

A számítógépes szimuláció gazdasági célú alkalmazása a távközlésben

VARGA ANDRÁS

McLeod Institute of Simulation Sciences Hungarian Center
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gazdaság és Társadalomtudományi Kar
Információ- és Tudásmenedzsment Tanszék
varga.andras1@ln.matav.hu

ABSTRACT

Computer simulation is applicable for solving economic problems even in several fields of telecommunications sector. One of these fields is the traffic-forecasting. The Hungarian telephone-market liberalization process having started a year ago is now due transformation. The market behavior of end users and carriers shapes up differently from their earlier one, and the relation of the market players show a much more complicated picture than before. In the new régime the most accurate possible forecasting of retail and interconnection traffic is still a key issue in many respects, especially from the point of view of determining costs and fees. However the specialists have to face to more complex and responsible tasks which are need to fulfill the requirements. This article proposes a new computer simulation methodology for the effective solution of the telecommunication problems.

A hazai távbeszélő piac az egy évvel ezelőtt megindult liberalizáció hatására jelentős változáson megy keresztül, az előfizetők és a szolgáltatók viselkedése az eddigiektől eltérően alakul, a piaci szereplők viszonya a korábbiakhoz képest jóval bonyolultabb képet mutat. Az új környezetben több szempontból is különösen fontos az előfizetői és az összekapcsolási forgalmak minél pontosabb előrejelzése, így például komoly feladatot jelent a költségek és a díjak meghatározása. A távközlési szektor gazdasági problémáinak a megoldására az egyik hatékony módszer a számítógépes szimuláció. A cikk a forgalomelőrejelzéssel foglalkozik, amelyre a szerző egy új, számítógépes szimulációt alkalmazó módszert mutat be.

Bevezetés

A hírközlésről szóló 2001. évi XL. törvény (továbbiakban Hkt.), valamint a hozzá kapcsolódó kormányrendeletek 2001. évi elfogadása az első lépést jelentették a hazai távközlési piac liberalizálása felé. Megszülettek a liberalizált piac működését szabályozó intézmények és feltételek, és 2001. december 23-ával beindulhatott a verseny a távolsági és a nemzetközi hívások piacán, így a koncessziós szerződések lejártával 2002-ben a szolgáltatók már bármely, volt koncessziós szolgáltató területén szerezhettek előfizetőket. A Hkt. a távközlési piacon négy meghatározó szolgáltatási piacot, a távbeszélő, a mobil, a bérelt vonali és az összekapcsolási piacot határozza meg annak érdekében, hogy azonosítsa a jelentős piaci erővel rendelkező szolgáltatókat, de ez a felosztás a távközlési piac általános felosztásának is tekinthető.

Vizsgálódásunk tárgya a távbeszélő⁷ és a távbeszélő piac részének tekintett összekapcsolási⁸ piac. A választás két okból esett ezekre a piacokra: (1) egyrészt, mert a liberalizáció elsősorban a távbeszélő piacot érintette (mivel a liberalizációt megelőzően ezen a piacon a szolgáltatásra kizárólagos jogot (koncessziót) kapott egy-egy szolgáltató), (2) másrészt pedig, mert az összekapcsolási piac feltételei változtak meg leginkább. Továbbá, mert a szabályozó mellett a versenytársak figyelme is ezekre a piacokra összpontosult, hiszen mielőbb lehetővé akarták és akarják tenni,

- hogy a már meglévő előfizetők mindenkit elérhessenek és fordítva, mindenki elérhesse az ő előfizetőiket is, és
- hogy az új előfizetők toborzása előtt, majd később mellett szolgáltatóválasztással minél több forgalmat tereljenek a saját hálózatukba.

Az összekapcsolás fogalma a hazai piacon már a liberalizáció előtt is jelen volt, hiszen az ország 54 primerkörzetében⁹ öt koncessziós szolgáltató volt jelen. Ezen szolgáltatók primerkörzeteiben a helyi hívások lebonyolítására kizárólagos joguk volt, míg a belföldi távolsági és nemzetközi hívásokra a Matáv Rt. kapott koncessziós jogot.

*A cikk alapját képező kutatást az OTKA támogatta a T038081 számú projekt keretében.

⁷ *Távbeszélő-szolgáltatás*: olyan szolgáltatás, amelynek során megtörténik a beszéd valósídejű, közvetlen átvitele és kapcsolása úgy, hogy e szolgáltatás bármely előfizetője helyhez kötött hálózati végponthoz kapcsolt távközlő végberendezésről indított hívással kommunikálhat egy másik hálózati végponttal, amelynek elérése az Azonosítók Nemzeti Felosztási Tervében meghatározott választási eljárás útján lehetséges [7].

⁸ *Összekapcsolás*: egyazon vagy különböző távközlési szolgáltatók által használt távközlő hálózatok fizikai és logikai csatlakoztatása annak érdekében, hogy az egyik szolgáltató felhasználói információt cserélhessenek ugyanezen vagy másik szolgáltató felhasználóival, illetve hozzáférhessenek más szolgáltató által nyújtott szolgáltatásokhoz [7].

⁹ *Primerkörzet*: A struktúraterv által meghatározott terület. Egy körzetszám alá tartozó földrajzi terület [10].

A piac liberalizációja az új hírközlési törvény hatálybalépésével, valamint a koncessziók lejártával alapvetően 2001. december 23-án kezdődött el, mivel ekkor járt le a Matáv Rt. távolsági és nemzetközi hívásokra és 36 primerkörzetben a helyi hívásokra vonatkozó koncessziója. A többi primerkörzetben a koncessziók ezen időpont után, de legkésőbb 2002 novemberében jártak le [6],[7].

A liberalizálás eredményeként megvalósított összekapcsolással a szolgáltatók már nemcsak a piac részeivé válnak, hanem előfizetők kölcsönösen elérhetők, sőt egy-egy szolgáltató a másik előfizetőinek forgalmát is megszerezheti. Ez utóbbi a szolgáltatóválasztás, a liberalizált piac új intézménye, amely lehetővé teszi, hogy az előfizetők a belföldi távolsági és a nemzetközi hívásaikra a hozzáférési szolgáltatójuktól¹⁰ eltérő szolgáltatót válasszanak. A szolgáltatóválasztás történhet hívásonként a szolgáltatóválasztó-kód tárcsázásával, vagy előválasztással, amikor a szolgáltatóválasztó-kód tárcsázása nélkül (a központ-beállításnak köszönhetően) minden hívás a választott szolgáltató felé megy.

Ebben a piaci helyzetben 2002-ben az új szabályozás keretei között kezdődött meg a magyar távbeszélő piac liberalizációja. Ahhoz azonban, hogy az új piaci helyzethez mind az inkumbens (volt koncessziós) mind pedig az újonnan belépő szolgáltatók egyaránt megfelelően tudjanak alkalmazkodni, illetve ha kell, akkor a versenypiacnak megfelelően az események elé tudjanak menni, a piaci résztvevők és a forgalom bizonyos elemeinek előrejelzése szükséges. A továbbiakban egy ilyen előrejelzési módszer kerül bemutatásra.

¹⁰ *Előfizetői hozzáférést biztosító szolgáltató*: azon távbeszélő szolgáltatást nyújtó szolgáltató, amely az előfizető számára távközlési szolgáltatások igénybevétele céljára biztosítja valamely távközlőhálózathoz vagy annak részéhez távközlő végberendezés fizikai és logikai csatlakoztatását [9].

Forgalom-előrejelzés

A hazai liberalizált piac felépítése igen változatos. Jelen vannak a volt koncessziós szolgáltatók, akik mind érdekeiket mind piaci viselkedésüket illetően általában különböznek egymástól, és akik a saját területükön inkumbensek, a másik szolgáltató területén azonban már versenytársak. Mellettük megjelennek a korábbi alternatív szolgáltatók, mint versenytársak, egy részük országos gerinc-hálózattal és saját előfizetőkkel, másik részük előfizetők és gyakorlatilag hálózat nélkül. A piac szereplői a mobilszolgáltatók is, akik egyrészt a fix szolgáltatók előfizetőinek választott szolgáltatói, másrészt viszont nemzetközi vonatkozásban saját előfizetőik a fix szolgáltatókat is választhatják.

A liberalizálást követően a hálózatok összekapcsolásával és az előfizetők szabad szolgáltatóválasztásával (egyelőre nem említve a számhorozhatóságot) a távbeszélő piac, ezen belül az összekapcsolási piac rendkívül bonyolulttá válik, a hívások irányítása és útvonala nemcsak műszaki, hanem gazdasági problémák megoldását is megköveteli. Mivel egy szolgáltató hálózatán átmenő forgalom nagysága meghatározza a szolgáltató egy percre jutó költségét, és így alapját képezi a költségalapú összekapcsolási díjnak, valamint a piacon jelenlévő összes szolgáltató végfelhasználói díjainak is, amelyek végül a tényleges forgalom nagyságát határozzák meg. A forgalom előrejelzése tehát hatással van a költségekre és a végfelhasználói díjakra, és egyben hatással van a tényleges forgalomra is. Amennyiben egy szolgáltató forgalom-előrejelzése nem megbízható, az kockázatot jelent a ténylegesen felmerülő költségekre és piaci részesezésre is. *A forgalom pontos előrejelzése tehát minden szolgáltató elemi érdeke.*

Gazdasági szempontból tehát kulcsfontosságú az egyes hálózatokon átmenő forgalmak nagysága, ám a forgalom előrejelzése, becslése nem egyszerű feladat. A hazai piac összeforgalmának és az összekapcsolási forgalomnak az előrejelzésekor az alábbi problémákkal találjuk szembe magunkat:

- Az összekapcsolási piac és forgalma nem kezelhető független piacként, forgalomként, mert az összekapcsolási forgalmak az előfizetők kiskereskedelmi forgalmából származnak.
- A magyar piac felépítése bonyolult, a több inkumbens szolgáltató és azok szétszórt szolgáltatási területei miatt a piac felépítése még az új szolgáltatók és az új összekapcsolási szolgáltatások nélkül is csak nehezen átlátható.
- A piac liberalizálásával a szolgáltatók a korábbi kevés számú kapcsolódás helyett akár 54 helyen is kapcsolódhatnak. A Matáv távolsági és nemzetközi hívásokra vonatkozó koncessziójának megszűnése miatt a legtöbb szolgáltató minden más szolgáltatóhoz kapcsolódni fog. A korábban primerkörzetű Budapest például a liberalizáció miatt 14 alapzónára¹¹ kerül felosztásra.
- A kapcsolódási pontok száma és helye nemcsak a piaci feltételek változása miatt, hanem a szabályozás módosulásának hatására is változhat.
- A koncessziók megszűnésével az előfizetők szabadon vándorolhatnak egyik szolgáltatótól a másikhoz, a szolgáltatók pedig bárhol szerezhetnek előfizetőket akár saját hálózat kiépítésével, akár egy másik szolgáltató meglévő hálózatának bérlésével (előfizetői hurok átengedése).
- Az előfizetők többé már nem csak egy szolgáltatóval állnak jogviszonyban, hanem akár egyszerre három szolgáltatóval is. Az előfizetők a belföldi és a nemzetközi hívásuk lebonyolítására választhatnak a hozzáférési szolgáltatójuktól eltérő szolgáltatót.
- Az előfizetők hívásonkénti választással felülírhatják az előválasztást.
- Az egyes szolgáltatók hálózatán átmenő forgalmat nemcsak az előfizetők választása, hanem a szolgáltatók választása is befolyásolja,

¹¹ Alapzóna: A Hkt. az ország korábbi területi felosztását megváltoztatta, és az ország területét alapzónákra és regionális zónákra osztotta fel. Vidéken egy-egy alapzóna a korábbi primerkörzeteknek felel meg, míg Budapesten, amely korábban egy primerkörzet volt, 14 alapzónára osztotta fel.

mert országos hálózattal nem rendelkező szolgáltató más szolgáltatótól összekapcsolási, illetve nagykereskedelmi alapon igénybe vehet szolgáltatásokat, így például egy helyi szolgáltatóhoz el nem érő hálózatát tranzit igénybevételével pótolhatja.

- Minden szolgáltató eldöntheti, hogy hol akar, illetve hol éri meg neki a másik szolgáltatóhoz kapcsolódnia. Megéri-e esetleg azért alacsonyabb szinten, például regionális helyett helyi szinten kapcsolódnia, mert az adott alaplazónából elhozott forgalmat és a helyi, valamint a regionális indítás díjának különbségét figyelembe véve így jobban jár.

Megoldásmodellek

A forgalom előrejelzésére, éppen annak korábban említett jelentősége miatt, két területen már léteznek modellek.

- Az egyik ilyen terület az üzleti tervezés, ahol a következő évi összekapcsolási bevételek és kifizetések tervezésekor szükség van az összekapcsolási piac percforgalmának minél pontosabb ismeretére. Ebben a modellben a számítás alapja egy, a piacra vonatkozó kiinduló feltételezéseket tartalmazó tábla, amely a szolgáltatók következő évi piaci részesedéseit tartalmazza a fő hívásirányokra vonatkozóan. Minden későbbi számítás ezeket a feltételezéseket használja. A kiinduló feltételezéseket az összekapcsolásban jártas szakértők egy csoportja becsüli meg.
- A másik terület a költségszámítás, ahol az összekapcsolási forgalmi szolgáltatások (hívásindítás és hívásvégződtetés) költségalapú díjait meghatározó modelljében az összes távbeszélő forgalom előrejelzésére van szükség, a korábban említettek miatt minél pontosabban. A kiindulási feltételek itt is az egyes szolgáltatók piaci részesedései, amelyek szintén szakértői becsülés alapján kerülnek meghatározásra.

A két modell között a forgalom előrejelzése szempontjából van különbség, amíg az első csak az összekapcsolási, a második a teljes távbeszélő piac előre jelzett forgalmát használja. A két piac

forgalma azonban nem független egymástól, hiszen az összekapcsolási piac forgalma a teljes távbeszélő piac forgalmának része, és abból vezethető le. A két modellben az adatok konzisztenciája miatt a feltételezéseknek meg kell egyezniük, és a gyakorlatban meg is egyeznek. Mivel azonban a feltételezések nem túl részletezettek, vagyis egy szolgáltatóhoz általában egy, a piaci részesedést jelző százalékként kerül meghatározásra, ezért azok könnyen vitathatóak és nehezen indokolhatóak, ami egy szabályozói ellenőrzésnél, de még egy vállalaton belüli jóváhagyásnál is komoly hátrányt jelent.

Forgalom-előrejelzésnél célszerű vizsgálni az előfizetők liberalizált piacon történő viselkedését is. Ehhez az elemzéshez jól használható az ún. „best pick” vagy „legjobb csomag” modell, amelynek fontosságára a következő fejezetben térünk vissza. A módszer lényege, hogy a liberalizált piacon az előfizetők egy részsokaságából mintát vesznek és megnézik, hogy ezen előfizetők milyen forgalmi irányban és mennyit telefonálnak. Ez alapján egyrészt jellemezni lehet a kiválasztott csoportot, másrészt pedig meg lehet vizsgálni, hogy az éppen használt csomag a racionálisan viselkedő előfizető számára a legkedvezőbb-e, vagy van-e olyan szolgáltató a piacon, aki ennél jobb csomagot kínál [2].

Megoldás szimulációval

A forgalom előrejelzésére használt, az előző részben bemutatott modellek szakértői becslések alapján felállított feltételezésekre építenek, így ha ezek a nagyvonalú feltételezések tévesek vagy nem pontosak, akkor az előrejelzés is pontatlan lesz. Mivel pedig a feltételezések az előrejelzéshez hasonlóan egy évre szólnak, és nem veszik figyelembe az évközi változásokat, ezért a pontatlanság mértéke még nagyobb lesz. Ezek a modellek tehát nem alkalmasak sem a részletekre vonatkozó feltételek (lásd primerkörzetek) kezelésére, sem pedig az év során bekövetkező különböző szabályozási és piaci feltételváltozások beépítésére. A megoldás a „legjobb csomag” modell eredményeit használja fel és fejleszti to-

vább, és az előfizetői viselkedésből kiindulva, a szolgáltatók viselkedését figyelembe véve meghatározza a távbeszélő és az összekapcsolási piac forgalmát.

A javasolt forgalom-előrejelzési modell az eddig alkalmazott szakértői becsléseket az előfizetők viselkedésére vonatkozó előrejelzésekkel helyettesíti. Ezek a múltbeli adatok alapján készített előrejelzések a korábbi, „egy szolgáltató egy szám” típusú feltételezésekkel szemben sokkal részletesebbek, így pontosságuk is várhatóan nagyobb lesz.

A javasolt megoldás másik újdonsága, hogy az előrejelzésre számítógépes szimulációt használ. Ennek lényege, hogy felépítünk egy, a valóságos rendszert (jelen esetben az összekapcsolási és a távbeszélő piac forgalma) reprezentáló modellt, amin kísérleteket végzünk, vagyis megnézzük, hogy a feltételek változása hogyan befolyásolja az előre jelzett forgalom nagyságát és a díjakat.

A szimulációnak az adott probléma megoldására szolgáló alkalmazása az alábbi előnyökkel jár:

- A piac viselkedéséről a szimuláció segítségével pontosabb képet kapunk.
- A piac felépítése bonyolult, nehezen átlátható, ezért a szimuláció elősegíti a piac működésének megértését, és lehetővé teszi annak szemléltetését.
- Szimuláció nélkül a távbeszélő piac reakcióinak tanulmányozása, éppen az esetleges negatív gazdasági hatások miatt, lehetetlen lenne.
- A modell dinamikus, azaz időegységenként, ami akár egy nap is lehet, változhat.

A modell

A modell kialakítása a tényleges magyarországi piaci helyzetnek megfelelően egy lépésben bonyolult és időigényes lenne, ezért a valóság-hű modell felépítése két lépésben történik. Először egy egyszerűsített, kísérleti modell kerül megépítésre, ahol az egyes részletek kerülnek kidolgozásra, majd ennek a modellnek a megfelelő működése után, a tapasztalatok birtokában kerülhet sor a végső modell felállítására.

A modellnek a jelenlegi piaci helyzetet kell tükröznie, ahol az 54 primerkörzetben öt volt kon-

cessziós szolgáltató szolgáltató, és ahol egy igazán aktív és több „ébredező” alternatív szolgáltató, valamint három mobil szolgáltató van jelen. Fontos továbbá az a tény, hogy a Matáv Rt. és a Vivendi Telecom Hungary Rt. területén szolgáltatóválasztással két szolgáltató választható. A valós szituációhoz képest a kísérleti modellben két regionális zóna¹² és hat alapzóna szerepel.

A hat primerből öt tartozik az egyik, míg egy a másik szolgáltatóhoz. A piacon mindhárom szolgáltató választható. A primerkörzetek közötti hierarchia a valóságos hálózati topológiának megfelelő, de egy regionális zónába jelen esetben csak három alapzóna tartozik¹³. Az egyszerűsített modellben tehát három alapzóna alkot egy regionális zónát, amelyben két alapzóna a felette lévő regionális központján keresztül éri el a többi alapzónát. A szolgáltatók bármelyik alapzónában kapcsolódhatnak egymáshoz.

A modellben a valóságnak megfelelően mindegyik alapzóna küldhet minden másikkal forgalmat, és fordítva, mindegyik mindegyiktől fogadhat is. A primer-primer forgalom kiinduló nagysága a múltbeli adatok alapján kerül meghatározásra, amit az előfizetők és a szolgáltatók viselkedése folyamatosan módosít. Mindegyik alapzóna esetében meghatározásra kerülnek az alábbi adatok:

- egyes szolgáltatók adott primerkörzetben regisztrált előfizetőinek száma,
- az egyes szolgáltatói előfizetők szegmensbeli hovatartozása.¹⁴
- az egyes szegmensek előfizetőinek fogalmi irányok szerinti átlagos hívási száma,
- az egyes szegmensek előfizetőinek választott csomag típusai.

A fentiek alapján az egyes szolgáltatók csomagfeltételei, elsősorban a modell központi adatbá-

¹² *Regionális zóna*: Egy földrajzilag meghatározott és egyedi névvel ellátott területet jelent, amely több alapzónát foglal magában.

¹³ A valóságban egy regionális zónába háromnál több alapzóna is tartozhat.

¹⁴ *Szegmens*: A piac különböző jellemzők szerinti tagolásával kialakított, homogén összetételű csoportja.

zisában tárolt havidíjak és percdíjak ismeretében az egyes primerek előfizetői szegmensei összehasonlíthatók az egyes szolgáltatók csomagjai, és az előfizetők viselkedése is modellezhető a liberalizált piacon. Az előfizető elsősorban azt vizsgálja, hogy jobbak-e annnyival a társszolgáltatók által kínált csomagok feltételei, hogy érdemes azt otthagynia, és egy másik szolgáltató előfizetőjévé válnia. Az előfizetőnek a választáskor arról is döntenie kell, hogy vezetékes (fix) vagy mobilszolgáltató előfizetője lesz-e. A modellbe ez a döntés úgy épül be, hogy az egy adott primer adott szolgáltatójának adott szegmensű és adott csomaggal rendelkező előfizetőihez a modell hozzárendel egy P_{fix} (annak valószínűsége, hogy az előfizető egy másik vezetékes szolgáltatót választ) és egy P_{mobil} (annak valószínűsége, hogy az előfizető mobil szolgáltatót választ) valószínűséget. Az adott primer adott előfizetőinek száma meghatározott időn belül ezeknek a valószínűségeknek megfelelően változik.

A modellben a primerenkénti P_{fix} és P_{mobil} valószínűségeket az alábbi változók határozzák meg:

- az adott előfizetői szegmens típusa,
- az előfizető csomagjának a típusa,
- a kedvenc, gyakran használt hívások irányának a típusa,
- az adott primer egyedi jellemzői, valamint
- a meglévő és a versenytársak csomagjai közötti eltérés nagysága.

Amennyiben az előfizető nem pártol át más hozzáférési szolgáltatóhoz, akkor szolgáltató-előválasztással még mindig választhat más szolgáltatót. Az előfizető szolgáltatót nemzetközi, belföldi vagy mindkét irányra is előválaszthat, sőt a két irány vonatkozásában eltérő szolgáltatóról is dönthet. Azt, hogy az előfizetők mekkora hányada választ adott irányokban más szolgáltatót, a felsorolt paramétereiktől függő primerenkénti valószínűségek befolyásolják. Ha az előfizető nem is hagyja el a hozzáférési szolgáltatóját, és előválasztással sem választ más szolgáltatót, akkor hívásonként még mindig választhat a hozzáférési szolgáltatójától eltérő szolgáltatót. Bár ez a döntés, az előzőekhez hasonlóan, valószínűségi válto-

zóként épül be a modellbe, a paraméterek között már megjelenik, hogy a hívások hány százalékában választja az előfizető az adott szolgáltatót. Amennyiben az előfizető hívásonkénti szolgáltatóválasztással sem választ más szolgáltatót, akkor az előfizető teljes forgalma a hozzáférési szolgáltatójánál marad.

Azt, hogy az előfizető forgalma végül is kinek a hálózatán megy azt nem csak az előfizető döntése határozza meg, hanem a hozzáférési szolgáltató vagy a választott szolgáltató döntése is.

A hívás útvonalát az alábbi szolgáltatói döntések és tényezők befolyásolják:

1. A hívó fél hozzáférési szolgáltatójának, a választott szolgáltatójának és a hívott fél hozzáférési szolgáltatójának a hálózati hatóköre. A kísérleti modellben az egyes szolgáltatók hálózata mindegyik alapzónához elér, így a kapcsolódások száma csak a gazdasági körülményektől függ. A valóságot hűen tükröző, végleges modell felépítésekor a rendelkezésre álló piaci információkat kell figyelembe venni, vagyis azt, hogy az egyes szolgáltatók az előrejelzés egy-egy pillanatában várhatóan milyen kiterjedésű hálózattal fognak rendelkezni.
2. A hívásban részt vevő szolgáltatók összekapcsolási szolgáltatásigénye¹⁵. A modell szempontjából az alábbi forgalmi összekapcsolási szolgáltatások a lényegesek [8]:
 - *Hívásindítás*: Az előfizetői hozzáférést nyújtó szolgáltató az előfizetőjétől induló hívást elviszi a másik, közreműködő szolgáltató összekapcsolási pontjáig, vagyis ahol a két szolgáltató összekapcsolódik.

A hívásindítás az előfizetőtől való távolságtól függően lehet *helyi* (primerkörzetben vagy alapzónában van az összekapcsolási pont), *regionális* (az összekap-

¹⁵ A volt koncessziós szolgáltatók területén szabályozott árú. Ez azt jelenti, hogy a jelenlegi szabályozás szerint a szolgáltatók költségalapú áron kötelesek összekapcsolási szolgáltatásokat nyújtani, amelyet az összekapcsolási referencia ajánlatban (Reference Interconnection Offer, RIO) kell közzétenni.

csolási pont a regionális zónában van) és országos (az összekapcsolási pont egy másik regionális zónában van)

- *Hívásvégződtetés:* Az előfizetői hozzáférést nyújtó szolgáltató az előfizetőjéhez érkező hívásokat az összekapcsolási ponttól eljuttatja az előfizetőhöz. A fenti logika alapján ez is lehet helyi, regionális vagy országos.
- *Tranzit:* Két összekapcsolási pont között egy harmadik szolgáltató viszi el a forgalmat.

3. Az összekapcsolási szolgáltatások díjainak egymáshoz és a végfelhasználói díjakhoz való viszonya. Egy adott szolgáltatónak például meg kell vizsgálnia, hogy a regionális és a helyi híváskezdeményezés díja közötti különbség elegendő-e ahhoz, hogy fedezze egy új, helyi csatlakozás kiépítésének a költségét. Ezzel szorosan összefügg az is, hogy milyen összekapcsolási díj fizethető ki a kiskereskedelmi díjakból úgy, hogy az elvárt profit tartózkodó legyen.

A felsorolt szolgáltatói tényezők meghatározzák és egyben befolyásolják a modell struktúráját, azon belül is elsősorban azt, hogy az egyes szolgáltatók hány helyen és milyen szinten (helyi, regionális) kapcsolódnak egymáshoz. Egy összekapcsolási pontnak a modellbe történő beépítése, vagy onnan való törlése tehát a szolgáltató hálózatától és az összekapcsolási szolgáltatások díjainak egymáshoz és a végfelhasználói díjakhoz való viszonyától függ.

A szimulációs modell

A kísérleti szimulációs modell felépítése Tudás-Attribútumú Petri-Háló segítségével történik. Az egyes szegmensek, meghatározott csomagjaival rendelkező előfizetőinek percforgalmát a modellben különböző attribútumokkal jellemzett (melyik szolgáltató előfizetőjétől indul a forgalom, ki az előválasztott szolgáltató, ki a hívásonként választott szolgáltató stb.) mozgó entitások, tokenek reprezentálják. Sajnos a numerikus vagy stringattribútumoknak a tokenekhez rendelése általában nem kezelhető könnyen, és az is tény,

hogy a tokenekhez rendelt attribútumok száma is túl nagy lehet. A Tudás-Attribútumú Petri-Hálóknban ezért a Tudás-Attribútumú Tokenek egy-egy csoportjához tudásbázist vagy tudásbázisokat rendelünk. Ebben a tudásbázisban a tokenek egy meghatározott időpillanatra vonatkozó attribútumai a tudásbázis egy-egy pontjára mutatnak, így növelve a szimuláció hatékonyságát. A kísérleti modellben például ilyen tudásbázisokban tárolódik az az információ, amely megmutatja, hogy az adott időpillanatban az adott forgalom melyik szolgáltató hálózatán keresztül jut el a hívott félhez [4].

A kísérleti modell felállítása után a modell alapzónáit a valóságos alapzónáknak megfelelően meghatározható a modellnek az az adekvát formája, amely a valóságos rendszert a legjobban írja le. Ez általában úgy történik, hogy mesterséges intelligenciával rendelkező ágensek (démónok) figyelik a modell működését, és a modell struktúráját és paramétereit addig változtatják, amíg a valóságos rendszernek való megfelelés elfogadható mértékű nem lesz. Ez a megfeleltetés a modellben szereplő alapzónákra vonatkozó múltbeli adatokon alapul, és elsősorban a modell meghatározott elemeihez kapcsolódó paramétereknek és bizonyos függvényeknek a változtatását jelenti. A valóságnak megfelelő modell kialakításához a struktúra változtatására ebben az esetben nincs szükség, mert a múltira vonatkozóan a szolgáltatók kapcsolódási pontjai egyértelműen meghatározzák a modell struktúráját [3].

A modell felépítésére a CASSANDRA 3.0 (Cognizant Adaptive Simulation System for Applications in Numerous Different Relevant Areas) szimulációs rendszert alkalmazzuk, amely több nagy nemzetközi projektben került már felhasználásra, és amely képes a programnyelvek és a rendszerek közötti „specializáltság kontra általános alkalmazhatóság” ellentmondásnak a feloldására. Ezt az ellentmondást úgy kell értelmezni, hogy minél specializáltabb egy szimulációs programnyelv, annál szűkebb a programnyelv alkalmazási köre. A CASSANDRA 3.0 egy univerzális belső kernelt tartalmaz, ami Tudás-Attribútumú Petri Hálók segítségével objektumorientált struktúrá-

ban írja le a valóságnak megfelelő modellt, amelyben a különböző felhasználási területekhez külső, Petri-hálókból felépülő modellrétegek hozhatók létre. A rendszer speciális tulajdonsága, hogy a szimuláció hatékonyságának fokozására statikus és mobil mesterséges intelligenciával rendelkező objektumokat egyaránt tartalmaz. A rendszerben a modellfelépítés a statikus intelligens démonok felhasználásával történik a szimuláció–kiértékelés–módosítás iteratív folyamatának mesterséges intelligenciával való vezérése. Az CASSANDRA 3.0 rendszer animációt is lehetővé tevő grafikus felülettel is rendelkezik [1],[5].

Várható eredmények

A szimuláció futtatásától több, a piacon jelenlévő szolgáltatók és a szakértők által is használható eredményt várunk:

- A szimuláció segítségével primer-primer szinten nemcsak általános feltételezésekre, hanem az előfizetői viselkedésre építve is előre lehet jelezni a távbeszélő piac és az összekapcsolási piac forgalmát. Ennek egyik előnye az összekapcsolási piac elemzői számára az, hogy ellenőrizhető a társszolgáltatók forgalom-előrejelzése és az összekapcsolást biztosító összekapcsolási nyálábok kapacitása. Az egy szolgáltató kiskereskedelmi területe számára a primer szintű előrejelzés előnye, hogy primer szinten látható a társszolgáltatók piacszerzésének a hatása, vagyis az, hogyan változik az egyes szolgáltatók viselkedése egyik területről a másikra áttérve, és ez várhatóan hogyan befolyásolja a piaci részesedéseket.
- A modell segítségével vizsgálni lehet az előfizetői és az összekapcsolási piacon az előrejelezhető változásoknak a forgalomra és ezen keresztül a költségekre, díjakra gyakorolt hatását. Amennyiben például a piacon egy új szolgáltató jelenik meg, ez a szereplő beépíthető a modellbe, és ezzel a feltétellel újrafutatható a szimuláció. Az így kialakult forgalom-előrejelzés ezután beépíthető a költségelési modellbe, amiből pedig az új költségek számolhatók ki. Összességében tehát a szimuláció

segítségével számszerűsíthető a piaci változásoknak a költségekre gyakorolt hatása is. Analóg módon azonban nemcsak a piaci, hanem a szabályozási változás (például a minimálisan előírt összekapcsolási pontok számának változása) hatása is előre jelezhető.

- A modell segít a szabályozónak benyújtott előrejelzések és költségcsökkentési modellek alátámasztásában, amennyiben a szimuláció segítségével egyértelműen kimutathatók az egyes tényezők közötti ok-okozati összefüggések, és kis ráfordítással ellenőrizhető a különböző alternatívák hatása is.

A fentiekén túl a szimulációs modell egy továbbfejlesztett változata segíthet a piac működésének és a szolgáltatók viselkedésének megértésében is. Az is modellezhető, hogy az egyik piaci szereplő viselkedése hogyan befolyásolja a többi piaci szereplő viselkedését, vagy hogy egy adott szolgáltató számára mi a piacon az optimális hálózati felépítés. Ez utóbbi vizsgálatához a kísérleti modellbe egy démon építünk, amely figyel, hogy a különböző zónákból kiinduló forgalom nagyságának és az előfizetői, valamint az összekapcsolási díjak viszonyának függvényében hogyan növelhető az adott szolgáltató bevétele, ha változtatjuk a kapcsolódási pontokat. A démon a szükséges parametrikus és strukturális változtatásokat elvégezve a szolgáltató bevételeinek maximalizálását a szimulációs futások eredményei és ezek posztprocesszálásával nyert adatok alapján, az adatok saját tudásbázisával való összevetésével, egy következtetési eljárással határozná meg. A démon azonban csak bizonyos események hatására lépne működésbe, így például ha a posztprocesszálással nyert adatok azt mutatják, hogy a modellstruktúra változtatásával a bevétel növelhető. A továbbfejlesztés egy következő lépése lehet, hogy az egész piacot is egy démon figyelje (például a fogyasztók szempontjából), és optimalizálja a piacon lévő szolgáltatók működését. Több démon alkalmazása azért is célszerű, mert az intelligens irányítás megosztása bizonyítottan növeli a hatékonyságot [1].

Mint az a várható eredményekből és a továbbfejlesztési lehetőségekből is látszik a forgalom-

előrejelző modell elkészítése középtávon sok szempontból megalapozhatja egy, az egész távbeszélő piacot modellező szimulációs rendszer elkészítését. A modell kidolgozásának egyik alapvető célja éppen ez volt.

Hivatkozások

- [1] JÁVOR, A.: Demon Controlled Simulation, *Mathematics and Computer in Simulation* 34 (1992), p. 283–296, North Holland.
- [2] CSEPELI GY., CSERE G., PLISZ J.: A „legjobb csomag” modell, *Magyar Távközlés* XIII. évfolyam, 2. szám.
- [3] JÁVOR, A. SZŰCS, G.: An intelligent agent controlled methodology for determining adequate models, *Summer Computer Simulation Conference*, Vancouver, Canada, July 16–20, 2000, p. 9–14.
- [4] JÁVOR, A.: Knowledge Attributed Petri Nets, *Systems Analysis, Modeling, Simulation*, 1993, Vol. 13. p. 5–12.
- [5] JÁVOR, A.: Problem Solving by the CASSANDRA Simulation System Controlled by Combined Mobile and Static AI, *Summer Computer Simulation Conference*, Arlington, Virginia, July 13–17, 1997, p. 723–728.
- [6] Hírközléspiaci helyzetkép 2000–2001, HíF, 2001. november.
- [7] 2001. évi XL. törvény a hírközlésről.
- [8] 251/2001. Kormányrendelet az egyes távközlő hálózati szerződésekről és azok megkötéséről.
- [9] 250/2001. Kormányrendelet a szolgáltatóválasztásról.
- [10] 26/1993. (IX. 9.) KHVM rendelet a közcélú távbeszélő-hálózat struktúratervéről.