

A CSOMAGKAPCSOLÁS ALAPELVEI ÉS A MAGYAR POSTA CSOMAGKAPCSOLÁSI TEVÉKENYSÉGE I.

Horváth Pál

Posta Központi Táviró Hivatal

A Magyar Posta kísérleti csomagkapcsoló központot telepített a Posta Központi Táviró Hivatalban, és 1986-ban megkezdte kísérleti üzemét, mert a VII. ötéves tervben többközpontos nyilvános csomagkapcsolt adatátviteli szolgálatot kíván létesíteni. Ez indokolja országosan a "csomaghálózat" alkalmazására való felkészülést. Ezúttal a csomagkapcsolás alapfogalmaival és a csomagkapcsolt adatátviteli szolgálatokat nyújtó adathálózatok fő jellemzőivel ismerkedünk meg. A következő rész a postai kísérleti központ jellemzőit, a posta fejlesztési terveit és a külföldi adatbankok elérésének távközlési megoldását fogja tartalmazni.

A CSOMAGKAPCSOLÁS ALAPELVEI ÉS A HAZAI NYILVÁNOS ADATHÁLÓZAT ÉPÍTÉSE

A csomagkapcsolás kialakulása

A számítógépek online alkalmazásának, a távfeldolgozásnak a fejlődése az 1960-as évek elejére jutott el arra a szintre, amikor a számítógépet — immár távközlési eszközként — a hozzá távolról, távközlési csatornákon keresztül csatlakozó számítógépek és terminálok közti üzenetkapcsolásra kezdték felhasználni.

A számítógép-vezérelt vonalkapcsoló rendszerekkel szemben — mint pl. a Bell cég ESS No. 1 telefonközpontja — az üzenetkapcsoló rendszereknek egy igen előnyös tulajdonságuk volt: gyakorlatilag bármely, távközlési csatlakozással rendelkező számítógép megtanítható volt — a megfelelő szoftver alkalmazása révén — a kapcsolási funkcióra. Az üzenetkapcsolás elterjedt számítástechnikai alkalmazásának azonban a kapcsolási elvből fakadó súlyos hátrányai is voltak: e működésmód esetén ugyanis a hosszúságukban nem korlátozott teljes üzeneteket tárolják minden közbenső hálózati csomópontban (üzenetkapcsoló központban), mert a következő csomópontba való továbbításukhoz az összekötő áramkör szabadabb válásáig a teljes üzenetet várakoztatják. Bár a módszer az összekötő áramkörök igen hatékony kihasználását eredményezte, a kor technológiai színvonalán ez túlzott tárigénnyel járt, nehezen megoldható tárgydálkodási feladatot jelentett,

nem biztosította a kommunikáló partnerek között az üzenetek sorrendjének megtartását, és jelentős továbbítási késleltetést okozott.

A nyilvános kapcsolt távbeszélő-hálózatra alapozott analóg, vonalkapcsolt adatátviteli működésmód korlátai (alacsony átviteli sebesség, nehezen automatizálható kapcsolatfelépítés, magas hibaarány stb.) és a számítógépes üzenetkapcsolás említett problémái más hálózati működés kikísérletezését tették szükségessé a számítógép-hálózatok kiszolgálására. Ezt a feladatot tűzte ki az USA kormánya a 60-as évek végén az *Advanced Research Projects Agency (ARPA)* vállalkozásnak. A munka eredménye az *ARPANET* nevű kísérleti, csomagkapcsolt, adatátviteli hálózat, mely az új kapcsolási technika első nagy teljesítményű, üzemszerűen használt rendszerben való alkalmazásának tekinthető. A technika kidolgozásában úttörő szerepet játszott *Lawrence G. Roberts*, aki a 60-as évek elejétől 1973-ig az ARPA projekt egyik igazgatója volt. Szakismeretei nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy a TELENET-hálózat fejlesztésébe 1973-ban való bekapcsolódásával meggyorsult az USA akkoriban legnagyobb nyilvános csomaghálózatának a fejlődése. A TELENET-hálózat 1975-től áll az előfizetők rendelkezésére. A csomagkapcsolási technika kifejlesztésében nagy szerepet játszott az angol *National Physical Laboratory* is, amelynek a szakterületen ki-

emelkedő munkát végzett munkatársai *Davies* és *Barber* hazai szakmai körökben is jól ismertek, részben itt tartott előadásaik, részben magyarul is megjelent könyveik révén [1, 2].

A magas áramkör-kihasználási hatékonyság, kis hálózatkésleltetés, hatékony hibavédelem, és más, később részletezendő tulajdonságai következtében a csomagkapcsolás gyorsan tért hódított, és a zárt célú hálózatok után egyre gyorsuló ütemben nyíltak meg a nyilvános csomagkapcsolt adathálózatok. Napjainkra lényegében minden fejlett és közepesen fejlett kapitalista országban van nyilvános csomaghálózat. Az európai szocialista országokban intenzív munka folyik elsősorban zártcélú hálózatok építésére alkalmas csomagkapcsoló eszközök fejlesztésére, de az NDK-ban és hazánkban a nyilvános csomaghálózat fejlesztésén van a hangsúly.

A *CCITT*, a postaigazgatások és az elismert távközlési magántársaságok nemzetközi szabványosítási szervezete 1976-ban adta közre az adatvégberendezések nyilvános csomaghálózatokhoz való csatlakoztatásának jellemzőit meghatározó *X. 25 ajánlás* első változatát. Majd az ajánlás újabb változatai jelentek meg az 1980. évi *Sárga könyvben* és az 1984. évi *Vörös könyvben*, továbbá kidolgozták a csomagkapcsolt adathálózatok jellemzőit meghatározó ajánlások egész sorozatát [3, 5].

A Magyar Posta adathálózat-építési elvei és gyakorlata

A Magyar Posta Európában az elsők közt, 1981-ben üzembe helyezte *adathálózatát* [6]. Az adathálózat kifejezetten az adatátvitel szempontjai szerint tervezett *távközlési hálózat*. Hálózatépítő tevékenységét a posták egy része csomagkapcsolt adathálózattal (pl. Spanyolország, Franciaország, Anglia), mások vonalkapcsolt hálózattal (pl. NSZK, Ausztria, skandináv országok) kezdték. Magyarországon az utóbbiak közé tartozik. Míg a többi, adathálózatot építő országban a számítástechnikai alkalmazások fejlődése, addig hazánkban a távközlési infrastruktúra fejletlensége tette szükségessé az adathálózat kiépítését. Évtizedünk elejére a távbeszélőhálózat mennyiségi és minőségi hiányosságai a hazai adatátviteli alkalmazások fejlődésének akadályává váltak. Mivel nem volt mód arra, hogy az elosztott számítástechnikai rendszerek alkalmazásba vétele bevárja a távbeszélő-hálózat jelentős, országos méretű átfogó fejlesztésének eredményeit, egyetlen lehetőségként kínálkozott, hogy a távbeszélő-hálózat hiányosságait elbírní nem képes táv-adatfeldolgozó rendszerek számára a Magyar Posta önálló adathálózatot építsen. Az adathálózat

– bár ugyanazt a távközlési alaphálózatot, azaz városi kábeleket, nagy távolságú koaxiális kábeles vagy mikrohullámú átviteli rendszereket stb. használja, mint a távbeszélő- vagy a telephálózat – a megfelelő tervezés és az alkalmazott külön adathálózati eszközök tulajdonságai következtében jelentős mértékben képes elfedni a használt alaphálózat hátrányos tulajdonságait (áramkörök megbízhatósága, zajok), és jó minőségű szolgáltatást tud nyújtani. A fentieknek megfelelő postai adatátviteli, szolgáltatásfejlesztési koncepció a következőkben foglalható össze [7]:

- ◆ a Magyar Posta az adatátviteli igények jó minőségű kielégítési lehetőségét az *adathálózati szolgáltatások* rendelkezésre bocsátásában látja;
- ◆ az adathálózatban az előfizetők és a posta érdekeit egyaránt szem előtt tartva *teljes* szolgáltatást kíván nyújtani, vagyis az előfizetőknek az adatvégberendezések csatlakoztatására alkalmas digitális interfészt ad (a modem beszerzése, üzemeltetése nem előfizetői feladat);
- ◆ a hálózaton mindhárom, a *CCITT*-ben specifikált adatátviteli szolgálat: a *vonalkapcsolt*, a *csomagkapcsolt* és a *bérelt vonali szolgálat* megvalósítását tervezi.

Ezek az elvek integrált *digitális táviró- és adathálózat* (IDA) valósulnak meg. Az IDA alapja egy egységes adathálózati átviteltechnikai rendszer, mely mindhárom hálózati működésmódot egyaránt szolgálja. Ez az ún. adat-átviteltechnikai hálózat az átviteli utak hatékony kihasználására időmultiplex átviteltechnikai berendezéseket használ, az átviteli lehetőségek magas rendelkezésre állását pedig riasztási és távvezérelt vizsgálati lehetőségekkel rendelkező centralizált fenntartási rendszerrel segíti elő. Az adat-átviteltechnikai hálózat önmagában biztosítja a bérelt vonali szolgálat, a vonalkapcsoló, ill. csomagkapcsoló központokkal kiegészítve a megfelelő kapcsolt szolgálatok működési feltételeit.

Az IDA terveinek jelentős része elkészült, megvalósítása a VII. ötéves tervben kezdődik el. Az IDA bevezetésétől kezdve a ma általánosan használt terminológia módosítása válik szükségessé: nem lehet majd vonalkapcsolt, csomagkapcsolt stb. hálózatról beszélni, hanem hazánkban egyetlen, egységes adathálózat lesz, az IDA, amelyen az említett mindhárom szolgálat megvalósul majd.

Érdeemes megvizsgálni, hogy miért van szükség mindhárom adathálózati szolgálatra. Az egyes hálózati működésmódok tulajdonságait elemezve arra a következtetésre juthatunk, hogy különböző távadatfeldolgozási és számítógép-hálózati alkalmazások műszaki és gazdasági szempontok alapján más-más távközlési feltételek mellett működhetnek optimálisan. A műszaki szempontok közül fontos a kap-

csolás szükségessége, a megengedett kapcsolatfelépítési idő és hálózati késleltetés, az átviendő adatmennyiség, az igényelt átviteli sebesség, a párbeszéd üzem szükségessége. A gazdaságossági viszonyok — bár erősen függenek a postaigazgatás tarifapolitikájától — végső soron visszavezethetők az előző műszaki tényezőkre, és első közelítésben az igénybe vett adathálózati technológia teljesítményével és bonyolultságával arányosak.

A kapcsolt távbeszélő-hálózatra érdemes telepíteni a kevés hívással járó, kis sebességű interaktív alkalmazásra alapozott, igen sok terminált kiszolgáló kívánó rendszereket, ahol a távközlési költségeket alacsonyan kell tartani, és a telefonszolgálati hiányosságok még eltűrhetők.

A vonalkapcsolt adathálózaton optimális feltételek között működhetnek a gyors kapcsolatfelépítést igénylő, nagy adattömegeket nagy blokkokban különböző partnerek közt mozgó számítógépes rendszerek.

A csomagkapcsolás optimális feltételeket kínál minden olyan, viszonylag rövid adatblokkokkal működő alkalmazásnak, ahol az adó kevésbé aktív, azaz az idő nagyobb részében az adó nem küld adatblokkokat. A csomagkapcsolás velejárója ugyanis a fizikai átviteli úton logikai csatornák képzésével járó csomagátviteli (multiplexálási), azaz nyálábolási lehetőség, amely azt használja ki, hogy míg az egyik logikai csatornához rendelt adó "csendben van", addig az átviteli utat egy másik adó veszi igénybe a saját logikai csatornáján. Így az átviteli utak kihasználása igen jó, ami a postai díjszabásban úgy mutatkozik meg, hogy a csomagátvitel díjai függetlenek a távolságtól. Mivel azonban a csomagkapcsoló központban minden adatcsomag kezelése tárkapacitást és feldolgozási teljesítményt köt le, a fizetendő díj az átvitt adatmennyiséggel arányos. A csomagkapcsolt hálózat tehát igen kedvező feltételeket teremt nagy távolságban működő interaktív alkalmazások számára, nagy adattömegek mozgására azonban nem igazán előnyös.

Az előfizetői igények egy része nem elégíthető ki kapcsolt hálózaton. Az ok lehet egyszerűen az, hogy az adatvégeberendezés nem kezeli a kapcsolt hálózatok vezérléséhez szükséges algoritmusokat, vagy pedig csupán két partner állandó összerendeléséről van szó (bár ilyenkor az előnyösebb díj miatt gyakran mégis jobban megéri kapcsolt hálózatot alkalmazni; egy vidéki terminál bekötése egy budapesti számítógéphez ma például általában olcsóbb a vonalkapcsolt adathálózaton, mint bérelt áramkörön). Az igen nagy átviendő adatmennyiség, az adó nagy aktivitása vagy az igényelt nagy átviteli sebesség és az azonnali rendelkezésre állás követelménye egyaránt bérelt vonal alkalmazását indokolja.

Kapcsolt adathálózati működésmódok összehasonlítása

A kapcsolt adathálózatok fő rendszerlemei a kapcsolóközpontok, valamint az előfizetőket a központokkal és a központokat egymással összekötő vonalszakaszok (1. ábra).



DTE (Data Terminal Equipment): adatvégeberendezés
DSE (Data Switching Exchange): adatkapcsoló központ
L1–4: vonalszakasz
L1, L4: előfizetői vonal
L2, L3: összekötő vagy trónk áramkör

1. ábra Kapcsolt adathálózaton felépített összeköttetés vázlatja

Az adathálózat jellemzőit erősen befolyásolja a vonalszakaszokon alkalmazott átviteli és a kapcsolóközpontokban használt kapcsolási mód. Mindkét feladat megoldására több mód van, így igen változatos hálózatépítési lehetőségek kínálkoznak.

Az átviteli módszer a hálózat egyes vonalszakaszain a jelátviteli csatornák képzésének a módszerét jelenti. A csatorna a fizikai vonalszakaszokon képzett, a vonalszakasz jelátviteli képességei fizikai vagy logikai aláosztásával (multiplexálás), azaz nyálábolással kialakított jelátviteli eszköz. A csatorna vagy a teljes együttműködési idő alatt a kommunikáló partnerek kizárólagos rendelkezésére áll, vagy pedig csak egy üzenet vagy adatcsomag átvitelének az idejére foglalódik be a partnerek számára. Az átviteli utak kihasználási hatékonyságának a növelésére a nyálábképzési módszerekkel egy fizikai úton több csatornát alakítanak ki. A többszörös átviteli lehetőségek képzésének fő módszerei:

- ◆ *térelosztás*: az együttműködés teljes időtartamára kizárólagosan használt fizikai vonalszakaszok kötik össze az együttműködő partnereket;
- ◆ *frekvenciaosztás*: az átviteli út sávzélességét modulációs és szűrési technika alkalmazásával több kisebb sávzélességű csatornára osztják, melyeket az együttműködés teljes időtartamára az együttműködő partnerekhez rendelnek;
- ◆ *időosztás*: az egyes csatornák ciklikusan ismétlődő időréseket (általában egy bit vagy egy oktett terjedelmű pillanatnyi átviteli kapacitást) kapnak az átviteli út digitális jelfolyamából, a csatorna az együttműködés teljes időtartamára le van foglalva;

- ◆ *statisztikus időosztás*: az időosztás dinamikus időrés-hozzárendeléssel kiegészített változata, melyben az időrés csak akkor szolgálja az adott kommunikációs partnereket ("csatornát"), amikor azok ténylegesen adatokat cserélnek, egyébként más párkapcsolatok is igénybe veszik;
- ◆ *blokkosztás vagy csomagnyalábolás*: az átviteli út teljes átviteli kapacitása az adott előfizetői párkapcsolatot szolgálja egy-egy korlátozott terjedelmű adatmennyiség, ún. adatcsomag átvitelének az idejére, egyébként az átviteli út más párkapcsolatok rendelkezésére áll.

Az első három átviteli módszer tetszőleges bitsorozatok átvitelére alkalmas (transzparens), a statikus időosztás korlátozott transzparenciával rendelkezik, míg a csomagnyalábolás nem transzparens (mivel csak kötött méretű és formátumú csomagok kezelésére alkalmas, de a csomagok adatmezéjében bármilyen bitsorozat átvihető). Az adathálózatok építésének korai szakaszában nagy jelentőséget tulajdonítottak a teljes hálózat transzparenciájának, amit a hálózatra kapcsolt adatvégberendezések együttműködési algoritmusainak (protokolljainak) alacsony szabványosíthatósági szintje indokolt. A szinkron vonalkapcsolt adathálózatok (mint amilyen a Magyar Posta jelenlegi adathálózata is) ennek az elvnek megfelelően készültek. Ez azzal az előnnyel jár, hogy a hálózat tetszőleges protokollal működő terminálok és számítógépek kiszolgálására alkalmas. A vonalkapcsolt hálózatok alapvető nyálábképzési (multiplexálási) technikája az időosztás. A csomagnyalábolás nem transzparens volta csomagműködésű terminálok alkalmazását teszi kötelezővé. Nem csomagműködésű terminálok csak megfelelő konverterrel (PAD: Packet Assembly/Disassembly = csomag-összeállító és -felbontó berendezésen keresztül) csatlakozhatnak a csomagkapcsolt adathálózatokhoz.

A kapcsolási mód a kapcsolóközpontokhoz csatlakozó vonalakhoz képzett fizikai vagy logikai csatornák közti összerendelés módszerét jelenti. A két szokásos módszer:

- ◆ *vonalkapcsolás*: egy bejövő áramkör az adatátvitel teljes időtartamára össze van rendelve egy vele azonos sebességű kimenő áramkörrel; a kapcsolat bitenként vagy karakterenként, vagy karakterektől független 8 vagy 10 bites adategységként történik (a Magyar Posta NEDIX 510A típusú központja 8 bites egységeket kapcsol) [8];
- ◆ *csomagkapcsolás*: a központhoz csatlakozó vonalak között a kapcsolatteremtés csomagok átvitelével jön létre (a csomagméret néhányszor tíz vagy száz karakter); a teljes csomagot átmenetileg tárolni kell a kapcsolóközpontban, de az egy üzenethez tartozó több adatcsomagot egymástól függetlenül lehet tárolni és kapcsolni.

Az átviteli (multiplexálási) és a kapcsolási módszerek kombinációi közül a gyakorlat két párosítást emelt ki, a már említett időosztás/vonalkapcsolást a vonalkapcsolt szolgálat számára és a csomagmultiplexálás/csomagkapcsolást a csomagkapcsolt szolgálat számára. A párosításból következnek a szolgálatok jellemzői:

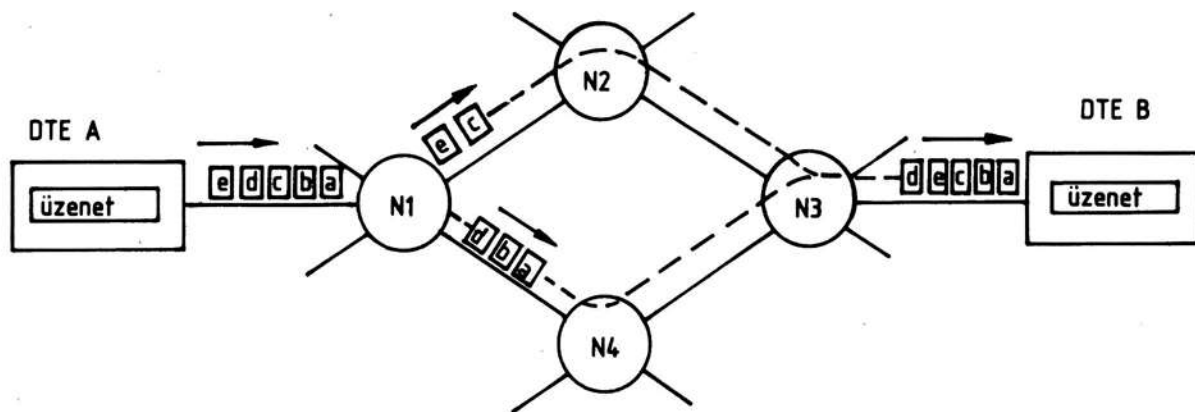
- ◆ *vonalkapcsolt szolgálat*
transzparens átvitel;
azonos sebességű előfizetők összekapcsolhatósága;
nincs hibavédelem;
alacsony, állandó hálózati késleltetés;
állandó átviteli kapacitás;
nincs adatelvesztés, sorrendcsere;
adatátvitel közben minimális hálózati (tároló és feldolgozó) intelligenciagigény;
az átvitelt kapcsolatfelépítési fázis előzi meg, és bontási fázis követi.
- ◆ *csomagkapcsolt szolgálat*
kötött formátumok;
algoritmusok (protokoll) kötelező használata;
kód- és sebességkonverzió lehetősége;
protokollkonverzió lehetősége;
magasabb, nem állandó hálózati késleltetés;
adatelvesztés, sorrendcsere lehetősége;
védelmi eljárás a vonali bithibák ellen;
adatátvitel közben jelentős hálózati (tároló és feldolgozó) intelligenciagigény;
hibákból és meghibásodásokból való automatikus visszatérés lehetősége.

Mindkét szolgáltatnak vannak előnyei is és hátrányai is a másikkal képest, így optimumot keresni csak adott adatátviteli alkalmazás szempontjából lehet. A nemzetközi hálózatépítési gyakorlat azonban a csomagkapcsolás erőteljes térhódítását mutatja, aminek okait a tárcapacitás és a feldolgozási teljesítmény jelentős árcsökkenésében, valamint a nagy, osztott rendszerek szabványosításában elért haladásban kell keresni. A hálózat transzparenciája nem követelmény többé, ugyanakkor az adatvégberendezések működését az új szabványok is a csomagkapcsolt szolgálatra (OSI-hálózati rétegszolgálat, lásd később) irányítják.

Csomaghálózatok működése

A csomaghálózat működését és működési problémáit a 2. ábrán egy egyszerű hálózati modellen mutatjuk be.

Az A jelű csomagüzemmódú terminál a B terminálnak elküldendő üzenetet öt megfelelő méretű, formátumú és a megfelelő rendeltetési címmel ellátott csomagra bontja. Az N1 csomópont a hálózat pillanatnyi állapotától függően vagy az N2-n, vagy



N1 – N4: hálózati csomópontok (node-ok), azaz csomagkapcsoló központok (PSE).

2. ábra Csomaghálózati modell

az N4-en keresztül továbbítja a rendeltetési N3-nak a csomagokat. A példán a hálózati késleltetések eltérései és ingadozása következtében az e és a d jelű csomagok sorrendje felcserélődött.

Az eredeti üzenet előállításához a sorrendhibát a B terminálnak kell kiküszöbölnie. Ennek az egyszerű hálózati megoldásnak több hátránya van:

- ◆ mivel minden csomag viszi a teljes címet és a vele kapcsolatos kiegészítő információkat, a csomag hasznos adattartalma és ezzel a vonalkihasználtság relatíve lecsökken;
- ◆ mivel minden csomag önállóan irányítódik minden csomópontban, a csomóponti feldolgozási késleltetések minden csomópontban megnövelik a hálózati késleltetést és a feldolgozási teljesítményt is;
- ◆ nincs védelem a csomagrend felcserélődése ellen;
- ◆ nincs védelem a csomagok elvesztése ellen hálózati zavarok esetén, vagy akkor, ha a csomópontok vagy a fogadó DTE nem képesek fogadni és feldolgozni a küldő DTE számukra túlságosan intenzív csomagfolyamát.

A fenti problémák kiküszöbölésére a CCITT az alábbi jellemzőkkel rendelkező működésmódot javasolja:

- ◆ a hívó DTE a közte és a saját hálózati csomópontja közti előfizetői csatlakozás egyik szabad logikai áramkörén a hívott címevel ellátott hívócsomagot küld;
- ◆ a hívócsomag a csomópontok irányítási táblái által meghatározott úton végigmegy a hálózaton a címzettig, és ennek eredményeképpen a hívócsomag által bejárt vonalszakaszok és a csomópontok logikai csatornáinak láncolatán létrejön a hívót a hívóval összekötő virtuális áramkör (VC = virtual circuit);

- ◆ a virtuális áramkör és az azt alkotó logikai csatornaszakaszok közti összerendelést a VC-ben részt vevő csomópontok a VC bontásáig megtartják, mert a bontást külön bontócsomag végzi;
- ◆ az adatcsomagok teljes hívott DTE-címet nem hordoznak, csupán a hivatkozásként egyértelmű szakaszonkénti logikai csatornasorszámot;
- ◆ egy csomagsorszámozási mechanizmus alkalmazása révén a hálózat biztosítja a csomagok sorrendhelyes kézbesítését a címzetthez;
- ◆ forgalomvezérlési eljárás alkalmazásával a csomagfolyamot fogadó csomópontnak és a vevő DTE-nek egyaránt módja van a csomagok küldési gyakorisága számukra elfogadható értékét a csomagok küldőjére rákényszeríteni;
- ◆ ha a forgalomvezérlési eljárás egyidejű alkalmazásával a kommunikáló partnerek véletlenül mindkét irányban letiltanak a csomagküldést, az így kialakult holtponthelyzet feloldható az ún. megszakítási csomag küldésével; ez a csomag a forgalomvezérlési mechanizmus megkerülésével értesítheti a partnert a csomagküldés felújításáról;
- ◆ az igen rövid kapcsolatfelépítési időt igénylő és a kevés adatot közvetítő alkalmazásoknál a hívó és a bontócsomag is vihet felhasználói adatokat (gyorsválasztás vagy fast select opció):

A fentiek egyben a csomaghálózatok DTE/DCE interfészét specifikáló X.25 CCITT-ajánlás legfontosabb jellemzőit is ismertetik (DCE = Data-circuit Terminating Equipment; az adathálózatnak a DTE-hálózathoz csatlakoztatásra szolgáló berendezése) [9].

Állandó DTE/DTE partnerkapcsolat kiszolgálására lehet állandóan kijelölt virtuális áramkört (PVC = Permanent Virtual Circuit) használni. A DTE-k közti logikai kapcsolatfelvételt ekkor nem kell virtu-

ális hívásfelépítési eljárással kezdeni és bontási eljárással lezárni.

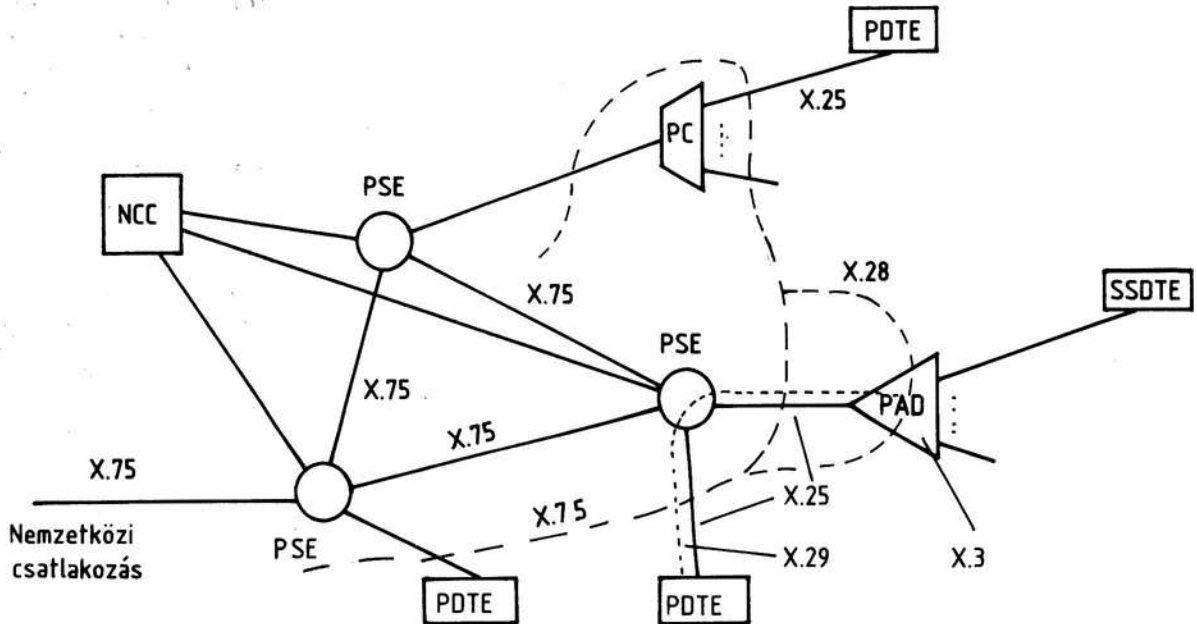
Csomaghálózatok felépítése és protokolljai

A csomaghálózatok építőelemei (3. ábra):

- ◆ **csomagkapcsoló központ (PSE):** csomagkapcsolásra kiképzett adatátviteli kapcsolóközpont, azaz csomagüzemmódú DSE;
- ◆ **csomagkoncentrátor (PC):** több csomagüzemmódú adatvégberendezés X.25 szerinti csatlakozását a csomagközpont egyetlen bemenetére illeszti;
- ◆ **csomag-összeállító és -felbontó berendezés (PAD):** a nem csomagüzemmódú adatvégberendezéseket illeszti a csomagkapcsoló központ X.25 típusú előfizetői interfészehez;
- ◆ **hálózatvezérlő központ (NCC = Network Control Centre):** ellenőrzi, vezérli, optimalizálja a hálózat működését, irányítja a ki-, be- és átkapcsolásokat, segédfunkciókat teljesít (pl. új működtető SW, a forgalomirányító és előfizetői adattáblák betöltése a PSE-kbe, díjazási adatok begyűjtése az adatközpontoktól stb.);

- ◆ **átviteli utak;**
- ◆ **adatátviteli berendezések.**

A X.25 és X.75 ajánlások, helyesebben az általuk leírt interfészek és együttműködési algoritmusok réteges struktúrájának pontosabb értelmezése végett érdemes kis kitérőt tenni a korszerű osztott számítástechnikai rendszerek architektúrája területére. A táv-adatfeldolgozó rendszerek és a számítógéphálózatok e szakterület rövid múltja alatt is képesek voltak felépítésükben, funkcióikban, működésükben hallatlanul bonyolulttá válni. A bonyolult rendszerek a fejlesztés és a használat közben egyaránt nehezen kezelhetők. Elterjedt módszer ezért a bonyolult rendszerek egyszerűbb, kezelhetőbb, önálló részekre bontása. A részekre bontás azt a célt is szolgálja, hogy valamely rész módosítása anélkül legyen végrehajtható, hogy lényeges hatást gyakorolna más részek működésére. Az ISO és a CCITT egymással összehangolt munkája a *nyílt rendszerek összekapcsolása (OSI = Open Systems Interconnection)* referenciamodelljének kidolgozásához vezetett. A referenciamodell egységes szemléletet ad a rendszerek leírására, és elég rugalmas ahhoz, hogy a legkülönbözőbb alkalmazásoknál érvényesíthető legyen. A referenciamodellnek és az azt kiegészítő, részletező szabványoknak és ajánlásoknak megfe-



- PDTE: packet DTE
- SSDTE: start-stop DTE
- PSE: csomagkapcsoló központ (Packet Switching Exchange)
- X.25: csomagüzemmódú adatvégberendezések és a csomaghálózati DCE közti interfészespecifikáló CCITT-ajánlás
- X.75: a csomagközpontok közötti, hálózaton belüli protokollt specifikáló CCITT-ajánlás
- X.28: start-stop (aszinkron) terminál és a PAD közt használt protokollt specifikáló CCITT-ajánlás
- X.29: csomagműködésű adatvégberendezés és a PAD közti protokollt specifikáló CCITT-ajánlás
- X.3: a PAD működését meghatározó CCITT-ajánlás

3. ábra A csomaghálózat felépítése és protokolljai

lelő rendszerek — még ha különböző fejlesztők és gyártók termékei is — együttműködésre képesek egymással, tehát nyíltak [10, 11].

A referenciamodell az ún. réteges építmény elvén alapul. A rendszer (számítógép, szoftver, perifériák, terminálok, személyzet együttese) — legyen az akár vég-, akár csomagkapcsoló (köz-benső, ún. ismétlő) — véges számú rétegből áll. A teljes architektúrára az *OSI-szabványok* 7 réteget definiáltak. Az egyes rétegek az adott rendszeren belül csak az alattuk és felettük levő réteggel kommunikálnak. Saját funkcióinak a teljesítéséhez minden réteg igénybe veszi az alatta lévő réteg szolgáltatását, míg ő maga is szolgáltatást nyújt a felette levő rétegeknek. Az egymásra épülő rétegek egy rendszeren belüli együttműködését a rétegszabványok határozzák meg. Különböző rendszerek azonos rétegbeli funkciói a rétegprotokollok révén, távközlési úton működnek együtt. A protokollok hierarchiába vannak rendezve, amit funkcionális egymásra épülésük és a vonali adatok szerkezete is kifejez.

A referenciamodell hét rétegének funkciói:

- ◆ *Fizikai réteg* — a modell legalsó rétege; bitfolyamok transzparens bitsoros átvitelét végzi valamely fizikai hordozó közegen képzett áramkörön az együttműködő nyílt rendszerek között.
- ◆ *Adatkapcsolati réteg* — a vonali bithibák hatása elleni védelmet segíti elő.
- ◆ *Hálózati réteg* — az adatfolyam irányítása és kapcsolása révén a csomagok adatmezején elhelyezett adatokat transzparens módon közvetíti az együttműködő nyílt rendszerek között.
- ◆ *Szállítási réteg* — feladata a végrendszerek közti adatátvitel jellegének megfelelően az átvitel megkívánt megbízhatóságának és gazdaságosságának elérése; a szállítási rétegek közti szállítási rétegprotokoll közvetlen kapcsolatot teremt az adathálózatokon keresztül együttműködő, nyílt rendszerek között: ez a legalacsonyabb szintű vég-vég protokoll; a szállítási rétegfunkcióknak kell elfedniük a felsőbb rétegek előtt azoknak a hálózatoknak a jellemzőit, amelyeken át az adat-összeköttetés felépült.
- ◆ *Viszonyréteg* — a végrendszerek együttműködését, párbeszédeit szinkronizálja, koordinálja.
- ◆ *Megjelenítési réteg* — feladata az átvitt adatoknak a vevő számára megfelelő, felismerhető, felhasználható alakra való átalakítása.
- ◆ *Alkalmazási réteg* — meghatározza annak a vég-vég viszonylatú együttműködésnek a jellegét, amelyet a felhasználói szolgáltatások kielégítése igényel.

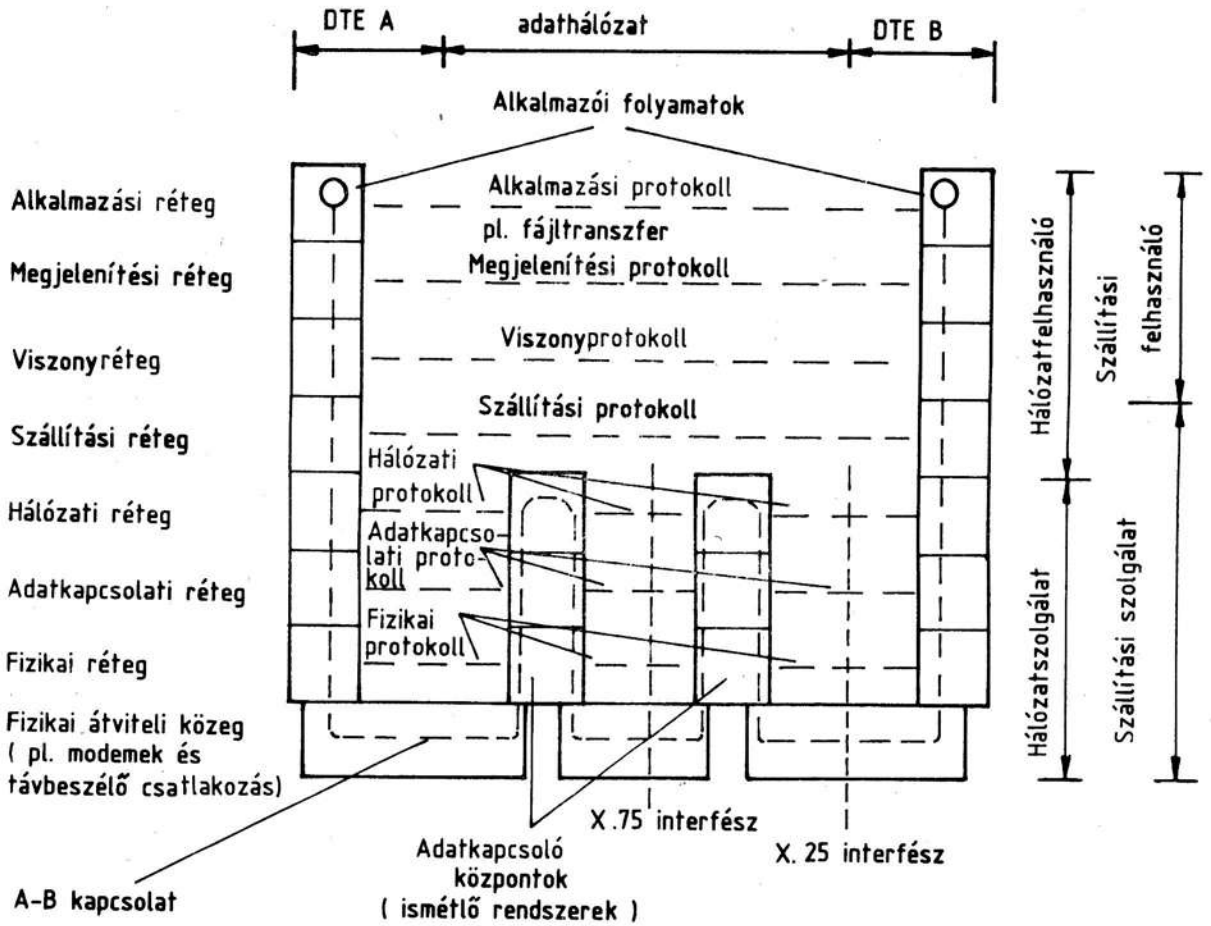
A 4. ábrán láthatóan az azonos rétegek közti protokollok vízszintes jelölése *logikai* kapcsolatot

jelent a protokoll által összekötött rendszerek között. A rendszerek együttműködése ténylegesen a szaggatottan jelölt A—B kapcsolaton valósul meg, amelyhez szükség van a végrendszereket az ismétlő rendszerekkel (csomagkapcsoló központokkal), és az ismétlő rendszereket egymással összekötő fizikai közegre. A távoli rendszernek küldendő adatok az architektúrában a felső rétegek felől “ereszkednek alá”, miközben minden réteg hozzáadja a felülről kapott adatelemhez (melyet protokoll adatelemnek nevezünk) a saját rétegprotokollja által meghatározott és a rétegen belüli együttműködéshez szükséges kiegészítő információt (a fejrészt és esetleg a zárórészt is, lásd 5. ábra).

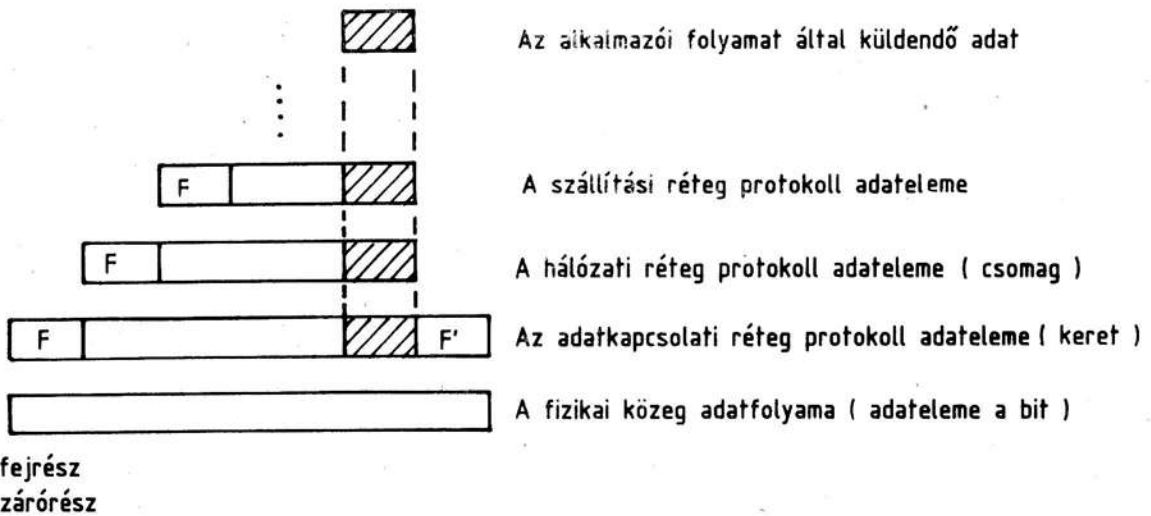
A csomagkapcsolt adatátviteli szolgáltatást nyújtó adathálózat legmagasabb szintű adatelemként a hálózati réteg adatelemét, a *csomagot* kezeli. Ennek a fejrésze tartalmazza a csomag hálózaton belüli irányításához, a hálózatból igényelt különszolgáltatás (pl. zárt csoport) megjelöléséhez és a hálózati szintű összeköttetés fenntartásához szükséges további információkat, amelyekkel a végrendszer hálózati rétege egészíti ki a szállítási protokoll adatelemét. A csomag adatmezeje mindazt az információt — benne a felhasználói adatokat is — tartalmazza, amit a felsőbb rétegek az alattuk levő rétegek továbbításra leadtak. A csomag adatmezeje változtatás nélkül jut át az adathálózaton az “A” végrendszerből a “B” végrendszerhez: a csomagközvetítés tehát a felhasználói adatokra “transzparens”.

A hálózati, az adatkapcsolati és a fizikai szintű protokollok szakaszosan működnek, azaz nem közvetlenül kötik össze a végrendszereket. A transportprotokoll az a legalacsonyabb szintű vég-vég protokoll, amelynek kitüntetett szerepe van a protokollok között, mert ő a felelős a végrendszerek között az adatok szállításának vezérléséért. A végrendszerek felsőbb rétegei számára a hálózati szolgáltatás az az adatátviteli szolgáltatás, amelynek létrehozásában az adathálózat aktívan közreműködik, és befolyásolja e szolgáltatás jellemzőit.

Ha a felső négy réteg együttesében megjelenő hálózati felhasználó nem tartja elfogadhatónak a felhasználói folyamat kiszolgálásához a hálózati szolgáltatás minőségét, akkor azt a szállítási réteg működése révén — a szállítási rétegprotokoll segítségével — egy elfogadható minőségű szállítási szolgáltatásba képezi le, amelynek a minősége már — elvileg — független a hálózat minőségétől. Például megfelelő szállítási protokoll alkalmazásával el lehet érni azt is, hogy a hálózati működési hiba következtében a hálózat által időről időre lebontott hálózati összeköttetésekről a felsőbb rétegek ne szerezzenek tudomást, mert a hálózati összeköttetést a szállítási réteg újra és újra felépíti, így a szállítási összeköttetés fo-



4. ábra Nyílt rendszerek OSI-referenciamodeli szerinti felépítése



F: fejrész
F': zárórész

5. ábra A hálózatban mozgó adatelemek egymásra épülése

lyamatos marad, az eseményekről a felsőbb rétegek nem szereznek tudomást. Ez az elv megengedi, hogy az adathálózatok minőségét és az ezzel összefüggő, általában igen magas költségeket ésszerű szintre korlátozzák, mivel a megfelelően tervezett végrendszerek bizonyos mértékig "önkiszolgálók" a szállítási szolgálat minőségének elérésében.

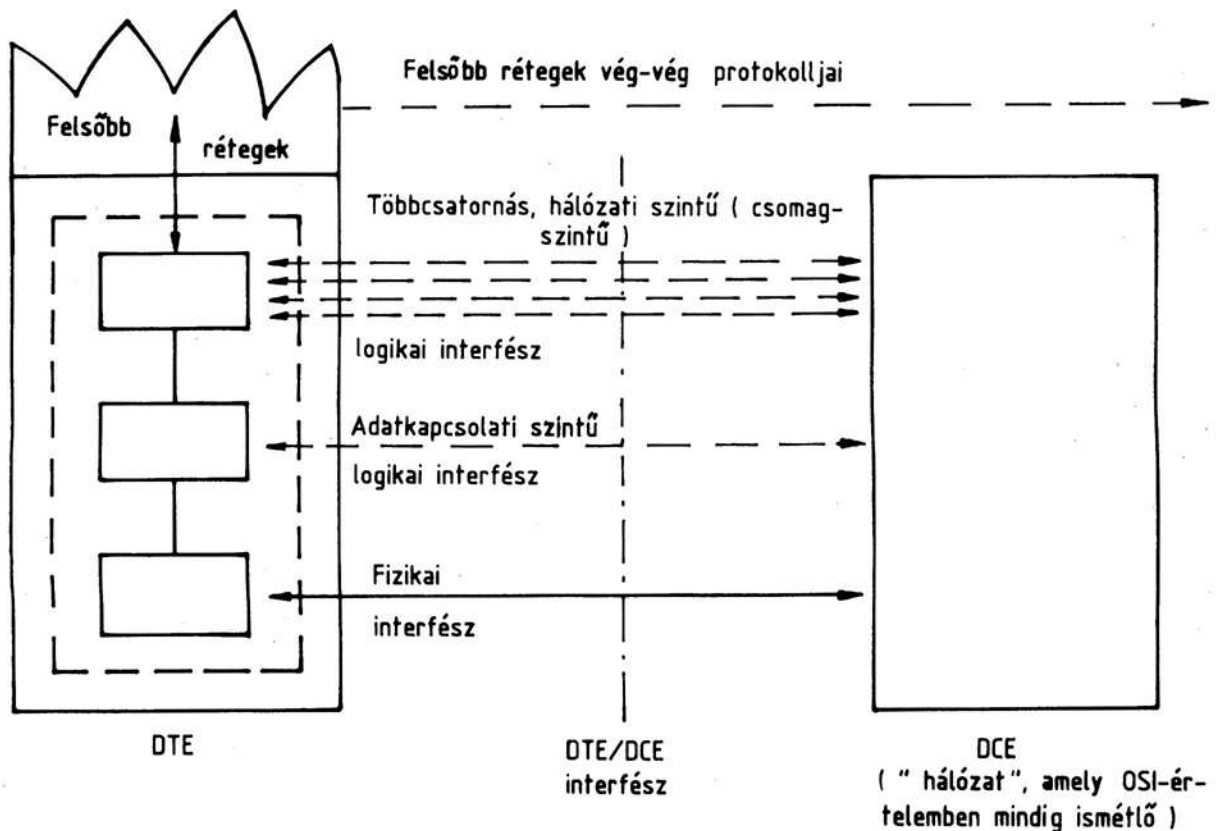
A 4. ábrán szemléltetett módon a korábban már említett, a végrendszerek adathálózati csatlakozását specifikáló ajánlás hatálya a referenciamodell alsó három rétegeire terjed ki, ennek megfelelően az X.25. ajánlásnak részei:

- ◆ a végrendszer adathálózati csatlakozásának fizikai jellemzői (1. réteg):
a csatlakozó geometriai méretei,
az interfész áramkörök beültetése a csatlakozóba,
az áramkörök villamos jellemzői,
az áramkörök rendelkezésének és használati módjának a meghatározása;
- ◆ a végrendszer és az adathálózat közti adatkapcsolati protokoll specifikációja (2. réteg);
- ◆ a végrendszer és az adathálózat közti hálózati protokoll specifikációja (3. réteg).

A rétegeket tekintve hasonló hatályú az X.75 ajánlás is, amely azonban az adathálózatok nemzeti közti kicserélő központjai közti együttműködést szabályozza, de alkalmazható nemzeti adathálózaton belül a csomagkapcsoló központok között is.

Az adatvégberendezés (DTE) és a hálózat (illetve azt az előfizetői telephelyen megtestesítő DCE) között az X.25 ajánlás által leírt interfészt szemlélteti a 6. ábra.

A DTE és a DCE között többnyire csak egyetlen adatkapcsolati összeköttetés létesül, amely több – az ajánlás szerint maximum 4096 – hálózati összeköttetést, az X.25-beli nevén (csomagszintű) logikai csatornát hordoz. Ez a korábban már említett csomagszintű nyálábolás az X.25 interfészű számítógépeknek lehetővé teszi, hogy egyetlen (2 vagy 4 huzalos) adatátviteli vonalon az adathálózathoz csatlakozva egyidejűleg több számítógéppel is – gépenként akár több logikai kapcsolatot is – fenntartsanak. A hálózaton belül pedig mód van a kapcsolóközpontok igen "vonaltakarékos" összeköttetésére is. Ugyancsak mód van adatkapcsolati szintű nyálábolásra is, ami több fizikai összeköttetésre osztja szét a



6. ábra Az X.25 interfész logikai felépítése

teljes adatfolyamot részben a biztonság, részben az áteresztőképesség fokozására.

Csomagkapcsolt adathálózatok minőségi jellemzői

A CCITT ajánlásai felsorolják, osztályozzák és egyes jellemzőknél határértékek közé szorítják a hálózat által nyújtott szolgáltatás hálózati interfészen megfigyelhető jellemzőit. Az X.140 ajánlás határozza meg a szolgáltatás minőségét (QOS = Quality of Service) jellemző paraméterek készletét. Számértékkel megadott tényleges határértékeket a hálózati késleltetésekre (X.135) és a torlódási valószínűségekre (X.136) határoztak meg.

A késleltetési határértékek a kapcsolatfelépítésre, az adatátvitelre és a bontásra vonatkoznak. Az alábbiakban megadjuk a tipikus közepes hosszúságú (1000 km) nemzetközi szakasszal rendelkező, műholdas átvitelt nem használó csomaghálózati összeköttetések *késleltetési határértékeit*. Az esetek 95%-ában a feltüntetett határértékeknek kisebb késleltetésekkel kell működni a hálózatnak.

- ◆ A hívócsomag késleltetése a hívó központ és a végződő központ között nem haladhatja meg a 2400 ms-ot (a középérték 1600 ms).
- ◆ A hívás kapcsolva csomag késleltetése ellenkező irányban nem haladhatja meg az 1900 ms-ot (a középérték 1300 ms).
- ◆ A felépült összeköttetésen az adatcsomagok késleltetése nem haladhatja meg az 1600 ms-ot (a középérték 1100 ms).
- ◆ A bontást kezdeményező DTE bontáskérés csomagjának a helyi csomagközpontozóhoz való beküldése és a bontásbejelentés csomagnak a távolvégi végződő központ által a távolvégi (a bontást fogadó) előfizetőhöz menő, kiküldésre váró csomagok sorába való beállítása közt eltelt idő nem lehet több, mint 1930 ms (a középérték 1300 ms).

Mindezek az értékek 6 csomagkapcsoló központot és 2 csomagkoncentrátort tartalmazó, meglehetősen bonyolult referencia-összeköttetésre vonatkoznak.

A kapcsolatfelépítés és az adatátvitel folyamatát a 7. ábra szemlélteti.

Az ábrán bemutatott *kapcsolatfelépítés és adatátvitel* folyamata négy szakaszra bontható:

1. szakasz: a hívó DTE *híváskérés* csomaggal hívást kezdeményez a PSE1-nél, ez a csomag szakaszról szakaszra, feldolgozási és jelterjedési késleltetéseket szenvedve eljut a PSE3-ig; a PSE3 ennek hatására *hívásbejelentés* csomagot küld ki a DTE2-nek.

2. szakasz: a vett *hívásbejelentés* csomagot nyugtázva a DTE2 *hívás elfogadva* csomaggal értesíti a hívót; ezzel mindkét irányban felépült a virtuális áramkör; az ezt követő adatcsomagoknak nem kell teljes címinformációt hordozniuk, csomópontonként egyszerűsödik a feldolgozás.
3. szakasz: elküldendő üzenetét a hálózaton használt csomagméretnek megfelelően a küldő DTE1 két csomagra bontotta.
4. szakasz: a 2. csomag vétele után a vevőoldal nyugtázza az adatok hibátlan vételét.

Az ábra bal oldalán szereplő időskála egy, a referencia-összeköttetésnél egyszerűbb, három központon áthaladó összeköttetésre jellemző késleltetési időértékeket tüntet fel.

A 7. ábra valamennyi átviteli szakaszon azonos átviteli sebességet feltételez (ezt a jelterjedést szemléltető vonalak azonos ferdesége mutatja). A vonali átviteli sebesség növelésével a hálózati csomagterjedési idő csökkenthető. A gyakorlatban a csomagkapcsoló központok között az előfizetői csatlakozás sebességénél nagyobb, általában 48, 56 vagy 64 kbit/s sebesség használatos. Például az Európai Gazdasági Közösség tagállamai által kiépített (és az utóbbi években a postai nyilvános csomaghálózatokkal kiváltott) *EURONET* 48 kbit/s sebességű trónkjain a hívások 90%-a 0,5 s-nál rövidebb idő alatt épült fel, és az adatcsomagok 90%-a kevesebb mint 1 s alatt jutott át a hálózaton. A nagyobb csomagterjedési idő az adatcsomagok nagyobb hossza miatt bekövetkező gyakoribb bithibák által kiváltott csomagismétlésekből fakad.

1. táblázat

	Valószínűség		
	a hívó ország szakaszán	a nemzetközi szakaszon	a hívott ország szakaszán
Híváskérés visszautasítása	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}
Virtuális hívás elbontása a hálózat által	3×10^{-6}	3×10^{-6}	10^{-5}
Virtuális hívás visszaállítás a hálózat által	10^{-5}	5×10^{-6}	10^{-5}

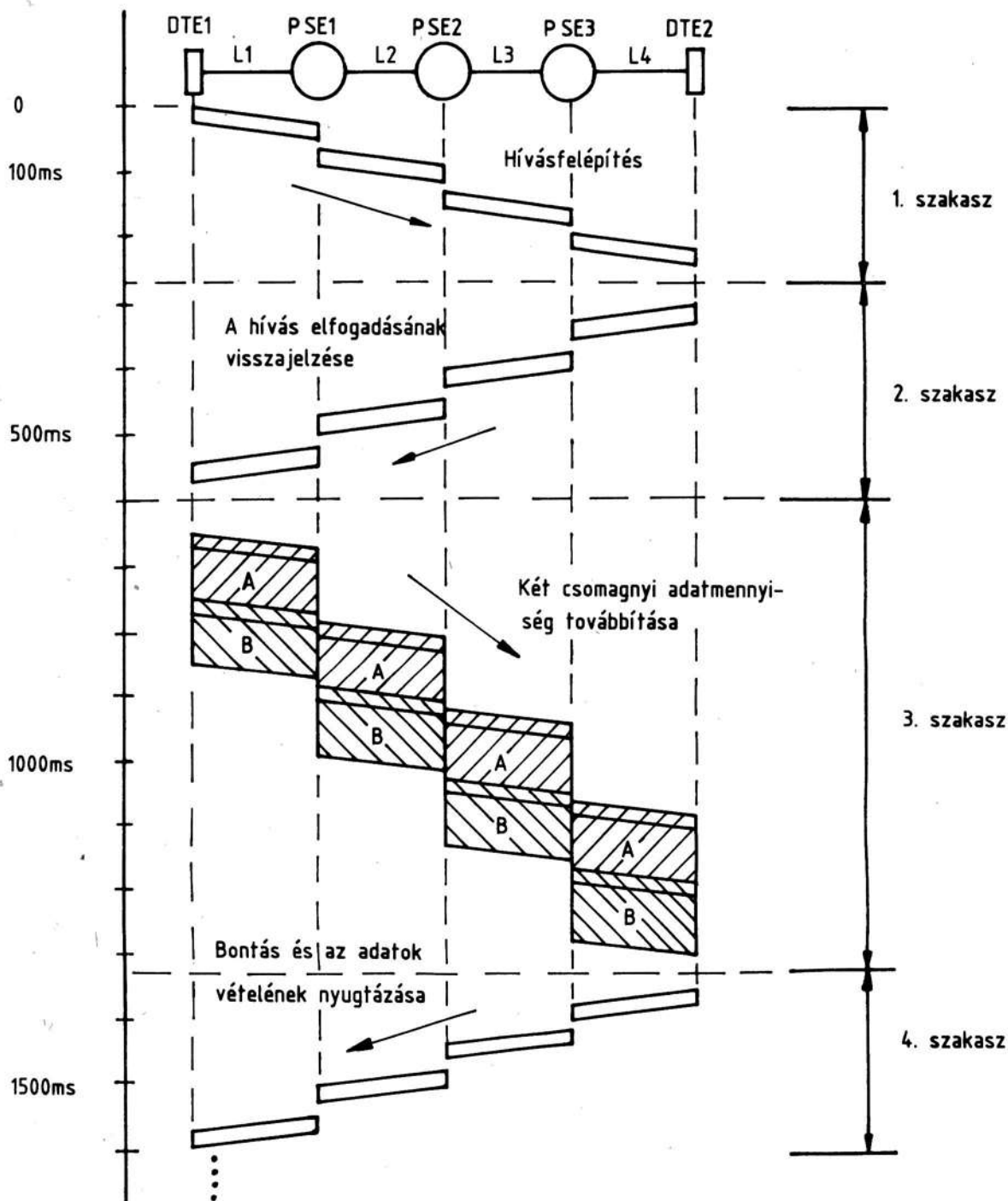
E valószínűségi határértékeknek bármely 1 s időtartamra teljesülniük kell.

Gazdasági okokból a csomaghálózatokat korlátozott jelátviteli és feldolgozó kapacitással építik. Bizonyos forgalmi helyzetekben a hálózat erőforrásai elégtelennek bizonyulhatnak az összes csomag meg-

felelő kezelésére, ilyenkor blokkolás áll elő, ami az előfizetők számára a híváskérés visszautasításában, már felépült virtuális hívások hálózat által kezdeményezett lebontásában vagy alaphelyzetbe visszaállításában jelenik meg. Az X.136 ajánlás ezen események megengedhető legnagyobb valószínűségeit adja meg (1. táblázat).

A minőségi jellemzők között kell említést tenni az adatátvitel hibaarányáról. A csomagkapcsolt adat-

hálózatok X.25 és X.75 protokolljainak adatkapcsolati szintje által használt HDLC LAPB vezérlési eljárás igen hatékony, CRC (cyclic redundancy check = ciklikus redundancia-ellenőrzés) típusú hibavédelmet nyújt a bithibák ellen. A fizikai összeköttetésen mérhető 10^{-6} – 10^{-7} bithibaarányt az eljárás kb. 10^{-11} értékűre javítja, ami a legtöbb alkalmazás számára biztosan elfogadható.



7. ábra A hívásfelépítés és az adatátvitel út/idő diagramja

Irodalom

- [1] DAVIES, D. W.—BARBER, D. L. A.: Számítógép-hálózatok. Műszaki Könyvkiadó, 1978.
- [2] DAVIES, D. W.—BARBER, D. L. A.—SOLOMONIDES, L. M.: Számítógép-hálózatok és protokollok. Műszaki Könyvkiadó, 1982.
- [3] CCITT Red Book Fascicle VIII.2 — Data communication networks: services and facilities. Recommendations X.1—X.15.
- [4] CCITT Red Book Fascicle VIII.3 — Data communication networks: interfaces. Recommendations X.20—X.32.
- [5] CCITT Red Book Fascicle VIII.4 — Data communication networks: transmission, signalling and switching, network aspects, maintenance and administrative arrangements. Recommendations X.40—X.181.
- [6] HORVÁTH Pál: A posta új, vonalkapcsolásos adathálózata. = Információ Elektronika, 14. köt. 6. sz. 1979. p. 304—307.
- [7] HORVÁTH Pál: A Magyar Posta adatátviteli szolgálatának helyzete és fejlődése. = Információ Elektronika, megjelenés alatt.
- [8] HORVÁTH Pál: A Magyar Posta tároltprogram-vezérlésű táviró- és adatkapcsoló központja. = Híradástechnika, 32. köt. 10. sz. 1981. p. 369—372.
- [9] KNIGHTSON: Evolution of the X.25 interface. = Australian Telecommunication Research, 16. köt. 3. sz. 1982.
- [10] CSABA László: Az ISO OSI referenciamodell. = Információ Elektronika, 18. köt. 3. sz. 1983. p. 128—133.
- [11] STEEL, T. B. Jr.: The CCITT Reference Model. = Australian Telecommunication Research, 16. köt. 3. sz. 1982.

HORVÁTH Pál: A csomagkapcsolás alapelvei és a Magyar Posta csomagkapcsolási tevékenysége I.

A Magyar Posta kísérleti csomagkapcsoló központja felállításával (1985-ben) megtette az első lépést a csomagkapcsolási technológia alkalmazása irányában. Ez a tény ad aktualitást az informatikai szakemberek számára a két részből álló cikknek. Az első rész meghatározza a csomagkapcsolás helyét a Magyar Posta nyilvános adatátviteli szolgálatai között. A felhasználók szempontjából értékeli a vonalkapcsolt és csomagkapcsolt adathálózati működésmódokat, bemutatja a csomagkapcsolt adathálózat felépítését, protokolljait és működési jellemzőit.

* * *

ХОРВАТ, П.: Основы пакетной коммутации и деятельности. Администрации связи ВНР в области пакетной коммутации I.

Построением своей экспериментальной станции пакетной коммутации Администрация связи ВНР сделала первый шаг к освоению технологии коммутации пакетов. Этот факт придаст особую актуальность данной статье, состоящей из двух частей, и предназначенной для специалистов информатики. В первой части определяется место коммутации пакетов среди служб передачи данных Администрации связи ВНР. С точки зрения пользователей оцениваются коммутация каналов и коммутация пакетов, как принципы работы коммутируемых сетей передачи данных, описывается построение, протоколы и качественные показатели работы сетей коммутации пакетов.

HORVÁTH, P.: Principles of packet switching and the activities of the Hungarian PTT in its application I.

With the installation of an experimental packet switching exchange in 1985 the Hungarian PTT has made the first step toward the application of packet switching technology. It justifies to pay special attention to this paper published in two parts for specialists in the field of informatics. The first part defines the place of packet switching in public data transmission services of the Hungarian PTT. Circuit switched and packet switched network operating modes are evaluated from the user's point of view, information is given on the structure, protocols and operational characteristics of packet switched networks.

* * *

HORVÁTH, P.: Die Grundprinzipien der Paketschaltung und die Tätigkeit der Ungarischen Post auf dem Gebiet der Paketschaltung I.

Die Ungarische Post hat 1985 mit dem Zustandebringen der experimentellen Paketschaltungszentrale den ersten Schritt in die Richtung der Verwendung der Paketschaltungstechnologie ausgeführt. Diese Tatsache gibt dem zweiteiligen Artikel für die Fachleute der Informatik Aktualität. Der erste Teil bestimmt den Platz der Paketschaltung unter den öffentlichen Datenübertragungs-Dienstleistungen der Ungarischen Post. Er schätzt die Funktionsweisen des leitungsgeschalteten und des paketgeschalteten Datennetzes aus dem Hinsicht der Verbraucher ein, und stellt den Aufbau, die Protokolle und die Funktionscharakteristiken des paketgeschalteten Datennetzes dar.