

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
HÁLÓZATI RENDSZEREK ÉS SZOLGÁLTATÁSOK TANSZÉK

TELEKOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÁSOK
ÁRAZÁSÁNAK ÉS A SZÁMLÁZÓRENDSZEREK
FUNKCIONALITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Ary Bálint Dávid

Tézisfüzet

Tudományos témavezető:

Dr. Imre Sándor

Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

Budapest, 2013

BEADVA A
DOCTOR OF PHILOSOPHY
FOKOZAT RÉSZLEGES KÖVETELMÉNYEKÉNT A
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEMRE

BUDAPEST, MAGYARORSZÁG
2013 MÁJUS

© Ary Bálint Dávid, 2013
ary.balint@isolation.hu

1. Bevezetés

A mobil telekommunikációs piac lényeges változásokon ment keresztül mióta az első publikus és mindenki számára elérhető cellás mobiltelefon rendszert beüzemelték 1979-ben. Ahogy a fejlett államokban a mobil telefon penetráció megközelítette (sőt legtöbb esetben meg is haladta) a 100%-ot, úgy változott meg az emberek szemlélete a szolgáltatással kapcsolatban. A kezdeti időkben prémium kategóriás szolgáltatásnak számító rádiótelefont ma sokkal inkább az általános, mindennapi életünkhöz tartozó eszköznek tekintjük. A mobil hálózatok üzemeltetői éppen ezért mindent megtesznek, hogy új és vonzó szolgáltatásokkal, személyre szabható tarifacsomagokkal fenntartsák az előfizetők és befektetők érdeklődését és a szolgáltatás prémium színvonalát. Ezen új változások nem csak a technológia, hanem a piachoz tartozó üzleti modellek megújulását is jelentik [4, 16]. Mindazonáltal a bevétel legnagyobb részét még mindig a végfelhasználók generálják, melyet a szolgáltatók az árusító (point of sale - POS) és számlázórendszereik segítségével realizálnak.

A piaci pozíció megtartása érdekében a legtöbb szolgáltató új, jövőállóbb számlázórendszert és ügyfélkapcsolat menedzsment rendszert (customer relationship management - CRM) vezetett be az elmúlt években (vagy fontolja bevezetését a közeljövőben). Bár az új számlázórendszerek flexibilisebbek, mint elődjeik és lehetőséget adnak az új igények, szolgáltatások és üzleti modellek kielégítésére, az árazás és számlázás alapvető folyamatai és architektúrája nem változott a kezdetek óta.

A pre-paid (feltöltőkártyás) és post-paid (számlás) előfizetők szinte minden szolgáltatónál megtalálhatóak. A két felhasználótípus között olyan fundamentális különbségek vannak, amelyek nem csak a pénzügyi hozzáállást, hanem az informatikai és technológia háttérrel, architektúrát is meghatározzák. A post-paid előfizetők a számlázási ciklusuk végén egyenlítik ki tartozásaikat, az árazást és számlázását pedig *offline* számlázórendszerek végzik a hálózati elemek által küldött hívásrekordok alapján. A hívásrekordokat a vonatkozó terminológia *call detail record*-nak, *charging detail record*-nak vagy *event*

detail record-nak hívja, és a CDR, EDR vagy általánosan az xDR rövidítést alkalmazza. Ezen rekordokat a szolgáltatást nyújtó elemek (például a Mobile Switching Center-ek) generálják a szolgáltatás befejezése után és több rekorddal együtt, offline, file alapú protokoll (például FTP) segítségével juttatják el a számlázóközpontba [8, 6]. Ahogy az adatok megérkeznek a központba, a megfelelő modul kiszámítja a szolgáltatás árát a rekordokban szereplő információk, a felhasználó által megrendelt árazási logikák és kedvezmények, valamint a felhasználó eddigi szolgáltatásigénylései alapján.

A GPRS (General Packet Radio Service), a különböző 3G-s szolgáltatások, az IMS (IP Multimedia Subsystem) és a LTE (Long Term Evolution) megjelenésével az árazási dimenziók megváltoztak. A szolgáltatásokat már nem csak darabszám és híváshossz alapján számlázzák. Előfordulhat, hogy egy viszonylag hosszú kapcsolat kevés pénzbe kerül, de ugyanakkor léteznek rövid, prémium áras szolgáltatások. Üzleti szempontok alapján a hosszú és drága szolgáltatások jelentik a legnagyobb veszélyt az offline számlázás esetén, hiszen a szolgáltató csak a szolgáltatás végeztével értesül az eseményről és nincs lehetősége a beavatkozásra. Azért, hogy ezt a problémát kiküszöböljék a vonatkozó szabványok bevezették a parciális CDR fogalmát [5, 7]. Ezen rekordokat a hálózati elemek a szolgáltatás igénylése közben küldik a számlázórendszerbe és az előző parciális CDR küldése óta felhasznált szolgáltatásról nyújtanak információt.

A pre-paid ügyfelek a szolgáltatás igénylése előtt fizetik ki annak árát, lényegében jogosultságot vásárolnak. A korai mobil hálózatokban a pre-paid ügyfeleket és szolgáltatásokat a szolgáltatásokat nyújtó hálózati elemek engedélyezték és árazták. Ahogy azonban a szolgáltatások és tarifacsomagok egyre bonyolultabbá váltak, szükségessé vált, hogy a pre-paid árazást is centralizálttá tegyék. Jelenleg szinte minden telekommunikációs hálózatban a pre-paid árazást egy, úgynevezett intelligens csomópont (Intelligent Node - IN) végzi [1, 2, 9]. A pre-paid, online árazás nagyban különbözik attól, hogy esemény alapú vagy kapcsolat alapú szolgáltatást igényel az előfizető [5, 10]. Az esemény alapú szolgáltatások (mint például az SMS, az MMS a mobil

fizetés/vásárlás vagy adott esetben a mobil szerencsejáték) árazása viszonylag egyszerű. A szolgáltatás igénylésének pillanatában a pre-paid árazó platform beárazza a hívást és amennyiben az előfizető számláján lévő pénz elegendő a szolgáltatás igénybevételéhez, úgy a megfelelő mennyiségű összeget levonva engedélyezi a tranzakciót. Amennyiben a számlán lévő összeg kevesebb, mint a szolgáltatás ára, úgy a hívás meghiúsul a hívásfelépítés során [9, 11, 14].

A kapcsolat (session) alapú szolgáltatások (hanghívás, GPRS kapcsolat, videótelefonálás) online árazása lényegesen bonyolultabb, hiszen a szolgáltatás hossza, és így a pontos ára a kapcsolat felépülésének pillanatában nem, csak a hívás befejeztével válik ismerté. A hívások hossza itt nem feltétlenül a percben mért hosszt jelenti, hanem a szolgáltatás hosszát a mért mennyiségben (például a forgalmazott adatmennyiségben). Régebbi implementációkban a hívás árát ilyen esetekben utólag vonták le a felhasználó számlájáról, amely azonban egyértelműen magában foglalta azt a kockázatot, hogy a számlán nem volt elegendő mennyiségű összeg [12, 15]. Manapság az árazás és az összeg levonása kisebb egységekben, darabokban történik, lehetőséget adva a szolgáltatás üzemeltetőjének a beavatkozásra és a kockázat csökkentésére [17, 5]. A szolgáltatást nyújtó hálózati elem előre definiált szolgáltatásmennyiségnek megfelelő összeget foglal le a felhasználó számlájáról. Ha a lefoglalás sikeres volt, akkor a szolgáltatást nyújtó elem biztosítja a szolgáltatás nyújtását az adott mennyiség erejéig. Ha a hívás nem fejeződik be addig, a hálózati elem új egységet foglal le, a szolgáltatás befejeztével pedig a teljes hívást újraárazza, az árat levonja a számláról, a feleslegesen lefoglalt összeget pedig elengedi.

2. Kutatási célok

A disszertáció fő célkitűzése az új telekommunikációs szolgáltatások és a paradigmaváltások hatásának vizsgálata a jelenlegi számlázási architektúrán és számlázórendszer implementációkon. A kutatásaim három fő témakör köré csoportosíthatóak:

1. A bevezetett, vagy bevezetni kívánt új szolgáltatások szignifikáns hatással lehetnek a számlázórendszer teljesítményére. A céloom olyan modellek alkotása és számítások kidolgozása volt, amelyek lehetőséget adnak arra, hogy ezen új szolgáltatások teljesítmény- és erőforrásigényét megjósoljuk.
2. A pontos árazás megvalósításához a jelenlegi architektúrában nagy mennyiségű hálózati forgalomra, frekventált árazásra és processzor teljesítményre van szükség. Megvizsgáltam annak a lehetőségét, hogy hogyan lehet a pontos árazást a jelenleginél kevesebb erőforrással biztosítani.
3. Az új szolgáltatások és üzleti modellek a jelenleginél flexibilisebb és komplexebb számlázórendszert igényelnek. A kutatásaim egyik fő gócpontja egy olyan új árazási alrendszer kidolgozása volt, amely a flexibilis árazás mellett új funkciókat is biztosít.

3. Kutatási módszer

A kutatásaim során a különböző tudományos és piaci fórumokon elérhető anyagokat átolvasva felmértem azokat a problémákat, amelyek az elmúlt évek piaci és technológiai változásaiból eredtek. A kutatásaimhoz és eredményeimhez nagyban hozzájárultak azok a tapasztalatok, amelyeket számlázórendszer fejlesztőként és solution analyst-ként szereztem a magyarországi telekommunikációs cégeknél. A kutatásomhoz továbbá több különböző eszközt és technikát is felhasználtam.

A méretezéshez és overhead csökkentéshez megfelelő matematikai modellt alkottam. Mivel a hívások kezdeményezésének és hosszának eloszlása lényegesen befolyásolja a kapott eredményeket, ezért több eloszlásosztályt vizsgáltam és a kapott eredményeket az eloszlások egyes paramétereinek függvényében adtam meg. Minden egyes modellnél szimulációt alkottam azért, hogy a kapott analitikus eredményeket igazoljam, valamint hogy ál-

talánosabb esetben is lehetőség legyen e számítások elvégzésére. Kisebb módosításokkal a megalkotott szimuláció lehetőséget ad arra, hogy tetszőleges eloszlás esetén segítse a számításokat.

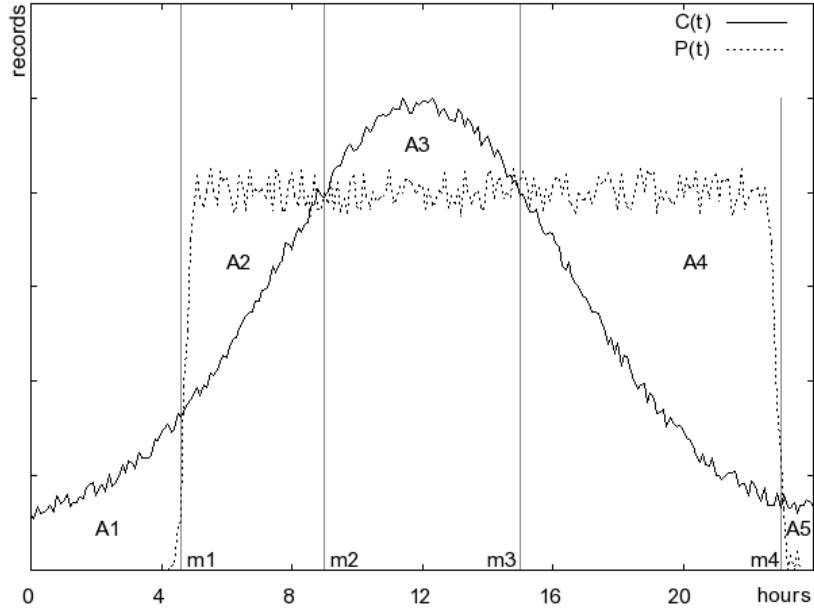
Az új árazó modell megalkotása során azonosítottam az offline árazás fő lépéseit, valamint megterveztem és kifejlesztettem egy árazó alrendszert. A gráf alapú megközelítésnek köszönhetően a rendszer képes arra, hogy megjósolja a hívások árát a szolgáltatásigénylés előtt, amennyiben a megfelelő állapotlépés valószínűségek ismertek. A kapcsolódó matematikai apparátust a sorbanállási elméletektől kölcsönöztem.

4. Új eredmények

Ahogy a kutatási céloknál ismertettem, a kutatásaim és eredményeim három fő témakör köré csoportosíthatóak. A téziseimet ennek megfelelően csoportosítottam.

1. téziscsoport: *Matematikai modellt alkottam a post-paid árazási modul szükséges feldolgozási erejének kiszámítására és kiszámítottam a feldolgozandó CDR-ek darabszámát és eloszlását. A téziscsoportot a disszertáció 2. fejezete taglalja.*

A pre-paid árazó modulok folyamatosan működő, real-time rendszerek, hiszen lényeges szerepet játszanak a pre-paid ügyfelek szolgáltatásigényléseinek hívásengedélyezési folyamatában. A post-paid, offline árazórendszerek kevesebb, mint 24 árát üzemelnek naponta, és a hívásrekordok beérkezése és feldolgozása között akár több óra is eltelhet [3]. Jelöljük a hívások kezdeményezésének eloszlását $C(t)$ -vel, az árazórendszer feldolgozási sebességét (a feldolgozott CDR-ekben mérve) pedig $P(t)$ -vel. Az általános kapcsolatukat egy adott napon az 1. ábra szemlélteti. A maximális feldolgozási erő a legtöbb esetben nem elegendő ahhoz, hogy csúcsidőben fel tudja dolgozni a beérkezett CDR-eket, éppen ezért a két függvény négy helyen metszi egymást (jelölje ezeket az időpontokat m_1, m_2, m_3 és m_4), ahogyan az ábrán is megfigyelhető. A feldolgozásra váró CDR-ek száma nő, amikor a feldolgozási



1. ábra. Általános CDR beérkezési ($C(t)$) és feldolozási ($P(t)$) görbe

erő kisebb, mint a beérkező rekordok darabszáma, és csökken ellenkező esetben. A továbbiakban feltételezni fogjuk, hogy a két függvény kapcsolata a bemutatott ábrához hasonló. Jelölje m_0 a nap elejét és m_5 a nap végét és vezessük be a következő öt területet.

$$A_i = \left| \int_{m_{(i-1)}}^{m_i} c(t)dt - \int_{m_{(i-1)}}^{m_i} p(t)dt \right| \quad \text{ahol } i := \{1, 2, 3, 4, 5\}. \quad (1)$$

Legyen D a plusz feldolozási erő, amelyet a következőképpen definiálunk:

$$D = -A_1 + A_2 - A_3 + A_4 - A_5 = \int_0^{24} P(t)dt - \int_0^{24} C(t)dt. \quad (2)$$

Látható, hogy a rendszer csak akkor tudja feldolgozni a napi CDR mennyiséget, ha $D \geq 0$.

Megmutattam, hogy ha $\int_0^{24} P(t)dt > \int_0^{24} C(t)dt$ és a rendszer indulásakor nem volt feldolgozásra váró CDR a sorban, akkor a feldolozási sor üres az m_2 vagy az m_4 pillanatokban minden nap. A maximális lemaradás (back-

log) ebben az esetben a következőképpen számítható: $Q_{max} = \max(A_5 + A_1; A_3; A_5 + A_1 - A_2 + A_3; A_3 - A_4 + A_5 + A_1; 0)$.

A rekordok darabszáma és a feldolgozási sor maximális mérete szükséges ahhoz, hogy megfelelő módon méretezzük a rendszereket. Az üzleti szereplők és a biztonsági (fraud) osztályok azonban sokkal inkább a sorban található legöregebb rekordra szeretnék biztosítékot kapni. Egy általános üzleti igény, hogy ne legyenek túlságosan régi, feldolgozatlan rekordok nap közben (például m_2 és m_4 időpontok között).

Megmutattam, hogy ha $\int_0^{24} P(t)dt > \int_0^{24} C(t)dt$ és a feldolgozási sor nem üres m_2 -ben, akkor $P(t)$ -nek a következő feltételt kell kielégítenie, hogy ne legyenek K -nál öregebb rekordok a feldolgozási sorban m_2 és m_4 között:

$$A_5 + \int_0^{\min(0, x-K)} c(t)dt \leq \int_0^x p(t)dt, \quad (3)$$

ha a sor üres m_2 -ben, akkor a feltétel a következőre módosul:

$$\int_{m_2}^{(x-K)} c(t)dt \leq \int_{m_2}^x p(t)dt, \quad (4)$$

minden $m_2 \leq x \leq m_4$ esetén.

Az adathívások ára nem feltétlenül függ a hívás időbeni hosszától. Ezen szolgáltatások néhány óráig, vagy akár napig is eltarthatnak. Hosszú hívások esetén a post-paid rendszerek parciális CDR-eket generálnak, hogy biztosítva legyen a szolgáltató beavatkozási lehetősége, amennyiben a felhasználók kockázatosan nagy értékű szolgáltatást vennének igénybe.

A parciális CDR-ek több esemény hatására generálódhatnak (az elfogyasztott szolgáltatás mennyisége, helyváltozás, handover, stb.), de egy általános hozzáállás, hogy e közttes CDR-eket bizonyos szabályos időközönként generálják [5, 7]. Jelölje $f(t)$ a hívások indításának, $g(t)$ a hívások hosszának sűrűségfüggvényét, míg $F(t)$ és $G(t)$ ezek eloszlásfüggvényét.

Legyen $E_g(t)$ a várható híváshossz és jelölje P_i annak a valószínűségét, hogy a hívás hossza iK és $(i+1)K$ között van. Triviális, hogy

$$P_i = \int_{iK}^{(i+1)K} g(t)dt = G((i+1)K) - G(iK). \quad (5)$$

1.1. tézis: Bebizonyítottam, hogy az átlagos parciális CDR darabszám hosszú hívások esetén $(\frac{E_g(t)}{K} - 1)$ és $\frac{E_g(t)}{K}$ között van, ha a parciális CDR-eket K időközönként generálják és $E_g(t)$ a hívások hosszának várható értéke. A tézis bizonyítását a disszertáció 2.2.1. fejezete tartalmazza. [Ary2010ARR]

A CDR feldolgozó rendszer pontos méretezéshez azonban nem csak a (parciális és reguláris) CDR-ek darabszámát, hanem azok eloszlását is figyelembe kell venni.

1.2. tézis: Bebizonyítottam, hogy a (parciális és reguláris) CDR-ek beérkezésének eloszlása a következőképpen számítható:

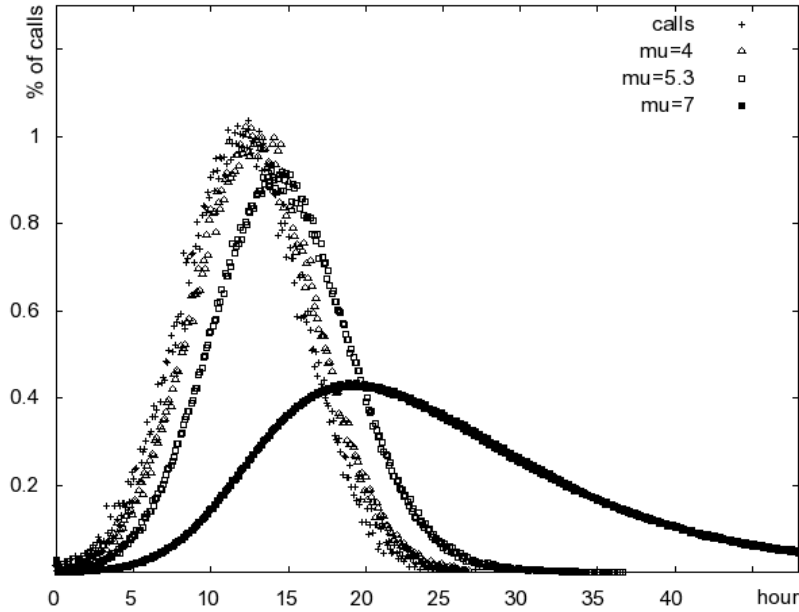
$$h(\tau) = \frac{\int_{0+}^{\infty} f(\tau - t)g(t)dt}{1 + N} + \frac{\sum_{i=1}^{\infty} f(\tau - iK) \sum_{j=i}^{\infty} P_j}{1 + N}, \quad (6)$$

ahol $f(t)$ a hívások indításának, $g(t)$ a hívások hosszának sűrűségfüggvénye, N az átlagos parciális CDR szám hívásonként és P_i az (5) egyenletben definiált érték. A bizonyítás a disszertáció 2.2.3. fejezetében található. [Ary2010ARR]

A szimulált CDR érkezéseket (parciális és reguláris CDR-ek) a 2. ábra szemlélteti, ahol a hívások indítása a normális, a hívások hossza pedig a lognormális eloszlást követi.

A parciális CDR-eket a számlázórendszerek átmenetileg egy adatbázisban tárolják és korrelálják az adott híváshoz később beérkező további parciális CDR-ekkel és a végső reguláris CDR-el. Ez a korreláció lehet azonnali, vagyis minden egyes parciális CDR-t hozzáfűznek (hozzáadnak) a már beérkezett rekordokhoz, vagy offline, és a korrelálás csak a végső CDR beérkezése esetén következik be. A szükséges adatbázis mérete szintén fontos méretezési kérdés, és optimális esetben még a szolgáltatás beindítása előtt ki kell számítani. Mivel bizonyos esetekben e hívások akár több napig is tarthatnak nem elég egyetlen napot figyelembe venni ahhoz, hogy a szükséges adatbázis méretét kiszámítsuk, elméletileg az összes előző napot figyelembe kell venni.

1.3. tézis: Algoritmust alkottam, hogy a parciális CDR-ek átmeneti tárolásához használt adatbázis méretét felülről becsülni lehessen. Az algoritmus L mennyiségű napot tud figyelembe venni és akkor használható, ha



2. ábra. Parciális és reguláris CDR érkezések eloszlása az idő függvényében különböző híváshossz eloszlások esetén

a parciális CDR-eket azonnal korreláljuk, valamint rendelkezünk valamilyen információval (eloszlás típusa, paraméterei vagy empirikus adatok) a hívások indításáról és hosszáról. Az algoritmus a disszertáció 2.3.2. fejezetében részletesen olvasható. [Ary2012TS]

Az adatbázis méretét úgy tudjuk felülről becsülni, ha az összes szükséges napot figyelembe vesszük és az L -nél régebbi napok hatását (S_L) hozzáadjuk az algoritmus által kiszámított értékhez. S_L -t akkor tudjuk kiszámítani, ha a hívások hosszának eloszlása ismert. Bár a normális eloszlás jó közelítésnek tűnik, a vonatkozó szakirodalmak a lognormális és Erlang eloszlást javasolják [13].

Ha a hívások hossza a normális eloszlást követi $g_n(t)$ sűrűség és $G_n(t)$ eloszlásfüggvénnyel, akkor definiáljuk a *pozitív normális eloszlást* a következőképpen:

$$g_p(t) = \begin{cases} 0 & \text{ha } t < 0 \\ \frac{g_n(t)}{1-G_n(0)} & \text{ha } t \geq 0. \end{cases} \quad (7)$$

1. táblázat. Eredmények az eloszlások osztályok és paraméterek függvényében

eloszlás	L_{min}	S_L
pozitív normál(μ, σ)	$\lceil \frac{\mu + 2\sqrt{2}\sigma}{T_d} \rceil$	$C \frac{0.25e^{\sqrt{2}\mu/\sigma}}{\sqrt{\pi}} \frac{e^{-\sqrt{2}LT_d/\sigma}}{1 - e^{-\sqrt{2}T_d/\sigma}}$
lognormál(μ, σ) $\sigma < \sqrt{2}$	$\lceil \frac{e^{\mu+2\sqrt{2}\sigma}}{T_d} \rceil$	$C \frac{0.25e^{\sqrt{2}(\mu - \log(T_d))/\sigma}}{\sqrt{\pi}} \zeta(\frac{\sqrt{2}}{\sigma}, L)$
lognormál(μ, σ) $\sigma \geq 1$	$\lceil \frac{e^{\mu+2\sqrt{2}\sigma^2}}{T_d} \rceil$	$C \frac{0.25e^{\sqrt{2}(\mu - \log(T_d))}}{\sqrt{\pi}} \zeta(\sqrt{2}, L)$
Erlang(λ, k)	$\lceil \frac{1}{e^{\lambda T_d/k} - 1} \rceil$	$C \frac{\sum_{n=0}^{k-1} e^{-\lambda LT_d} (\lambda LT_d)^n / n!}{1 - e^{-\lambda T_d/k}}$

A számítások megkönnyítése érdekében definiáljuk $\zeta(r, L)$ -t, mint $\sum_{i=L}^{\infty} \frac{1}{i^r}$, és jelölje T_d a 24 órát, C pedig a napi hívásmennyiséget.

1.4. tézis: Bebizonyítottam, hogy ha a hívások hossza a *pozitív normál*, *lognormál* vagy *Erlang* eloszlást követi, akkor az L -nél régebbi napok hatását az adatbázis méretére felülről lehet becsülni, ha L értékét megfelelően nagyra választjuk. A legkisebb szükséges L_{min} értékeket és a kiszámított plusz adatbázis méretet az 1. táblázatban foglaltam össze a különböző eloszlások osztályok és paraméterek esetén. A bizonyítás a disszertáció 2.3.3. fejezetében olvasható. [Ary2012TS]

Sok esetben a hívások hosszának eloszlása és azok paraméterei megengedik,

hogy egyszerűsítsük a kapott eredményeket, és egyszerű szabályokat (rule-of-thumb) készítsünk az adatbázis méretének számításához. Viszonylag rövid hívások esetén (amikor a legtöbb hívás rövidebb, mint a parciális CDR generálásához beállított hossz) a szükséges adatbázisméret viszonylag kicsi.

1.5. tézis: Kiszámítottam, hogy ha a hívások hossza a *pozitív normális* eloszlást követi és $T_d > K > \mu + 2\sqrt{2}\sigma$, akkor a szükséges adatbázis mérete kevesebb, mint $0.00732C$. Ha a hívások hossza a *lognormális* eloszlást követi, és $T_d > K > e^{\mu+2\sqrt{2}\sigma}$, akkor a szükséges méret a parciális CDR-ek ideiglenes tárolására kevesebb, mint $0.01502C$. A számítás részletei megtalálhatóak a disszertáció 2.3.4. fejezetében. [Ary2012TS]

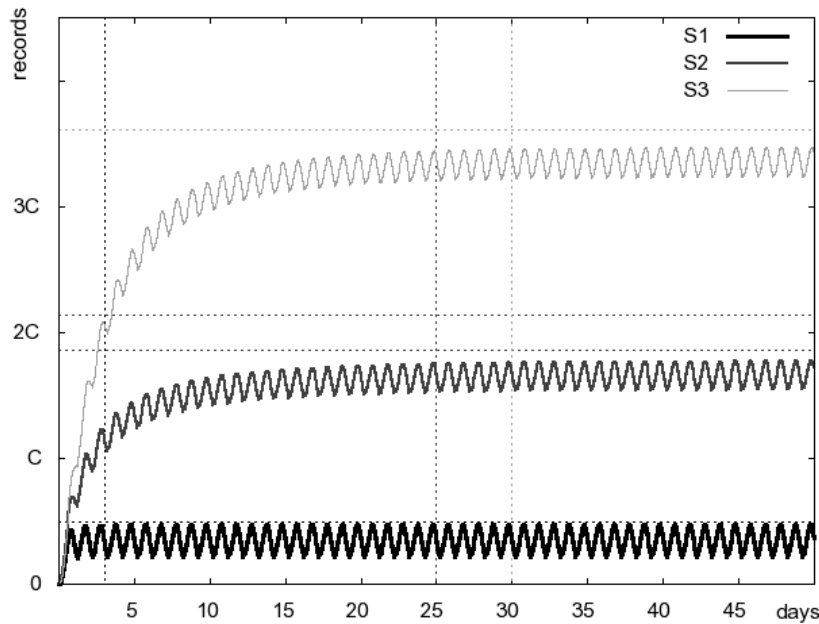
A bemutatott algoritmust és a kapott számításokat együttesen használva felülről becsülhetjük a szükséges adatbázis pontos méretét. Mindazonáltal, ha a hívások időpontja és hossza bonyolultabb eloszlást követ, akkor e számításokat nem tudjuk elvégezni, sőt, az algoritmus használatához szükséges limitet sem tudjuk meghatározni. Ilyen esetekben szimulációs megközelítés javasolt.

1.6. tézis: Szimulációt alkottam, hogy a parciális CDR-ek tárolásához szükséges adatbázis méretét tetszőleges eloszlások esetén is ki lehessen számítani. A szimulációs eredmények egyúttal igazolták az analitikus számításokat is. A részleteket a disszertáció 2.3.5. fejezetében részleteztem. [Ary2012TS]

A szimulált és a kiszámolt adatbázis méreteket a 3. ábra mutatja három különböző szimulációs futásra.

Pre-paid, kapcsolat alapú hívások esetén (hanghívás, adatkapcsolat, stb.) a hálózati elemek pénzt (credit) foglalnak le az előfizetők számlájáról meghatározott mennyiségű egységnek (perc, kilobyte, stb.) megfelelően [11, 10]. Minden egyes lefoglalás legalább egy üzenetváltás és egy árazást jelent.

1.7. tézis: Bebizonyítottam, hogy ha az egység-lefoglalás K időközönként történik, akkor az egy híváshoz tartozó átlagos foglalási üzenetek darabszáma kevesebb, mint $\frac{Eg(t)}{K} + 2$. A számítási eredményeket szimulációval igazoltam. A tézis a disszertáció 2.4. fejezetében részletesen olvasható. [Ary2011PP]

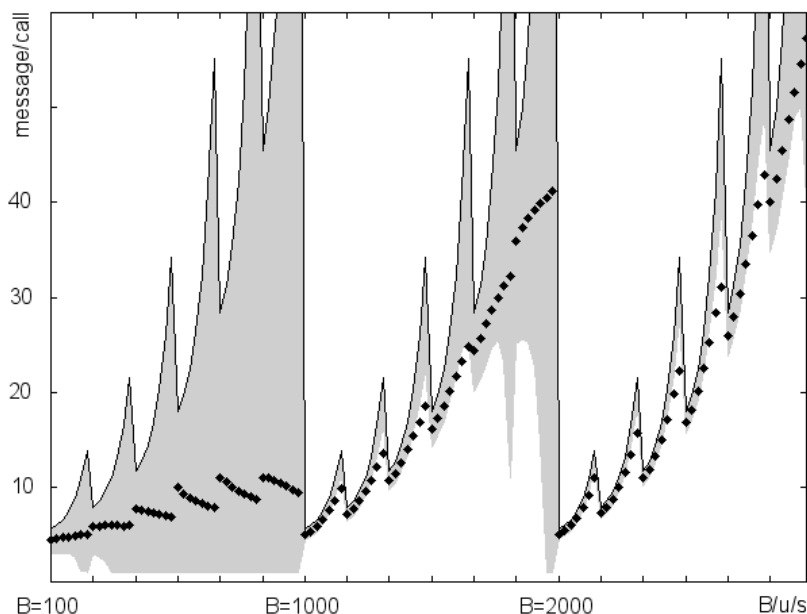


3. ábra. Teljes parciális adatbázis méret az eltelt napok függvényében különböző szimulációs beállítások mellett

A 4. ábra a szimulált és a kiszámított egység-lefoglalásokat mutatja. A kiszámított intervallumot szürkével, még a szimulált eredményt ponttal jelöltem az egyes futási paraméterekre.

Online számlázás esetén, ha a szolgáltatást nyújtó hálózati elem túl nagy egységet foglalna le a felhasználó számlájáról, akkor az esetlegesen párhuzamosan igényelt szolgáltatásoknak nem maradna elegendő összeg, még akkor sem, ha az eredeti szolgáltatást befejezi az előfizető, és a fel nem használt összeg visszakerül a számlára [17, 15, 12]. Ennek fényében a gyakoribb, de kisebb egység-lefoglalás a javasolt. Mivel post-paid esetben a CDR-ek utólagosan generálódnak, így az offline számlázásnál ezek a problémák nem jelentkeznek. Ebből fakadóan a pre-paid szolgáltatások árazása és az általános online árazás több hálózati overhead-et eredményez, mint az offline árazás.

2. téziscsoport: *Protokoll és architektúra változásokat javasoltam, hogy csökkentsem a pre-paid árazás során generált hálózati overhead mértékét és*

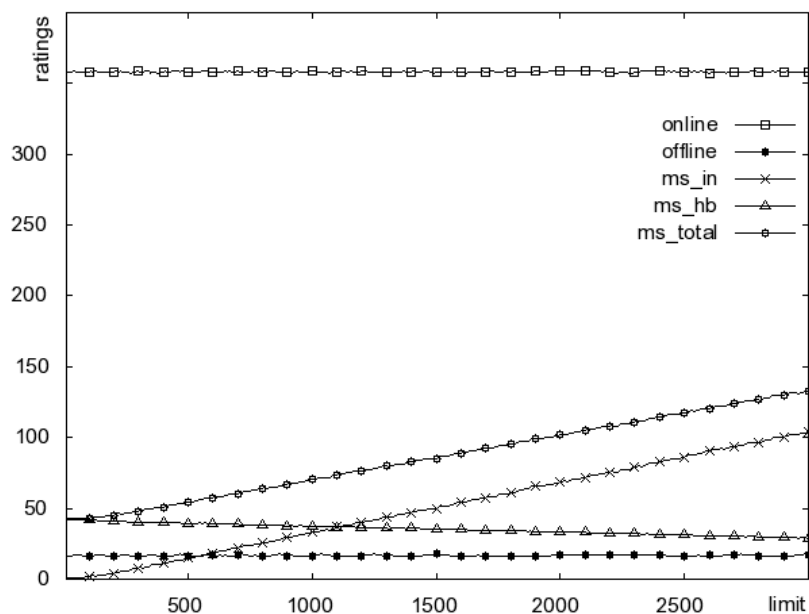


4. ábra. Egységfoglalások szimulált száma és kalkulált intervalluma különböző szimulációs beállítások mellett

a szükséges feldolgozási kapacitást. A tétiscsoportot a disszertáció 3. fejezete taglalja.

2.1. tézis: Kidolgoztam egy úgynevezett módváltó modellt, ahol a számlázórendszer dinamikusan képes váltani online és offline számlázás között az előfizető számláján lévő pénzmennyiség, az árazási logika és a terjedési idő függvényében. A modell részletes leírása a disszertáció 3.1. fejezetében található. [Ary2005HTS, Ary2005EUN, Ary2005CON]

A modell lényege, hogy minden szolgáltatáshoz egy $C_{r,s}$ *pénzfogyási sebesség* definiálunk, amely a maximális mennyiségű pénzt jellemezi szolgáltatott egységenként az adott s szolgáltatás és r árazási logika függvényében. Ha a terjedési sebességekről is van információnk, akkor kiszámíthatjuk a módváltáshoz szükséges limitet. Ha az előfizető számláján ennél a mennyiségnél több pénz van, akkor offline árazást, ellenkező esetben online árazást alkalmazunk. Ahhoz, hogy ezt meg tudjuk oldani, ugyanazon árazási logikát kell implementálni mind a pre-, mind a post-paid árazó rendszerben, a szolgáltatást



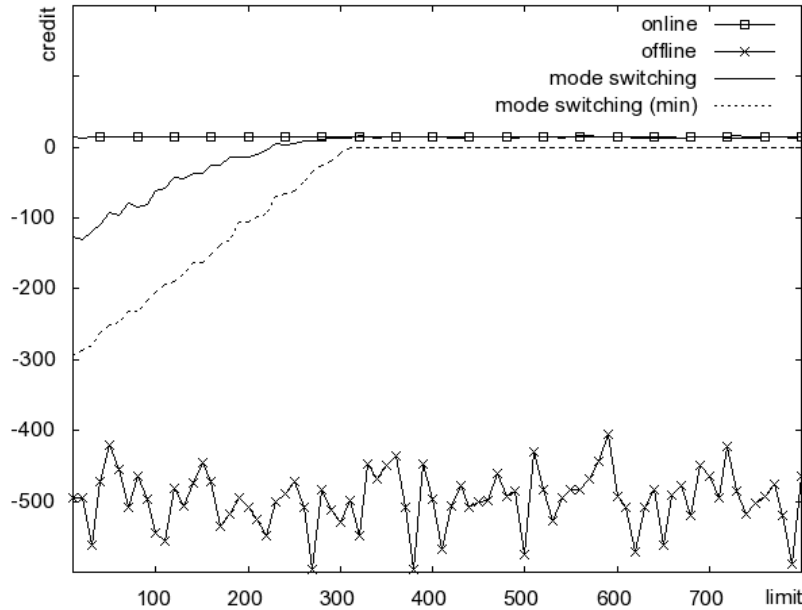
5. ábra. Az árazások darabszáma a módváltó limit függvényében a különböző árazási módszereknél

nyújtó hálózati elemeknek képeseknek kell lennie arra, hogy mindkét árazási módot támogassák és a számlázórendszernek képesnek kell lennie, hogy a módváltást elindítsa.

2.2. tézis: Szimulációt alkottam, hogy a módváltás előnyeit bemutassam és kiszámítsam. A szimulációt a disszertáció 3.1.2. fejezete mutatja be. [Ary2005HTS, Ary2005EUN, Ary2005CON]

Az árazások (rating) számát az 5. ábra szemlélteti az online, az offline és a módváltó esetben a módváltó limit függvényében. A módváltásnál mind az online, az offline és az összes árazások számát feltüntettem. A 6. ábra a felhasználók számlájának végösszegét mutatja.

Mindazonáltal, hogy a módváltó modell alkalmazásával radikálisan csökkenthető az adminisztratív hálózati forgalom mértéke és a szükséges erőforrások, a javasolt változtatások mennyisége és komplexitása túlságosan nagy lehet. Kevesebb módosítással is megoldható, hogy bár kisebb mértékben, de csökkentsük ezen erőforrásigényeket. A dinamikus egység-lefoglalás használata-



6. ábra. A számla maradványértéke a módváltó limit függvényében a különböző árazási módszereknél

tával, valamint preemptív lefoglalással biztosítható a pontos árazás a hálózati overhead és feldolgozási kapacitás csökkentése mellett is. Dinamikus foglalás esetén a lefoglalt egységek mértéket dinamikusan számítjuk ki, még a preemptív foglalásnál a magasabb prioritással rendelkező szolgáltatás *viszakerheti* az alacsonyabb prioritással rendelkező szolgáltatás által lefoglalt pénzmennyiséget.

2.3. tézis: Algoritmust alkottam, amely pontos árazást biztosít dinamikus egység-lefoglalás mellett, és az átlagos üzenetek darabszáma nem haladja meg az $\frac{E_g(t)}{K} + 2 + \frac{LP}{C}$ értéket, ahol L a különböző lefoglalható egységek, P az igényelhető szolgáltatástípusok darabszáma, C pedig az egy feltöltési periódusban indított árazott hívások vagy szolgáltatások átlagos darabszáma. Preemptív lefoglalás esetén az átlagos üzenetek darabszáma kevesebb, mint $\frac{E_g(t)}{K} + 2 + \frac{DLP+LP}{C}$ ahol D az átlagos preemptív szolgáltatásigénylések darabszámát jelenti. Az algoritmust a disszertáció 3.2. fejezete részletezi. [Ary2011PP]

Az új évezredben újabb és újabb szolgáltatásokat mutattak be, a flexibilisebb és jövőállóbb számlázórendszerek utáni igény pedig megnövekedett. A telekommunikációs hálózatok szolgáltatói vagy továbbfejlesztették meglévő rendszereiket, vagy (legtöbb esetben) kicserélték őket egy harmadik fél által szállított megoldással. Bármelyik utat is választották a szolgáltatók, a kulcskérdés a flexibilitás és a marketing igények széleskörű támogatása lett.

3. téziscsoport: *Megterveztem egy új, flexibilis post-paid árazó rendszert, mely lehetőséget ad arra, hogy a definiált tarifacsomagokat matematikai eszközökkel lehessen vizsgálni. A téziscsoportot a disszertáció 4. fejezete taglalja.*

A legtöbb esetben a post-paid árazórendszerek kódszinten (vagy legalábbis pszeudo-kód szinten) definiálják az árazási logikát. Ez a koncepció a tarifacsomagok matematikai analízisének feláldozásával ugyan, de nagyfokú flexibilitást ad a rendszereknek.

3.1. tézis: Definiáltam az árazás főbb lépéseit és megterveztem egy új, flexibilis, állapotgráfon alapuló árazó modult. A tézis a disszertáció 4.1. fejezetében bővebben olvasható. [Ary2007MS]

Az egyes hívásrekordok árazásának főbb lépései a következők:

1. A hívásrekordok (CDR/EDR) begyűjtése a hálózati elemektől (mediation/acquisition).
2. A híváshoz tartozó ügyfél és az általa megvásárolt tarifacsomagok, kedvezmények kikeresése az adatbázisból (guiding).
3. A hívás árának meghatározása a hívásrekordban szereplő információk, a tarifacsomag és kedvezmények, valamint az adott számlázási ciklusban akkumulált hívásinformációk alapján (rating).
4. Az akkumulált hívásinformációk frissítése az adott hívásrekord alapján (összes költött pénz, összes idő, hívások darabszáma, stb.) (update accumulation).

5. A kiszámított értékek adatbázisba írása (commit).

Az állapotgráfon alapuló árazás alapötlete, hogy a tarifacsomagok árazási logikáját reprezentálhatjuk egy gráffal. A gráf minden egyes állapota a szolgáltatás különböző állapotát és árát jelenti. Az állapotok közötti átmenet az akkumulációk és/vagy a hívásrekordban megkapott adatok alapján következik be. Ezt a megközelítést használva, a hívás árának meghatározása nem más, mint a megfelelő állapot megkeresése. Egy példa gráfot szemléltet a 7. ábrán, mely a következő elképzelt hang alapú tarifacsomagot jelenti:

A állapot: Minden hónapban az első 20 perc beszélgetés ingyenes.

B állapot: A hívás díja 20 egység hétköznapi csúcsidőben.

C állapot: A hívás díja 10 egység hétköznapi csúcsidőn kívül.

D állapot: A hívás díja 8 egység a hétvégén.

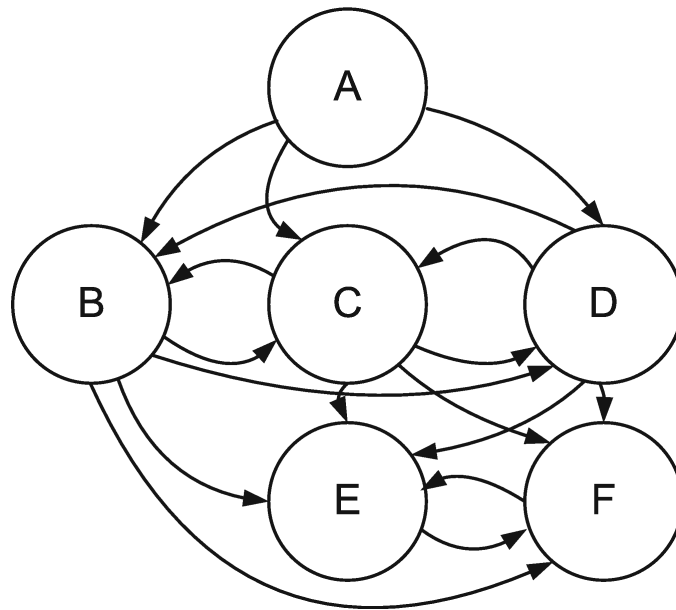
E állapot: A 100-adik hívás után a hívás díja 15 egység csúcsidőben.

F állapot: A 100-adik hívás után a hívás díja 6 egység csúcsidőn kívül és a hétvégén.

Jelölje G_s az adott szolgáltatáshoz és ügyfélhez tartozó állapotgráfot, legyen $\bar{\alpha}$ a kiinduló állapotot jellemző vektor (a vektor minden eleme 0, kivéve az aktuális állapotot jelentő érték, amely 1-esként szerepel), \bar{u} pedig jelölje a szolgáltatás ár-vektorát, amely a szolgáltatás árait jellemzi minden egyes állapotban ($\bar{u} = [20, 10, 8, 15, 6]$ a fenti esetben). Ha az állapotátmenetekhez valószínűségeket rendelünk, akkor definiálhatjuk a Π állapotátmeneti mátrixot, ahol az i, j elem az i állapotból j állapotba való átlépés valószínűségét jelenti.

3.2. tézis: Megmutattam, hogy ha Π_r a kiszámított állapotátmeneti mátrix egy adott szolgáltatáshoz és árazási logikához, akkor a szolgáltatás árát a következő módon számíthatjuk ki:

$$v(t) = \sum_{k=0}^{t-1} \bar{\alpha} \Pi_r^k \bar{u}, \quad (8)$$



7. ábra. Példa állapotgráf

ahol $\bar{\alpha}$ a kiinduló állapotot jellemző vektor, \bar{u} az ár-vektor, t pedig a szolgáltatás hosszát jelenti. A tézis részleteiben a disszertáció 4.3 fejezetében olvasható. [Ary2007MS]

Ez a modell lehetőséget ad arra, hogy a szolgáltatás árát még a szolgáltatásigénylés előtt kiszámítsuk (megbecsüljük), amennyiben a szolgáltatás hossza ismert. Mindazonáltal a modell problémája, hogy a valós állapotátlépési feltételeket egyszerű valószínűségeként reprezentálja, eltorzítva ezzel a hívásdíjelőrejelzés (Advice of Charge - AoC) pontosságát.

3.3. tézis: Megalkottam három különböző kiegészítő modellt, hogy javítsam a hívásdíjelőrejelzés minőségét, melyet a disszertáció 4.3. fejezetében részletesen is dokumentáltam. [Ary2007MS]

Hívásdíjelőrejelzés megnövelt állapotátlépési gráffal (ESTM): A modell alapötlete, hogy az átlépési feltételeket állapotokba kódolja el. Az eredeti gráfot annyi új állapottal egészítjük ki, amennyire a pontosításhoz szükség van. Például ha az i állapotból j állapotba 5 egység (perc) után léphetünk át, akkor az i állapotot egy 5 hosszú állapotlánccal helyettesítjük, ahol az állapotátlépések valószínűsége konstans 1. A modell problémája, hogy az

új állapotgráf hatalmassá duzzadhat, növelve ezzel a szükséges memória és számítási kapacitás mértékét.

Hívásdíjelőrejelzés rétegezett gráffal (TLM): A modell akkor nyújt segítséget, ha az állapotátlépések valószínűsége a hívás hosszától függ. Szerencsére ez a megszorítás nem jelent szignifikáns megkötést a jelenleg elérhető tarifacsomagokat figyelembe véve. A modell során a gráfot rétegekre bontjuk. A rétegeken belüli állapotátlépések a standard módon számíthatódnak, a rétegek közötti átlépések viszont determinisztikusak, és a hívások hosszától függnak.

Hívásdíjelőrejelzés metszett gráffal (STM): A modell alapötlete, hogy bizonyos, ritkán előforduló állapotokat kihagyunk a gráfból. Ezeket az egyszerűsítéseket természetesen tudatnunk kell a szolgáltatás igénylőjével. A modell akkor hoz jobb eredményt, ha az átlépés valószínűsége kicsi, de árban szignifikánsan különbözik.

A bemutatott modellek javítják a hívásdíj-előrejelzés minőségét, de a megfelelő modell alkalmazása hozzáértést és szakértelmet igényel minden egyes esetben.

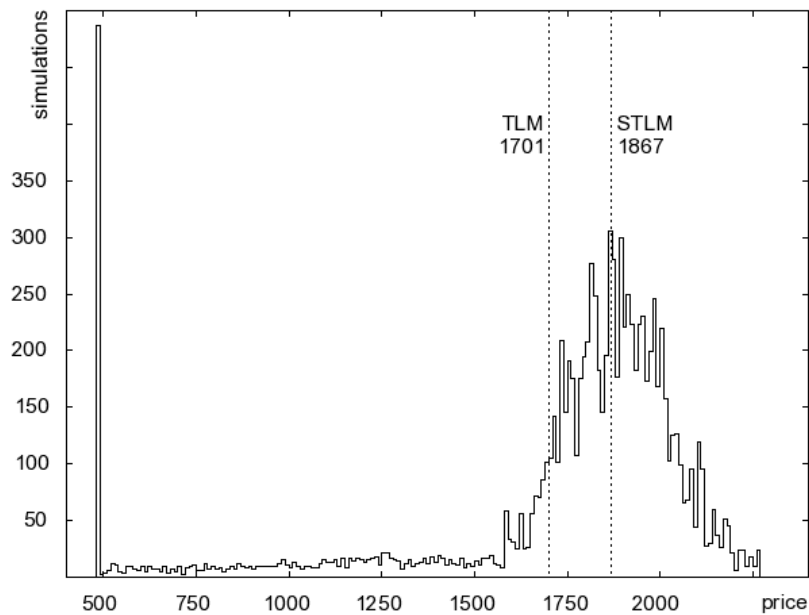
3.4. tézis: Szimulációt alkottam, hogy szemléltessem a hívásdíj-előrejelzés különböző kiegészítő modelljeinek működését és előnyeit. A szimulációt a disszertáció 4.4. fejezete mutatja be részletesen. [Ary2007MS]

A szimuláció eredményeit és a kiszámított értékeket a 8. ábra mutatja.

5. Az eredmények alkalmazása

A kutatásaim során folyamatosan törekedtem arra, hogy egyszerűen használható matematikai formulákat és algoritmusokat adjak. Hiszek abban, hogy az egyszerűbb megoldásokat könnyebb megérteni és ezért kevesebb kockázattal lehet implementálni a valós rendszerekben.

A méretezési eljárások eredményeit felhasználhatjuk, hogy új szolgáltatások bevezetése esetén előre jelezzük a szükséges többleterőforrás igényeket, vagy



8. ábra. Adott árral végződő szimulációk darabszáma és a kalkulált várható ár az egyes modelleknél

egy zöldmezős beruházás esetén méretezzük a számlázórendszert. Az overhead optimalizálás lehetőséget ad arra, hogy optimalizáljuk a rendszereket számlázási overhead és erőforrás szempontjából, még az új árazó modell erős alapot adhat egy új, flexibilis számlázórendszer kifejlesztéséhez.

Hivatkozások

- [1] Alcatel-lucent convergent payment. <http://tinyurl.com/39thbut>.
- [2] Huawei pre-paid platform. <http://tinyurl.com/33bey3t>.
- [3] Where should rating be implemented? *Billing World & OSS Today*. <http://tinyurl.com/3x7jdfv>.
- [4] UMTS Forum Report No 21. Charging, Billing and Payment Views on 3G Business Models. Technical report, UMTS Forum, 2002.

- [5] 3GPP. Charging architecture and principles. TS 32.240, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), December 2008.
- [6] 3GPP. Charging Data Record (CDR) file format and transfer. TS 32.297, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), June 2009.
- [7] 3GPP. Charging Data Record (CDR) parameter description. TS 32.298, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), December 2009.
- [8] 3GPP. Charging Data Record (CDR) transfer. TS 32.295, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), October 2009.
- [9] 3GPP. Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL) Service description. TS 22.078, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), December 2009.
- [10] 3GPP. IP Multimedia Subsystem (IMS) charging. TS 32.260, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), December 2009.
- [11] 3GPP. Diameter Charging Applications. TS 32.299, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), April 2010.
- [12] Yigang Cai and Sunil Thadani. Credit reservation transactions in a prepaid electronic commerce system, July 2004.
- [13] Junqiang Guo, Fasheng Liu, and Zhiqiang Zhu. Estimate the call duration distribution parameters in gsm system based on k-l divergence method. *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom*, pages 2988–2991, September 2007.
- [14] H. Hakala, L. Mattila Category, J-P. Koskinen, M. Stura, and J. Loughney. Diameter Credit-Control Application. RFC 4006, The Internet Society, August 2005.

- [15] Michael Joseph Magnotta, Derron Keith Newland, Frank Clifford Perkins, and Joseph Difonzo. Prepaid reservation-based rating system, April 2008.
- [16] Susana Schwartz. Next-Gen Rating: It Will Be Only As Good as the Network. *Billing World & OSS Today*, February 2003.
- [17] Sok-Ian Sou, Hui-Nien Hung, Yi-Bing Lin, Nan-Fu Peng, and Jeu-Yih Jeng. Modeling credit reservation procedure for umts online charging system. *IEEE Transactions On Wireless Communications*, 6(11):4129–4135, November 2007.

Publikációk

Könyvfejezet

- [Ary2010ENC] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Charging and Rating in Mobile Telecommunication Networks, *Next Generation Mobile Networks and Ubiquitous Computing*, Editor: Samuel Pierre, 2010, pp43-50. ISBN: 9781605662503.

Nemzetközi folyóiratban megjelent cikkek

- [Ary2012TS] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Partial xDR database dimensioning, *Telecommunication Systems, Springer Verlag*, 2012. ISSN: 1018-4864.
- [Ary2011PP] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Comparison of Pre-paid rating methods, *Periodica Polytechnica - Electrical Engineering*, 2011, Vol.55, No.1, pp5-11. ISSN: 0324-6000.
- [Ary2005GESTS] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Reduction of Charging Overhead in Mobile Telecommunication Networks, *GESTS*

International Transactions, 2005, Vol.20, No.1, pp126-136. ISSN: 1738-6438.

Nemzetközi konferenciakiadványban megjelent cikkek

[Ary2010ARR] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. xDR Arrival Distribution. *33rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing 2010*. Appears in Proceedings of TSP 2010, pp417-420. ISBN: 978-963-88981-0-4.

[Ary2010SIZ] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Sizing of xDR Processing Systems. *5th International ICST Conference on Access Networks 2010*. Appears in Proceedings of AccessNets 2010, Springer, pp62-70. ISBN: 978-3-642-20930-7.

[Ary2007MS] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Advice of Charge in Telecommunication Services, *The 16th IST Mobile and Wireless Communications Summit 2007*. Appears in Proceedings of IST Mobile Summit, 2007. ISBN: 963-8111-66-6.

[Ary2005CON] Ary Bálint Dávid, Debrei Gábor és Dr. Imre Sándor. Real-Time Charging in Third-Generation Mobile Networks, *CONTEL 2005 Conference*. Appears in Proceedings of CONTEL, 2005, pp239-245. ISBN: 9789531840828.

[Ary2005EUN] Ary Bálint Dávid, Debrei Gábor és Dr. Imre Sándor. Overhead Reduction for Real-Time Charging in UMTS Networks, *EUNICE 2005 Conference*. Appears in Proceedings of EUNICE, 2005, pp67-71. ISBN: 978-0387308159.

[Ary2004DT] Ary Bálint és Dr. Imre Sándor. Real-time Charging in UMTS Environment, *Digital Technologies Conference: Optical and wireless technologies*. Appears in Proceedings of Digital Technologies, 2005, pp140-145. ISBN: 80-8070-334-5.

Magyar folyóiratban megjelent cikkek

- [Ary2006HT] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Számlázás Újgenerációs Telekommunikációs Hálózatokban, *Híradástechnika*, 2006, Vol.LXI, No. 2006/10, pp40-45. ISSN: 0018-2028.
- [Ary2005HTS] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Real-time Charging in Mobile Environment, *Híradástechnika - Selected Papers*, 2005, Vol.LX, No.6., pp54-59. ISSN: 0018-2028.
- [Ary2005HT] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. Valós idejű számlázás mobil környezetben, *Híradástechnika*, 2005, Vol.LX, No.2005/1, pp25-29. ISSN: 0018-2028.
- [Ary2004MT] Ary Bálint Dávid és Dr. Imre Sándor. UMTS rendszerek valós idejű számlázásának problémái, *Magyar Távközlés*, 2004, Vol.XV. No.2, pp29-32. ISSN: 0865-9648.

Magyar konferenciakiadványban megjelent cikkek

- [Ary2004TDK] Ary Bálint és Debrei Gábor. UMTS rendszerek valós idejű számlázása, *Students' Scientific Conference*, Organised by BUTE in 2004 and by ELTE in 2005.

Citációk

- [Ary2005CON] Kashyap dhruve, Prakash S és C B Akki. Unified Billing-Realization of convergent architecture for charging and billing in 4G networks, *International Journal on Information Technology* 2011, Vol. 1, Nr. 3, p7. ISSN: 2158-012X.
- [Ary2005CON] Mark de Reuver, Tim de Koning, Harry Bouwman és Wolter Lemstra. How new billing processes reshape the mobile industry. *Info - The journal of policy, regulation and strategy for telecommunications*, 2009, Vol.1, pp78-93. ISSN: 1463-6697.

- [Ary2005CON] SuJung Yu, SungMin Yoon, JungKap Lee, HyoJin Kim és JooSeok Son. Service-Oriented Issues: Mobility, Security, Charging and Billing Management in Mobile Next Generation Networks, *Broadband Convergence Networks 2006, - BcN 2006*, 2006, pp1-10, ISBN: 1-4244-0146-1.
- [Ary2005GESTS] Leitem Balázs és Windisch Zoltán. Rating in Next Generation Mobile Networks based on a directed graph, *48th International Symposium ELMAR-2006 focused on Multimedia Signal Processing and Communications*, 2006, ISBN: 953-7044-03-3.
- [Ary2005HTS] Butyka Zsolt, Jursonovics Tamás és Dr. Imre Sándor. New fair QoS-based charging solution for mobile multimedia streams, *International Journal of Virtual Technology and Multimedia*, 2008, Volume 1, Issue 1, pp:3-22, ISSN:1741-1874.
- [Ary2004DT] Asad Ahmad Khan, Mo Adda és Carl Adams. Convergence of terrestrial and satellite mobile communication systems: an operator's perspective, *International Journal of Mobile Communications*, 2009, Volume 7, Issue 3, pp:308-329, ISSN:1470-949X.

