附　屬　資　料 5

消　費　電　力

附属資料 5 消費電力

伝送機器に必要な電力を各局別および計画年度（１９９３年，１９９８年および２００５年）別に表ＡＮ－５－１に示す。

表ＡＮ－５－１ 消 費 電 力

Unit:Watt

Year / Exchanges	１９９３	１９９８	２００５
Centrum I	６７０	９７０	２，０１０
Centrum II	４，０３０	４，７８０	５，５１０
Padang Bulan	１４０	１４０	１５０
Cinta Damai	１４０	２１０	２４０
Pulau Brayan	１５０	２２０	２９０
Tanjung Mulia	２３０	２７０	３９０
Labuhan	１５０	１５０	１６０
Belawan	９０	９０	９０
Suka Ramai	２００	２６０	３３０
Simpang Limun	１４０	１９０	２４０
Semarang I	２，０５０	１，４８０	１，９３０
Tugu	１５０	２１０	２２０
Mang kang	１４０	１４０	１４０
Genuk	１４０	１４０	１４０
Semarang II	１，３４０	１，４００	１，５２０
Majapahit	１６０	１７０	１９０
Banyumanik	１４０	１７０	１９０
Solo I	５１０	５９０	３２０
Solo II	１４０	１４０	１４０

附　属　資　料　6

ディジタル／アナログ混在電話網の伝送損失配分の検討

目　　次

ページ

1．まえがき …… 507

2．バランス・リターン・ロス …… 507

2.1 加入者ループのインピーダンス …… 507

(1) 図ＡＮ－６－１　加入者ループのインピーダンス特性 …… 509

2.2 バランス・リターン・ロス …… 510

(1) 図ＡＮ－６－２　バランス・リターン・ロスの周波数特性 …… 511
（０.４㎜及び ０.６㎜ケーブル）

(2) 図ＡＮ－６－３　バランス・リターン・ロスの周波数特性 …… 512
（６００オーム平衡網）

2.3 反響バランス・リターン・ロス …… 513

3．安定度と反響 …… 513

3.1 自局内接続呼の回線 …… 513

3.2 複局地の端局一端局間接続呼の回線 …… 515

3.3 長距離接続呼の回線 …… 518

3.3.1 安定度 …… 519

3.3.2 反　響 …… 520

(1) 図ＡＮ－６－４　反響許容曲線 …… 523

(2) 図ＡＮ－６－５　ＰＥＲＵＭＴＥＬ仕様の電話機の通話当量 …… 524

(3) 図ＡＮ－６－６　反響経路通話当量 …… 525
（遭隔危険率10％の場合）

4．伝送損失配分計画 …… 526

5．結　論 …… 528

6. デイジタル／アナログ混在電話網の伝送損失配分の検討

1. まえがき

デイジタル加入者交換機は、4線式交換機能ならびに加入者線との2線式アナログ・インターフェース機能を有する。したがって、電話接続時には、同交換機は4線ループの回路を構成する。この場合、同4線ループ経路の安定度と反響が電話回線の伝送損失を左右する。

デイジタル加入者交換機の加入者トランクは、2線式加入者線路と4線式交換回線を結ぶ2線／4線ハイブリット終端器を有する。したがって、この終端器におけるバランス・リターン・ロスは4線ループ経路損失に重大な影響を及ぼす。

2. バランス・リターン・ロス

インドネシア国内の加入者系インピーダンスのデータがないため、適用加入者ケーブルおよび電話機は PERUMTEL 仕様を想定してバランス・リターン・ロスの理論値を算出することとした。

2.1 加入者ループのインピーダンス

加入者ループのインピーダンスは、次式で表わされる。

$$Z_1 = Z_0 \frac{Z \cdot \cosh\gamma\ell + Z_0 \cdot \sinh\gamma\ell}{Z \cdot \sinh\gamma\ell + Z_0 \cdot \cosh\gamma\ell} \quad \cdots\cdots (1)$$

ただし、

Z_0 ：線路の特性インピーダンス

Z ：電話機のインピーダンス

γ ：線路の伝播定数

ℓ ：線路長

無装荷ケーブルのインダクタンスおよびコンダクタンスを無視して音声周波帯のインピーダンスを計算しても、電話網計画においては十分な精度である。よってケーブルの二次常数は次式で表わせる。

$$Z_0 = \left| \sqrt{\frac{\gamma}{\omega C}} \right| \angle -\frac{\pi}{4}$$

よって

$$R_0 + jX_0 = \sqrt{\frac{\gamma}{2\omega C}} - j\sqrt{\frac{\pi}{2\omega C}} \quad \text{(ohms)}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{\frac{\omega C \gamma}{2}} + j\sqrt{\frac{\omega C \gamma}{2}} \quad \text{(Np/Km; radians/km)}$$

実用単位に直すと、

$$R_0 = -X_0 = 8920.6\sqrt{\frac{\gamma}{fC}} \quad \text{(ohms)} \qquad \cdots\cdots (2)$$

$$\alpha = \beta = 5.6\times10^{-5}\sqrt{fC\gamma} \quad \text{(Np/Km; radians/km)} \cdots\cdots (3)$$

ただし、

γ ＝直流ループ抵抗　(ohms/Km)

C ：相互キャパシタンス(nF/Km)

f ：周波数（Hz）

適用ケーブルと電話機の諸元を次のとおり仮定する。

a）ケーブル

心線経	ループ抵抗	相互キャパシタンス
0.4 mm	300 ohms/Km	50 nF/Km
0.6 mm	130 ohms/Km	50 nF/Km

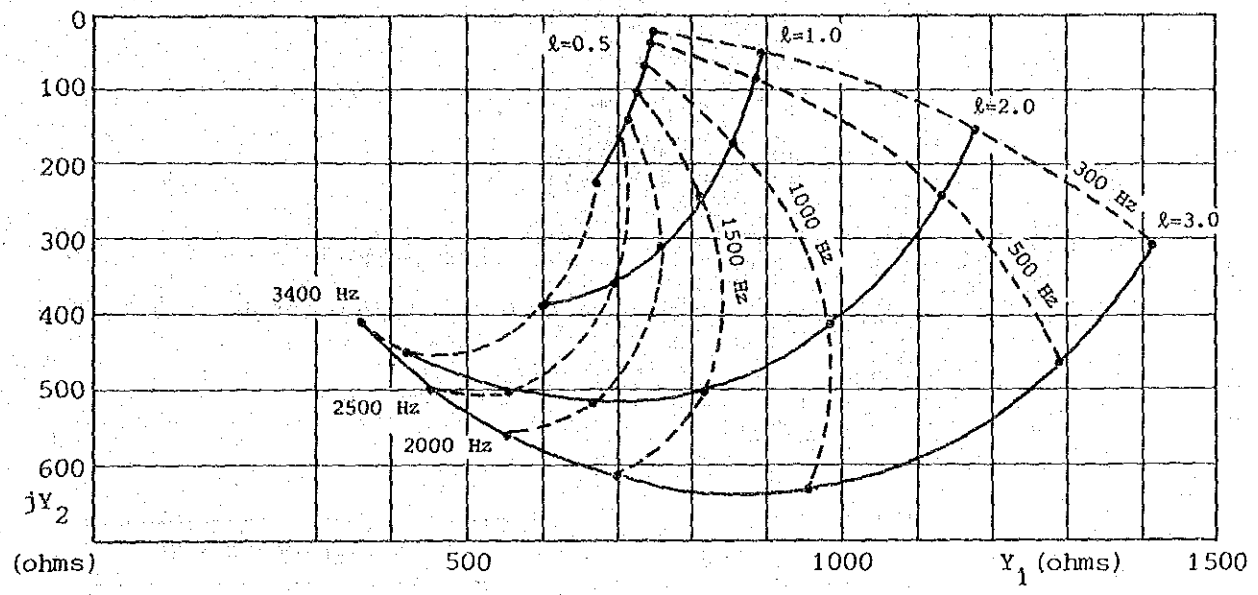
b）電話機

卓上電話機(PERUMTEL 仕様：SPEC　No.01／S01 ／Subdltpran/ 1/80)

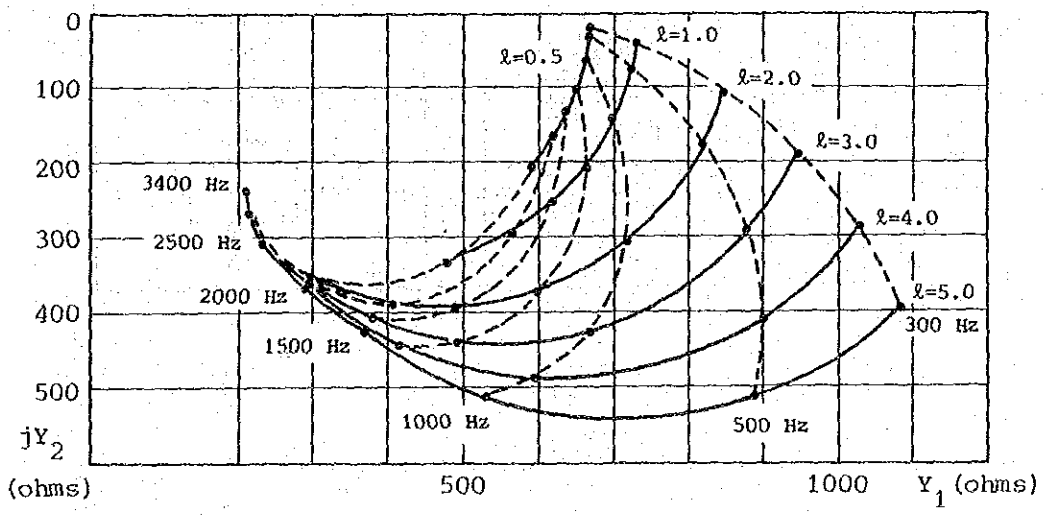
インピーダンス：600ohms,公称値

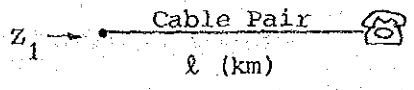
(1),(2) および(3) 式より Z_1 を計算した結果を図ＡＮ－６－１に示す。

0.4 mm Cable Pairs



0.6 mm Cable Pairs





$Z_1 = Y_1 - jY_2$

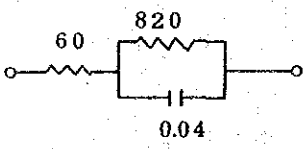
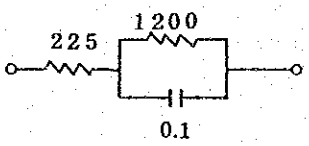
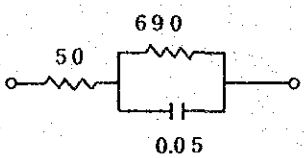
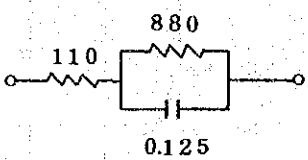
図ＡＮ－６－１　加入者ループのインピーダンス特性

2.2 バランス・リターン・ロス

2線／4線ハイブリット終端器の2線点と線路とのバランス・リターン・ロス（BRL）は次式で表わされる。

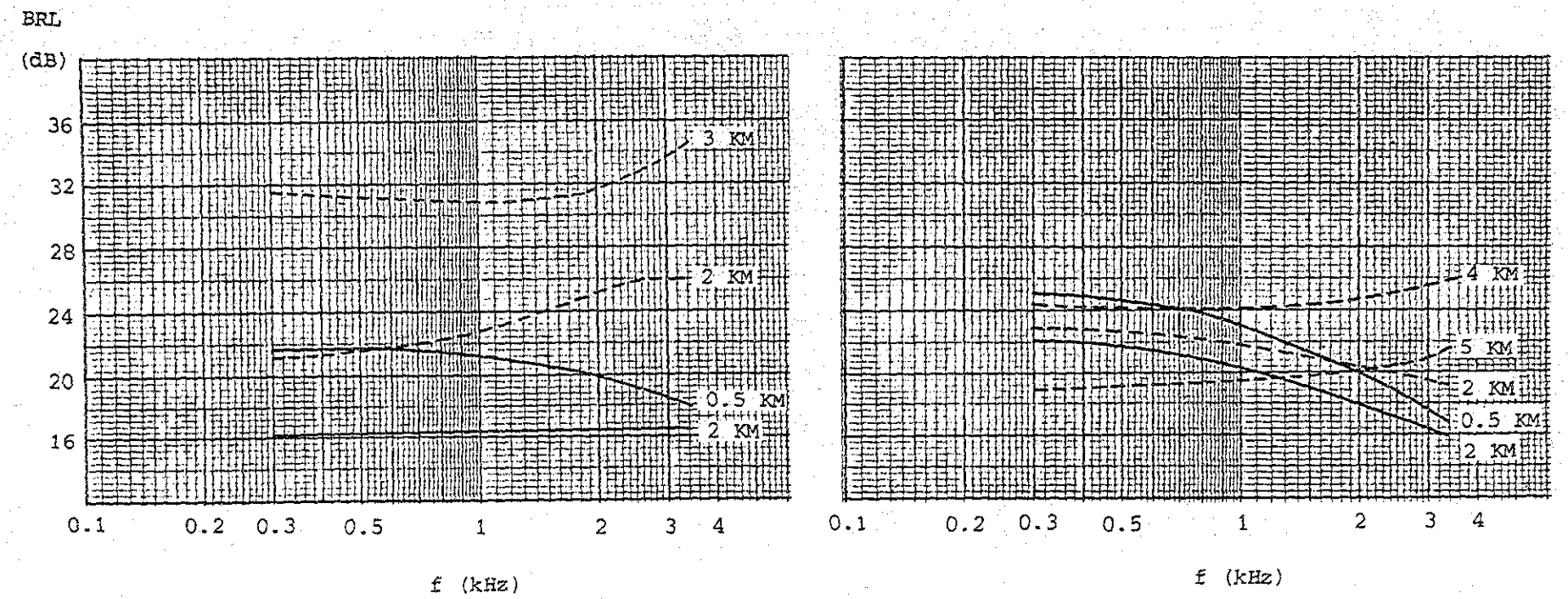
$$BRL = 20\,Log\left|\frac{Z_B + Z_1}{Z_B - Z_1}\right| \quad (dB)$$

ここでZ_1は加入者ループのインピーダンス、Z_Bは平衡網のインピーダンスである。平衡網回路として下図のごとく、0.4㎜ケーブル用と0.6㎜ケーブル用にそれぞれ2種類のタイプを考慮する。

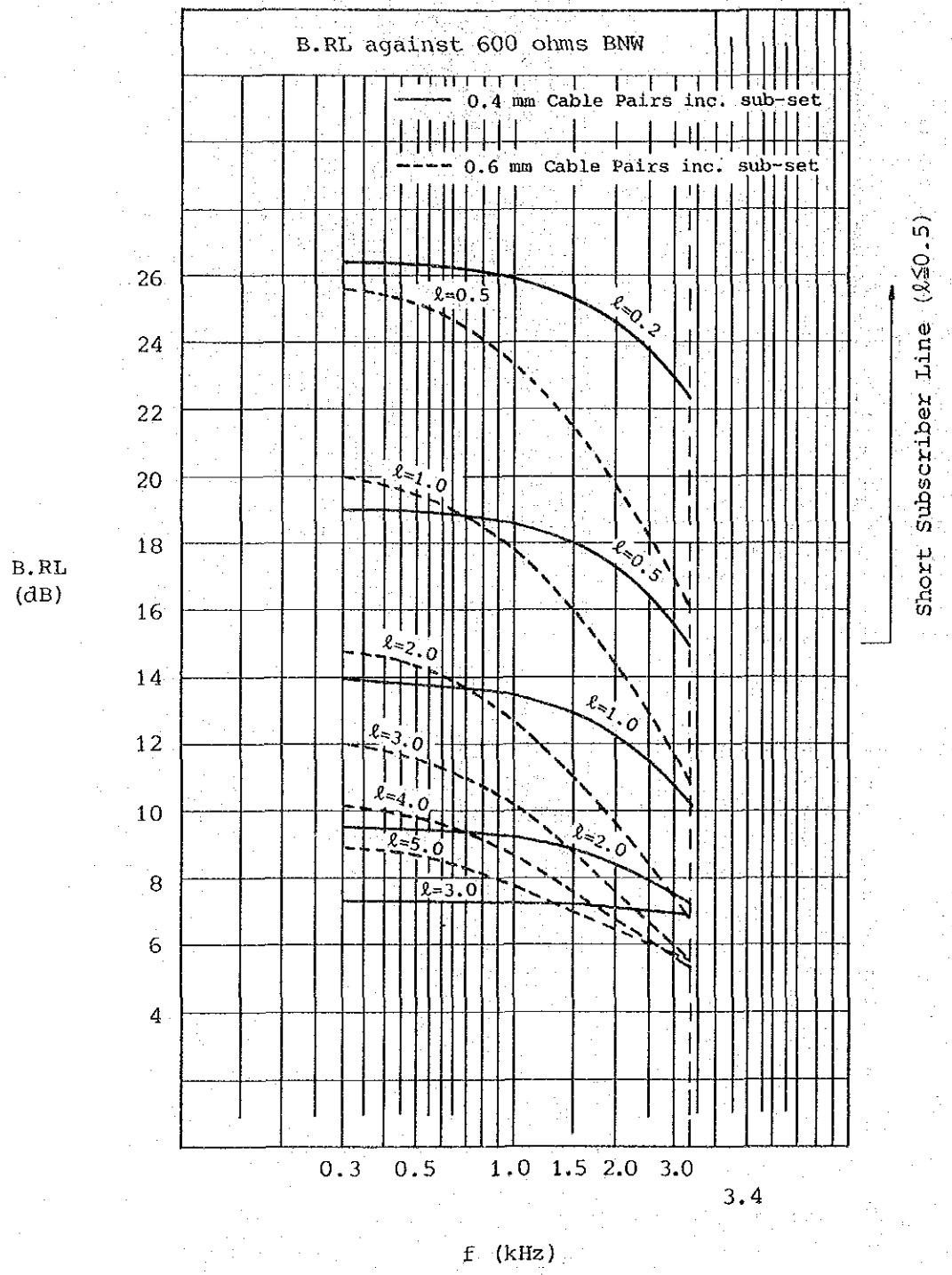
	短距離加入者用		中・遠距離加入者用	
0.4㎜ケーブル	A		B	
0.6㎜ケーブル	a		b	

［注］各素子の単位：抵抗はohm、コンデンサはμFである。

バランス・リターン・ロスを0.4㎜および0.6㎜ケーブル対について計算した結果を図AN－6－2に、特殊な例として600オーム平衡網については図AN－6－3に示す。



図ＡＮ－６－２　バランス・リターン・ロス周波数特性(0.4mm及び 0.6mmケーブル)



図ＡＮ－６－３　　バランス・リターン・ロス周波数特性(600オーム平衡網)

2.3 反響バランス・リターン・ロス

反響バランス・リターン・ロスは、2－2節で計算されたバランス・リターン・ロスの50Hz－2,500Hz帯域内の平均電力比である。

反響バランス・リターン・ロスは図AN－6－2および図AN－6－3より、個別の平衡網についてはケーブル長0.5Km－5Kmの範囲内で、600オーム平衡網については、ケーブル長0km－0.5Kmの範囲内で16dB以上確保される。

3. 安定度と反響

3.1 自局内接続呼の回線

複局地内の端局間接続ならびに自局内接続の4線ループ経路長は、長距離接続に比べて非常に短い。したがって、伝送損失を決める場合、反響より安定度の方が支配的要因となる。

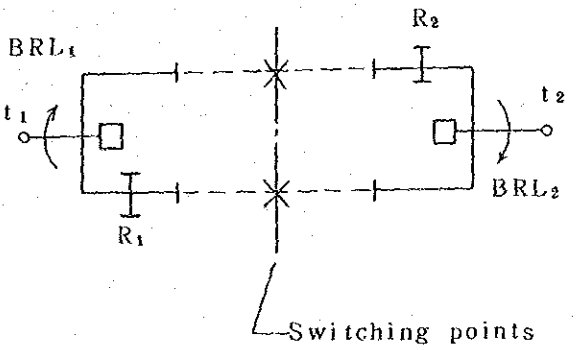
安定度の観点から、下図の例に関して次の条件式が成立する。

$(R_1 + BRL_1) + (R_2 + BRL_2) \geqq 2(10+n)$

ここで

n＝アナログ4線式回線の数

R_1, R_2 ＝4Wと2W間の伝送損失（アナログ・パッドと2W／4W終端器の損失



上式のBRLは平均安定度バランス・リターン・ロスであるが、統計的なデータが得られない。よって、その代りに、図AN－6－2および図AN－6－3より得られた最小値を採用する。同図より最小値は15dBであるが、3dBの余裕をみて12dBを平均値とする。

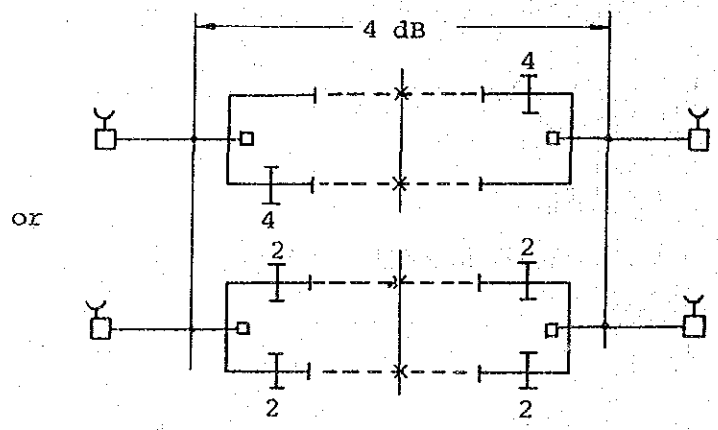
条件式は、$R_1 + R_2 \geqq -4$

もし、$R_1 = R_2$ ならば、$R_1 \geqq -2$

となる。

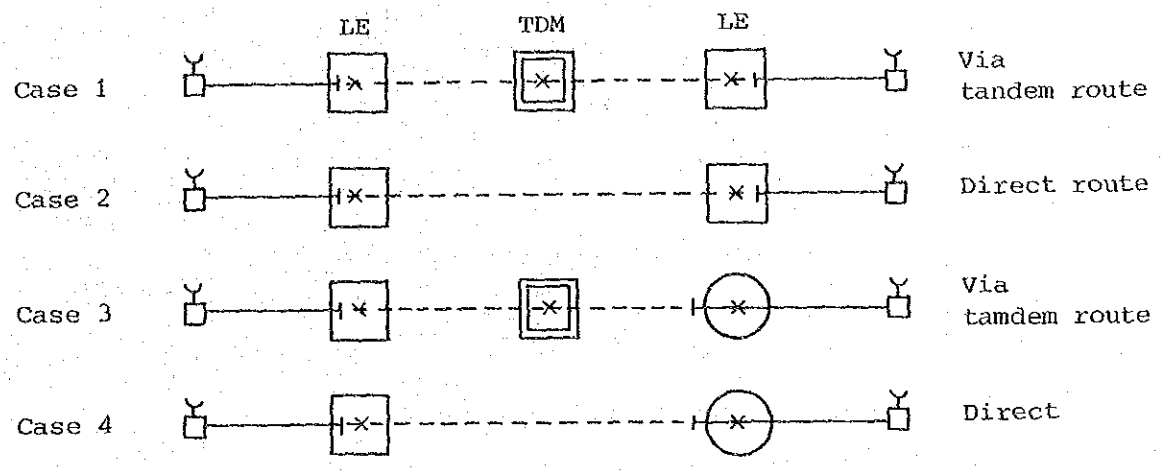
したがって、t_1 － t_2 間の伝送損失としては安定度の観点から、実用上０ｄＢの値を設定することができる。

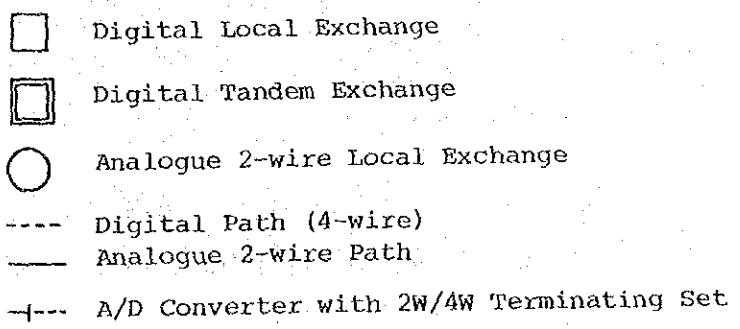
しかしながら、電話回線にそれ程影響しない受話者反響が非電話回線（ファクシミリ、データ伝送等）に強く影響する。例えば、受話者反響はファクシミリの品質を劣化させる。もし、ファクシミリ、データなどのサービスがデイジタル市内交換機を介して提供されるならば、t_1 と t_2 間の最小伝送損失は、日本の標準を例にとれば、 3.3ｄＢ以上であり、実用上の値として４ｄＢ以上必要である。よって、本稿では暫定値として下図のとおり４ｄＢを採用するが、今後導入されるファクシミリ機器、データ端末機器等の電気的特性仕様を踏まえて、自局内接続系の伝送損失を決定すべきである。



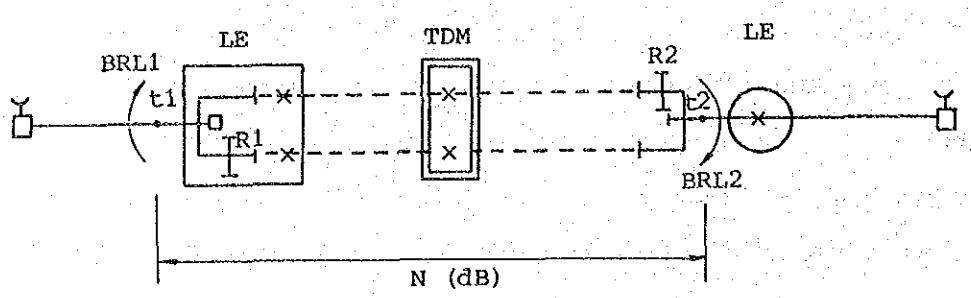
3.2 複局地の端局－端局間接続呼の回線

デイジタル導入の初期段階における回線構成は、下記の如くなるであろう。





ケース3およびケース4の2線式アナログ交換機側の安定度バランス・リターン・ロスは、平均値で約6ｄＢが見込まれる。この回線の等化回線構成は下図の如く表わせる。



この構成についての安定度の条件式は次のとおりである。

$$R_1 + R_2 + BRL_1 + BRL_2 \geqq 2\ (10 + n)$$

ここで、$BRL_1 = 12$ dB, $BRL_2 = 6$ dBの条件をいれると、

$$R_1 + R_2 \geqq 2$$

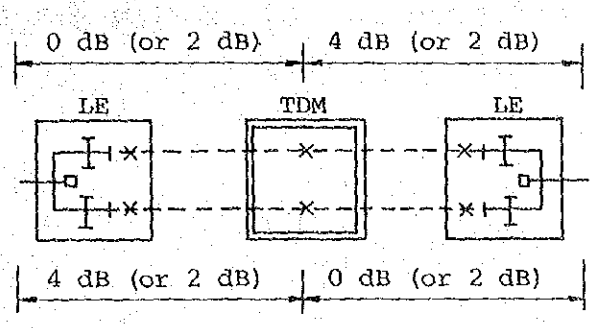
もし、$R_1 = R_2$ ならば、

$$R_1 \geqq 1$$

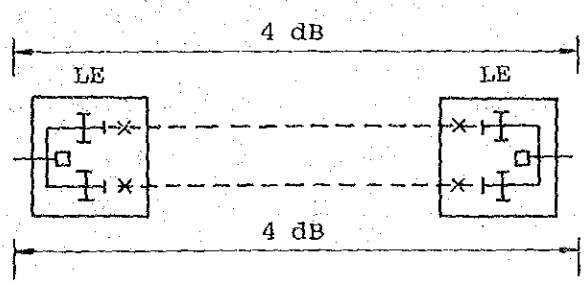
安定度の観点から最小伝送損失は、1dBであるが、前節で述べた非電話サービスを考慮したときの最小伝送損失値4dBをこれらの回線に配分することが望ましい。

この伝送損失配分を次に示す。

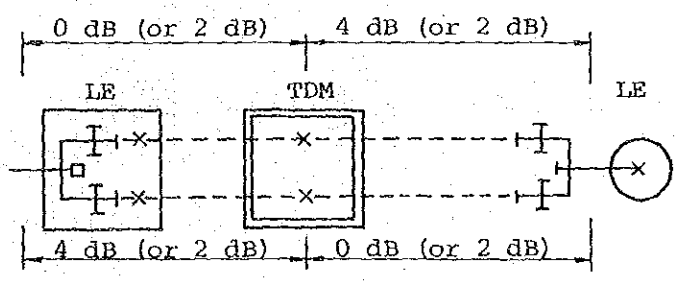
Case 1
(via tandem route)



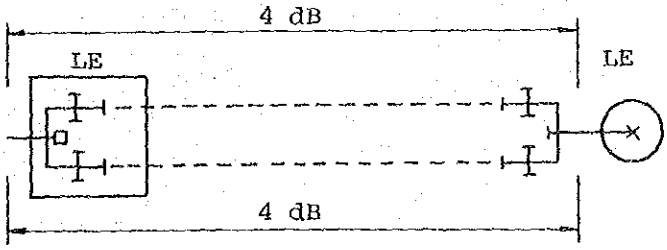
Case 2
(direct route)



Case 3
(via tandem route)

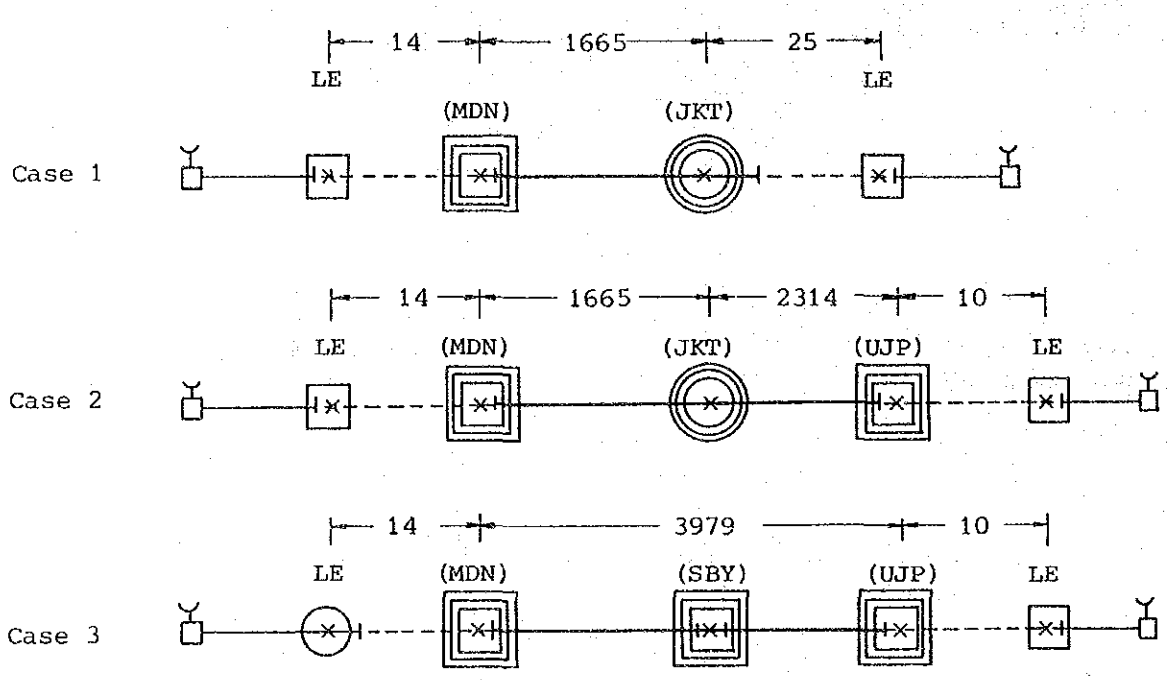


Case 4
(direct route)



3.3 長距離接続呼の回線

デイジタル導入の初期段階における長距離接続呼の回線構成は下記の如くなるであろう。



Note: Figures indicate the transmission line length in kilometer

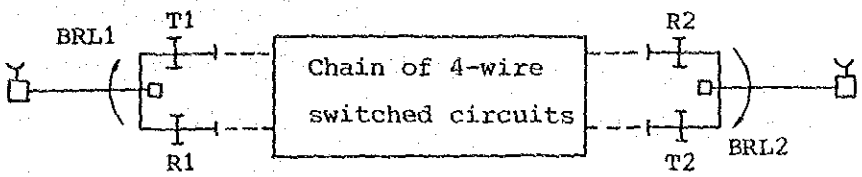
Legend:

- ○ Analogue 2-wire Local Exchange
- ◎ Analogue Trunk 4-wire Exchange
- □ Digital Local Exchange
- ▣ Digital Trunk Exchange
- —— Analogue 4-wire Circuit
- —— Analogue 2-wire Cirucit
- ---- Digital Circuit
- —|--- A/D Converter without 2W/4W Terminating Set
- —|--- A/D Converter with 2W/4W Terminating Set
- Telephone Set

3.3.1 安 定 度

(1) 4線ループ損失の平均値

長距離接続呼の回線構成の等価回路を次の如く表わす。



ＣＣＩＴＴ勧告Ｇ.122（黄書，１９８０年）により、４線式回線の接続系のループ損失平均値は、２（１０＋ｎ）ｄＢ以上確保されるべきである。すなわち、次の条件を満足すべきである。

$(R_1 + BRL_1 + T_1) + (R_2 + BRL_2 + T_2) \geqq 2(10+n)$ dB

ケース１，２および３の４線ループ損失平均値の条件は次のとおりである。

ケース１　　$2(T+R) + (BRL_1 + BRL_2) \geqq 22$ dB

ケース２および３　　$2(T+R) + (BRL_1 + BRL_2) \geqq 24$ dB

ケース１および２については、Ｔ＝０ｄＢ，Ｒ＝４ｄＢ

$BRL_1 = BRL_2 = 12$ dBであれば条件が満される。

ケース３については、２線／４線終端器の２線式交換機側の安定度バランス・リターン・ロス平均値が６ｄＢであり、

Ｔ＝０ｄＢ，Ｒ＝４ｄＢ，$BRL_2 = 12$ dBのとき条件が満される。

(2)　4線ループ損失の最小値

前項(1) の等価回路に従って、ＣＣＩＴＴ勧告Ｇ.122（黄書，１９８０年）に基づく４線式ループ損失の最小値の条件は次のとおりである。

$$2\ (T+R)+(BRL_1+BRL_2)\geqq 2\ \{6+\sum_{i=1}^{n}\chi_i\}\quad (dB)$$

χ_i ：第i 番目の回線の両伝送方向の公称値の和

n　：４線式回線の数

４線ループ損失値が最小となる条件は、被呼者側の２線側が介抱状態、すなわち$BRL_2=0$のときである。

よって、上記条件式は次の如く表わせる。

$$2\ (T+R)+BRL_1)\geqq 2\ \{6+\sum_{i=1}^{n}\chi_i\}\quad (dB)$$

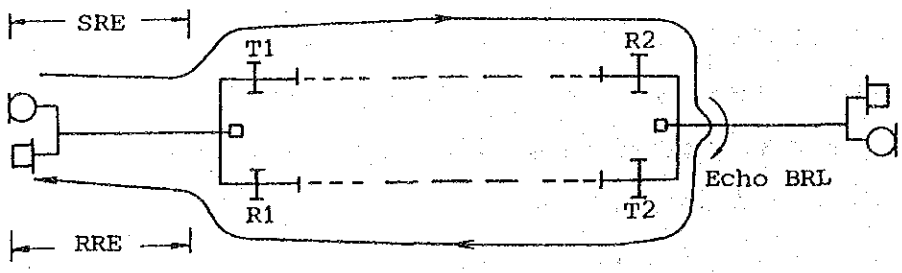
$T=0\,dB$，$R=4\,dB$，$\chi_i=0\,dB$について求めると

$8+BRL_1\geqq 12\,dB$

となり、条件を満足する。

3.3.2　反　　響

送話者反響経路と通話当量は次のとおり。



反響経路通話当量＝$SRE+T_1+R_2+Echo\ BRL+T_2+R_1+RRE$

反響経路の最小通話当量と片方向伝播時間の関係についてはＣＣＩＴＴ勧告Ｇ.131を適用する。

伝播時間算出にあたっては、ＣＣＩＴＴ勧告、Ｇ.144による次の伝送方式別の伝播時間を使用する。

地上無線方式（アナログ又はデイジタル）	4 ms/1000Km
ＦＤＭ通話路変調器又は復調器	0.75 ms/ 個
ＰＣＭ符号器又は復号器	0.3ms/ 個
デイジタル中継交換機	0.45 ms/ 局
デイジタル市内交換機	1.5ms/ 局

ケース１，２および３の回線構成について伝播時間と許容反響経路通話当量は次表のとおりである。

なお、同通話当量は図ＡＮ－６－４（ＣＣＩＴＴ勧告Ｇ.131、図２／Ｇ.131）により算出した。

		ケース１	ケース２	ケース３
片方向伝播時間（ｍｓ）		１３．４	２４．１	２３．６
アナログ回線リンク数		１	２	２
許容反響経路通話	10%	２１	２７．６	２７．５
当量（ｄＢ）	1%	２８	３４．５	３４．３

送話者側の加入者ループの送話系通話当量最小値に関連して、ＣＣＩＴＴ勧告Ｇ.121は次のとおり勧告している。

国際接続系の国内部分の回線に関して、アナログ国際交換点までの修正通話当量は７ｄＢ又はそれ以上であること。

この修正通話当量は、 5.5ｄＢの通話当量に相当する。（図ＡＮ－６－５　参照）。もし、Ｔ＝ 0ｄＢならば送話系最小通話当量（ＳＲＥ）は 5.5ｄＢである。この最小通話当量は、送話音量制御型の電話機又は、パッド挿入型の電話機を導入することにより実現できる。

図ＡＮ－６－５より、ＳＲＥ＝ 5.5ｄＢの場合、ＲＲＥは－ 2.5ｄＢとなる。

片方向伝播時間２４．１msおよび反響経路通話当量３１ｄＢの場合、図ＡＮ－６－４上では、１％曲線の下、１０％曲線上に位置する。これは、１％以上１０％以下の確率で“不満足”の評点をもたらす事を意味する。

結　論：長期目標値、即ち、反響遭遇率１％を達成するには、

ａ）この回線接続に反響制御器を使用するか、あるいは、

ｂ）反響経路の損失を増加させることである。

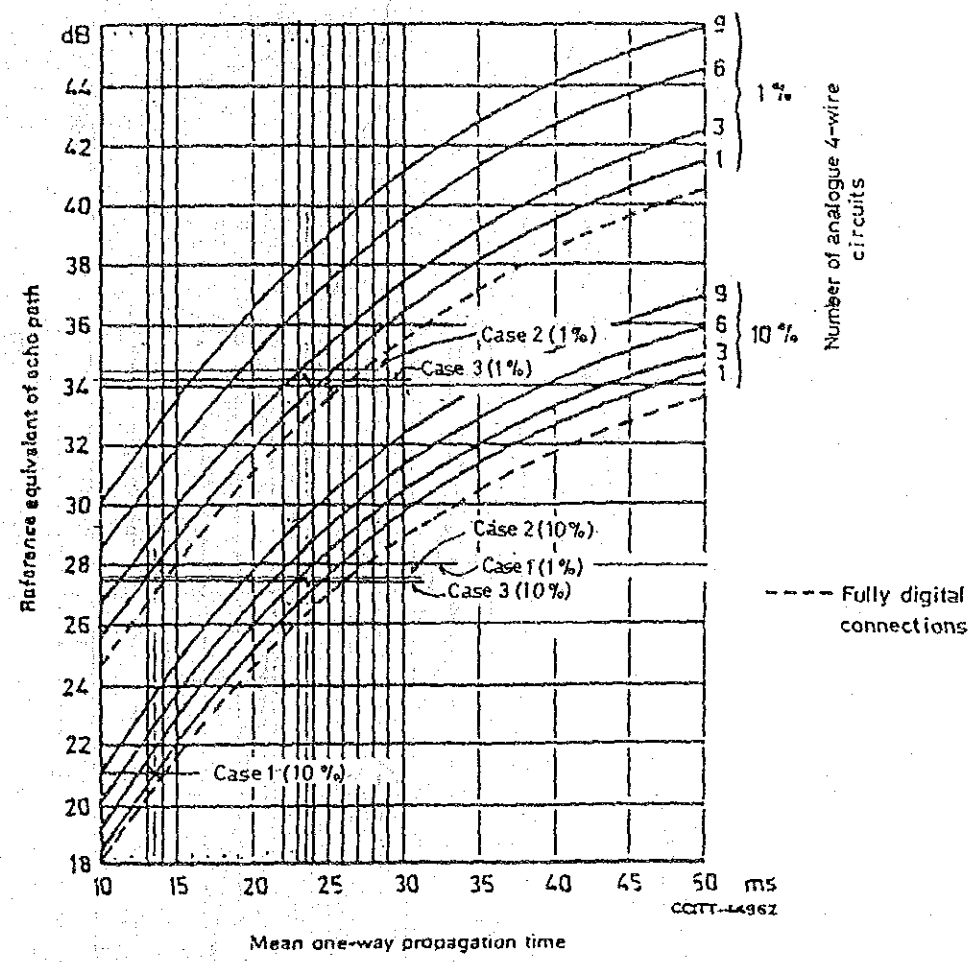
反響経路通話当量の式に、ＳＲＥ＝ 5.5ｄＢ、ＲＲＥ＝－ 2.5ｄＢ、T_1 ＝T_2 ＝０ｄＢ、R_1 ＝R_2 ＝６ｄＢ、およびEcho ＢＲＬ＝16ｄＢを代入すると、31ｄＢを得る。この反響経路通路当量と許容反響経路通話当量の関係は次のとおりである。

31ｄＢ≧許容反響通話当量

この条件を満足しない回線構成は、反響遭遇危険率１％の場合のケース２およびケース３である。

ＣＣＩＴＴは、１％危険率を長期目標値、10％危険率を短期目標値として勧告している。したがって、デイジタル導入初期段階で10％危険率を採用ならば、反響制御機器は不要である。

図ＡＮ－６－６にその適用例を示す。



Note 1 – The percentages refer to the probability of encountering objectionable echo.

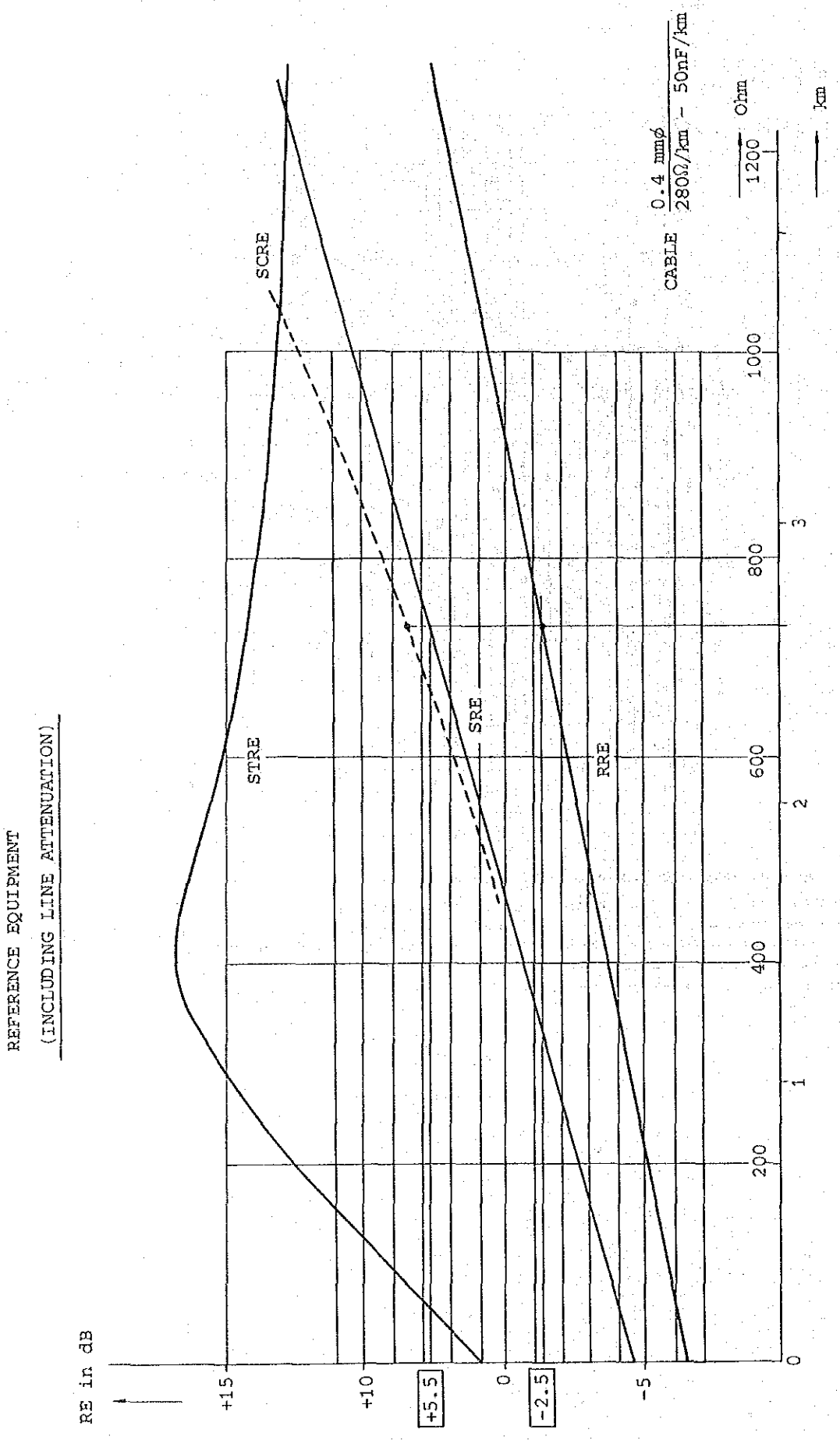
Note 2 – The reference equivalent of the echo path is here defined as the sum of:

- the values of the transmission loss in the two directions of transmission between the 2-wire end of the talking subscriber's line in the terminal local exchange and the 2-wire terminals of the 4W/2W terminating set at the listener's end;
- the mean value of the echo balance return loss at the listener's end; and
- the simultaneous-minimum sending and receiving reference equivalents of subscribers' telephone sets and lines at the talker's local exchange.

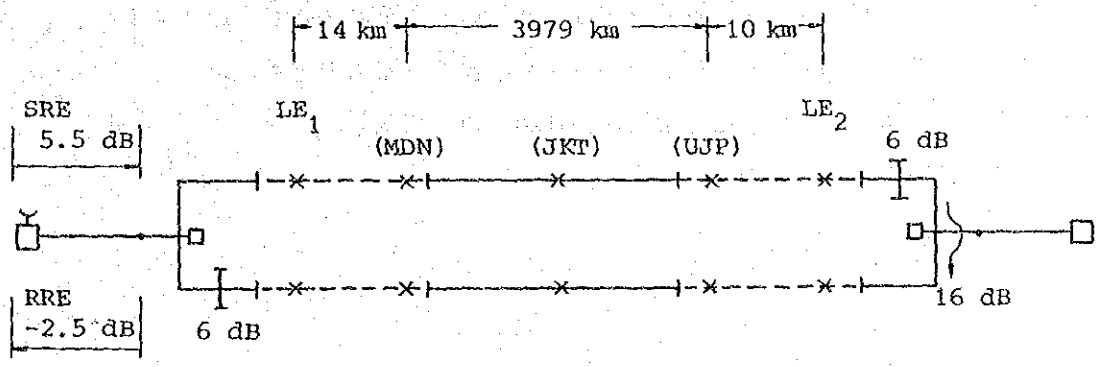
FIGURE 2/G.131

Echo tolerance curves

図AN－6－4　反響許容曲線



図AN－6－5　PERUMTEL仕様の電話機の通話当量



LE_1 からLE_2 までの距離	4003km
片方向伝播時間の合計	24.1ms
1) 地上無線方式（4003Km）	16ms
2) ＦＤＭ通話路変復調器（２組）	3ms
3) ＰＣＭ符号器（２組）	1.2ms
4) デイジタル中継交換機（２局）	0.9ms
5) デイジタル市内交換機（２局）	3.0ms
加入者系の送受話通話当量（ 5.5－ 2.5＝３）	3.0ｄＢ
ローカル局２線点間の伝送損失	6.0ｄＢ
反響バランス・リターン・ロス	16.0ｄＢ
アナログ４線式回線の数	2
反響経路通話当量の合計	31.0ｄＢ

図ＡＮ－６－６　反響経路通話当量

（遭遇危険率10%の場合）

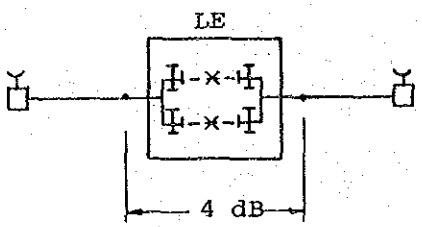
4．　伝送損失配分計画

前節までの検討から設定された各種条件下で、安定度より反響の方が厳しく回線の伝送損失に影響することが分かる。

ローカル呼接続の場合、Rパッドを4dB（又はTとRそれぞれに2dB）、長距離呼接続の場合、Rパッドを6dB（又はTとRにそれぞれ3dB）にするものとした。これは、パッド・コントロール交換機の導入を前提としたものである。

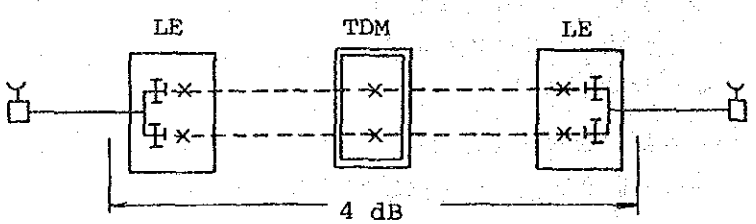
本検討の結果として、伝送損失配分計画を以下に示す。

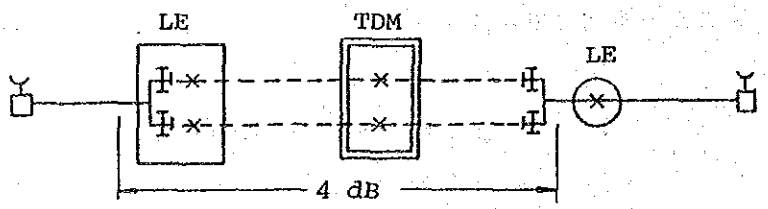
(1)　自局内接続呼の回線



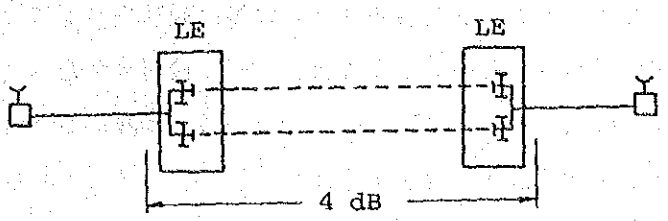
(2)　複局地の端局一端局間接続呼の回線

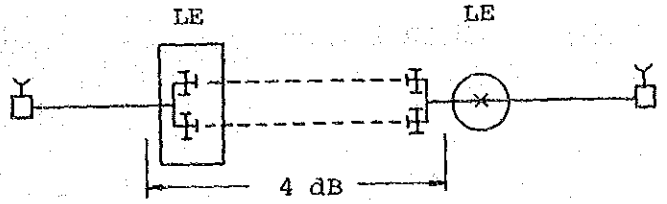
a)　タンデム局経由



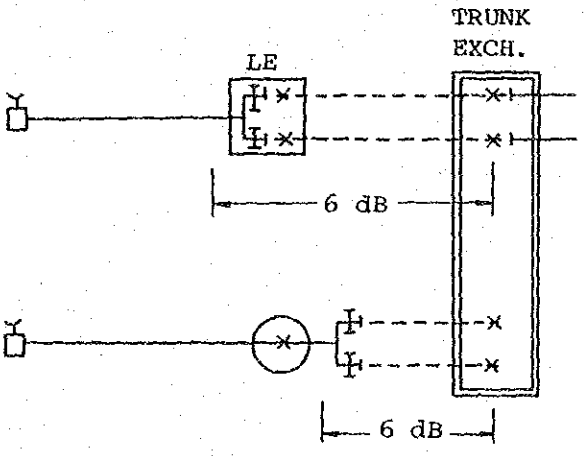


b) 直通ルート





(3) 長距離接続呼の回線



5. 結　論

本検討は、実現可能な仮定のうえで行われている。例えば、反響バランス・リターン・ロスの平均値を１６ｄＢ、加入者ループ系の最小通話当量を３ｄＢ（送受話系）、同一区域内接続の場合、パッドＲを４ｄＢ等と仮定して検討された。これは、加入者系の実態に基づいたものではないので、本検討は伝送計画の一考察に過ぎない。

本来の伝送損失配分計画を策定するに当っては、デイジタル加入者交換機の仕様の確立、全国の加入者系インピーダンスの実態調査などが不可欠であるため、本プロジェクトのような一地域の電話網整備計画で検討出来る性質のものではない。電気通信網の基準となる伝送損失配分計画は、その計画策定のためのプロジェクトで検討され、立案されるべきであろう。

JICA