産業用テレビジョンの有線伝送

日本電信電話公社 青 江 茂

1. ま え が き

有線によるテレビ伝送方法には、ビデオ信号をなまのまま伝送するものと、適当な周波数に変換して伝送するものとの二者がある。

在来、放送用テレビ用として前者に平衡形ケーブルであるビデオペアケーブルと、不平衡形ケーブルである同軸ケーブルが用いられ、後者に同軸ケーブルによる残留側波方法を用いた搬送方式が使用されてきた。

同軸ケーブルを媒体とした伝送特性は、ほとんど近似的に平衡対ケーブルを用いるものと等価的とみなされるが、特に低周波部にエネルギーの大半をもつビデオ伝送では、地電流その他の外部誘導妨害をうけやすいため、わが国においてもまずビデオペア方式が1956年に商用化され、ついで特殊な巻線方法を用いた優秀な伝送特性と充分な縦回路減衰量をもつ変成器により、地電流その他、外部誘導雑音を完全に抑圧できるようになったので、1958年実用化されるに至った。本方式はビデオペアケーブルを用いたものに比し、経済的かつ保守に便利であることなどから、その後おおいに利用され、今日全国で約300対向以上が市内短距離リンク用として商用中である。

残留側波変調方法による搬送方式は、英国で4 MHz方式、米国で L_3 方式(8 MHz方式)として広く利用されてきた。また1962年以降、電話2700 ch用として現用されている12 MHz方式についても、テレビ伝送用として電話1200 chと1 TVの同時伝送について、CCITT(国際電信電話諮問委員会)で勧告されている。わが国においては1958年、6 MHz方式として、青森一甲地、小倉一福岡間で商用化された。本方式は1.056 MHzの搬送波を用い、過剰搬送波比(ECR) 0.65、残留側波帯 ± 0.5 MHz、線路周波数 $0.556 \sim 5.356$ MHz、標準中継間隔9 kmである。本来、残留側波波方法による方式は、低周波帯域の位相特性に基因する遅延ひずみの影響をさけ、長距離用として設計されるものであるが、

多中継接続による振幅ならびに位相特性の劣化を招きやすく、長距離テレビの主体はマイクロウェーブ方式によるのが通例である。そのため、有線におけるわが国のテレビの主体は、ビデオ伝送に集約されている現状にある。

近時、各種産業、教育、医学、交通管理などの分野でいわゆる産業用テレビの需要が急速に高まりつつあり、その利用形態も同一企業内での短距離区間から、特定多数者間の長距離区間へと拡大する傾向にある。この場合画像品質自体は放送用テレビで要求されるような高規格は必要とされないが、経済的であることが重要な要因と思われる。

経済性に重点をおくかぎり、伝送媒体が安価であり、かつこれに見合った装置の出現が要望される。現存するケーブルで最も経済的であるものは加入者ケーブルである。しかも既設利用の立場からも有利である。加入者ケーブルを利用した場合、放送用テレビにおける同軸ビデオ方式と同様に無変調での伝送が基本となる。

長距離区間への適用は、有・無線接続による回線構成となる。以下には現時点での有線のビデオ伝送方式の技術的な問題点と装置の概要、今後の狭帯域伝送などについてふれることとする。

2. 技術的な問題点

テレビ信号を無変調のまま伝送する場合、技術的な制約となる主なものに、熱雑音、外部誘導雑音、パルス性雑音、ケーブル漏話、群伝搬時間ひずみ、微分利得、微分位相などがある。

2.1 熱雑音

増幅器入力における雑音電力絶対値を N_0 dBm とすると、出力平坦雑音はつぎの値となる。

$$\frac{S(p-p)}{N(\text{rms})} = 20 \log \frac{S}{\sqrt{R}} + N_0 - G + 30$$

S : 出力信号電圧 (p-p)

N : 出力雑音電力 (rms)

G : 等価平坦利得 (評価値)

R : 出力インピーダンス (Ω)

使用ケーブル km あたりの損失を $\alpha(f)$ dB、中継間

"Cable Video System for Industrial Television Transmission"
by Sigeru Aoe (Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, Tokyo)

隔を l km, 評価特性を $W(f)$, 最高伝送周波数を f_0 とすると,

$$G = 20 \log \frac{1}{f_0} \int_0^{f_0} 10^{\frac{\alpha(f) \cdot l + W(f)}{20}} df$$

である。

$\alpha(f)$: 同軸ケーブルの場合, ほぼ $2.4 f^{0.5}$, 平衡対ケーブルの場合, たとえば 0.4 mm 紙ケーブルで $30 f^{0.59}$ であらわされる。

$$\frac{\int_0^{f_0} W(f) df}{f_0}: \text{たとえば 4 MHz 帯で約 } -10 \text{ dB である。}$$

さらに増幅器入力側が線路と整合している場合は

$$N_0 = 10 \log K T_0 \Delta f + 10 \log 2 \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right)$$

ただし, K はボルツマン定数 (1.38×10^{-23} ジュール/°K)

T は絶対温度 (°K)

R_1, R_2 は入力変成器二次側終端抵抗および活性素子等価雑音抵抗

2.2 外部誘導雑音

地電流その他誘導雑音は低周波の場合, とくに同軸ケーブルは不平衡回路であるため, 妨害をうけやすい。ために縦回路減衰量の充分な変成器が必要とされる。一方高周波における外部誘導雑音は, 平衡対ケーブルに妨害をうけやすく, 架空ケーブルにおいて顕著にあらわれる。外部誘導雑音では放送波によるものが主である。この電界強度は距離と送信出力および波長, 周囲条件などにより異なる。この対策として, 高周波において充分な縦回路減衰量の変成器が必要とされるほか, 適当な縦回路抑圧策を講ずることになる。

所要規格 B と 1 中継区間に混入する雑音電力 N , 中継数 m , 該当周波数における中継器利得 G , 出力プリアンファシスレベル P ならびに, 所要抑圧量 A との間には次式が成立する。(単位はいずれも dB)

$$B \geq A - N - 0.9 + P - G - 20 \log m$$

ただし, 画像信号レベルは 0.7 V(p-p) とする。

実測値による N は, 低周波においては商用周波数で数百 mV, 放送波において約 $-30 \sim -70$ dBm である。

2.3 パルス性雑音

電話局内に中継器を設置する場合, 交換機スイッチング雑音は高周波成分を含んでおり, 利得に相応した出力雑音が問題となる。これをさけるため電話局直前の中継間隔を縮小するか, 局前マンホール内に設置するなどの方法が必要となる。また, 同一ケーブル内のダイヤルパ

ルス雑音も問題となるので, つぎに述べる漏話値との関連において, 中継器利得を選定することとなる。

この種雑音は平衡対ケーブルの場合において, 電話とテレビを同一ケーブル内に収容する場合に問題となる。この場合, 所要 SN 比を 25 dB 以上確保することはむずかしく, 主観テストの結果でも, 全帯域で 15 dB 以上確保すれば問題はないようである。

2.4 ケーブル漏話

ケーブル漏話による制約は遠端漏話 (X_F) により, 同一方向同時伝送システム数, 近端漏話 (X_N) により異方向同時伝送システム数が制限される。同一ケーブル内には画像のみならず, 一般電話, 電信回線などが収容されているため, 画像相互間はもちろん, 画像と電話・電信相互間について干渉妨害を検討する必要がある。

この種の漏話は平衡対ケーブルのみについて考えればよい。

一般に市内ケーブルの漏話については, つぎのことがいわれている。

$$X_k = \bar{X}_{k0} - 0.115 \sigma^2 - 10 \log n$$

ここに, X_k : 多重漏話実効減衰量 (dB)

$\bar{X}_{k0}$: 単一妨害漏話減衰量の平均値

σ : " 標準偏差

n : 誘導システム数

また, X_k の分布関数 $F(X_k)$ は

$$F(X_k) \doteq \exp\{-e^{-2(X - X_k)}\}$$

となる。

いま, この X_k を用い, 中継数 m の場合の同一ケーブル内の使用対数 n は次式により算出しうる。

(1) 遠端漏話による制約

(a) 画像・音声間の妨害 各システムのビデオ信号は無相関と考え, 中継数 m , 画像システム数 n , 画像送信電圧 $V(p-p)$ とすると,

$$mn \leq 10^{\frac{X_F}{10} - 4.49 - 2 \log V}$$

(b) 画像相互間による妨害

$$mn \leq 10^{\frac{X_F}{10} - 3}$$

(2) 近端漏話による制約

(a) 画像・音声間の妨害

$$n \leq 10^{\frac{X_N}{10} - 4 - 2 \log V}$$

(b) 画像相互間の妨害

$$mn \leq 10^{\frac{X_N}{10} - 7.7}$$

ただし, X_k は遠端・近端実効減衰量を X_F, X_N とし, 音声帯域の画像信号電力 W は

$$W = \int_{f_1}^{f_2} 10^{\frac{-8.7}{10}} \cdot \left(\frac{f_{01}}{f} \right)^2 \cdot df$$

として求めている。

また、音声に対する妨害は、現行伝送基準の規格を用い、加入者端末で -64 dBm の値をとり、電話・電信レベルは加入者端末で -35 dBm とし、画像信号電力から電話、電信への妨害で決定している。V は画像信号総合レベルである。

同軸ケーブルにおいては、内部導体と、これを取りまく同心円状の外部導体による不平衡構造上、静電界、電磁界を外部に開放しない閉塞性線路であり、外部導体の遮蔽作用のため、漏話による制約はわずかに低周波における同軸心間の結合インピーダンスによる導電的結合漏話が対象となる。この影響は距離の関数になる。同軸ビデオ方式においては、数 km 以上の場合、数 kHz 付近で結合漏話が最悪となる。そのため外部導体相互間を適当なインピーダンスで終端し、改善することがある。またケーブル構成上、画像と電話または電信間の干渉は無視できる。

2.4 群伝搬時間ひずみ

高周波では、同軸ケーブルも平衡対ケーブルも群伝搬時間は周波数に比例するが、低周波においては周波数・直線の原則から離脱し、ごく低周波においては周波数の平方根に近似して変化する。このため、ケーブル自体が群伝搬時間ひずみの原因となるし、中継器や変成器も帯域内位相特性を有しているの、これに相加されることとなる。これらの特性はまた距離の関数ともなる。同軸ビデオ方式の例では km 当りに換算し、低周波と高周波部との差は $5 \sim 6 \text{ } \mu\text{s}$ 程度生じている。

このため、端末または中継器で二次全通過形回路網などを使用し、補償する必要がある。

2.5 微分利得、微分位相

微分利得および微分位相は、非直線回路に直流を含む非対称波形の明度信号を加えた場合、信号振幅の変化に対応して、明度信号に重畳した微分振幅の色副搬送波の出力振幅および位相変化率で与えられる。

一般に、明度信号の黒から白までのレベル範囲ののこぎり波形に 3.58 MHz の微少交流振幅を重畳したものを試験波形として、非直線回路に加えたとき、入力明度信号振幅を S とし、 S の微少変化に対する 3.58 MHz の出力振幅および位相の変化を dS 、 $d\phi$ とすると、微分利得、微分位相はそれぞれ dS/S 、 $d\phi/S$ として求められる。

微分利得は回路の非直線性がそのまま影響し、中継器に帰還を施すことにより改善される。微分位相は無帰還

の増幅器では問題とならないが、帰還により、無帰還利得の変化により発生する。

FDM 系におけるこの関係は次式により与えられる。

$$\frac{dS}{S} = \frac{\{1 - |\mu\beta| \cos(\theta_\mu + \theta_\beta)\} dg + |\mu\beta| \sin(\theta_\mu + \theta_\beta) d\theta_\mu}{1 - 2|\mu\beta| \cos(\theta_\mu + \theta_\beta) + |\mu\beta|^2}$$

$$\frac{d\phi}{S} = \frac{-|\mu\beta| \sin(\theta_\mu + \theta_\beta) dg + \{1 - |\mu\beta| \cos(\theta_\mu + \theta_\beta)\} d\theta_\mu}{1 - 2|\mu\beta| \cos(\theta_\mu + \theta_\beta) + |\mu\beta|^2}$$

ここに

$$\mu: \text{無帰還利得} \quad |\mu| e^{j\theta_\mu}$$

$$\mu\beta: \text{還送比} \quad |\mu\beta| e^{j(\theta_\mu + \theta_\beta)}$$

いずれも 3.58 MHz における値を示すものである。

また、無帰還増幅器における増幅度に関する位相微分で示される $d\theta_\mu$ は、負荷インピーダンスが一般には直線素子であることから零である。したがって、無帰還増幅器では、微分利得 dg のみ存在し、 $d\theta$ は存在しないこととなる。これより上式は簡略化されて、

$$\frac{dS}{S} = \frac{1 - |\mu\beta| \cos \theta}{1 - 2|\mu\beta| \cos \theta + |\mu\beta|^2} dg \quad (\times 100\%)$$

$$\frac{d\phi}{S} = \frac{-|\mu\beta| \sin \theta}{1 - 2|\mu\beta| \cos \theta + |\mu\beta|^2} dg \quad (\text{rad})$$

となる。

微分位相は中継器の極性反転によっても変化し、適当な中継区間で反転により改善が期待される。

以上、(2)項に有線によるビデオ信号伝送上の技術的な問題点にふれた。このほかにも、振幅特性が重要な特性であることは論をまたない。振幅特性については、中継器や等化器により調整される。

振幅特性や群伝搬時間ならびに雑音特性は、いずれも白黒テレビ伝送上、微分利得と微分位相ならびに群伝搬時間ひずみはカラー伝送上必要とされる特性であり、波形による測度の二次測度としての意義をもっている。

3. 方式の構成

3.1 同軸ビデオ方式

(1) 規格配分

標準擬似回線を図 1 に示す。3つの長距離リンクと特に距離を指定しない4つの短距離リンク、および4つの切換装置で構成され、全長 2500 km とし、これに許容

図 1 標準擬似回線

表 1 同軸ビデオ方式規格

項 目		規 格
振 幅 特 性		60 Hz~4.3 MHz ± 0.3 dB 以内
位 相 特 性		15.75 kHz に対する 4 MHz の偏差 ± 4.5 μ s
雑 音	熱雑音 $\frac{S(p-p)}{N(rms)}$	65 dB 以上
	ハム雑音 $\frac{S(p-p)}{N(p-p)}$	30 dB 以上
	周期性雑音 $\frac{S(p-p)}{N(p-p)}$	50 dB 以上
微 分 利 得		0.6% 以下
微 分 位 相		0.5° 以下

される総合特性から各部の規格配分が決定されている。本方式は 4 つの短距離リンクに適用されるもので、リンクの規格は表 1 に示されている。

1 リンク中には 2 個の中継器が設置され、標準同軸ケーブルの場合、最大 27 km、1.2/4.4 mm 細心同軸ケーブルを用いる場合、最大 13 km である。

(2) 装置構成

送・受信各部からなる端局装置と中継装置との別がある。送信部は送信増幅器、監視電流発振盤、警報盤、切換盤などで構成され、専用户または無線局側からのビデオ信号をうけ、約 4 dB の平坦プリエンファシス後、線路に送出される。線路の温度変動に基因するレベル変動を補償するため、6.142 MHz の監視電流は送信増幅盤でビデオ信号と結合される。この監視電流レベルが約 1.5 dB 変化したとき警報が表示される。装置と線路間の結合は $75\Omega : 75\Omega$ の映像変成器を介して行なっている。同軸ケーブルの外部導体は地気から浮かしてあり、変成器の縦回路減衰量とともに地電流その他、低周波の外部誘導雑音が抑圧されている。

受信部は前置等化盤、増幅盤、安定化増幅盤、監視電流制御盤、警報盤、切換盤などで構成されている。

伝送路で減衰したビデオ信号と監視電流は、前置等化盤内の映像変成器を通過したあと擬似線路回路網で線路長が補正され、位相等化器で群伝搬ひずみが調整される。さらに増幅盤で振幅等化および監視電流の除波が行なわれる。増幅等化されたビデオ信号は、安定化増幅盤で低周波部の波形ひずみが成形される。監視電流では ± 5 dB のレベル変動が自動調整される。

安定化増幅器では、ビデオ信号の同期先端が通過時、クランプパルスが加えられる約 2 μ s 間、同期先端が基準電位にクランプされるキードクランパーがある。

中継器は原則として地下マンホール内に設置されるため、水密構造の筐体に収容される。中継器の所要電力は同軸ケーブル内介在心線により、端局装置から直流 150 V ± 10 V、200 mA で給電される。中継器は映像変成器

と擬似線路回路網、等化増幅器および監視電流監視盤で構成され、伝送路で減衰したビデオ信号を基準レベルに増幅後、再び線路に送出する。一方、監視電流レベル変動 (± 4 dB 以上) を検出し、端局に警報表示する。

以上はトランジスタ化された同軸ビデオ方式の概要であるが、本方式は従来、標準同軸ケーブルのみを媒体とし、中間中継器なしで、最大 1 リンク長 9 km までで使用されていた真空管方式に変更を加えたものであり、将来、都市内のピックアップ網などにも適用可能としたものである。

3.2 加入テレビ方式

(1) 規格配分

本方式の規格配分にあたっては、経済性に重点をおきかつ品質面でも CMTT の標準テレビ方式の規格を参考として暫定的な目標値として決定されているものである。本方式の性格上、ここ当分は比較的短距離区間での閉ループで使用される公算が強いが、将来長距離区間に延長されることを考慮し、この場合の回線構成を図 2 のように想定している。図 2 から 1 リンクに必要とされる規格を表 2 に示す。

図 2 加入テレビ方式回線構成

表 2 加入テレビ方式目標値

項 目		目 標 値	
振 幅 特 性		60 Hz~300 kHz ±0.3 dB 300 kHz~4.3 MHz ±1.4 dB	
雑 音	熱 雑 音 $\frac{S(p-p)}{N(rms)}$	56 dB 以上	
	ハ ム 雑 音 $\frac{S(p-p)}{N(p-p)}$	36 dB 以上	
	パルス性雑音 $\frac{S(p-p)}{N(p-p)}$	25 dB 以上	
音	周期性 雑音	1MHz 以下	50 dB 以上
		1MHz 以上	30 dB 以上
漏 話 減 衰 量		29 dB 以上	
解 像 度		300 本以上	

(2) 本方式の概要

本方式は加入者ケーブルを用い、約 4 MHz のビデオ伝送が可能である。

(a) 伝送内容 走査線数 525 本、フレーム数 30 Hz、インターレース 2 : 1、解像度 300 本以上、ビデオ信号対同期信号比 10 : 4、同期信号 15.75 kHz。

(b) 使用ケーブル 0.4, 0.5, 0.65 mm 市内紙

および CCP ケーブル, 0.65 mm 市外 PEF ケーブル.

(c) 標準中継間隔	0.4mm	市内ケーブル	700m
	0.5mm	"	750m
	0.65mm	"	900m
	0.05mm	市外 PEF ケーブル	1600m

中間中継器は, 地下マンホール内および柱上に設置される.

(d) AGC 5 MHz の監視電流を用い, ケーブルの温度による損失変動を自動調整する. 架空率によって AGC の挿入間隔が異なる. 全架空時は毎中継, 全地下時は 3 中継ごとに設置される.

(e) 給電 中間中継器に必要な電力は同一ケーブル内別心線対で給電される. 給電電圧は直流 100~150 V であり, 給電可能局数は心線径で異なり, たとえば, 0.65 mm 市内対の場合, 3 中継器まで可能である.

(f) 監視 中継器内の監視電流制御盤により検出され, 一対の心線で端局へ情報伝達される.

(g) 音声通信路はビデオ信号と同一心線または別心線で伝送される.

(3) 装置構成

端局装置と中継装置から構成される. 端局装置は送信と受信の別がある.

(a) 端局装置 送信端局装置は, 送信増幅盤, 監視電流監視盤, 音声増幅盤, 電源盤などで構成されている. 1 V(p-p) のビデオ信号は, 送信増幅盤で増幅され, 3 V(p-p) で映像変成器を経て線路に送出される. 5 MHz 監視電流は送信増幅盤入力側に挿入され, ビデオ信号レベルより約 15 dB 低い値で伝送される. 監視電流レベルが基準値 ± 3 dB 以上変動した場合, 監視盤で検出し, 警報を発する.

受信端局装置は等化増幅盤, 監視電流制御盤, 安定化増幅盤, 音声増幅盤, 電源盤などで構成されている. 伝送路で減衰したビデオ信号は本装置の入力側の映像変成器でインピーダンス変換をうけたあと, 等化増幅盤で振幅・位相ひずみが補償され, 安定化増幅盤で低周波の波形ひずみが調整される. 等化増幅盤内には位相等化器, モップアップ等化器があり, 振幅および位相特性がモップアップされる. 増幅部には 400m と 800m の 0.65 mm 市内ケーブル損失相当分の利得をもった 2 つの増幅器がある. また, 約 20m ごとに ± 200 m 長までに相当する擬似線路回路網がある. 5 MHz 監視電流は等化増幅盤出力側の除波器で除波される. 安定化増幅盤はキードクランパーでなく, ビデオ信号波形の低周波ひずみ成分を取り出し, 主増幅部に帰還し, 入力ひずみを打消す方法が用いられている.

5 MHz 監視電流は等化増幅盤出力から取り出され, 監視電流制御盤により, 選択, 増幅, 整流後, 等化増幅盤の AGC 回路網内サーミスタを変化して, 自動利得調整を行なう.

電源系統は送・受信端局装置とも同一であり, AC100 V または 200 V $\pm 10\%$ を受電し, 電源盤で変圧, 整流, 平滑して, 自局用ならびに給電用直流電圧を発生する.

(b) 中継装置 位相等化盤, 等化増幅盤, 監視電流監視盤 (または制御盤) で構成されている. 各盤は水密構造の筐体に収容される. 入力ビデオ信号は映像変成器を経て, 位相等化盤で位相ひずみが補正され, AGC 回路網で, ケーブルの温度変化による損失変動が調整される. その後, 等化増幅盤で振幅特性が等化増幅され, 出力映像変成器を介して, 線路に送出される. 位相等化回路網は 1 MHz を基準として 4.5 MHz で 32 m μ s の群伝搬時間ひずみが調整できるようになっている. 等化増幅盤は受信端局装置のものと同じであり, 2 つの増幅部と擬似線路回路網および固定等化器との組合せで各種ケーブルの損失を補償する. 各増幅部は 2.0 dB 以上の帰還が施されている.

(4) 試験結果

本方式について, 図 3 に示す回路構成により, 約 5 km 長で試験した結果を表 3 にまとめる. いずれも表 2 の目

図 3 試験回線構成

表 3 加入テレビ方式 (加入者線による) 実測結果

項 目		実 測 値
振 幅 特 性		15 kHz を基準に 0.5 dB 以内
雑 音	熱 雑 音 $\frac{S(p-p)}{N(rms)}$	75 dB
	ハム雑音 $\frac{S(p-p)}{N(p-p)}$	66 dB
	パルス性雑音 $\frac{S(p-p)}{N(rms)}$	20 dB
	周期性雑音 $\frac{S(p-p)}{N(rms)}$	60 dB
波 形 特 性	フレームスロープ	1.5%
	ラインスロープ	3%
	立上り時間	0.12 μ s
	オーバーシュート	$\pm 5\%$
微 分 利 得		0.25%
微 分 位 相		0.75°
解 像 度		350本

標値を満足した結果が得られている。

なお、図3のビデオ信号用心線対は、現用中の1800対市内ケーブル内の空心線を任意に選定したもので、残りの現用電話回線との相互干渉は何ら生じていないことが確認されている。この区間は電電公社本社と中央学園を結ぶ有・無線伝送路の一部をなすもので、有・無線による加入テレビ方式検討のために作成されているものである。

4. テレビ電話

加入者線を用いて、4MHzまでの伝送を検討する過程から、さらに狭帯域での画像通信サービスの伝送上の可能性が把握される。ここでは1MHz帯までを利用する画像サービスの伝送上の問題について若干ふれてみることにする。テレビ電話もこの範ちゅうに入るものと思われる。

2章で述べた技術的な問題点は、いずれも帯域上の勘案を行なうことにより適用しうる。狭帯域になれば加入者ケーブル損失は上・下限周波数間での差が少なくなるので、低周波雑音妨害により利得が制約される。逆にケーブル漏話による制約は緩和されることとなり、4MHz帯では同一ケーブル内異方向システムの同時伝送はほとんど不可能であったが、心線選択により可能となる。

また、500kHzを越えると放送電波などによる妨害が顕著になる。

(1) 中継器利得

中継器利得は、加入者ダイヤルパルスによるものと放送電波によるものの二者により決定される。

2章でも述べたように、電話局内設置時利得が制約されるが、各加入者の分岐は任意の点で行なわれるので、加入者ダイヤルパルスの妨害をこうむり、最高利得は20~35dB程度となる。適当なプリアンプを施して画像を伝送し、かつ受信側においてロールオフ特性を付与することにより、30dB程度の利得はとりうるものと考えられる。

放送電波による妨害は、パルス性雑音よりかなり峻厳であり、その許容限度は $S(p-p)/N(p-p)$ 値で45dB程度は確保する必要がある。そのため、中継器利得をかりに30dBとすると、絶対値で-75dBm以下に抑圧する必要がある。1MHz近傍の放送波はロールオフ特性で改善されるが、500~600kHzの帯域は1MHzまでの伝送を考えると、ケーブル架空時とくに問題となる。

(2) ケーブル心線使用率

ケーブルの遠端漏話は周波数に対し、オクターブあたり約6dB、近端漏話は約4.5dBの特性を有している。漏話による画像相互間妨害は、オクターブあたり6dB

の場合、最高伝送周波数において約27dB(4MHzで)という結果が報告されている。画像信号のスペクトラムはライン周波数とフィールド周波数と、それらの相互変調積とからなり、ライン周波数の高調波成分が支配的となる。この信号スペクトラムの分布は像の内容および動きなどで変化するが、平均的にはライン周波数以上でオクターブあたり6dBで減少する。したがって、おおざっぱにいうと画像相互の妨害はほぼ周波数に対し平坦特性となる。これから、ほぼ帯域で数dBの差は生じるが、約26dB程度が確保されればよいものと思われる。近端、遠端の寄与を同一視すると、約30dBとなる。これに若干の余裕を見込んでケーブル漏話の実測結果などを勘案すると、だいたいつぎのことがいえる。

同一ケーブル内同一方向の使用対は、同層内2カッドおきのカッドごとに、また、異方向同時使用対は1層飛びに選定した層内で、2カッドおきのカッドが使用しうるものと考えられる。なお、同方向の場合も可能なかぎり隣接層の収容はさける。したがって、テレビ電話のような異方向同時サービスについては、同一ケーブルの場合、後者により心線対が決定され、それ以上必要とされる場合は前者の使用対により、ケーブル別条のもので使用することが必要となる。ただしこの場合、適用距離を約3~4km程度としているが、距離により使用対数に制約が加わることは周知のとおりである。

以上、1MHz帯域での画像サービスについて、設計上問題となる一、二の点について述べた。テレビ電話については交換系を含めた総合的な伝送上の検討が必要であり、伝送基準をどのあたりに設定するかは、またきわめて大きな問題である。これらについては今後さらに充実した検討が必要と思われる。

米国ATTにおいて約1MHz帯、ドイツにおいて400kHz帯でのテレビ電話の検討が進められている現状にある。

5. その他の伝送方式

もうすでに古いが、ビデオペアケーブルを用いて米国でA2A方式が商用化され、わが国でも、福岡と大阪の2区間で使用されている。

同じ平衡対ケーブルであるが、特に漏話特性を改善するため、銅テープで遮蔽したものを有線有料テレビシステムが、英国で実用化されている。この方式は3.76MHzを搬送波とした残留側帯波伝送方式である。

また近時、安価な同軸ケーブルを用いた共同テレビアンテナ方式(CATV)が、米国で非常な発達を示している。この方式はアンテナで受信したテレビ信号とFM音声信号を、そのまま同軸ケーブルを通じて伝送するもの

で、TV 12 ch, FM 40 ch を同時伝送しており、伝送周波数は 54~216 MHz である。中継器利得は約 22 dB である。わが国においても難視聴地域に本方式が使用されている。

以上は、いずれもアナログ伝送であるが、デジタル伝送による方式も実用化されている。すなわち、米国では 1964 年 224 Mb/s の超多重 PCM 方式の試作に成功しており、TV 1 システム、電話 MG 1 システム、T-1 信号 1 システム、または TV 2 システムの同時伝送容量を有している。

これには標準化周期 12 MHz, デジット数 9, 直線量子化によっており、ピーク信号対量子化雑音比として 51 dB を目標にし、6 リンクまで接続可能のものである。本方式をもととして、既存 T-1 方式（電話 24 ch, 1.544 Mb/s）を多重化の基礎とし、T-2（6×T-1 方式、繰返し周波数 6 Mb/s）、T-3（8×T-2 方式、繰返し周波数 46 Mb/s）を経て多重化構成される T-4 方式を実用化している。この方式では、テレビ信号のパルス繰返し周期は 92 Mb/s で、試作時の 111.1746 Mb/s より小さくなっている。本方式はテレビ信号 3 システム分が伝送可能である。T-4 方式は、同軸ケーブルを伝送路とする多重方式である。

わが国においても、PCM 総合通信網や通信サービス総合網の実現をはかるため、検討がすすめられている段階にある。

将来の画像通信を考えると、ビデオ帯伝送はアナログで、多重化はデジタルで行なうのが経済的と考えられる。

6. む す び

以上、有線による画像通信についてふれた。今後、加入テレビ方式やテレビ電話の需要も高まることと思われる。これらの方式は原則的にケーブル 2 条化によることが望ましいが、1 条でもある程度までの伝送が可能である。

今後、早急かつ健全な画像通信サービスの実現をはかるため大いに努力すべきものと肝にめいじているものである。

〔参 考 文 献〕

- 1) 石原, 前田, 青江: 同軸ビデオ方式, 施設, 11 (1958)
- 2) 前田: ケーブルによるテレビ伝送方式, テレビ誌, 13, 11 (1959)
- 3) 青江: 最近の同軸ビデオ方式, テレビ誌, 18, 10 (1964)
- 4) 青江, 家所ほか: ITV 形 A 映像端局装置, 日電技報, No. 85 (1967)
- 5) J. S. Mayo: Experimental 224 Mb/s PCM Terminals, BSTJ, Nov. (1965)
- 6) 青江, 藤尾ほか: 画像通信機器の試用試験, 施設, 20, 4 (1968)
- 7) R. D. Prosser and J. W. Allnatt: Subjective Quality of Television Pictures Impaired by Random Noise, Proc. IEE, 6 (1965)
- 8) 石橋ほか: テレビジョン各種雑音の定量的測定法と視覚障害の限度, NHK 技術研究, 29, 12 (1956)
- 9) 塚本ほか: 多重漏話減衰量分布の推定法と測定法に関する考察, 成果報告, No. 3366, May (1967)
- 10) 画像通信 (III), 技調資, 43-3214, Feb. (1968)
- 11) 構内テレビ電話機, テレビ学会産業応用研委 (1968. 3)
- 12) 画像通信について, テレビ学会産業応用研委 (1968. 3)
- 13) Claude F. Buster: Coaxial cable will unlock the door to total communications, Telephony, Jan. (1968)
- 14) G. L. Hamburger: The Development of a Pay-Television System and Equipment, REE, 4 (1967)

テレビジョン 11 月号 予定目次

【テレビ随想】	テレビ雑感.....	岩崎通信機	喜安善市
【展 望】	最近の光源.....	東芝	早尾 卓・橋本恒一
【解 説】	特許公報にあらわれた E V R.....	松下東研	宮崎栄一
	パターン認識のための特徴抽出回路——生物の視覚系と特徴抽出——.....	NHK	福島邦彦
【論 文】	磁気ヘッドにおける表皮効果の影響.....	松下電器	柳内征広・田中 孝
	電子写真紙によるテレビ画像の記録.....	NHK	水口穂高
【資 料】	残留測波帯方式による映像多重伝送装置.....	東京放送	小野順次・守田仁也
【講 座】	テレビ技術のための集積回路 (第 3 回) 混成集積回路とその特徴.....	三菱電機	忍足 博