

# Hívásengedélyezés megvalósítása integrált hang-adat hálózatokban

ÉGI NORBERT, DREILINGER TÍMEA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék  
{egi, dreilinger}@tmit.bme.hu

Reviewed

**Kulcsszavak:** sávszélesség-ügynök, minőségi szerződések (SLA), hálózatmenedzsment, teljesítményelemzés

Az Internet széleskörű elterjedése megnövelte az érdeklődést az Interneten keresztüli hangtovábbítás iránt. Mivel az Internetet nem valósidejű adatkommunikáció céljából fejlesztették ki, így számos technikai nehézséggel kell szembenézni és komoly akadályokat kell elhárítani, míg a telefonforgalmat megfelelő minőségben lehet rajta továbbítani. A sávszélesség-ügynök egy olyan eszköz, amely az erőforrások dinamikus menedzseléséhez szükséges feladatokat látja el. Kezeli a felhasználók és a szolgáltató között kötött hosszútávú szerződéseket, hívásengedélyezést végez, valamint ellenőrzi az erőforrások lefoglalásához szükséges jelzéseket és jogosultságokat. E cikk egy általunk megvalósított hálózatmenedzsment eszközt mutat be, mely alkalmas az integrált hang-adat hálózatok erőforrásainak kezelésére és hívásengedélyezési funkcióval rendelkezik.

Az utóbbi néhány évben a világ számos pontján bevezették az Internet feletti hangtovábbítást (*Voice over IP, VoIP*). Az Internetet minden eddigénél többen használják, így egyre inkább terjednek azon alkalmazások, amelyekkel az Interneten lehet telefonálni. Mindezen felül a közeljövőben a harmadik generációs mobil távbeszélő rendszer, az *UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)* is IP alapra helyezi a mobiltelefon kapcsolatokat, ezáltal a VoIP még inkább elterjedhet. Összességében tehát megállapítható, hogy az Internet alapú beszédátvitelnek jelentős szerepe lesz a távközlésben.

A szolgáltatók számára jelentős költségmegtakarítást jelenthet az adat és beszédátvitel egységesítése. Ez azonban nem könnyű feladat, hiszen ebben az esetben nagy figyelmet kell fordítani a beszédátvitel minőségére. Mivel a számítógép-hálózatokat eredetileg adatátvitelre tervezték, így ezek a hálózatok önmagukban nem megfelelőek párbeszédre vagy más interaktív kapcsolatra. Így, ha jó minőségű távbeszélő szolgáltatást kívánunk megvalósítani, néhány minőségi paramétert hálózati szinten is garantálni kell.

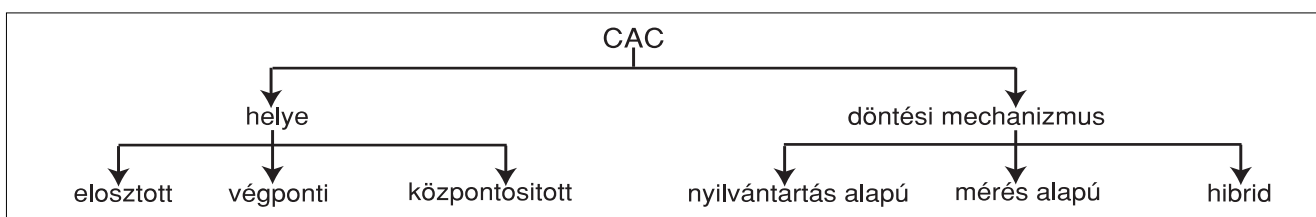
## Minőségmenedzsment hívásengedélyezéssel

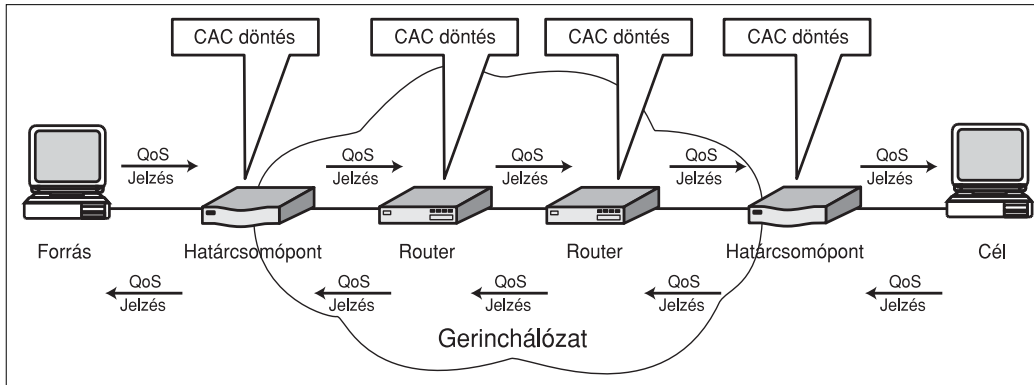
A VoIP forgalmak minőségi követelményeinek egyik lehetséges kielégítési módja *hívásengedélyezési (Call Admission Control, CAC)* mechanizmusok alkalmazása,

amelyek korlátozzák a hálózatot egyidejűleg terhelő kapcsolatok számát. Ezt a feladatot úgy kell megoldani, hogy a szükséges minőségi paraméterek betartása mellett a hálózat kihasználtsága is a lehető legjobb legyen. A garantált *szolgáltatás-minőséget (Quality of Service, QoS)* biztosító Internet Protokoll (IP) alapú hálózatokra javasolt hívásengedélyezési algoritmusokat (CAC) két szempont alapján különböztetjük meg: a lehetséges döntési mechanizmusok és a különféle alkalmazott architektúra alapján (*1. ábra*).

A lehetséges döntési mechanizmusok alapján a hívásengedélyezési módszerek nyilvántartás, mérés alapú és hibrid csoportra bonthatók. A *nyilvántartás alapú* módszerek olyan módon próbálják megbecsülni a szabad, illetve a felhasznált sávszélességet, hogy az egy forrás által kibocsátott adatmennyiséghez valamiféle forgalomleíró (például sávszélesség-jellemzőket, azaz egy változó sebességű forgalom esetén a csúcsebességet vagy az átlagsebességet) rendelnek, majd ezeket nyilvántartják és összegezik. *Csúcsebesség* használata esetén nem hasznosul a változó sebességű folyamatok statisztikus multiplexálási nyeresége, így kisebb a hálózat kihasználtsága és nem garantálható a nulla csomagvesztési arány. Ezzel szemben *átlagsebesség* használata esetén a csomagvesztési arány szabályozható nehezen, ami különösen akkor jelenthet problémát, ha a csúcsebesség jóval nagyobb az átlagsebességnél. A nyilvántartás alapú hívásengedélyezési módszerek egyik fontos tulajdonsága, hogy a tárolt ál-

1. ábra A hívásengedélyezési algoritmusok csoportosítása





2. ábra Elosztott hívásengedélyezési architektúra

lapotok bizonyos idő után elévülnek, ezért ezen állapotok fenntartásához periodikus frissítésekre van szükség. Ezen frissítések pedig – hátrányos módon – a hálózati forgalomban többletterhelést jelentenek. A kizárólag nyilvántartás alapú hívásengedélyezési módszerek további hátránya, hogy a döntéshozatalhoz nem a tényleges hálózati foglaltságot, hanem annak egy elméleti felső korlátját veszik alapul.

A mérés alapú [1,2,3] módszereknél a döntéshez szükséges információkat a hálózati forgalom nagyságából próbálják kinyerni, ezáltal pontosabb képet kapnak a hálózat aktuális terheltségéről. A forgalmi mérések eredménye lehet a felhasznált sávszélesség, de vizsgálhatnak konkrét minőségi paramétereket is, például csomagvesztési arányt, vagy késleltetés-ingadozást. A méréseken alapuló módszerek hátránya, hogy lassan reagálnak a hálózatban bekövetkezett változásokra, a mérési eredmények csak bizonyos idő elteltével tükrözik a változásokat. Ezen a problémán a mérési idő csökkentésével lehet segíteni, azonban ekkor a hívásengedélyezés során néhány korábbi mérési eredményt is figyelembe kell venni, hogy a folyamatok hosszú távú változásai is befolyásolhassák a döntést.

Végezetül léteznek *hibrid*, mérést és nyilvántartást egyaránt használó módszerek. Ezek a nyilvántartáson alapuló hívásengedélyezésnél már említett ekvivalens kapacitást számolnak, ugyanakkor nem élnek semmilyen feltételezéssel a bejövő forgalommal kapcsolatban. Ezért a döntés meghozatalához forgalmi mérésekre van szükség. Aszerint, hogy a döntés a hálózat melyik pontjában történik, a javasolt hívásengedélyezési protokollok és architektúrák három csoportba oszthatók: elosztott, végponti és központosított módszerekről beszélhetünk.

*Elosztott architektúrák* esetében [4] az erőforrást igénylő kérés végighalad a hálózatban bejárta lehetséges útvonal min-

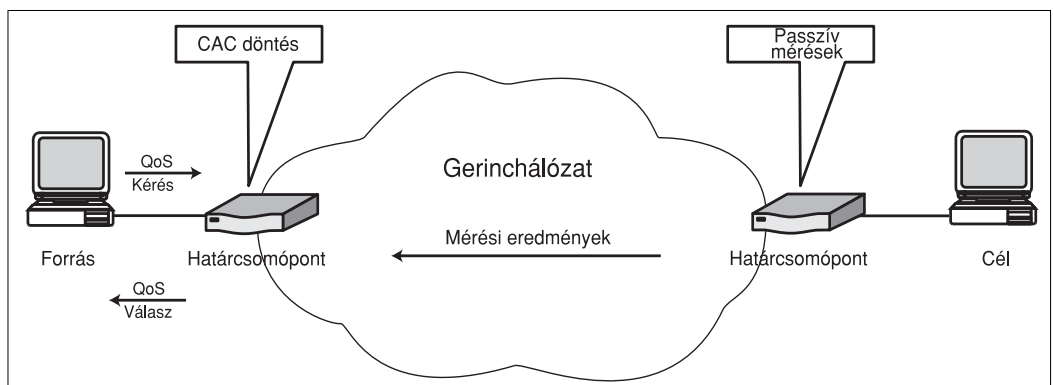
den egyes csomópontján. Ezen csomópontok önállóan döntenek el, hogy az új hívás beengedhető-e, vagy sem (2. ábra). Az elosztott architektúrák hátránya, hogy az egymást követő, láncszerű hívásengedélyezési döntések felesleges erőforrás használatot eredmé-

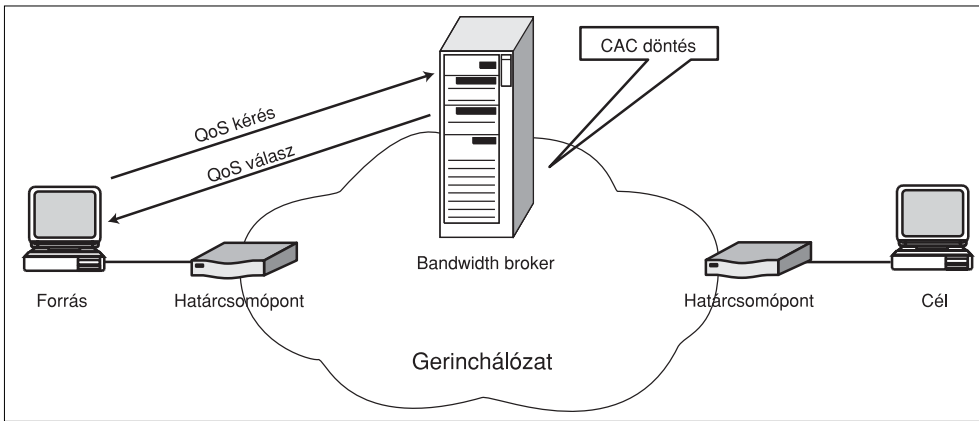
nyeznek, hiszen az egy adott kéréshez tartozó erőforrásokat akkor is lefoglalja, ha egy későbbi útvonalválasztó majd elutasítja azt.

*Végponti architektúra* esetén [5,6] a forgalmi források, vagy a hálózat határcsomópontjai vesznek részt a hívásengedélyezési mechanizmusban. Ha a hívásengedélyezést maga a forrás végzi, akkor a hálózat aktuális minőségi paramétereit aktív mérés segítségével, próbat forgalmat küldve lehet ellenőrizni. Ezzel szemben, ha a döntést a határcsomópontok hozzák, az aktív mérés mellett lehetőség van passzív mérésekre is (3. ábra). A végponti hívásengedélyezési módszerek hátránya, hogy a források és a határcsomópont közt nincs valós idejű információcsere, így előfordulhat, hogy a beérkező hívások számára ugyanazt az erőforrást több forrás vagy határcsomópont is lefoglalja. Ezáltal megnő a minőségi követelmények sérülési valószínűsége. A sérülés esélye annál nagyobb, minél nagyobb a hívásbeérkezési intenzitás.

*A központosított architektúrák* (4. ábra) egy, a hálózati útválasztóktól független elemet, sávszélesség-ügynököt (*Bandwidth Broker, BB*) [7] használnak a hívásengedélyezésre. A központi elrendezés előnye, hogy egyidejűleg rendelkezésre áll a döntéshez szükséges összes, a hálózat csomópontjával kapcsolatos információ. Továbbá nem léphet fel a végponti architektúránál vázolt túlfoglalás problémája, és ugyanígy nem következhet be az elosztott architektúránál gondot okozó részleges lefoglalás sem. A centralizált megoldásban megbízhatósági és teljesítőképességbeli kérdéseket vet fel.

3. ábra Tartomány szintű végponti hívásengedélyezési architektúra passzív mérésekkel





4. ábra Központosított hívásengedélyezési architektúra

### A hívásengedélyezést végző hálózatmenedzsment eszköz

Az általunk megvalósított eszköz központosított architektúrájú és hibrid hívásengedélyezési döntésen alapszik, azaz a hívásengedélyezés során mérést és nyilvántartást is használ. Az eszköz a nyilvántartott adatokat adatbázisban tárolja. A mérést a hálózat szélein elhelyezkedő útválasztók végzik, és a mért adatokat a hívásengedélyezési eszköz adatbázisába töltik. Az eszköz a hívásengedélyezési döntéshez teljes mértékben az adatbázisban található adatokat használja fel. A nyilvántartott információk közt szerepelnek a hálózat elrendezését leíró adatok, a hálózatot alkotó csomópontok és összeköttetések paraméterei, a határcsomópontok közt lehetséges összes útvonal, valamint a hálózat útvonalain haladó aktuális forgalmak leíró jellemzői.

A mérés során az útválasztók a Cisco IOS NetFlow technológiát [8] felhasználva gyűjtik és mérik az útválasztókba vagy kapcsoló interfészekbe beérkező forgalmat. A NetFlow az egészen pontos és részletes forgalom mérésre is alkalmas, és lehetővé teszi a hálózat számára az IP forgalom analízisét. Ezen megvalósításban minden útválasztó rögzített időközönként frissíti a mérési adatok tárolására szolgáló adatbázis-tábla bejegyzéseit. A NetFlow rendszer képes a folyamatok osztályok szerint elkülöníteni, így az IP fejléc szolgáltatás típusa (*Type of Service, TOS*) mezejének megfelelő beállításával külön tudjuk mérni a hálózatban haladó VoIP forgalmat.

A megvalósított rendszer a kapcsolatok felépítésére és bontására a *SIP (Session Initiation Protocol)* [9] jelzésrendszert használja. Ezért a hálózatban szükség van egy SIP Proxy szerverre, amely egy TCP kapcsolaton keresztül, XML üzenetekkel tájékoztatja a hívásengedélyező eszközt. Ennek során a hívásengedélyező eszköz a SIP Proxy szervertől kapja a hívásengedélyezési kérést, majd a döntés meghozatala után a választ a SIP Proxy szervernek továbbítja (5. ábra). Ha a hívásengedélyezés eredményeképpen a folyam a hálózatba beengedhető, a hívásengedélyező eszköz lefoglalja a hálózatban a folyam által igényelt mennyiségű erőforrást. A hívás végét a SIP Proxy szerver jelzi a

hívásengedélyező eszköznek. Utóbbi ekkor felszabadítja a korábban lefoglalt erőforrásokat.

A megvalósított rendszerben a legelterjedtebben használt kódoló típusokat használjuk, úgymint a G.711-es PCM (*Pulse Code Modulation*) kódoló amerikai  $\mu$ -law (56 kbit/s) és az európai A-law (64 kbit/s) szabványát. Ezen kívül a beszédkompresszi-

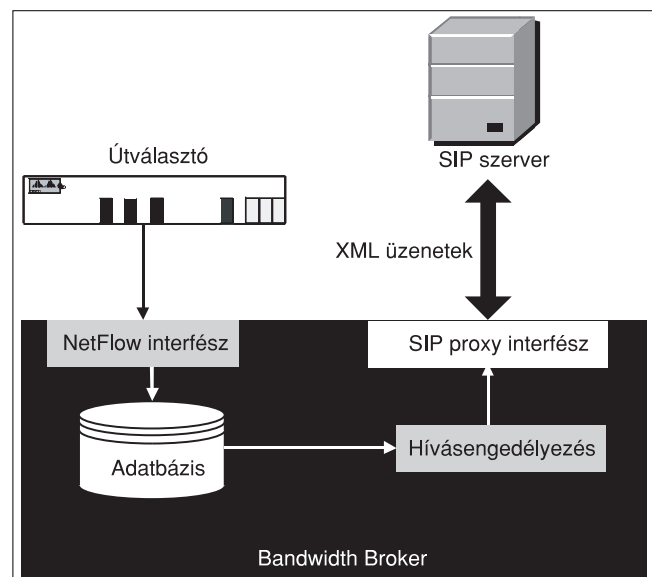
ót alkalmazó G.723.1 kódoló mindkét, 5,3 és 6,3 kbit/s sávszélesség-igényű változatát, továbbá a 8 kbit/s sávszélesség-igényű G.729 és a 13,2 kbit/s sávszélesség-igényű GSM (*Global System for Mobile Communication*) Full Rate kódoló típusokat vizsgáltuk.

A hívásengedélyezési algoritmus középpontjában álló döntés egy Hoeffding-korlát [10] alapuló eljárás. Hoeffding ezen korlátját már több helyütt Error! Reference source not found. ajánlották mérés alapú hívásengedélyezések megvalósításához. A becslő módszerek igen egyszerűek, mivel mindössze az aggregált forgalom középértékét és a független források számát használják fel. A farokeloszlás szempontjából ezek a (felső) korlátok azonban durvák, mivel a forgalom karakterisztikájával kapcsolatban kevés információ áll rendelkezésre. Ez a közelítés abban az esetben megfelelő, ha a nagy számú felhasználó által előállított forgalomról kevés információ van és a forgalmat leíró jellemzőkből néhányat meg kell mérnünk.

A hívásengedélyezési döntéshez a Hoeffding-egyenlőtlenséget átalakítva az alábbi összefüggést használjuk:

$$P \leq C - M - \sqrt{\frac{1}{2} \gamma \sum_k p_k^2}$$

5. ábra A sávszélesség-ügynök felépítése



ahol  $P$  a belépni kívánó folyam (hívás) sávszélesség-igénye,  $C$  az adott link kapacitása,  $M$  a linken mért forgalom,  $\gamma$  egy konstans, amellyel a túlterhelés valószínűsége állítható be, míg  $p_k$  a linken lévő  $k$ -adik folyam sávszélessége. Az eljárás a felső korlát meghatározásához kis számítási komplexitást igényel, azonban a gyakorlatban sokszor túlságosan is konzervatív. Ennek ellenére a csúcsebességre foglалásnál hatékonyabb erőforrás-kihasználást tesz lehetővé anélkül, hogy az átlagsebességre történő foglалásnál fellépő esetleg nagy mértékű forgalomvesztés kialakulna.

A megvalósított hívásengedélyezési eszköz hatékonyságát 320 kbit/s sebességű linken végzett mérésekkel ellenőriztük. A teljesítményelemzés során két határcsomópont közt egy forgalomgenerátor programot felhasználva hoztunk létre forgalmat. Mértük, hogy az adott kódolóval kódolt hívásokból mennyit képes a két határcsomópont közötti útvonal elvezetni anélkül, hogy a kívánt minőség sérülne. A vizsgálatok során különböző típusú kodekeket és túlterheltségi valószínűségeket használtunk. A kapott eredményeket az 1. táblázat mutatja. Ebből az látható, hogy különböző túlterheltségi valószínűségek esetén a hálózatba beengedett hívások száma miként változik, valamint megfigyelhetjük azt is, hogy az alkalmazott eljárás hatékonyabb, mint a csúcsebességre való foglалás. Ennek oka, hogy a Hoeffding-korlát a hívások csomósodását használja ki a link kapacitásának minél jobb kihasználása érdekében. Így a döntési képlet egyszerre több, kisebb sávszélességet igénylő hívást enged be a hálózatba, mivel az ilyen hívások löketnagyságai jobban kiegyenlítik egymást, mint a kevesebb számú, de nagyobb sávszélesség igényű hívásoké.

## Összefoglaló

A hívásengedélyező eszköz megvalósításával egy olyan rendszert sikerült létrehozni, amely módosítható valószínűséggel garantálja a felügyelt integrált hangadat hálózatban haladó hívások minőségét. A hívásengedélyezéshez mindössze a hálózat határain elhelyezkedő csomópontok közreműködésére van szükség, így a rendszer működése rugalmasabb és egyszerűbb, mintha minden csomópont részt venne a hívásengedélyezésben. Továbbá a nyilvántartást és mérést egyidejűleg használva garantálható a hívásengedélyezés helyessége.

## Irodalom

- [1] L. Westberg, Z. R. Turanyi, D. Partain, Load Control of Real-Time Traffic, draft-westberg-loadcntr-03.txt
- [2] Viktória Elek, Gunnar Karlsson, Robert Rönngren, Admission Control Based on End-to-End Measurements, IEEE INFOCOM 2000.
- [3] G. Bianchi, A. Capone, C. Petrioli, Throughput Analysis of End-to-End Measurements-Based Admission Control in IP, IEEE INFOCOM 2000.
- [4] Frank P. Kelly, Peter B. Key, Stan Zachary, Distributed admission control. (2000) IEEE Journal on Selected Areas in Communications
- [5] F. Cao, H. Fang, M. Conlon, Performance analysis of measurement-based call admission control on voice gateways. In Proceedings of Internet Telephony Workshop 2001 (IPTEL' 2001), New York City, U.S.A., April 2001.
- [6] G. Bianchi, F. Borgonovo, A. Capone, L. Fratta, C. Petrioli, Endpoint admission control with delay variation measurements for qos in ip networks. In Sigcomm, volume 32, April 2002.
- [7] O. Pop, T. Máhr, T. Dreilinger, R. Szabó, Vendor-independent bandwidth broker architecture for diffserv networks. In IEEE ICT'2001, 2001.
- [8] CISCO NetFlow Technology, www.cisco.com/warp/public/732/Tech/nmp/netflow/
- [9] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler, SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261, IETF, June 2002.
- [10] W. Hoeffding, Probability Inequalities for Sums of Bounded Random Variables. J. Amer. Statist. Assoc., pp.13–30, 1963.
- [11] Z. Heszberger, J. Zátanyi, J. Bíró, Efficient Chernoff-based Resource Assessment Techniques in Multi-Service Networks. TELECOM'01, 2001.

\* Készült az IKTA-00092/2002 OM projekt támogatásával

1. táblázat A teljesítményelemzés mérési eredményei

Kodek neve	Sávszélesség igény (kbit/s) hang/+IP+ETH	Hívások maximális száma linkenként	10%-os túlterheltségi valószínűség mellett a beengedett hívások darabszáma			1%-os túlterheltségi valószínűség mellett a beengedett hívások darabszáma			0,1%-os túlterheltségi valószínűség mellett a beengedett hívások darabszáma		
			Átlag	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.
G.711	64 / 87.2	3	3.6	2	4	3.2	2	4	2.3	2	3
G.723	6.3 / 21.9	14	15.6	11	16	13.1	11	15	12.5	11	14
G.729	8 / 31.2	10	10.8	8	12	10	8	11	8.6	7	10
GSM	13 / 34.4	9	9.9	8	11	9	8	10	7.9	7	9