激法と比較した場合、他のコーデックと比べ画質は、DVD画質を保持しており、音声に

ついては1・2秒の遅延は生ずるもののフレームスキップ等の遅れもなく良好である。

8. まとめ

キャンパスネットワークは、コンピュータネットワークとして、LANのクライアント・サーバ方式により、マルチメディアコンテンツ利用として、これまで急速に発達してきている。一方、視聴覚教育としてのAV機器の多くは、同軸線を用いたアナログ系として用いられており、LAN、インターネットのブロードバンド化により画像処理、伝送が急速に発達してきているにも拘らず、デジタルAV-LAN系としての検討は不十分であり、効率も悪く、経済的でない。ここでは、LANのブロードバンド化、デジタル家電、ネットワーク家電の発展を利用したデジタルAV-LANのキャンパスでの利用をコンピュータネットワークと一体化、光ファイバなど伝送線路の有効利用する手法を示した。プライベート I P アドレス、USBケーブル等、インターフェイスクーブルの統一化により今後さらに効率化が期待される。

文献

- 1) 宮崎保光、デジタルAV-コンピュータネットワークを用いた視聴覚マルチメディアシステム、信学技報 ET2008-8、PP.15-20 (2008)
- 2) 佐賀啓男編著、視聴覚メディアと教育、樹村房 (2002)
- 3) 科学技術庁編、光と情報、大蔵省出版局 (1987)
- 4) 宮崎保光、光ファイバー伝送の現状と将来、生財マーケティング (1989)
- 5) 宮崎保光、光ファイバーの伝送特性、電気学会誌、vol.97、pp.956 (1977)
- 6) ISDNの現状と将来展望、平成4年度電子情報通信学会東海支部専門講習会 (1993)
- 7) 川添、静谷訳編、キャンパスネットワークング、bit別冊、共立出版 (1990)
- 8) 宮崎保光、情報化時代に在って、組合情報化促進企画調査事業部報告書、愛知県 (1989)
- 9) S. Li and Y. Miyazaki, A Fair and Waste-less Channel Assignment Protocol for Optical Dual Bus Networks, IEICE Trans. Commun., Vol.E78-B, No.4, pp.539-545 (1995)

- 10) マルチメディアソフト振興協会、マルチメディア白書、(通産省監修) (1993)
- 11) 宮崎保光、大学におけるキャンパスネットワークの現状と将来の課題、信学技報IN94-54 (1994)
- 12) 李、宮崎、バッファ容量付き端末からなる高速CSMAの性能評価、信学技報IN93-19 (1994)
- 13) 李、宮崎、高速光Dualbusネットワークにおける動的なコントロール方式、信学技報IN94-51 (1994)
- 14) 宮崎保光、画像の空間フィルタによる情報処理と再構成、名古屋造形芸術大学研究紀要第3号、pp.83-96 (1993)
- 15) 宮崎保光、キャンパスネットワークにおけるマルチメディアの課題、信学技報IN95-17 (1995)
- 16) 宮崎保光、画像を中心とした広帯域マルチメディアキャンパスネットワークの構成に関する考察、名古屋造形芸術大学研究紀要第2号、pp.75-90 (1996)
- 17) 宮崎保光、ビジュアル・コンテンツに関するマルチメディアバウハウスの構築、名古屋造形芸術大学研究紀要第6号、pp.103-117 (1996)
- 18) 宮崎、野村、デジタルAVシステムを用いた遠隔医療福祉ネットワーク、信学技報IN2008-116 (2008)