

BLUM ENDRE  
Távközlési Kutató Intézet

## A PCM távbeszélő kapcsolástechnika helyzete és feladatai

ETO 621.376.56:621.395.34

A távbeszélő kapcsolóberendezések fejlődését napjainkban a programvezérlés térhódítása és a digitális technika fokozatos behatolása jellemzi. A PCM átvitel a távközlő hálózat bizonyos szintjein már létjogosultságot nyert, ami előbb-utóbb fel fogja vetni a PCM alakú beszédjelek kapcsolásának szükségességét. Az utóbbi években nagy aktivitás tapasztalható világszerte kísérleti PCM távbeszélő berendezések építése és üzemeltetése területén. Ezt egyebek között az is tükrözi, hogy a CCITT napirendre tűzte a digitális kapcsolódó jellemzőinek és csatlakozási pontjainak tanulmányozását.

A PCM távbeszélő kapcsolóberendezések bevezetése felélel bizonyos PCM átviteli környezet létét, ezért ez hazánkban ma még nem tekinthető aktuálisnak. Jelen áttekintő cikk időszerűségét előszörban az adja hogy, a PCM kapcsolás tulajdonságainak és lehetőségeinek tanulmányozása világszerte megélénkült. Általános helyzetképet kívánunk nyújtani és a műszaki kérdések nagyrészt csak érinteni van módunkban, ezért a mellékelt irodalmi összeállítás a további kutatásokat van hivatva elősegíteni.

### I. A PCM technika feladatai

#### 1.1 PCM átviteli

A PCM átviteltechnika első gyakorlati megvalósítása a pont-pont közötti, primer PCM multiplex összekötések létesítése volt, amelyek sajátos műszaki előnyöket nyújtanak és felhasználásuk meghatározott távolságtartományon belül gazdaságosabb, mint a fémes áramkörök, vagy vivőhullámú rendszerek. A primer multiplex összeköttetések alkalmazása világszerte rohamosan terjed, műszaki paramétereit ma már nemzetközi ajánlások határozzák meg [1]. Ugyanakkor kialakulóban vannak a PCM átviteli hi-

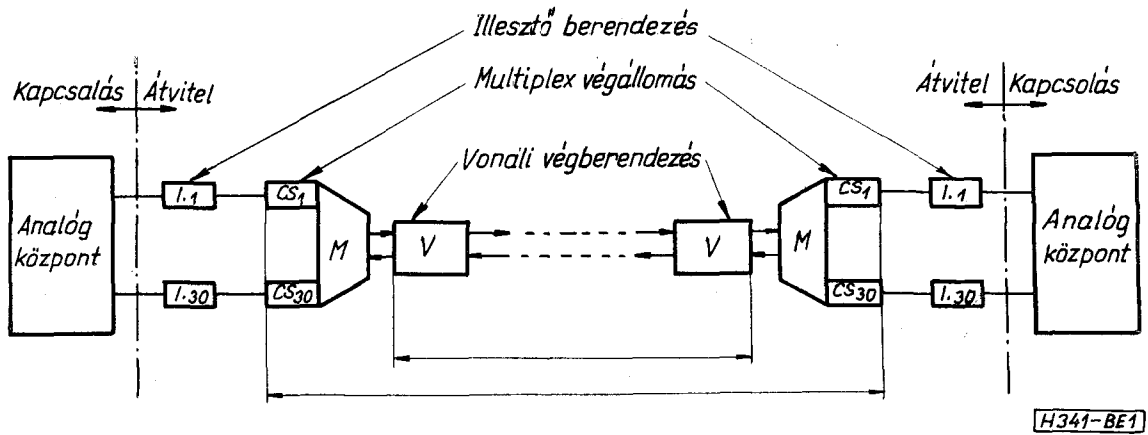
erarchia magasabb szintjeinek műszaki jellemzői is, ami különböző frekvenciatartományokban és különféle átviteli közegekben nyújtja a PCM átviteli előnyeit.

A primer PCM multiplex berendezés 30 hangfrekvenciás csatorna analóg jeleit egy 2.048 Mb/s-os, digitális jelfolyamban egyesíti. A beszédjelek analóg-digitál átalakítását a PCM kóder végzi, a nem-beszéd jellegű információt pedig a kóder megkerülésével, illetőberendezésekkel csatlakoztatják. A PCM összeköttetés végállomásokból, vonali berendezésből és illesztőkből épül fel (1. ábra). Jellegzetes illesztőberendezés szükséges a távbeszélőközpontok egyen-áramú jelzéseinek kezelésére [2], [3].

#### 1.2 PCM kapcsolás

A PCM multiplex összeköttetésekben továbbított jelek közvetlen kapcsolásának gondolata elsőként olyan alkalmazásban vetődik fel, amikor a térosztásos távbeszélő központ olyan áramköröket kapcsol össze, amelyek PCM átviteli úton csatlakoznak az adott központhoz (2/a ábra). Az ilyen átmenő (tranzit) kapcsolásnál a térosztásos távbeszélő központ bemenetén és kimenetén csupán azért kell PCM végberendezéseket alkalmazni és mind a beszédjeleket, mind a jelzéseket visszaállítani, mert a központ csak egyéni, analóg áramkörök összekapcsolására képes. Ez a hátrány megszűnik abban az esetben, ha — akár a térosztásos központ külön fokozatként, akár pedig különálló berendezés alakjában — időosztásos, átmenő kapcsolóberendezést létesítünk, amely a PCM multiplex jeleket közvetlenül kapcsolja (2/b ábra). Ebben az idealizált helyzetben megtakarítjuk a bemeneti-kimeneti végberendezéseket, jelzésillesztőket, ami a PCM jelek kapcsolását nyilvánvalóan gazdaságossá teszi.

A PCM kapcsolóberendezés tehát rendeltetésszerűen PCM multiplex vonalak csatornáit kapcsolja össze. Mivel azonban a PCM átvitel bevezetése fokoza-



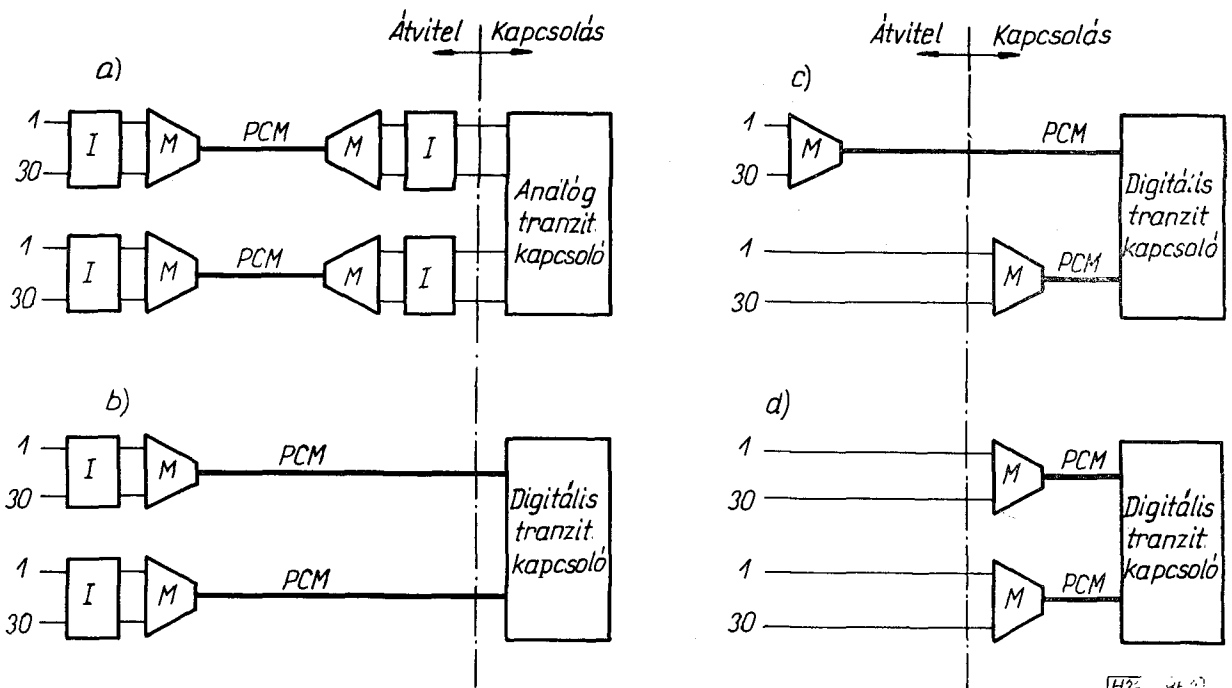
1. ábra. Pont-pont közötti PCM összeköttetés vázlata

tos és az átmenő központokba kapcsolt áramköröknek egyelőre csak kis hányada a PCM áramkör, a valódi PCM kapcsolóberendezésnek vegyes, analóg és digitális környezetbe kell beépülnie, és így analóg és digitális áramköröket egyaránt kapcsolnia kell. Ilyen hibrid környezetben analóg központ határain a digitális vonalakhoz, míg PCM központ határain az analóg áramkörökhöz kell átalakítót rendelnünk (2/c ábra). Ennek a gazdaságossága már korántsem nyilvánvaló. Szélső esetben a PCM kapcsolóberendezés, természetesen, tiszta analóg környezetben is elképzelhető, azonban ennek gazdaságosságát külön indokolni kell (2/d ábra).

A PCM kapcsolók műszaki jellemzőinek egységesítése még nincs olyan előrehaladott állapotban, mint a PCM multiplex berendezéseké. Folyamatban van a PCM kapcsoló mennyiségi jellemzőinek és csatlakozási helyeinek szabványosítása.

1.3 PCM hálózat

A jelenlegi gyakorlatban, amikor még a PCM távbeszélő központok hierarchiája nem alakult ki, általában két alaptípust különböztetnek meg: a nagyforgalmú trónkók kapcsolására szolgáló PCM átmenő (tranzit) központot és az előfizetői vonalakat és trónkókat egyaránt kapcsoló PCM helyi központokat. A PCM helyi központban az előfizetői vonalak forgalmát PCM koncentrátorok fogják össze, amelyek PCM vonallal (vonallakkal) csatlakoznak a helyi központhoz. A technika mai állása szerint hangfrekvenciás jelek kapcsolására ma még térosztásos koncentrátorokat alkalmaznak. Digitális jelek koncentrálására már ma is időosztásos kapcsolómező használható. Vannak törekvések az időosztásos PCM-koncentrátor megvalósítására, azonban ennek ma technológiai és gazdasági korlátai vannak.



2. ábra. Digitális tranzit kapcsoló alkalmazása; a) PCM átvitel — analóg kapcsolási környezet, b) PCM átvitel — ideális digitális kapcsolási környezet, c) PCM és hangfrekvenciás átvitel — vegyes kapcsolási környezet, d) hangfrekvenciás átvitel — digitális kapcsolási környezet

A PCM átviteli utakból és PCM kapcsolóberendezésekből álló hálózatot *integrált, digitális hálózatnak* nevezik, amely mind az átvitelt, mind a kapcsolást a PCM technikával integrálja. A jövő távközlő hálózatában különféle szolgáltatások integrálásával is számolunk (távbeszélő, táviró adat, képtelefon, stb.), mert a PCM technika önmagában alkalmas a különféle szolgáltatások integrálására is. Az integrált szolgáltatások hálózata ugyanazon PCM átviteli és kapcsolóberendezéseket használja fel majd különböző szolgáltatásokat nyújtó összeköttetések létesítésére. Az integrált digitális hálózat első megvalósulása az az integrált, digitális távbeszélő hálózat.

## 2. PCM jelek kapcsolása

Az első kísérleti elrendezést PCM jelek kapcsolására 1959-ben készítették az Egyesült Államokban [6], majd 1962-ben javasolták Európában is a PCM jelek kapcsolását digitális tároló felhasználásával [7].

Az elmúlt évtizedben kidolgozott PCM kapcsolóberendezésekben különféle kapcsolómező elrendezéseket alkalmaztak, ezek azonban visszavezethetők néhány alapkapsolásra. Az időosztásos kapcsolás problémáit Flowers elemzi [4], a kapcsolómezőt általában Hárle tárgyalja [8], a PCM kapcsolástechnika helyzetét Slabon [5] elemzi, a kapcsolási módszereket és a kapcsolómező forgalmi méretezését Inose előadása [9] foglalja össze, újabban pedig Voyer cikke [10] foglalkozik a nagy kapacitású, digitális kapcsolómező felépítési változataival. Az alábbiakban néhány alapkapsolást vezetünk be, majd összefoglaljuk ezen alapkapsolásokból felépíthető kapcsolómező elrendezéseket és ismertetjük az időosztásos, digitális kapcsolómező néhány tulajdonságát és illesztési viszonyait.

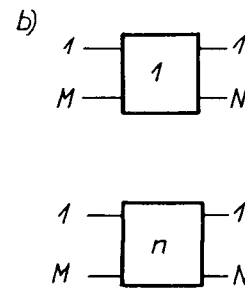
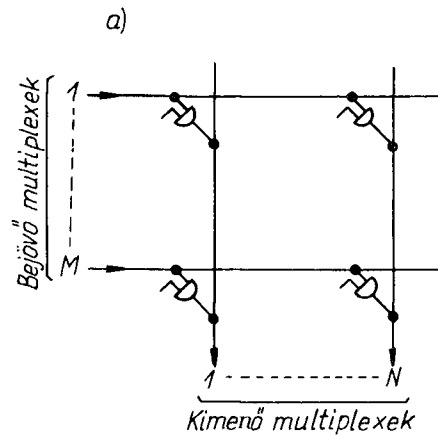
### 2.1 Alapkapsolások

A távbeszélő-központ tranzit választófokozata forgalmi irány szerint csoportosított bemenetek és kimenetek között létesít kapcsolatot, irányválasztási művelet segítségével. A PCM kapcsolómezőben a csoportokat PCM multiplex vonalak alkotják, például a 30-csatornás primer, vagy 120-csatornás szekunder multiplex vonal, és egy összeköttetés felépítéséhez kétféle választási műveletet kell elvégezni:

- irányválasztást*, tehát az összekötendő bemeneti és kimeneti multiplex térbeli azonosítását és
- időrés-áthelyezést*, tehát a kiválasztott bemeneti és kimeneti multiplexekben a csatornaidőrés azonosítását abban az esetben, ha a bemeneti multiplexen meghatározott csatornaidőrés a kimeneti multiplexen nem használható fel.

Lényegében ez a két alpművelet határozza meg a PCM kapcsolómező feladatait. A megvalósítások többségében a két művelet jól szétválasztható. Az irányválasztást végző fokozatot *S*-kapcsolónak ( $S = \text{space} = \text{tér}$ ), az időrés-eltolást végző fokozatot pedig *T*-kapcsolónak ( $T = \text{time} = \text{idő}$ ) szokták nevezni.

PCM jelek kapcsolására különféle kapcsolási elrendezések alakultak ki, amelyeket az alábbiakban megkísérélünk háromféle alapelemből felépíteni. Ezek:



[H341-BE3]

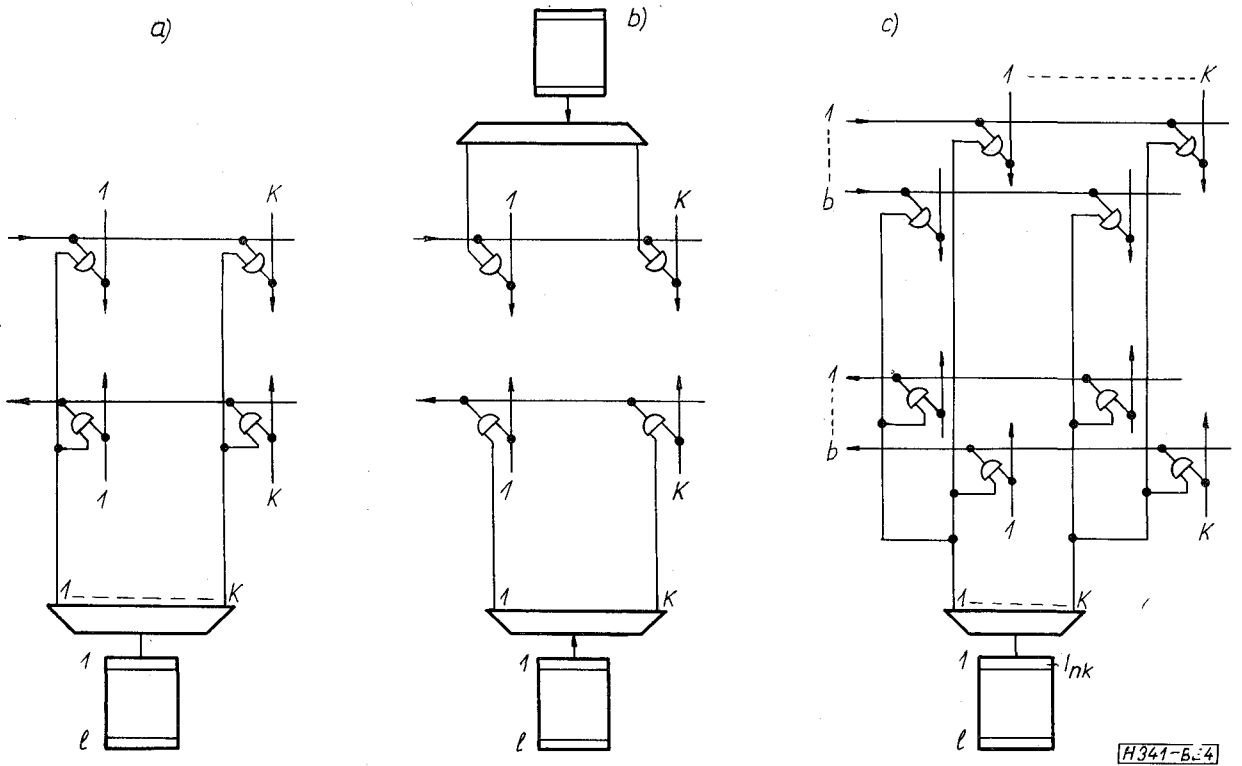
3. ábra. Időmultiplex kapuhálózat; a) telépítés, b) vezérlés

- időosztásos, digitális kapukból álló mátrix,
- időrés-eltoló beszédjeltár,
- multiplex csoportképző fokozat.

A PCM multiplex kapumátrix (3/a ábra)  $M$  bejövő és  $N$  kimenő, időosztásos multiplex vonalat kapcsol össze  $M \times N$ -es kapuhálózat alakjában. Egy összeköttetéshez a bejövő és kimenő multiplex vonalon csak azonos csatornaidőrés használható fel, így az elrendezés  $n$ , egyenként  $M \times N$ -es térosztásos kapcsolóegységgel egyenértékű (3/b ábra), ahol  $n$  a csatornaidőrés szám.

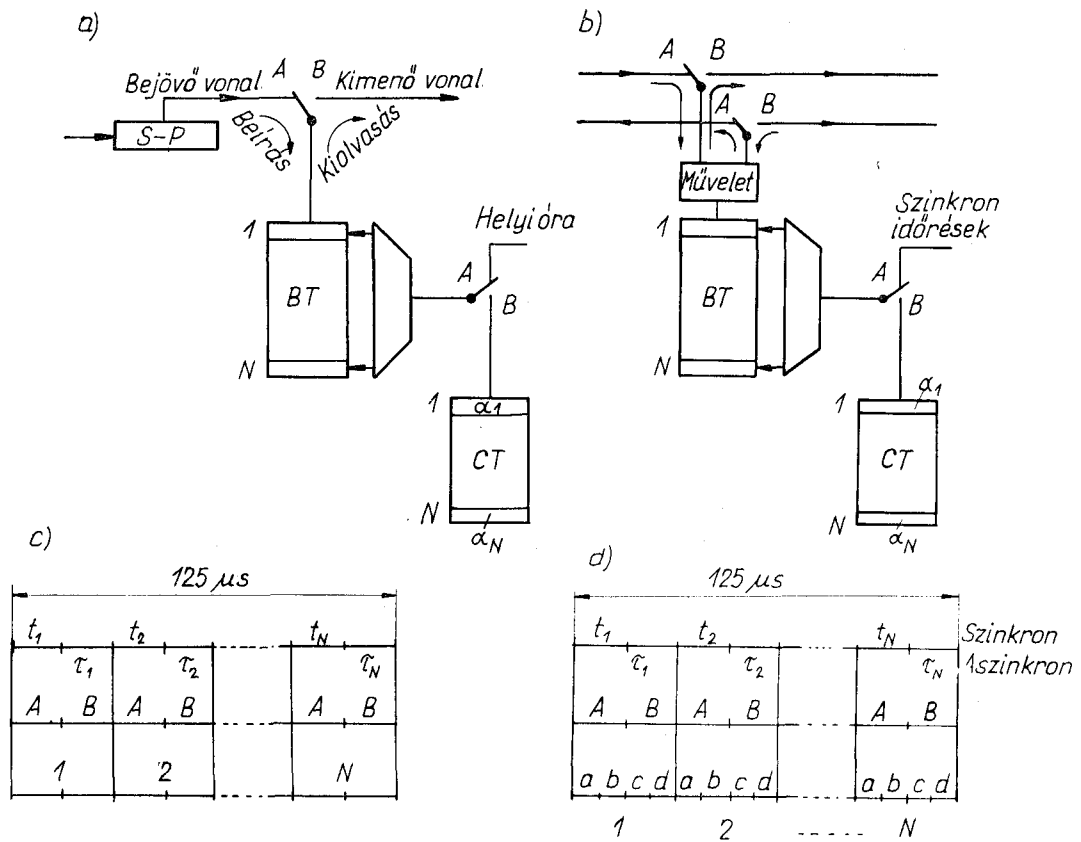
Négyhuzalos, soros PCM beszédösszeköttetésben az átvitel két irányában egy-egy ilyen kapu vesz részt. A kapukat címtárak vezérlik címdekódoló közvetítésével, a címtár tartalmát a kapcsolás felépítésekor határozzák meg. Amennyiben az összekapcsolt multiplex vonalpár szinkron működik, így az adott csatorna előre és hátra irányú információja egyidőben érkezik, akkor a vonalpárhoz tartozó kapuk közösen vezérelhetők (4/a ábra), ha aszinkron működnek, akkor külön vezérlésre van szükség (4/b ábra). Párhuzamos PCM jelek kapcsolásához a kapuhálózat egy keresztpontja  $b$ -szer annyi kapuból áll, ahol  $b$  a bitek száma a csatornaidőrésben (4/c ábra). Mivel azonos bitsebesség esetén az időosztásos multiplikálás is  $n$ -szeres, ennek megfelelően a címtár kapacitása is nagyobb.

Az időrés-eltolást végző *beszédjeltár* a PCM jeleknek azt a tulajdonságát használja ki, hogy egy PCM keret időtartamára egyszerű digitális, tárolóban rögzíthető és onnan a keret tetszőleges fázisában olvasható ki. A beszédjeltárnak  $n$  sora és soronként  $b$



H341-B-4

4. ábra. PCM multiplex kapuhálózat egy sorának felépítése és működése; a) soros kapcsolás, adási és vételi irány szinkronban, b) soros kapcsolás, adási és vételi irány aszinkron, c) párhuzamos kapcsolás, adási és vételi irány szinkron



H341-BE5

5. ábra. Beszédjeltár működése; a) aszimmetrikus kapcsolás, b) szimmetrikus kapcsolás

bitje van, így a szokásos 32-csatornás multiplex vonalhoz rendelt beszédjeltár kapacitása 8-bites kódolás esetén  $32 \times 8 = 256$  bit. A tárból való beírás tulajdonképpen a multiplex szerkezet lebontását (demultiplikálást), a tárból való kiolvasás pedig egy célszerű multiplex szerkezet kialakítását (újra multiplikálást) jelenti.

Az egyirányú beszédjeltár a bejövő multiplex  $i$ -edik időrésében érkező információt a kimenő multiplex  $j$ -edik időrésben továbbítja. Feltételezzük, hogy a bejövő multiplex jelei bemeneti regiszterben, a kimenő multiplex jelei pedig kimeneti regiszterben jelennek meg, amelyek soros-párhuzamos, illetve párhuzamos-soros átalakítóként szolgálnak (5/a ábra). Minden időrésben két műveletet végzünk: a szinkron művelet a bejövő PCM jelek beírása a beérkezés sorrendjében, tehát a helyi időzítés  $t_1 \dots t_n$  időréssei szerint, az aszinkron művelet pedig a PCM jel kiolvasása a CT címtár  $\alpha_1 \dots \alpha_n$  tartalma szerint (5/b ábra). Ha a címtár  $i$ -edik sorából a  $j$  címet olvassuk ki a bejövő  $i$ -dik időrés tartalmát a  $j$ -edik időrésbe kapcsoljuk át, tehát  $(j-i)$  idő-résátkapcsolást végzünk.

A kétirányú beszédjeltár a szinkronban működő multiplex vonalpároknak azt a tulajdonságát használja ki, hogy az egyik irányban  $(j-i)$  eltolás a másik irányban  $T-(j-i)$  eltolást igényel, ahol  $T$  a PCM keretidő. Így a kétirány számára a beszédjeltár közösíthető abban az esetben, ha a beszédjelkódok kicseréléséhez szükséges műveletek egy időrésben belül elvégezhetők (5/c ábra). A kicseréléshez négy — az 5/d ábrán  $a, b, c, d$  — művelet szükséges. Ezért időrés  $A$  és  $B$  fázisra és fázisonként két-kétszakaszra osztjuk fel. Az  $A$  és  $B$  fázist az ábrán átkapcsolóval szemléltettük [11] alapján.

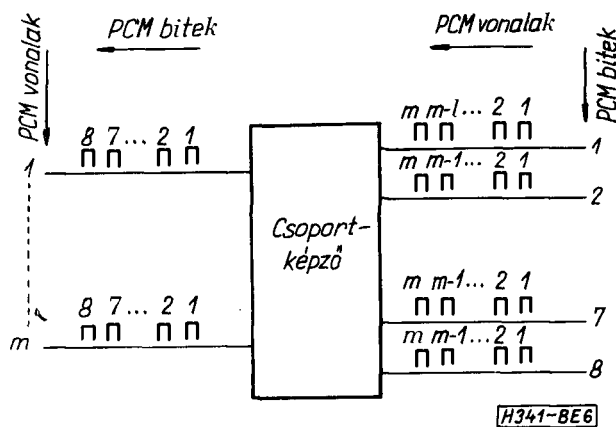
Az  $A$  fázisban a beszédjeltár  $i$  sorát címezzük a helyi időzítés szerint és

- az  $i$  sor tartalmát kiolvassuk és a bejövő vonal adási ágára adjuk ( $a$  művelet),
  - az  $i$  sorba beírjuk a bejövő vonal vételi ágán levő információt ( $b$  művelet).
- A  $B$  fázisban a beszédjeltárat a címtár  $i$  sorában lévő  $j$  tartalommal címezzük és
- a  $j$  sor tartalmát kiolvassuk és a kimenő vonal adási ágára adjuk ( $c$  művelet),
  - a most már üres  $j$  sorba a kimenő vonal vételi ágán levő információt írjuk be ( $d$  művelet).

A beszédjeltár tehát láthatóan minden időrésben két beírási-kiolvasási ciklust végez.

Amennyiben a PCM kapcsolómező bemenetén soros-párhuzamos, kimenetén pedig párhuzamos-soros átalakítót alkalmazunk, akkor a kapcsolómezőben szabadon választhatjuk meg azt, hogy soros, vagy párhuzamos PCM jeleket kapcsolunk. A párhuzamos kapcsolás számára belső, ún. csoportmultiplex-vonalat képezhetünk, amely növeli az időosztásos multiplikálás fokát és ezzel hatásosabban kihasználja a kapcsolóelemeket. Ha egyenként  $n$ -időréses, soros PCM vonalból csoportmultiplex-vonalat képezünk, akkor a belső időrés számát változtatlan bitsebesség mellett  $m \times n$  lehet. Szokásos értékek:  $n=32, m=4, 8, 16, 32$ , így  $m \times n=128, 256, 512, 1024$ .

Szinkron csoportképző egység legegyszerűbb megoldásban (6. ábra) a soros PCM vonalon 8 bitidő alatt



6. ábra. Szinkron csoportképző felépítése

beérkező jelet 1 bitidő alatt párhuzamosan adja ki és ezzel lényegében térbeli demultiplikálást és időbeli multiplikálást végez. A csoportmultiplex-vonalon az információ a bejövő vonalak sorrendjében jelenik meg.

Aszinkron csoportképző egységben  $m \times n \times b$  kapacitású beszédjeltárat alkalmaznak, amelyet  $m \times n$  — soros címtár vezérel és így  $m \times n$  bejövő csatornára teljes elérhetőségű csoport alakítható ki.

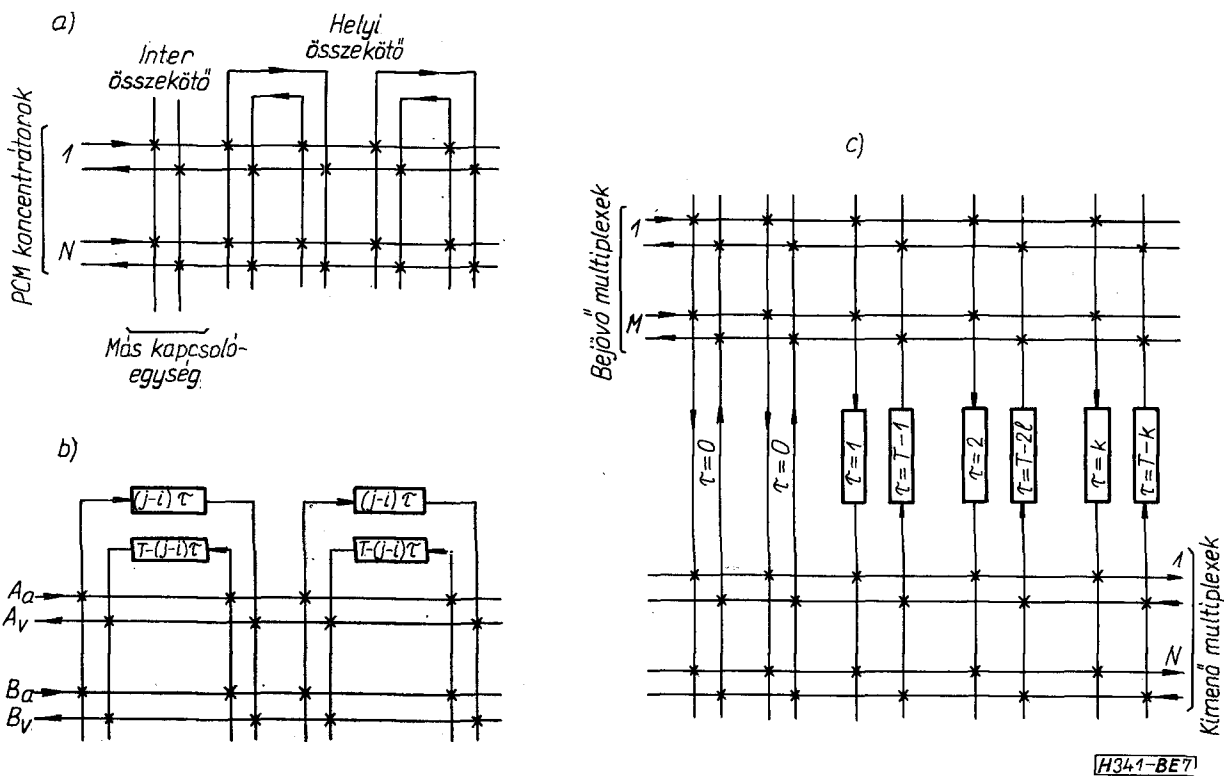
## 2.2 Kapcsolási módszerek

A soros PCM jelek kapcsolásának alapelrendezését az ún. ESSEX rendszerben (1959) találjuk [5], amelynek kapcsolóegysége PCM koncentrátorokhoz és más kapcsolóegységekhez csatlakozik. Egy összekötött bejövő, összekötő és kimenő multiplexet tartalmaz (7/a ábra). Egy összekötöttetés számára mindhárom multiplexen azonos időrés használható. Időrés-illesztetlenség esetén a kapcsolás nem építhető fel, ami belső torlódáshoz vezet. A kapcsolóegység egyszerű, multiplex kapuhálózatból áll.

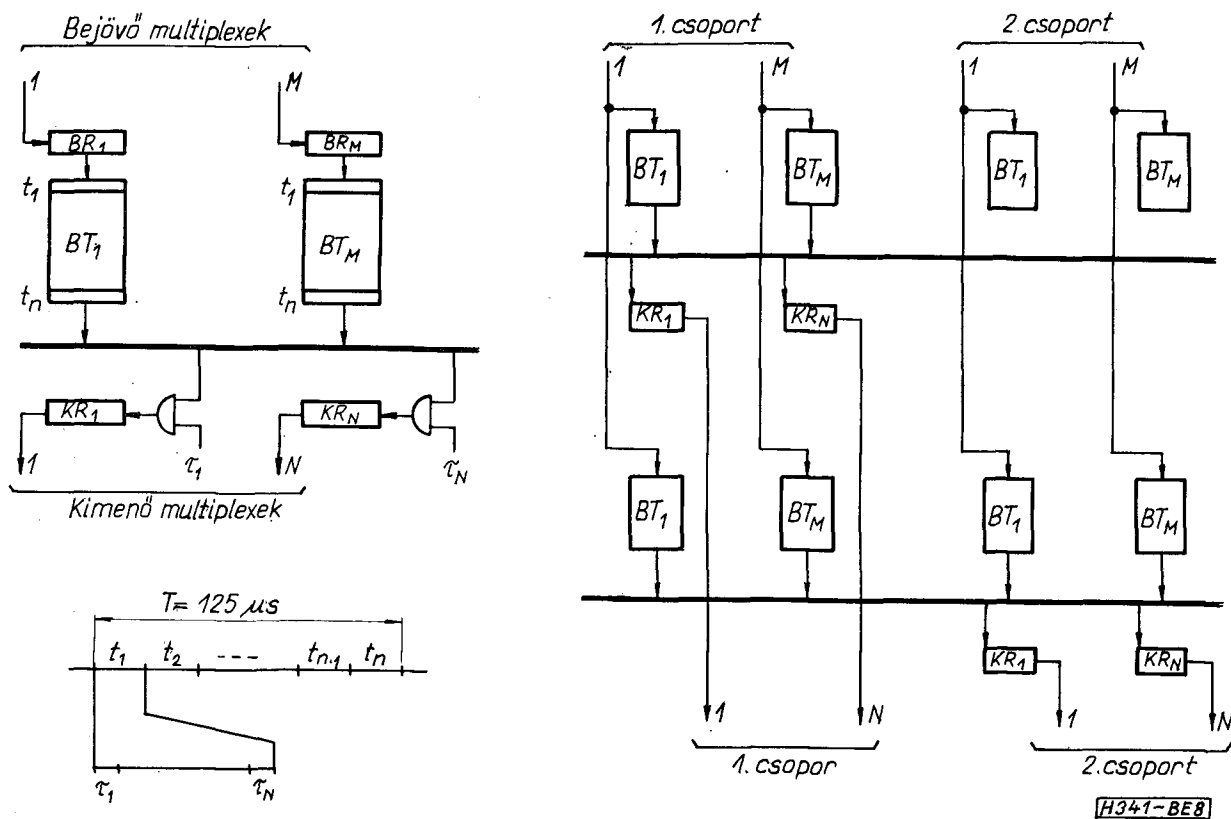
A közös időrés alkalmazását kerüli el az a megoldás, amely az időosztásos multiplex összekötőbe késleltető párokat iktat be [12] (7/b ábra). Az  $A_a$  vonal  $i$  időrését  $s B_b$  vonal  $j$  időrésébe kapcsoljuk át, ha  $(j-i) \cdot t$ , illetve a  $B_a$  vonal  $j$  időrését az  $A_b$  vonal  $i$  időrésébe kapcsoljuk át, ha  $T-(j-i) \cdot t$  késleltetést alkalmazunk, ahol  $T$  a keretidő és  $t$  a csatornaidőrés.

Az a felismerés, hogy egy PCM nyalábban az összekötöttetések mintegy 40%-a időrésillesztéssel felépíthető és így időrés-eltolást csak a további 60% igényel [13], olyan elrendezéshez vezetett, amelyben az összekötő nyalábban késleltetés nélküli, állandó késleltetésű és változtatható késleltetésű vonalakat alkalmaznak (7/c ábra). A módszer kidolgozása Duerdoth nevéhez fűződik, aki méretezési eljárást közölt a megoldásra [14], [15], [16]. Ezt a megoldást az ún. EMPRESS kísérletben (1968) alkalmazták először [17], [18], majd átvette az ún. MARTEX terv (1969) [19] és más kísérleti berendezések is.

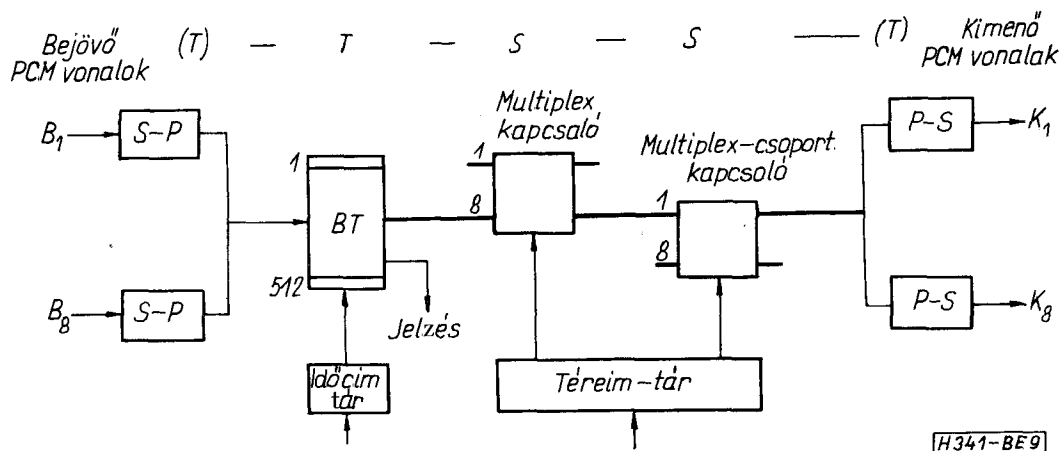
Ugyancsak soros kapcsolómező elrendezéseket közölt korábban Inose is [20] [21], aki újabban sajátos megoldásokat tett közzé egy bitenkénti besorolású tranzit kapcsolóhálózattal [22] és egy korlátozott elérhetőségű időrés-átkapcsoló elrendezéssel [23] [24] kapcsolatban.



7. ábra. Soros PCM kapcsolómezők



8. ábra. Egyirányú ideális PCM kapcsoló, beszédjeltárral



9. ábra. A PCM kapcsolómező méretének növelése a Philips PDX központban

Bemeneti beszédjeltár alkalmazásával olyan aszinkron PCM kapcsolómező alakítható ki, amelynek működése lényegében véve függetleníthető a PCM vonalak időzítésétől. Egyszerű és széles körben elterjedt megoldásban a beszédjeltárak kimeneteit nagysebességű, csoportmultiplexen közösítjük, amelyek közvetlenül a kimeneti regisztereket táplálják (8/a ábra). Ez az elrendezés  $M$  multiplex vonal csatornái között egyirányú, teljes elérhetőségű, belső torlódástól mentes csoportot képez. A megoldást először Neu és Kündig közölték (1966) [25] [26], majd tökéletesített változatát készítették el a francia E10 kapcsolórendszerben (1971) [27] és a svájci posta IFS-1 integrált hálózatában (1972) [28]. A  $BT_1 - BT_M$  beszédjeltárakat a  $t_1 - t_n$  időrések szerint töltjük fel. A  $KR_1 - KR_N$  kimeneti regiszterek párhuzamos-soros átalakítást végeznek, ezért minden időrésben új tartalmat kell beírni azokba. Ehhez a csoportmultiplex vonalon a csatornaidőrést  $\tau_1 - \tau_N$  belső időrésre osztják fel és a  $KR_i$  bemenetét  $\tau_i$  jellel kapuzzák. Jellegzetes érték:  $N \times n = 1024$ .

A bemeneti beszédjeltár alkalmazásának döntő előnye az, hogy a BR megfelelő működtetésével aszinkron kapcsolómező készíthető. Maximális méretét a belső időrések száma, tehát a csoportmultiplex átviteli sebessége korlátozza. A jelenlegi technológia mellett a 8 MHz és így  $N = 32$  elérhető. Bizonyos méretnövelés érhető el több csoport és csoportonként külön csoportmultiplex alkalmazásával (8/b ábra) [29], azonban legfeljebb 4 csoport kerül szóba, mivel a beszédjeltárak száma ebben a megvalósításban a csoportok számának négyzetével növekszik.

A kapcsolóegység méretét úgy növelhetjük, hogy a 8/a ábrán bemutatott kapcsolást kapcsolóelemnek tekintjük és ilyen elemek között csatolótutas hálózatot létesítünk, ahol a csatolótút szabványos PCM vonal [28].

Ezzel a megoldással a PCM kapcsolóhálózat rendkívül rugalmasan tervezhető és telepíthető.

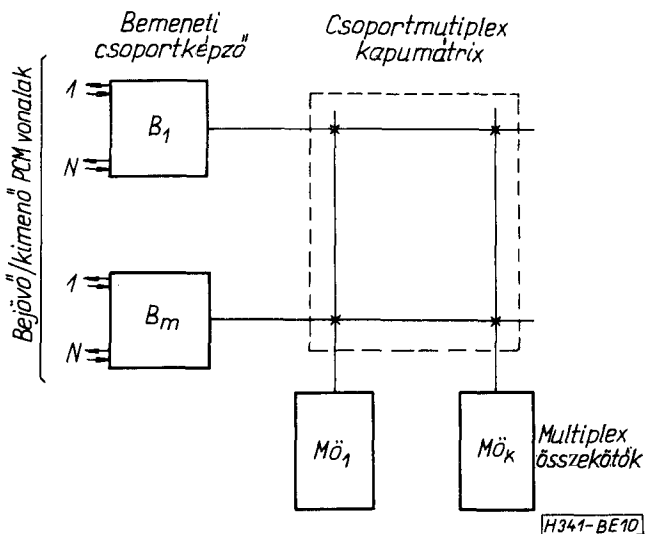
A kapcsolómező méreteit más térosztásos módszerekkel is növelhetjük. A nagysebességű belső multiplex és a kimeneti regiszterek közé multiplex kapumátrix-fokoztokat iktathatunk be (9. ábra). A Philips cég PDX központjában [30], nyolc 30-csatornás, vagy két, 120-csatornás multiplex táplál egy 512-

időréses belső multiplexet, amelyet  $8 \times 8$ -as kapcsoló-fokozatok követnek. Ily módon  $1920 - 15.360 -$  csatornás kapcsolómező szerkeszthető.

A csoportmultiplex szintű kapcsolás megvalósítására párhuzamos kapumátrixbőli és multiplex összekötőkőből álló elrendezést is alkalmaznak (10. ábra). A multiplex összekötő kétirányú beszédjeltárat, valamint a beszédjeltár és a multiplex kapuk vezérlését végző címtárakat foglalja magában. A módszert először még 1966-ban Chatelon javasolta [31], azóta felhasználták az ITT taktikai [32], tandem [33] és kísérleti integrált hálózati [34] PCM kapcsolóberendezéseiben, majd újabban Chen (1972) foglalkozott az elrendezés tervezésével és elemzésével [35].

### 2.3 A kapcsolómező felépítése

A gyakorlati PCM kapcsolómezők az ismertett alapkapsolásokból, a leírt módszerek szerint épülnek fel. Legcélszerűbb megvalósítás nyilvánvalóan az egyfokozatú PCM kapcsolómező lenne. Egyfokozatú kapumátrix (S-kapcsoló) önálló alkalmazása a belső torlódási korlátok miatt nem kerülhet szóba. Egyfokozatú



10. ábra. Csoportmultiplex szintű kapcsolás multiplex összekötők felhasználásával

időrés-eltoló ( $T$ -kapcsoló) alapvető előnye a teljes elérhetőség, az egyszerű vezérlés, nagy működési rugalmasság, integrálhatóság lennének, azonban méretét az alkalmazható működési sebesség korlátozza. Gallagher 1968-ban közölt megoldást [36] központi beszédjeltár alkalmazására, követője azonban nem akadt. Újabban Perucca (1974) ismertet tervet [37] 1024-csatornás és 8192-csatornás, egyfokozatú  $T$ -kapcsolóra  $10 \cdot 10^6$  szó/s, illetve  $82 \cdot 10^6$  szó/s sebesség felhasználásával.

A gyakorlati PCM kapcsolómezők többfokozatúak, amelyek közül legalább egy fokozat mindig  $T$ -kapcsoló. Az  $S$ -kapcsoló és  $T$ -kapcsoló fokozatból számos elrendezés alakítható ki, ezek közül azonban — a tapasztalatok szerint — háromnak van jelentősége: az  $S-T-S$ , a  $T-S-T$  és a  $T-S$  megoldásoknak. Az  $S-T-S$  hálózatban az időrés-átkapcsoló központi helyre kerül, a  $T-S-T$  változatban pedig a jövő és kimenő vonalakhoz rendeljük azokat. A kapcsolómező változatok összehasonlítása és az adott alkalmazásnak megfelelő változat kiválasztása rendkívül összetett feladat. Mérlegelni kell az alkalmazott technológiai színvonalat megbízhatósági követelményeket, kábeleztést, bővíthetőséget és számos egyéb műszaki szempontot [9] [11] [38] [39]. Granello az  $S-T-S$  és  $T-S-T$  változat torlódásmentes, ún. Clos-változatát hasonlítja össze [11], Inose pedig a különféle változatokhoz szükséges tárolóbiték és kapuk számát veti össze [23]. Relatív költségekben és működési sebességeken lényeges eltérés nem mutatható ki. Megfigyelhető azonban az, hogy gyakorlatilag minden újabb rendszerben a  $T-S-T$ , vagy a  $T-S$  változat szerepel.

2.4. A kapcsolómező műszaki jellemzői

A kapcsolómező egyik alapvető minőségi jellemzője a *belső torlódás*. Az időosztásos kapcsolómezők belső torlódását a térosztásos egyenértékű kapcsolómezőn vizsgálják. Az egyenértékű kapcsolómezőkkel Harris (1956) [40] és Huber (1964) [41] foglalkoztak. Mivel az  $S$ -kapcsoló  $n$  független,  $M \times N$ -es kapcsolómátrixszal, a  $T$ -kapcsoló pedig egy  $n \times n$ -es kapcsolómátrixszal egyenértékű, ahol  $n$  az időmérések száma, az  $S-T-S$  és a  $T-S-T$  változatok egyenértékű kapcsolómezője a 11. ábra szerint alakul.

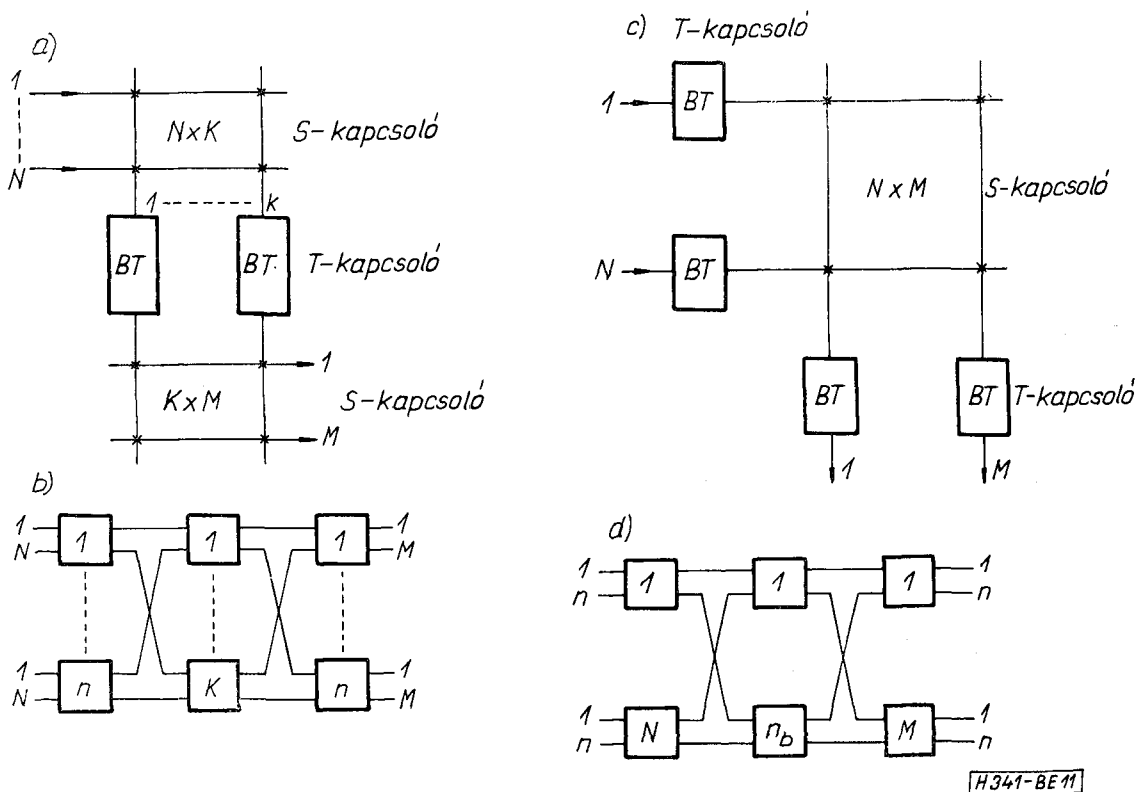
A PCM kapcsolómezők forgalmi viszonyai is tanulmányozhatók az egyenértékű, térosztásos kapcsolómezőn, néhány sajátos tervezés kérdés azonban felmerült. Az időrésváltás szükségességét vizsgálta Duerdoth [16], Huber [42] és mások, a tervezési módszerek Inose összefoglalójában találhatók meg [9] és egyedi elrendezésekkel foglalkozik Chen [35], Jung [43] és Lajtha [44].

A PCM hálózatok átfogó, központi vezérlésével kapcsolatos forgalmi vonatkozások Bear tanulmányában [45], a szabad út keresés hatásának elemzése Hofstetter cikkében [46] található meg.

A  $T$ -kapcsoló ideális, teljes elérhetőségű csoportot alkot, a PCM kapcsolómező belső torlódását az  $S$ -kapcsoló korlátai okozzák. Következésképpen a  $8/a$  ábra kapcsolómezője is belső torlódástól mentes. A háromfokozatú PCM kapcsolómezők (11. ábra) *torlódásmentes* kivitelezésének feltétele (Clos-feltétel):

$$S-T-S \text{ változatban: } k=2n-1,$$

$$T-S-T \text{ változatban: } n_b=2n-1.$$



H341-BE11

11. ábra. PCM kapcsolómezők helyettesítő kapcsolása



A torlódásmentes PCM kapcsolómező tehát megvalósítható többletáramkörökkel, illetve többletsebességgel. Ez utóbbinak a feltétele Tanaka szerint [47] az, hogy  $n$  időréses multiplexek esetén az  $S$ -kapcsolóban  $n_b$  időrészt alkalmazzunk, ahol:  $n_b = 2n - 1$ . Ehhez a beszédjeltár címzése speciálisan tervezendő, mivel a kiolvasás sebessége mintegy kétszerese a beírás sebességének.

A gyakorlati PCM kapcsolómező — megfelelő illesztőberendezések közvetítésével — különféle hangfrekvenciás, vivőhullámú és PCM áramkörökhöz kapcsolódik, amelyek különböző szolgáltatások hírnyagait hordozzák. A kapcsolómező forgalmi viszonyainak megítélésével ezeket a szolgáltatásokat sem lehet figyelmen kívül hagyni.

A PCM távbeszélő kapcsolómezőt 64 kb/s sebességű csatornák átkapcsolására tervezik. Ezek a csatornák rendszerint beszédjeleket, illetve vezérlési és jelzési információt hordoznak. Mivel a jelzési időrészt nem minden PCM vonalon használják fel, felvetődik valamennyi időrés átkapcsolásának igénye.

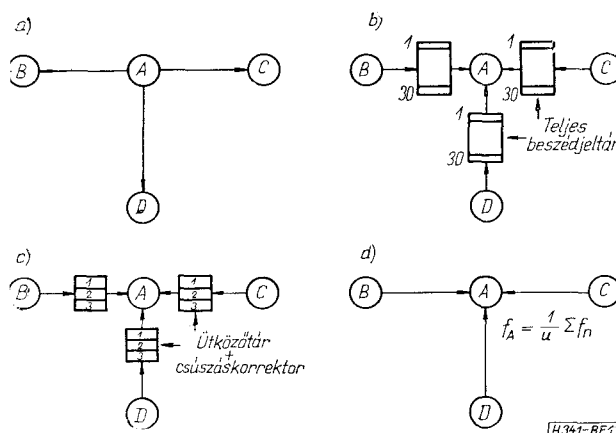
A belső torlódáson kívül a PCM kapcsolómezőnek további minőségi jellemzőit is definiálják, amelyek részben a szinkronizálással (hibaarány, keretcsúszások száma), részben pedig a működtetéssel (felépítési és bontási idők, átrendezés, stb.) kapcsolatosak.

### 2.5. Csatlakozás az átviteli úthoz

A PCM kapcsolómező tervezésének egyik kiindulópontja a kapcsolás és átvitel határfületeinek, valamint a csatlakozási paramétereknek a meghatározása. A PCM kapcsolóhoz csatlakoznak analóg és összefüggő, vagy független digitális vonalak. Maga a PCM-kapcsoló, azonban mindig szinkron tandem kapcsoló, ezért az átviteli út jeleit megfelelő illesztőkkel kell előkészíteni a kapcsolás számára. Az *analóg központvégződés* sajátos multiplex végállomás, amelyet a kapcsoló helyi időzítése működtet. Lehet primer, vagy szekunder végállomás, illetve FDM/PCM át-multiplikáló állomás.

A *digitális központvégződés* PCM vonalakat illeszt, ezért a digitális hálózat alapvetően fontos eleme. Feladatai közül itt csak az időzítés helyreállítást említjük. A kapcsolómező bejövő és kimenő bitfolyamainak sebessége különböző. Egyrészt azért, mert a jelek különböző órákból származnak, másrészt azonos órák esetén is változnak a kábel tulajdonságai. A PCM jelek kapcsolásához a kapcsoló bemenetén és kimenetén össze kell hangolni az időzítéseket. Ezt a központvégződés végzi el, és a megoldás módját befolyásolja a kapcsoló választott rendszere is. Elvileg négyféle változattal számolhatunk (12. ábra):

- szinkron hálózatban a  $D$  kapcsoló órajelekkkel látja el az  $A, B, C$  kapcsolókat, ezért az onnan érkező jeleken csak keretbeállításra van szükség (12/a ábra),
- aszinkron hálózatban az  $A, B, C$  kapcsolók órái függetlenek, a  $D$  bemenetein tehát teljes beszédjeltárat kell alkalmazni (12/b ábra),
- kváziszinkron hálózatban az  $A, B, C$  kapcsolók órái függetlenek ugyan, de eltérésük korlátozott, néhány szavas ütközőtár és csúszáskorrekció elegendő (12/c ábra),



12. ábra. PCM kapcsolók szinkronizálása; a) vezérlő/vezérelt órák, b) aszinkron órák, c) kváziszinkron órák d) kölcsönös szinkronizálás

- kölcsönösen szinkronizált hálózatban minden kapcsoló órájának frekvenciáját a többi óra frekvenciaátlagának megfelelően állítják be (12/d ábra).

A hálózatok szinkronizálásának önálló irodalma van, itt Miller összefoglaló munkájára [50] és Thomson újabb cikkére [51] utalunk.

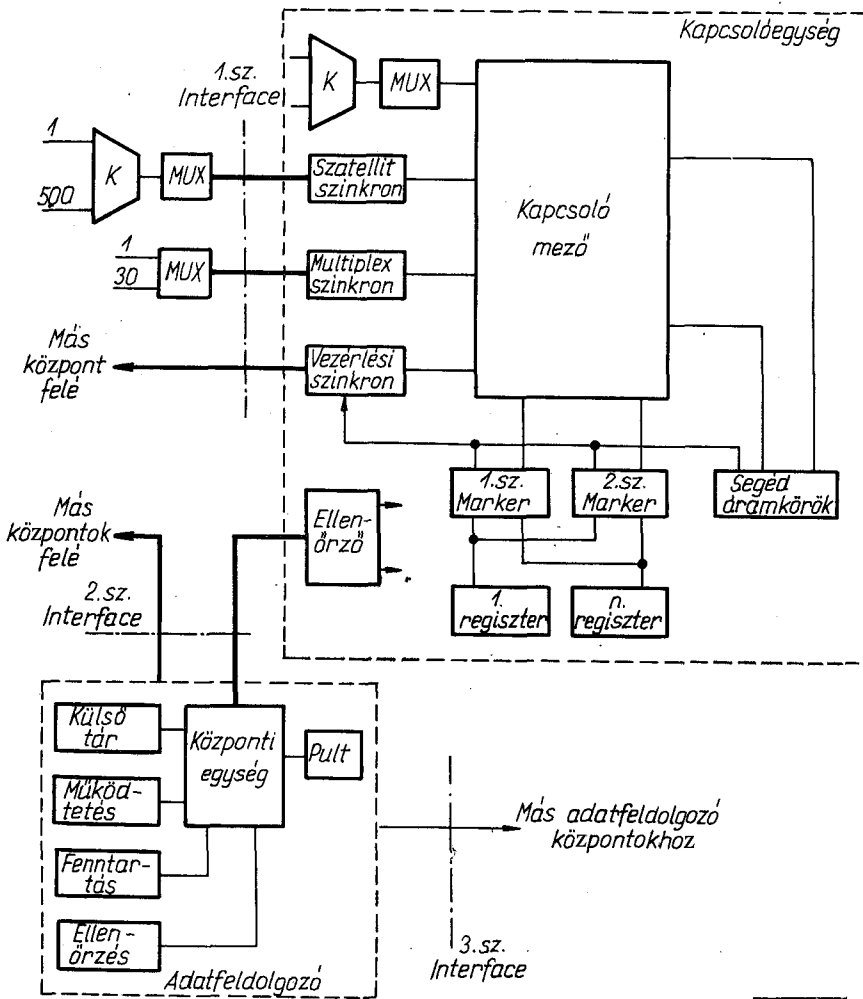
### 3. PCM távbeszélőközpontok

A korszerű távbeszélő központok programvezérléssel működnek. Felépítésük új rendszerkonceptiót követ és a legtöbb megoldásban közös, az alapvető távbeszélő-technikai műveleteknek megfelelően kialakított funkcionális egységek figyelhetők meg. Ez a felépítés módosul ugyan, de alapjaiban nem változik, amikor a térosztásos kapcsolómezőt időosztásos kapcsolómező váltja fel. Ez adja meg a tér- és időosztásos fokozatokat tartalmazó, vegyes rendszerek közös vezérlésének lehetőségét. A PCM távbeszélő központ vezérlésének és ezzel szorosan összefüggően a PCM jelzésátvitelnek két alapfeltétele van: a fentebb említett programvezérlés és a közös-csatornás jelzés alkalmazása. A PCM kapcsolástechnika kész eredményeket kell, hogy átvegyen, vagy a két rendszer számára közösen kell kialakítani azokat. Nem véletlen tehát az, hogy a PCM kapcsolástechnika területén általában azok a cégek és egyesületek fejtik ki az alapvető kutatási-fejlesztési tevékenységet, amelyek a kvázi elektronikus kapcsolástechnikában már felmutattak eredményeket.

#### 3.1 Kutatási-fejlesztési tevékenység

A már említett ESSEX-rendszer építését (1959) követő években élénk kutatási munka indult PCM kapcsolóberendezések kidolgozására. Ezek kezdeti eredményekkel szolgáltak ugyan, amennyiben bizonyították a PCM kapcsolás működőképességét, azonban rendszerteknikai és technológiai korlátok miatt nem vezettek a berendezések gyártásához.

Az első laboratóriumi modellt Európában az ITT készítette (1962) [7], üzemi körülmények között a PCM kapcsolást először az Angol Posta EMPRESS központjában próbálták ki (1968) [17], [18]. A japán



13. ábra. Az E10 rendszer blokkvázlata

zérési szint valós időben kezeli a kapcsolási műveleteket, a 2. vezérlési szint pedig célszerűen választott időpontban a fenntartást, üzemeltetést és adminisztrációt látja el. Az E1 rendszer három funkcionális berendezésből áll: 1. csatlakozó elemekből, 2. kapcsolóegységekből 1. szintű vezérléssel és 3. központi feldolgozó berendezésekből 2. szintű vezérléssel. A funkcionális egységek között csatlakozási helyeket szabványosítottak.

Az E1 rendszer a távbeszélő hálózat igényeit kétféle kapcsolóberendezéssel valósítja meg: az ún. E10 rendszerrel kb. 1500 E forgalomra [29] és az E12 rendszerrel kb. 5000 E forgalomra [64]. Az E10 rendszer (13. ábra) illesztőegységei: az előfizetői koncentrátor, a PCM multiplex illesztő, PCM központ szinkronizáló egység stb. A kapcsolóhálózat alapegysége 32 PCM vonal csatornáit kapcsolja, maximális kapacitás 4 alapegység. Az előfizetői koncentrátor fémcsatlakozóval épült. A vezérlőegység jelzészegélyekből (regiszterekből), markerből és transzlátorból áll. A transzlátor előfizetői és vonal azonosítási táblázatokat tartalmaz.

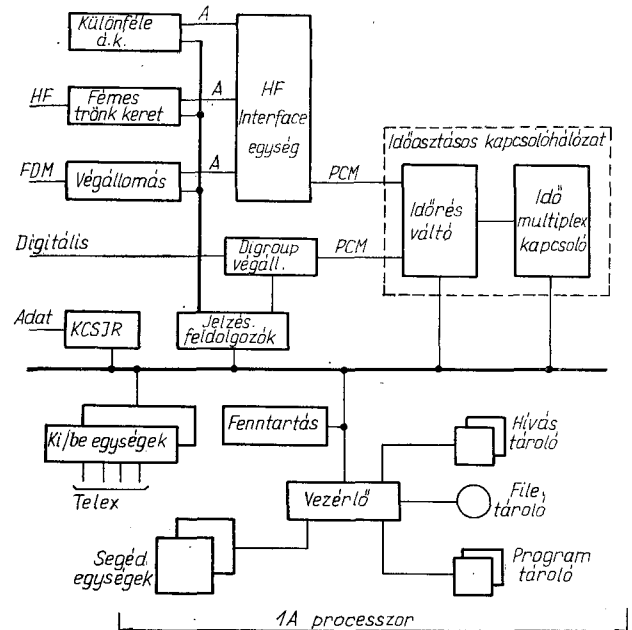
H341-BE13

A Bell Laboratóriumok 4. sz. elektronikus kapcsolórendszere a közismert ESS-program természetes folytatása, amely a 4A típusú crossbar trónk-

DEX — T1 központ (1968) megfelelően működött [52], azonban a kísérletek folytatását a PCM vonalak száma nem indokolta [53]. A francia CNET egy integrált hálózat kutatását kezdte meg 1966-ban, az ún. PLATON-rendszerét [54] [55], amelynek első központjait Lannionban építették meg [56]. A svájci Posta is 1966-ban kezdte a kutatást [25], [26], amelynek keretében egy laboratóriumi mintát valósítottak meg [59]. Fentieket tekinthetjük a kutatás kezdeti törekvéseinek és egyúttal a mai tevékenység alapjainak.

A kutatási-fejlesztési tevékenység felélénkülését figyelhetjük meg az utóbbi 3—4 évben. Éljenjárt ebben a Francia Posta kezdeményezésére és a CNET részvételével szervezett egyesülés, amelyet a PLATON rendszer és kísérleti hálózat sikerei az ún. E1 rendszer kidolgozására ösztönöztek [61]. Ez ma a világon az egyetlen gyártásban és alkalmazásban levő integrált PCM átviteli és kapcsolási rendszer [60, 61, 62, 63, 64].

Az E1 rendszer három alapvető jellemzője: az időosztásos, digitális csatlakozás, a kapcsolóhálózat programvezérlése és a számítógépes adatfeldolgozás. Ebből következnek olyan jellemzők, mint a vezérlési feladatok felosztása a kapcsolóberendezések és az adatfeldolgozó központ között oly módon, hogy az 1. ve-



14. ábra. A No. 4., ESS elektronikus kapcsolórendszer felépítése

H341-BE 14

központ kiváltására hivatott. A központ mintegy 100 000 áramkőr bekapcsolására lesz alkalmas és beköthetők mind analóg áramkörök, mind PCM multiplexek [65, 66, 67] (14. ábra). Ennek a programnak a keretében új tárolt ábramos vezérlő berendezés is készül, az ún. 1A processzor [68], amely a korábbiaknál nagynagyságrenddel gyorsabban működik és valamennyi elektronikus kapcsolórendszer működtetésére alkalmas lesz. A 4. sz. rendszer prototípusát 1976-ban helyezik üzembe.

A Svájci Posta és 3 vezető híradástechnikai cég 1970 óta fejleszti az IFS—1 (Integrierte Fernmelde-System) rendszert, amelynek távlati célja az összes meglévő és jövőbeli kapcsolt szolgáltatás megvalósítása PCM alapon. Eddig a rendszerkonceptiót [69], [70], a bevezetés és alkalmazás lehetőségeit [71], a vezérlési és jelzésátviteli rendszert [72], újabban pedig a digitális koncentrátor tevéit [73] közölték.

Az *ITT tevékenysége* folyamatos. Először egy katonai hálózat épült meg (1967) [32], majd az alkalmazási területek tanulmányozásához két kísérleti berendezést dolgoztak ki: az angliai STC és a francia LCT egy PCM tandem központot épített 1970-ben, amelyet a londoni Moorgate központban üzemeltettek [33, 37], az olasz FACE és a francia LCT 1972-re hibrid végközpontot fejlesztett ki [34, 74]. A két központ tapasztalatait 1974-ben közölték [75].

Az *NSZK-ban* fejlesztés alatt áll a Siemens cég PCM kapcsolófokozata [77], amely legfeljebb 200 primer PCM-rendszer kapcsolására lesz alkalmas. Vezérlése illeszkedik az EWS—1 kapcsolórendszeréhez [76], amelynek bevezetése a közeljövőben kezdődik a a postai hálózatban. Kísérleti PCM-rendszer terveit dolgozták ki a Stuttgarti Egyetemen, amelyből, eddig a koncentrátor és helyi központ [79], valamint az adatkoncentrátor [80] tervei ismeretesek.

*Olaszországban* folyó újabb fejlesztések közül a Telettra cég SINTEL III. rendszerét (1972) említhetjük, jó áttekintést ad a törekvésekről Decina előadása [82]. Csak hivatkozhatunk ehelyütt a Philips cég PDX trónk-központjára (1973) [30], az Angol Posta újabb terveire (1973—1974) [38, 39, 47], az angol GEC hibrid környezetre tervezett PCM központjára (1974) [83] és a Bell Laboratóriumok kísérleti, digitális helyi központjára (1974) [92].

A *KGST* keretében kutatási munkamegosztás alapján foglalkoznak egy integrált digitális hírközlő rendszer létrehozásával. Az elképzeléseket és eredményeket eddig nem publikálták. A TKI mint a program magyar résztvevője tevékenységét szerző cikke mutatja be [49].

### 3.2 Sajátos tervezési szempontok

A PCM távbeszélő-központ és a PCM központokból felépített digitális hálózat tervezése összetett feladat, amely magában foglalja — egyebek között — a PCM kapcsolómező és vezérlésének, a PCM átvitel és kapcsolás illesztésének, a meglévő analóg környezet csatlakoztatásának problémakörét. A PCM kapcsolómező felépítésével és tervezésével részletesen foglalkoztunk. A központi programvezérlés feladatai és nehézségei terén nem látunk alapvető különbséget térosztásos és PCM kapcsolás esetei között. Van azonban a PCM kapcsolástechnikának néhány olyan saját-

tos feladata, amelynek megoldási módja döntő hatással lehet a berendezések szolgáltatásaira és gazdaságosságára.

Az önálló *PCM trónk-központ* tervezésének egyik kulcskérdése a gazdaságos illeszkedés a meglévő analóg környezethez és jelzésátviteli rendszerekhez. A jelzésátviteli információt végső soron a PCM trónk-központ központi programvezérlő berendezése dolgozza fel, azonban a vezérlő tehermentesítése érdekében — a kvázielektronikus központokhoz hasonlóan — célszerű jelzés előfeldolgozó egységeket beiktatni, amelyek azután egységes nyelven érintkeznek a központi vezérlővel. A PCM kapcsolómezőnek három jellegzetes jelzés-végződését definiálhatjuk:

- a jelzésbit előfeldolgozót*, amely PCM átviteli úton a PCM keret 16. időrészében továbbított jelzésbitet kezel és alapvetően az időosztásos rendszerű jelzés adó-vevő, amely állapotváltozásokat detektál és generál [77], [83].
- hangfrekvenciás jelzés adó-vevőket*, amelyek a meglévő analóg környezetből a beszédávon belül közvetített jelzéseket kezelik. Mivel ezek a jelzések is digitális alakban érkeznek, illetve digitális alakban kell a PCM kapcsolómezőhöz kiadni azokat, önként kínálja magát az a lehetőség, hogy az adó-vevők egy csoportjára közösen digitális jelfeldolgozási és jelgenerálási módszereket alkalmazunk. Nagyobb központokban ez a nyilvánvaló műszaki előnyök mellett költségmegtakarítást is eredményezhet. Ez a megoldás a meglévő jelzések kezelésének perspektivikus irányzatának tekinthető [37], [81], [84], [85].
- közös-csatornás jelzésvégzödést*, amely a központi vezérlők közötti együttműködés alapvető eleme. Itt számolni kell mind analóg [89], mind digitális összeköttetésekre kidolgozott jelzésrendszerekkel [87], [88].

A *PCM helyi központ* fő tervezési problémája az analóg-digitál átalakító gazdaságos megvalósítása és célszerű elhelyezése. A PCM helyi központ — mint azt korábban említettük — PCM koncentrátor berendezésekkel és illesztőberendezésekkel kapcsolódik a meglévő, analóg környezethez. Mindkét berendezés tartalmaz PCM multiplex végállomást, amely a pont-pont közötti összeköttetésre tervezett végállomás egységeiből alakítható ki, de rendszerint nem azonos azzal [89]. Mindkét berendezés a PCM helyi központ részének tekintendő, akár azonos épületben vannak, akár nem. Ebből következően alapvető jelentősége van a PCM helyi központ vezérlője és a vezérelt egységek közötti együttműködési és vezérlési információcsere megoldásának. A vezérlési információcsere feladata egyik irányban az analóg tartományban levő megfigyelési pontok letapogatása és állapotinformációinak összegyűjtése, illetve továbbítása, másik irányban pedig a vezérlő utasításainak elosztása és az ugyancsak analóg tartományban levő végrehajtó elemek működtetése. Erre a célra előnyösen használható a digitális összeköttetésekre kidolgozott, közös jelzés-csatornás információcsere, amelynek természetes átviteli közege a PCM vonal nyújtotta, 64 kb/s-os, időosztásos csatorna. Kísérleti PCM hálózatokra már több ilyen jelzésrendszer ismeretes [87, 88, 90, 91],

nemzetközi alkalmazásra szolgáló rendszer kidolgozása folyamatban van.

A PCM koncentrátor berendezés megvalósításának több változata van az analóg-digitál átalakító elhelyezésétől és az alkalmazott kapcsolóelem típusától függően. A mintavételezés, időosztásos multiplikálás és az A/D átalakítás költségei egyelőre csak nagyforgalmú nyalábokban teszik gazdaságossá a PCM alkalmazását, ezért az előfizetői vonalak csatlakoztatása a PCM távbeszélő-központokhoz ma még erősen vitatott kérdés. A nagyfokú integrálás és néhány célszerű műszaki megoldás elősegítheti a PCM kapcsolás kiterjesztését előfizetői vonalakhoz [92].

### 3.3 A PCM kapcsolástechnika bevezetési lehetőségei

A kísérleti PCM távbeszélő-központokkal szerzett tapasztalatok egyértelműen azt mutatták, hogy a PCM kapcsolóberendezések megvalósításának és üzemeltetésének műszaki akadálya nincs. A tárolt programos vezérlés térhódítása mind a térosztásos, mind az időosztásos kapcsolás területén várható. Gazdaságossági számítások arra utalnak, hogy a PCM kapcsolás PCM környezetben mindenképpen, analóg és vegyes környezetben pedig bizonyos feltételek mellett már ma is kifizetődő. A bevezetés feltételei azonban még kialakulatlanok. Néhány alapkérdés:

- milyen összefüggés van a PCM átvitel elterjedésének mértéke és a PCM kapcsolás bevezetésének gazdaságossága között,
- hol helyezjük el az analóg-digitális átalakítót ahhoz, hogy költsége ne rontsa a bevezetés esélyeit,
- hogyan történjék az A/D átalakító fokozatos át-helyezése, illetve elhagyása,
- hogyan valósítható meg az átmeneti vegyes környezet.

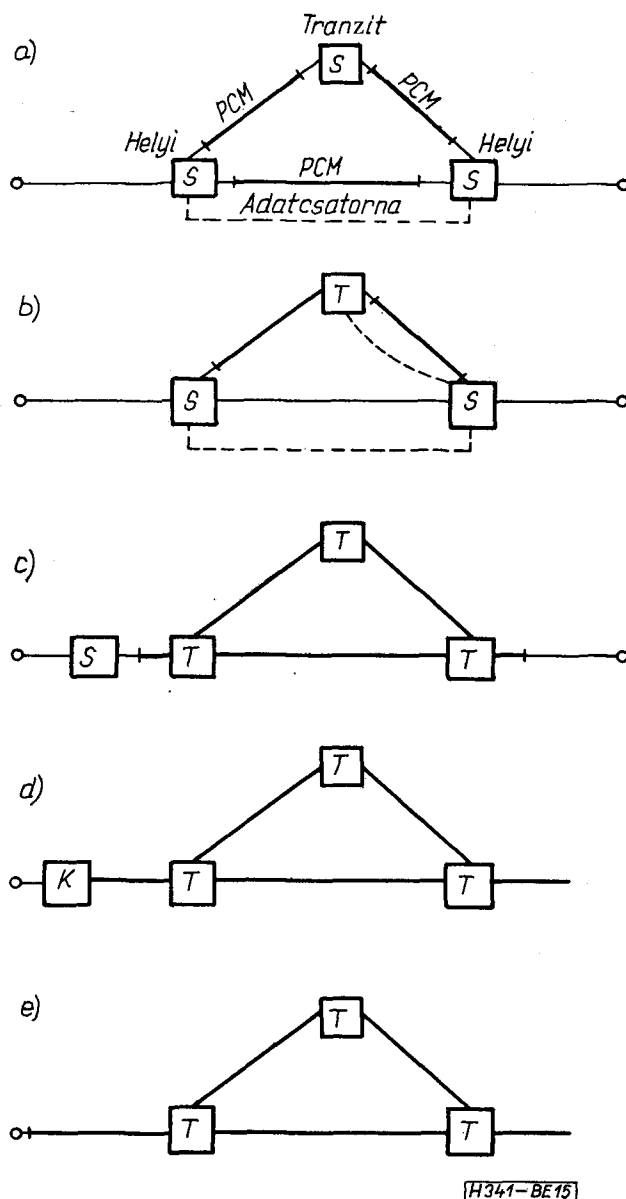
A PCM kapcsolás bevezetésének gazdaságosságára számszerű adatokat az Angol Posta [93, 94], szempontokat a francia CNET [95] közleményeiből ismerünk. Hazai szerzők közül Kóperniczky és Lajtha vizsgálta a rendszerváltás gazdasági feltételeit [96]. Ehelyütt a rendkívül bonyolult problémakör néhány szempontjának kiemelésére vállalkozhatunk.

A bevezetés gazdaságossági megítélését az alkalmazási környezet befolyásolja, nevezetesen az, hogy az adott környezetben milyen mértékben terjedt el a PCM átvitel. A PCM kapcsolás költsége a PCM átvitel terjedésének mértékében csökken. Az Angol Posta számításai szerint kisebb forgalom esetén a PCM 70%-os, nagyobb forgalom esetén 30%-os elterjedése szükséges ahhoz, hogy a PCM kapcsolás a crossbar kapcsolással összevethető legyen [93]. Érdekes adatok nyerhetők annak az elemzéséből, hogyan változik a PCM kapcsolás költsége akkor, ha a két döntő költségtényező — a jelzésátvitel és az A/D átalakítás — pl. 50%-kal csökken [83].

A bevezetés módjait illetően megoszlanak a nézetek. A fokozatos bevezetés lépcsői és ütemezése vitatott. Hálózatbővítési, vezérlési és szolgáltatási szempontból vonzóknak tűnik az *átfedéses (overlay) hálózat* alkalmazása [96]. Ebben a megoldásban a PCM központokat PCM vonalak kötik össze oly mó-

don, hogy ha egy hívás ebben a PCM hálózatban keletkezett, vagy bejutott ebbe a hálózatba, akkor amíg csak lehet, ebben a hálózatban halad. Ezzel megkísérlik elkerülni az ismételt átalakításokat és az új berendezések jól elkülöníthetők a régiektől, kisebb az összekapcsolás költsége és egyszerűbb a régi berendezés kiváltása.

A lépcsőzetes bevezetés vázlatát először Cattermole (1969) vetette fel [97] és az ma is jól tükrözi a PCM távbeszélő kapcsolástechnika perspektíváit (15. ábra). Adott egy 3 központból álló modell térosztásos központokkal és fizikai, vagy vivőhullámú összeköttetésekkel. Tárolt programos vezérlés esetén a központok között adatösszeköttetést is feltételezünk. Az 1. lépcsőben (15/a ábra) pont-pont közötti multiplex összeköttetéseket vezetnek be, így a központok bemenetén és kimenetén A/D átalakítás van. Ezzel a térosztásos központ fokozatosan digitális környeze-



H341-BE15

15. ábra. A PCM kapcsolástechnika fokozatos bevezetése

tet kap. A 2. lépcsőben (15/b ábra) a digitális környezet már indokolja egy PCM központ beiktatását, amely történetesen lehet egy tárolt programvezérlésű, térosztásos központ PCM fokozata is. A 3. lépcsőben (15/c ábra) elképzelhető a kvázielektronikus, vagy egyéb térosztásos előfizetői és PCM tranzit fokozat alkalmazása, esetleg közös vezérléssel. A 4. lépcsőben (15/d ábra) gazdaságos lesz egy időosztásos kapcsolómezőt alkalmazó koncentráló fokozat bevezetése. Az 5. lépcső a teljesen digitális hálózat, a PCM kapcsolás bevezetésének végcélja (15/e ábra). Ez a fejlődés idealizált képe, amelynek 1. lépcsője napjainkban megvalósulás alatt áll a 2. lépcső a belátható jövő fejlesztési eredménye lesz.

#### 4. Értékelés

Áttekintést adtunk a PCM távbeszélő kapcsolástechnika fejlődésének mai állásáról, műszaki feladatairól és bevezetési lehetőségeiről. A téma rendkívül összetett, szerteágazó természete miatt részleteiben csak a PCM kapcsolási módszereket tárgyaltuk és felvettük a PCM távbeszélő-központ néhány sajátos tervezési szempontját. A kutatási-fejlesztési tevékenység áttekintésével és részletes irodalmi hivatkozások feltüntetésével a további tájékozódást szándékoztunk elősegíteni. Ismételtén rámutatunk azonban arra, hogy a PCM távbeszélő-központ kidolgozása, gyártása és üzemeltetése a tárolt programos vezérlés, illetve a közös csatornás jelzés területén elért eredmények átvételét feltételezi és mindenképpen nagy-szabású, vezető cégek közötti, esetleg nemzetközi együttműködést, valamint a postaigazgatás tevékeny közreműködését igényli.

#### I R O D A L O M

- [1] Characteristics of a Primary Multiplex Equipment Operating at 2.048 kb/s. CCITT Green Book. Vol. III. pp. 386—390.
- [2] Blum Endre: PCM végállomások jelzésátviteli kérdései. Híradástechnika, XXV. évf. (1974) 8. sz. 225—233. old.
- [3] Blum Endre: PCM végállomások csatlakoztatása telefonközpontokhoz. A Távközlési Kutató Intézet Évkönyve, 1973.
- [4] Flowers, T. II.: Pulse Code Modulation Exchange Switching. Proc. IEE Vol. 119. (1972) No. 8. pp. 1129—1134.
- [5] Stabon, R.: Überblick über den Stand der Vermittlungstechnik für PCM Signale. Der Fernmelde Ing. 24. Jg. (1970). okt. 15.
- [6] Vaughan, E.: Research Model for Time Separation Integrated Communication. BSTJ. Vol. 36. (1959). pp. 909—932.
- [7] Mornet, P. et al.: Application of Pulse Code Modulation to an Integrated Telephone Network. Electrical Communication Vol. 38. (1962) No. 1. pp. 23—55.
- [8] Härle, P.: Koppelnetze für Zeitmultiplex Vermittlungssysteme. NTZ, 1970. No. 7. pp. 465—471.
- [9] Inose, H.—Saito, T.: An Outlook to PCM Systems and their Calculation by Traffic Theory. 6th ITC, 1970.
- [10] Voyer, P. et al.: Réseaux de connexion temporels à grande capacité. Commutation et Electronique. Mo43. 1973. pp. 52—70.
- [11] Granello, G.: Switching Networks for PCM Time Division Exchange ISS'72. Boston. pp. 81—88.
- [12] Inose, H. et al.: Proc. IEEE, Vol. CS—11 (1963), No. 3. p. 336.
- [13] Walker, E.—Duerdorth, W. T.: Trunking and Traffic Principles of an PCM Telephone Exchange Proc. IEE Vol. 66. (1964). pp. 1976—1978.
- [14] Duerdorth, W. T. et al.: Trunking Systems for PCM Exchange. Proc. IEE Vol. 114. (1967). No. 11. pp. 1623—1629.
- [15] Duerdorth, W. T.: The Possibility of an Integrated PCM Switching and Transmission Network. Colloque Int. de Comm. El. 1966. Paris. pp. 464—479.
- [16] Duerdorth, W. T.: Trunking Systems for PCM Exchanges. 5th ITC. 1967.
- [17] Chapman, K. J.—Hughes, C. J.: A Field Trial of an Experimental Pulse-Code Modulation Tandem Exchange. The Post Office Electrical Engineers' Journal. Vol. 61. (1968). pp. 186—195.
- [18] Harris, A. S.: Digital Switching Systems. The Post Office Electrical Engineers' Journal. Vol. 65. (1972). p. 154.
- [19] Keller, P. R.—Stevens, A. D.: The MARTEX Switching System. Switching Techniques for Telecommunications Network. 1969. London.
- [20] Inose, H. et al.: Time-Slot Interchange in Three-Stage Time Division Switching Networks. Colloque Int. de Comm. El. 1966. Paris, pp. 554—563.
- [21] Inose, H.—Saito, T.: Four-Stage and Five-Stage Switching Networks in an Integrated Communications Network. Switching Techniques for Telecommunications Networks. 1969. London.
- [22] Inose, H.—Saito, T.: Bit Interleaved PCM Transit Switching Network. International Switching Symposium Boston. pp. 45—54.
- [23] Inose, H. et al.: Evaluation of PCM Toll Switching Networks with Partial Access Pulse Shifters. The Seventh International Teletraffic Congress, 1973. Stockholm. Paper No. 631.
- [24] Inose, H. et al.: Time-Division Switching Networks with Partial Access Pulse Shifters Performing Serial to Parallel Conversion. IEEE Trans. on Comm. Vol. COM-20 (1972) No. 4. pp. 762—768.
- [25] Neu, W.—Kündig, A.: Switching, Synchronizing and Signalling in PCM Exchanges. Colloque Int. de Comm. El. 1966. Paris.
- [26] Kündig, A.: A Switching Unit for Integrated PCM Communication. Switching Techniques for Telecommunications Networks. 1969. London.
- [27] Postollec, J.: Le réseau de connexion du système E10. Commutation et Electronique. No. 40 (1973). pp. 14—40.
- [28] Beesley, J. II.: Practical Multistage S—T—Switching Networks. IEEE Trans. on Comm. Vol. COM—21 (1973). No. 8. pp. 919—921.
- [29] Pinet, A. E.: Electronic Switching System E10. L'écho Recherches, English Issue, 1973. pp. 58—70.
- [30] Büchner, R. B.—Milort, W.: The Switching Network of the Philips PDX System. Philips Telecommunication Review. Vol. 31 (1973). No. 3. pp. 118—130.
- [31] Chatelon, A.: A PCM Telephone Exchange Switches Digital Data like a Computer. Electronics, 39 (1966). pp. 119—226.
- [32] Le Corre, J.: Pulse-Code Modulation for Automatic Switching of a Military Network. Electrical Communication, Vol. 42 (1967) No. 3. pp. 357—367.
- [33] Wells, G. W. et al.: A Pulse Code Modulation Trial Tandem Exchange. Electrical Communication, Vol. 44 (1969), No. 2. pp. 122—128.
- [34] Treves, S. R. et al.: Exploratory Pulse Code Modulation Integrated Transmission and Switching System for Local Networks. Electrical Communication. Vol. 47 (1972), No. 2.
- [35] Chen, C. M.: Traffic Analysis of a PCM Switching System. ISS'72, Boston, pp. 275—280.
- [36] Gallagher, E. F.: A Digital Time-Division Switching System. IEEE Trans. on Comm. Techn. Vol. COM—16. (1968). No. 6.
- [37] Perucca, G.: An Experimental Digital Switching System. ISS'74, München, Paper No. 227.
- [38] Duerdorth, W. T.—Cheesman, D. S.: Techniques for an Integrated Digital Network for Telephony. ISS'74, München, Paper No. 226.
- [39] Duerdorth, W. T.: Development of Integrated Digital Communication Networks. Proc. IEE, Vol. 121. (1974), No. 6. pp. 450—456.
- [40] Harris, L.: Time-Sharing as a basis for Electronic Telephone Switching. Proc. IEE, Vol (1956).
- [41] Huber, M.: On the Congestion in TDM Systems. 4th ITC, London, 1964.

- [42] *Huber, M.*: TDM Link Systems with By-Paths for Non-Coincident Switching. 5th ITC, New-York, 1967. pp. 490—496.
- [43] *Jung, M. M.*: Calculations of the Blocking Probability in the Speech Path Network of the Processor Controlled Digital Exchange System. 6th ITC, 1970.
- [44] *Lajtha, Gy.—Mazgon, S.*: Traffic and Economic Design of Networks Based on Time-Slot Interchanging. 7th ITC, 1973, Stockholm.
- [45] *Bear, D.*: Traffic Aspects of Overall Control of a PCM Network. 6th ITC, 1970.
- [46] *Hofstetter, H.—Rokitta, E.*: The Influence of the Path Selection Procedure on the Traffic Capacity of a PCM Switching Network. NTZ, 1972. No. 2. pp. 92—101.
- [47] *Tanaka, M.*: Non-blocking Switching in Integrated PCM Networks. IEEE Trans. on Comm. Vol. COM—21 (1973)
- [48] *Duerdoth, W. T.—Seymour, C. A.*: A Quasi-Non-Blocking TDM Switch. 7th ITC, 1973, Stockholm.
- [49] *Blum, E.*: Illesztési feladatok a PCM technikát integráló távközlő hálózatokban. A Távközlési Kutató Intézet közleményei 1975. (Megjelenés alatt).
- [50] *Miller, M. R.*: A Survey of Theoretical Studies of Digital Network Synchronization Systems. 1972 Zürich Seminar, Paper No. D1.
- [51] *Thomson, D.*: Synchronization of an Integrated Digital Transmission and Switching Network. The Post Office El. Eng Journal, Vol. 64. (1971) No. 3. pp. 190—194.
- [52] *Hanawa, K.*: An Exploratory PCM Switching System DEX—T1. Rev. El. Comm. Lab. Vol. 16 (1968), Np. 3—4. pp. 256—284.
- [53] *Yamauchi, M.*: The Electronic Switching System for Field Trial. Japan Telecomm. Review. 1969.
- [54] *Libois, L. J.*: Experimentation d'un système de commutation électronique intégrées, dans le zone de Lannion. Commutation et Electronique, 1968. No. 20. pp. 7—16.
- [55] *Pinet, A. E. et al.*: Systeme de commutation électronique temporelle. Project Platon. Commutation et Electronique, 1966. No. 12. pp. 22—46.
- [56] *Pouliquen, J. G.*: On an Organization of an Electronic Switching Centre at Lannion. IEE ICC'68. pp. 22—46.
- [57] *Rose, D. J.—Rayner, B. A.*: Experience Gained from the Pulse Code Modulation Tandem Exchange Field Trial Model. Electrical Communication, Vol. 48. (1973) No. 4.
- [58] *Pouliquen, J. G. et al.*: Experimentation du réseau numérique Plato Bilan et perspective de développement. International Zürich Seminar, 1972. Paper No. B2.
- [59] *Loretan, R.—Röthlisberger, J.*: Laboratoriumsmodell einer PCM-Vermittlungseinrichtung mit Programmsteuerung. Bulletin Technique PTT, 1971. No. 6. pp. 393—411.
- [60] *Revei, M.—Merer, J. N.*: Maintenance and Administrative Functions in the E10 System. International Switching Symposium, 1974. Munich. Paper No. 442.
- [61] *Pinet, A. E.*: Introduction of Integrated PCM Switching in the French Telecommunication Network. International Switching Symposium, 1972, Boston, pp. 470—475.
- [62] *Pinet, A. E.*: Telecommunication Integrated Network. IEEE Trans. on Comm. Vol. COM—21. (1973). aug. pp. 916—919.
- [63] *Coudreuse, J. R. et al.*: Systeme E10. Centre de Transit Temporels. Commutation et Electronique, 1973. No. 43. pp. 71—84.
- [64] *Lucas, P.*: Les progres de la commutation électronique dans le monde. Commutation et Electronique. No. 44. janv. 1974. pp. 5—49.
- [65] *Vaughan, E.*: An Introduction to No. 4. ESS. ISS'72 Boston pp. 19—25.
- [66] *Johnson, P.*: No. 4. ESS — Long Distance Switching for the Future. Bell Lab. Record, 1973. sept. pp. 226—232.
- [67] *Ritchie, A. E.*: System Planning for No. 4. ESS. ISS'74 Paper. No. 223.
- [68] *Stahler, R.E.*: „1A Processor” — A High Speed Processor for Switching Applications. ISS'72, Boston.
- [69] *Wuhrman, K. E.*: System IFS—1. An Integrated Telecommunication System. International Zürich Seminar 1972. Paper No. B3.
- [70] *Wuhrman, K. E.*: Le système de telecommunication integre MIC IFS—1. Bulletin Technique PTT. No. 12. 1973. p. 554.
- [71] *Lagadee, R.*: The Introduction of IFS—1 into a Conventional system. IEEE Trans. on Comm. Vol. COM—21 (1973). No. 8. pp. 922—925.
- [72] *Fontollet, P. G.*: Transmission of Control Information in IFS—1. International Zürich Seminar 1972. Paper No. B5.
- [73] *Ryter, F.—Waber, K.*: Digital Concentrator for a PCM Switching System. ISS'74 Paper No. 241.
- [74] *Treves, J. R. et al.*: A PCM Hybrid Terminal Switching Development. ISS'72. Boston, pp. 89—95.
- [75] *Henrion, H. A. et al.*: Experience Gained with a PCM Tandem and Local Exchange Field Trial. ISS'74, Munich, Paper No. 523.
- [76] *Kunze, H. et al.*: Requirements Placed on a Modern Switching System. Solution of the Technical Problems and Introduction of the EWS—1 System. ISS'72, Boston, pp. 195—200.
- [77] *Slabon, R.*: Introduction and Realization of the PCM Switching Network in the EWS Electronic Switching System. ISS'74, München, Paper No. 214.
- [78] *P. R. Gerke—P. Harle—H. Kunze*: The Time-Division Multiplex Switching of Digital Speech Channels. IEEE Trans. on Communications, VOL COM—22 (1974) No. 9. pp. 1271—1275.
- [79] *Katzschner, L. et al.*: An Experimental Local PCM Switching System. IEEE Trans. on Comm. Vol. COM—21. (1973), oct. pp. 1144—1147.
- [80] *Bazlen, D. et al.*: Data Switching in an Experimental PCM Switching System. ISS'74, Munich, Paper. No. 233.
- [81] *Bellman, A.*: An Integrated Time Division PCM Toll Exchange. ISS'72, Boston.
- [82] *Decina, M. et al.*: Prospects for Techniques and Services Integration into the Italian Telecommunications Network. ISS'74 Munich, Paper No. 243.
- [83] *Ward, M. et al.*: A Digital Trunk Exchange in a Mixed Analogue and Digital Environment. ISS'74 Munich, Paper No. 213.
- [84] *Kovai, T.—Gara, G.*: Digital MF Receivers Using Discrete Fourier Transform. IEEE Trans on Comm. Vol. COM—21 (1973) dec.
- [85] *Pitroda, S. G.*: Digital Multifrequency Tone Receivers. ISS'72, Boston. pp. 434—440.
- [86] *Pitroda, S. G.*: Multifrequency Tone Generating System for a PCM Digital Exchange. IEEE Trans on Comm. Vol. COM—19. (1971), No. 5. pp. 588—595.
- [87] *Treves, S. R.*: Common—Channel Start—Stop Signalling System for PCM Integrated Networks. Alta Frequenza, Vol. XXXIX. (1970). No. 5.
- [88] *Lucas, P. et al.*: Signalling in Digital Integrated Networks. ISS'74 Munich. Paper No. 242.
- [89] *Treves, S. R.*: Common—Channel Start—Stop Signalling System for Integrated Networks. Alta Frequenza, Vol. XXXIX. no. 5. may, 1970.
- [90] *U. K. Post Office*: An Approach to Common-Channel Signalling in future Analog and Digital Networks CCITT COM XI. No. 43—E (1974. febr.) Italian PTT: Basic Parameters for the Choice of a New Common Channel Signalling System for Integrated Digital Networks. CCITT COM XI. No. 88—E (1974. jún).
- [92] *McDonald, H. S.*: An Experimental Digital Local Switching System. ISS'74, Munich, No. 212.
- [93] *Beary, D.*: A Long—Term Study of the U. K. Trunk Network. The Post Office EEJ
- [94] *Whyte, J. S.*: The Role of the Integrated Digital Systems in Long Distance Telecommunications. ISS'72, Boston. pp. 464—469.
- [95] *Monton, J. M.*: Domaine d'intérêt économique de la commutation temporelle. L'écho Recherches, No. 73. Juillet, 1973. pp. 56—65.
- [96] *Duerdoth, W. T.*: The Use of Overlay Technique as a Means of Progressing Towards an Integrated Digital Network. International Zürich Seminar, 1972. Paper No. C1.
- [97] *Cattermole, K. W.*: The Impact of Pulse—Code Modulation on the Telecommunication Network. The Radio and Electronic Engineer, Vol. 131. (1969). No. 1.
- [98] *Koperniczky, K.—dr. Lajtha, Gy.*: Rendszerváltozás gazdasági feltételei a távközlő-hálózatokban. Híradástechnika, XXV. évf. (1974) 1. sz. 3—10. old.