

Vertikális handover – heterogén hálózatok együttműködése

FÜLÖP PÉTER, SZÁLKA TAMÁS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
{fulopp, szalkat}@hit.bme.hu

Kulcsszavak: vertikális handover, heterogén hálózatok, mobilitás, hálózathoz tartozó szolgáltatások, hívásátadás

A vezetékes, vezeték nélküli illetve mobil hálózatok együttműködése új szolgáltatások alapját teremti meg. A vertikális handover alkalmazásával a felhasználó szabadon mozoghat a különböző hálózatok között. Integrált, hálózathoz tartozó szolgáltatásokat nyújthatnak számára a szolgáltatók, az optimális sebességű vagy költségű hozzáférési hálózat felett. A cikkben a vertikális handover fogalmakörét, tulajdonságait, alkalmazásának lehetőségeit és korlátait tekintjük át.

1. Bevezetés

Napjainkban a mobil cellás hálózatok második generációja mellett a harmadik generációja is mindennapunk részévé kezd válni (3G UMTS). Emellett újabb és újabb fix telepítésű vezeték nélküli hozzáférési hálózatok (FBWA – Fixed Broadband Wireless Access) jelennek meg, melyek egyelőre alig támogatják a mobilitást, de a korábbiaknál lényegesen nagyobb sáv szélességű és áruk gyakran pótolja ezt a hiányosságot (WLAN, HIPERLAN).

A mobil és vezeték nélküli hálózatok közötti, korábban élesen megjelenő határ a hálózati technológiák fejlődése nyomán elmosódik. A korlátlan (gyakorlatilag globális) mobilitást támogató mobilhálózatok jellemzően alacsony sáv szélességet nyújtottak drágán. A vezeték nélküli, de mozgást nem támogató (erősen korlátozott lefedettségű) hálózatok sebessége és ára is lényegesen kedvezőbb volt. A hálózat sebessége szempontjából a két kategória képviselői az utóbbi egy-két évben közelítettek egymáshoz, a mobil cellás rendszerek sebessége nőtt drasztikusan (HSDPA esetében elméletileg 2 Mbit/s-ra), míg a fix vezeték nélküli hálózatok esetében új szabványok jelennek meg a mobilitás támogatására. A hozzáférések díján is a sebesség kapcsán lezajló folyamat figyelhető meg, jóllehet ez a konvergencia lassúbb.

A közeljövőben várható, hogy a mobilitást támogató cellás rendszerek vezetékes terminológiában is szélessávú hozzáférést adnak majd (például a 802.16 elméletileg 70 Mbit/s-ot biztosít). Jónéhányuk a szabad, illetve nem lezárt frekvenciasávokban is üzemeltethető, amely a mobil szolgáltatók számára is komoly versenyhelyzetet teremt, hatása az árakon és a szolgáltatások palettáján fog jólékonnyan jelentkezni.

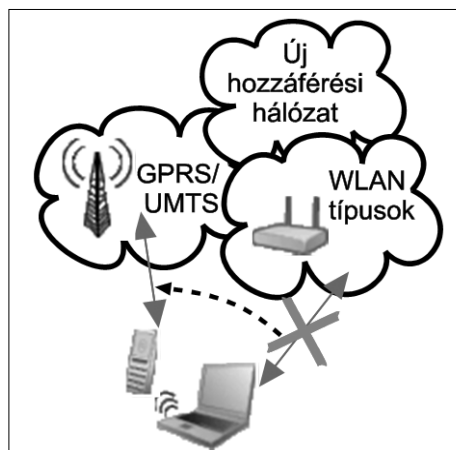
A piacon elérhető és hamarosan megjelenő hozzáférési technológiák (GSM/GPRS, UMTS, EDGE, 802.11 WIFI, 802.16 WiMAX, 802.20, HIPERLAN, HIPERLAN2) óriási választékot nyújtanak a felhasználók számára [1-3]. Az igény, hogy ezt a választékot szabadon használhassák, hamarosan megkerülhetetlenné válhat a kü-

lönöző hálózati szolgáltatókkal szemben támasztott elvárások sorában. A felhasználói igények mellett a szolgáltatók szempontjából is hasznos a különböző hálózatok erőforrásainak és tulajdonságainak kihasználása, valamint optimális összehangolása.

A vertikális handover (VH) fogalma magában foglalja mindazokat a képességeket és elvárásokat, melyek a különböző hálózatok együttes használatát, együttműködésüket valósítják meg.

2. Vertikális handover

A vertikális handover fogalmának értelmezéséhez a cellás hálózatokból ismert handover-t hívhatjuk segítségül. A mozgó felhasználók a mozgás során elhagynak cellákat és új cellák területére érnek. A cellahatáron a folyamatban levő hívás folytonossága miatt a korábbi cellából logikailag át kell adni a hívást annak a cellának, amelybe megérkezett a felhasználó. Ez a hívásátadási eljárás a handover, vagy hívásátadás. Ezt a típusú handover-t horizontális handovernek is szokták nevezni, mivel logikailag horizontális irányban, két szomszédos cella között történik a hívásátadás. Ezzel szemben a vertikális handover elnevezés a következő handover eljárást jelöli.



1. ábra
Vertikális
handover

Egy adott földrajzi ponton többféle hozzáférési hálózat érhető el. Ismert példával élve, a ferihegyi repülőtér termináljain elérhető egy (vagy több) WLAN hálózat, illetve a Budapest nagy részét lefedő 3G UMTS hálózat. Ekkor a repülőtér várójában egy alkalmas eszközzel – PDA-val, okostelefonnal – mindkét hozzáférési technológia használható lenne. A vertikális handover az általános értelemben vett hívás – vagyis hang- vagy adatkapcsolat – átadása egyik hálózatról a másikra (UMTS-ről WLAN-ra, vagy fordítva). A vertikális hívásátadás egymást lefedő hálózatok között, vagyis függőleges irányban történik, innen ered az elnevezés (1. ábra).

A legfőbb különbség a cellás hálózatok cellái között alkalmazott horizontális hívásátadás és a vertikális handover között az, hogy a hívás információinak, leírójának átadása egy szolgáltató egy technológiát használó hálózatán belül vagy különböző szolgáltatók különböző technológiát alkalmazó hálózatai között történik. Az alábbi esetek képzelhetők el:

1. egy szolgáltató egyfajta technológiát használó pontjai között – horizontális handover
2. egy szolgáltató különböző technológiájú hozzáférései között – például mobiltelefon-szolgáltató által üzemeltetett WLAN hálózatra történő átlépés a GPRS-ről
3. különböző szolgáltatók egy technológiát használó hálózatai között – például mobilszolgáltatók közötti váltás (ennek praktikusán nincs nagy jelentősége)
4. különböző szolgáltatók különböző technológiát alkalmazó hálózatai között – mint a fenti példákban

Az első eset a horizontális handover esete, míg a többi pont esetén vertikális hívásátadásról beszélünk. Ebből a megközelítésből a horizontális handover hálózaton belüli (intranetwork), míg a vertikális handover hálózatok közötti (internetwork) hívásátadást jelöl.

Az említett megkülönböztetésből adódóan egy vertikális hívásátadás sokkal kiterjedtebb feltételrendszerrel és komplexebb következményekkel jár, hiszen hálózatok közötti jelzést és menedzsmentet kell megvalósítani a kezeléséhez.

A vertikális handover hasonló funkciót lát el a felhasználók szempontjából, mint a horizontális handover. Egy

GSM hálózatban hozzászokhattunk, hogy a cellák közötti barangolás közben a lebonyolított hívásban semmilyen fennakadás nem érzékelhető. A vertikális handover szintén ezeket a váltásokat rejti el a felhasználó elől, így a hívás – általános esetben az alkalmazás – megszakadás nélkül és ideális esetben háborítatlanul folytatható. A hívásra illetve a hálózati alkalmazásra nézve az alábbi kategóriákba sorolhatjuk a hívásátadás különböző változatait (1. táblázat):

- *Hard handover*: az eszköz képtelen egyszerre két hálózattal kommunikálni, ezért a váltás előtt lebontja a régi kapcsolatot, utána építi fel az újat.
- *Soft handover*: az eszköz a handover idejére fenntartja mindkét kapcsolatot [4].
- *Seamless handover*: észrevétlen a váltás, nincs adatvesztés, gyors hívásátadás.

A fenti kategóriák közül a seamless handover rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, amelyeket a horizontális handover esetén megszokhattunk. A folyamatban levő hívás, illetve a futó alkalmazás számára átlátó módon történik meg a hálózatok közötti váltás.

A vertikális handover esetében sok esetben kivitelezhetetlen a horizontális handoverhez hasonló észrevétlen hívásátadás. A felhasznált hozzáférési technológiák eltérő átviteli sebessége kihat a kapcsolatra, egy lassúbb hálózat használata esetén a hálózati forgalom elkerülhetetlenül lelassul. Ez a hatás különböző, felsőbb rétegbeli intézkedésekkel csökkenthető, de teljesen nem szüntethető meg.

A hívásátadások típusai csoportosíthatóak aszerint, hogy a döntési intelligencia a hálózati oldalon vagy a mobil eszközben található meg. A horizontális handover esetében a döntés a hálózati oldalon születik meg, a bázisállomások adják át egymásnak a mobil eszközök kezelésének jogát (GSM, 3G UMTS). Ekkor hálózat által irányított hívásátadásról (Network Controlled Handover – NCHO) beszélünk. Abban az esetben, ha a mobil eszköz autonóm módon, a rendelkezésre álló információk (hálózati paraméterek, szolgáltatási díjak) alapján dönt a váltásról, akkor mobil terminál által vezérelt hívásátadás (Mobile Controlled Handover – MCHO) történik (WLAN hálózat hozzáférési pontjai között). A vertikális handover esetében az utóbbi módszer jellem-

1. táblázat
Vertikális handover
típusai
és tulajdonságaik

	Hard	Soft	Seamless
A kommunikációs partnerrel létesített kapcsolat biztosan megszakad			
Kapcsolat megszakadása bizonyos protokollok esetén lehetséges			
Nincs érzékelhető kapcsolatszakadás			
Biztos csomagvesztés a handoverből kifolyólag			
Nincs csomagvesztés a handover miatt			
Egyszerre csak egy élő link érhető el			
Párhuzamos linkcsatlakozás			
A kapcsolat tovább él (megakadás lehetséges)			

ző. A hálózatok közötti váltás esetén egyik hálózattól sem elvárható, hogy hívásátadáshoz szükséges vezérlési és jelzési információk birtokában legyen idegen hálózatok esetében is. A mobil eszköz felelőssége, hogy a megfelelő intézkedéseket tegye és átregisztrálja magát a másik hálózatba, annak aktív közreműködése nélkül.

3. Alkalmazási lehetőségek

A vertikális handover egy általános megoldás, amelynek segítségével a felhasználók mobilitást nem támogató hálózatok használata során is szabadon mozoghatnak. A feladata a mobilitás kezelése és elrejtése az azt nem támogató hálózatok előtt. Illusztrációként ebben a részben felvázoljuk, hogyan alkalmazható néhány területen a vertikális hívásátadás a mobilitást nem támogató hálózatok felett.

Magánhálózatok távoli elérése

A céges privát hálózatok szerepe folyamatosan nő az üzleti folyamatok lebonyolításában. A hálózaton céges adatok, erőforrások és más, a munkához elengedhetetlen kellékek találhatók meg, amelyekre a munkatársaknak a telephelytől távol is szükségük lehet.

A vertikális handover segítségével könnyedén kialakítható egy biztonságos protokoll, amely lehetővé teszi, hogy a felhasználó mozgás közben bármely távoli pontról bejelentkezzen a céges hálózatba. A kapcsolat tetszőleges ideig fenntartható, függetlenül attól, hogy a felhasználó közben mozog, és barangol a különböző hálózatok között.

Mozgó felhasználók szinkronizálása

Számos olyan szervezet és vállalat működik, melyek több tucat vagy több száz mozgó felhasználó valamilyen követését és kontrollját igényli. A vertikális hívásátadás segítségével a felhasználók állandó hálózati kapcsolattal rendelkezhetnek, miközben utaznak és vándorolnak a hálózatok között. Ha jobb minőségű vagy olcsóbb hálózati lefedettséget találnak, akkor válhatnak, ezzel pénzt és időt takarítva meg. A jobb paraméterekkel rendelkező hálózatokat ki lehet használni többlet információk átvitelére is. Gondoljunk például fuvarozócégek fuvarosait, ügynököket, taxitársaságok alkalmazottjait összekötő állandó hálózati kapcsolatra.

Egy taxi fedélzeti számítógépe folyamatos GPRS kapcsolattal rendelkezik a diszpécserközpont felé. Hálózaton keresztül kapja meg a megrendeléseket, küld helyzetinformációt vagy autó-diagnosztikát a központnak, ha az átvitel nem tűr késleltetést. Ha a taxitársaság által üzemeltetett WLAN hotspothoz ér, akkor az ingyenes és gyors kapcsolaton keresztül letölthet reklámfilmeket, híreket, információkat, amelyek a sofőr vagy az utas számára lehetnek hasznosak. Így fontos információk késleltetés nélkül juthatnak el a címzetthez a GPRS kapcsolaton, az egyéb adatok átviteléért pedig nem kell drága forgalmi díjat fizetni.

4. Mobilitás támogatásához szükséges hálózati követelmények

A különböző vezeték nélküli és mobil hálózatok szabványai rendelkeznek azokról a funkciókról, amelyek az adott hálózaton belül a felhasználók mozgásának kezelését végzik (GSM hálózat bázisállomásai, egy WLAN hálózat hozzáférési pontjai között). A vertikális handover feladata a mobilitást támogató funkciók kiterjesztése a hozzáférési hálózatok feletti szintre.

Az adott hálózaton belüli barangolást figyelmen kívül hagyhatjuk, mert azt az adott hálózat átlátszó módon kezeli. Így bármely hálózathoz csatlakozunk, azon folyamatos kommunikáció zajlik. Röviden áttekintjük, milyen problémák vetődnek fel a hálózatok közötti mozgások esetén.

4.1. Kapcsolatleíró

A mobil hálózatokon folyó kommunikációs folyamatok túlnyomó többsége kapcsolat-orientált. A partnerek az adatcserét megelőzően felépítenek egy kapcsolatot, amely logikai csatornát biztosít a végpontok között (hanghívás GSM hálózaton, TCP kapcsolat WLAN hálózaton). A kapcsolat leírója tartalmazza azokat az információkat, amelyek alapján a végpontok és a közbenső csomópontok az átvitelt vezérlik (GSM VLR/MSC, TCP/IP terminológiában a címek és portok párosa). Horizontális handover esetén a hálózat vezérlő funkciói biztosítják a kapcsolat leírójának átadását a cellák között. A vertikális handover során szintén át kell adni a kapcsolat-leíró a hálózatok között ahhoz, hogy a horizontális handoverhez hasonló, kapcsolatmegszakadással nem járó hívásátadás történjen. Ekkor azonban eltérő szabvány által definiált, részben (fizikai és adatkapcsolati rétegben) inkompatibilis hálózatok között történne a hívásátadás, ami újabb kérdéseket vet fel.

A kapcsolatleíró különböző hálózatok esetén különböző szabványokat követhet. A transzformáció sok esetben nem lehetséges, amely eleve megghiúsítja a vertikális handover lehetőségét (áramkörkapcsolt GSM hívás átadása más hálózatra nem lehetséges). A handover akkor valósítható meg, ha a kapcsolat leírója olyan szabványt követ, amely több hálózaton is használható. Jó példa erre az Internet Protocol, amely a mai hálózatok nagy részében megtalálható és a jövő hálózatainak közös alapját adja. IP alapú kommunikáció esetén a kapcsolatleíró átadható minden olyan hálózat között, amely ismeri az IP protokollt.

4.2. Sebességkülönbség

A különböző hálózatok rádiós és adatkapcsolati tulajdonságai, illetve az alkalmazott rádiós technológia miatt több nagyságrendnyi a sebességkülönbség. A skála a GPRS néhány 10 kbit/sec sebességétől kezdve a WiMAX elméleti 70 Mbit/sec sebességéig, vagy még tovább terjed.

A horizontális handover hálózaton belüli hívásátadást végez, így az átadás előtt és után is azonos marad az átviteli sebesség. Vertikális handover esetén az

előbb felvázolt sebesség-skálán is történik ugrás, nagyobb vagy alacsonyabb sebességű hálózatra vált a mobil eszköz.

A különböző sávszélességekből adódó hatások CBR (Constant Bit Rate – állandó bitsebességű) forgalom esetén (például hanghívás) esetén nem jelentkeznek, ha a hálózatok rendelkeznek kellő kapacitással az átvitelhez. VBR (Variable Bit Rate – változó bitsebességű) forgalom esetén az adott idő alatt átvitt információ mennyisége időben változó, gyakran a legnagyobb elérhető sebességgel forgalmaznak a végpontok (például best-effort TCP kapcsolatok). A változó sávszélességű hálózatok közötti váltás esetén az aktuális átviteli sebesség jelentősen meghaladhatja az elérhető maximumot, vagy éppen sokkal kisebb nála. Amennyiben a handover során nő a sávszélesség, az nincs negatív hatással az átvitel paramétereire, hiszen nagyobb sávszélesség áll rendelkezésre. Ellenkező esetben a nagy bitsebességű adatfolyam átviteléről kell gondoskodnia egy keskenyebb sávú hálózatnak, amelyen nem garantál megfelelő sebességet. Az átvitel a fizikai lehetőségek miatt elkerülhetetlenül lelassul, a felhasználó számára is észrevehető módon.

A sebességkülönbség áthidalására és hatásának csökkentésére több lehetőség adódik.

A TCP forgalomszabályozásra és torlódásmenedzsmentre alkalmas funkciói segítségével automatikusan adaptálódik a megváltozott sávszélességhez. Az adaptáció közvetett beavatkozással gyorsítható a handover megelőző néhány tizedmásodpercben alkalmazott mesterséges csomagkésleltetéssel vagy csomagdobással. A TCP a csomag eldobása után beindítja a torlódásvezérlési algoritmust (exponential backoff – exponenciális visszaesés), így a handover pillanatában lényegesen kisebb átviteli sebességgel forgalmaz az állomás, amely nagyobb eséllyel vihető át a kisebb sávszélességgel rendelkező hálózaton. A proaktív bitsebesség-csökkentés kisimítja a hívásátadás során a sávszélesség visszaesésének hatását, mely nélkül a csomagvesztések miatt hosszú időre feltartaná a folyamatos átvitelt.

Hang- és videofolyamok (stream-ek) esetén a végponti kódolás hangolása segíthet a sebességkülönbség elrejtésén. A kodek a sávszélesség függvényében adaptív módon kódolja a folyamat, vagyis nagy sávszélesség esetén kis tömörítéssel jobb minőségben küldi át az adatokat, míg kis sebesség esetén erősebb tömörítést alkalmazva rosszabb minőségben. A minőség ugyan romlik, de a valós idejű folyamatok esetében fontosabb késleltetés és jitter nem növekszik jelentősen. Az adaptív kodek nemcsak a kapcsolat végpontjaiban működhet, a közbelső állomások és csomópontok rendelkezhetnek stream-átkódolási képességekkel.

4.3. Handover késleltetés

A hívásátadás – horizontális és vertikális – a hálózatban jelzésüzenetekkel jár, az átregisztrálási procedura időbe telik. A követelmények sorában hangsúlyos elemként szerepel az, hogy az átregisztrálási késleltetés az elérhető legkisebb legyen.

Horizontális handover esetén az átregisztrálás néhány milliszekundum, a hálózati intelligencia a felhasználó által nem érzékelhető késleltetéssel elvégzi feladatát. A vertikális handover a korábban említett tulajdonságok miatt nagyobb késleltetéssel jár. A hálózatok közötti váltást a mobil eszköz vezérli, amely eleve lassúbb, mint a hálózat belső jelzésforgalma.

A késleltetés akkor nő meg és válik zavaróvá a felhasználó számára is, amikor a váltásról nem értesül az elhagyott hálózat, illetve a mobil kommunikációs partnere (Correspondent Node – CN). A hívásátadás után a CN az elhagyott hálózaton keresi a mobil eszközt, nem ismerve annak új helyzetét. Az elhagyott hálózat sem tud információval szolgálni, így mindaddig megszakad a kommunikáció, amíg a mobil eszköz újból be nem jelentkezik a CN-nél. Közvetve csökkenti a késleltetést, ha az elhagyott hálózatot értesíti a mobil eszköz a hívásátadásról és új helyzetéről, az elhagyott hálózat a mobil után küldheti az annak érkező adatokat. A CN értesítésével lekerülhet, hogy a mobil régi pozíciójába küldjön csomagokat, mindig az aktuális pozíciót lehet címezni. A felvázolt módszert a MobileIP követi, minden handover esetén értesítést küld a CN-nak a mobil eszköz új helyzetéről (Binding Update üzenet) [5,6].

4.4. Lefedettség

A handover tulajdonságait és jellegét jelentősen befolyásolják a rádiós lefedettségi viszonyok. Hívásátadás nemcsak az optimális hozzáférés használatához szükséges, hanem a lefedettség megszűnése esetén is. Ha a felhasználó elhagyja a lefedettségi zónát, akkor a váltást időben kell kezdeményezni, hogy a kapcsolat ne szakadjon meg, a mobil eszköz ne maradjon hálózati hozzáférés nélkül.

Az automatikus vertikális handover érdekében a mobil eszköz felruházható olyan funkciókkal, melyek a rádiós paraméterek vizsgálatát végzik. A lefedettségi zóna elhagyása a rádiós jellemzők romlásával – a jelerősség, a jel-zaj viszony csökkenésével – jár, amely felismerhető a mobil eszköz fizikai interfészén. A paraméterek alapján döntési függvény definiálható, amely bizonyos határértékek alatt inicializálja a handover-t. Felhasználható az országos lefedettségű GPRS (esetleg UMTS) kapcsolat, amely nagy valószínűséggel bárhol elérhető. A lefedettségi zónák elhagyása esetén általában gyorsan kell dönteni a handoverről, gyors mozgás esetén túl nagy lehet a handover késleltetés és a forgalom megakadását okozhatja.

Egy hálózat lefedettségi zónájába érkezve a rádiós paraméterek alapján működő döntési függvény kezdeményezheti a hívásátadást, ha forgalmi, minőségi vagy díjazási szempontból előnyösebb hozzáférést biztosít.

5. Mobilitás heterogén hálózatok között

A különböző hálózatok közötti vertikális handover működése az OSI modell rétegeinek definíciója miatt szigorúan nem tartozik egyik szinthez sem, több helyen is

megvalósítható. A megoldásnak bizonyos követelményeket ki kell elégíteni:

- az átlátszó átvitel, azaz a hálózatok közötti váltás lehetőleg ne okozzon adatvesztést;
- alacsony legyen a késleltetés;
- a mobil eszköz hívásátadásoktól függetlenül egy statikus azonosító segítségével folyamatosan elérhető legyen;
- a hálózat szempontjából a vertikális handover megvalósítás a lehető legkevesebb módosítással járjon.

Ennek megfelelően röviden tekintsük át a következő alfejezetekben hogy az egyes OSI rétegek mennyire alkalmasak egy, minden követelményt kielégítő vertikális handover megvalósítására.

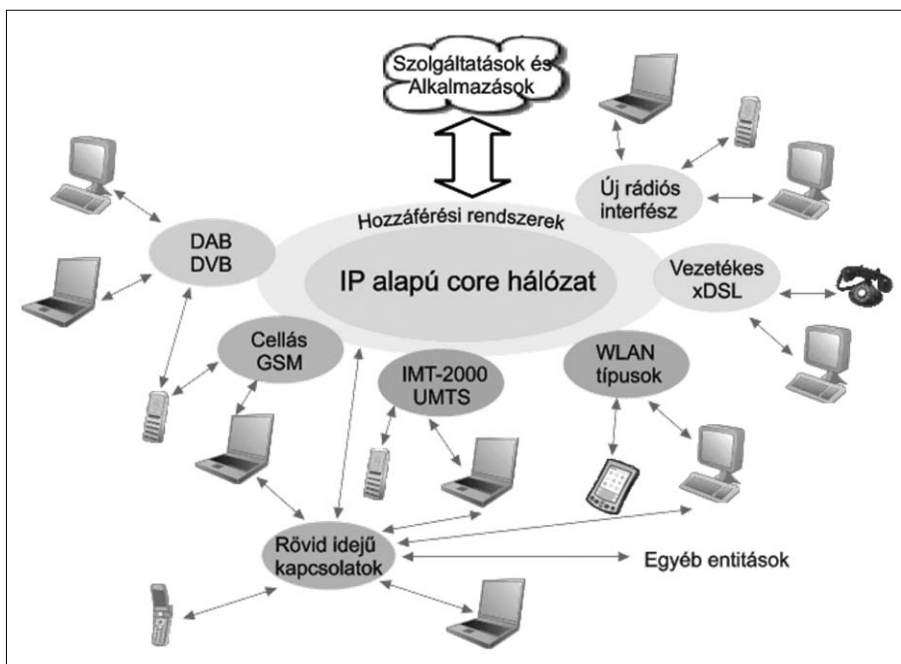
Adatkapcsolati réteg

A fizikai réteg feletti mobilitáskezelés csupán lokális megoldásként szerepelhet, egy adott alhálózaton belüli szabad mozgás valósítható meg a segítségével. Hozzáférési hálózatok közötti átjárásra önmagában teljesen alkalmatlan. Más, magasabb rétegbeli megoldással karöltve azonban gyors és hatékony megoldások születhetnek, erre jó példa a Mobile IP és CIP (Cellular IP) együttműködése [7]. A Mobile IP-CIP alkalmazásának hátránya, hogy a globális megvalósítása nehézkes, a hálózat állomásainak nagy részét fel kell készíteni az új protokollok kezelésére.

Hálózati réteg

A hálózatokban egyre erősebb az IP dominanciája. A jövőbeni fejlődés az integrált NGN (Next Generation Networks) IP-alapú csomagkapcsolt hálózatok irányába mutat [8]. A „homokóra alakú” protokoll-modell alapján az IP egyeduralmukodóvá válik a hálózati átviteli protokollok között (2. ábra).

2. ábra „All-IP core” hálózati struktúra



Mindezek azt jelentik, hogy a hozzáférési technológiák sokasága egységesen IP-alapon működik és fog működni, ebből következően az IP-alapon megvalósított handover megoldásoknak nagy jelentősége lesz, vagyis érdemes IP-alapon keresni a megoldást az átjárhatóság kérdésére.

A vertikális handover szempontjából a cél úgy megoldani a hálózatváltást és az ezzel járó IP-címváltozást, hogy arról a felhasználó és az általa futtatott alkalmazás ne értesüljön. Amennyiben mégis értesül, az ne zavarja meg. A mobil eszközön a címváltozást elrejtteni csak belső erőforrást igényel, egy szoftvermodult, amely a váltást kezelve a felhasználói alkalmazás felé állandó IP-címet, egy új, virtuális réteget mutat.

Nagyobb körületekintést igényel a távoli kommunikációs partner kezelése. Ebből a szempontból a megoldásokat két csoportra oszthatjuk. Első megközelítés, hogy a mobil eszközön futó megoldás funkcionális tükörképét alkalmazzuk. Ez nehezebben megvalósítható, hiszen minden kiszolgáló szoftverét ki kell egészíteni, ugyanakkor nem minden esetben oldja meg a kapcsolat azonosíthatóságát. A kapcsolat azonosítására azért van szükség, hogy a kiszolgáló tudja, hogy melyik csomag, melyik mobil eszköztől, milyen céllal érkezett. A TCP/IP szokványos kapcsolatazonosítójának része az IP-cím. Ha tehát a handover miatt változik az IP-cím, a kiszolgáló nem tudhatja, hogy még mindig ugyanazzal a mobil eszközzel kommunikál. Erre a csoportra jó példa a Host Identity Protocol.

Másik lehetőség, hogy egy állandó címmel rendelkező harmadik entitást (nevezzük vertikális handover szervernek) vonunk be a kommunikációba, amit vagy az otthoni hálózatunkba, vagy a teljes hálózat egy optimális pontjára helyezünk el. A mozgó készülék minden pillanatban egy védett folyamattal informálja a szervert az aktuális elérhetőségéről. A mobil terminállal kapcsolatba lépő CN a szervernek küldi az adatokat, amely továbbítja a mobil eszköz utolsó ismert címére. Fordított irányban a kommunikáció szintén a szerveren keresztül zajlik.

A megoldásnak két alapvető hátránya van:

- a csomagok nem optimális utat tesznek meg, mivel mindkét irányban is átmennek a szerveren;
- a szerver meghibásodási pontot jelent (single point of failure).

Ez utóbbi megoldás esetén az alkalmazások egy virtuális IP címen keresztül kommunikálnak a távoli kommunikáció partnerrel. Ahogy előbb említettük, a harmadik entitás segítségével megoldható, hogy egy egységes címen keresztül folyamatosan elérhető legyen a mobil állomás.

Szállítási réteg

A felhasználó mozgásáról érdemes értesíteni a szállítási réteget, mivel tradicionálisan ennek a rétegnek a feladata a torlódásvédelem. Ahhoz, hogy a torlódásvédelem hatékony legyen, adatok kelljenek a két végpont közötti útról. (A mobilitás akármelyik rétegben legyen megvalósítva, a torlódásvédelemmel ellátott átviteli protokollokban mindenképpen szükséges a változtatás). Jellemző példa a szállítási rétegbeli mobilitásra az mSCTP (Mobile Stream Controll Transmission Protocol). Az eredeti SCTP protokollt arra tervezték, hogy TCP-t és esetleg még az UDP-t is leváltsa. Hasonlít a TCP-re, de képes például multistreaming és multihoming támogatására. A multihoming az az új tulajdonság, ami miatt az SCTP alkalmas lehet mobilitás kezelésére [9].

Egy állomás akkor „multihomed”, ha több hálózati rétegbeli címmel rendelkezik. Egy transzport protokoll akkor támogatja a multihomingot, ha egy transzport végponthoz több hálózati rétegbeli címet lehet hozzárendelni. A vertikális handover esetében lehetőség nyílik arra, hogy a végpont megváltoztassa az IP címét miközben a transzport végpont-végpont kapcsolat nem szakad meg.

Viszonyréteg

A viszonyrétegben megvalósított vertikális handover hasonló előnyökkel rendelkezik, mint a szállítási rétegbeli mobilitás, azonban kevésbé bonyolult.

A címváltozás esetén létrehoz egy új transzport kapcsolatot, a régit megszünteti. Működő megoldás nem sok létezik, az egyik példa a Pennsylvaniai Egyetemen kidolgozott DHARMA (Distributed Home Agent for Robust Mobile Access), mely a MobileIP megoldás és a viszonyréteg előnyeit ötvözi [10].

Alkalmazási réteg

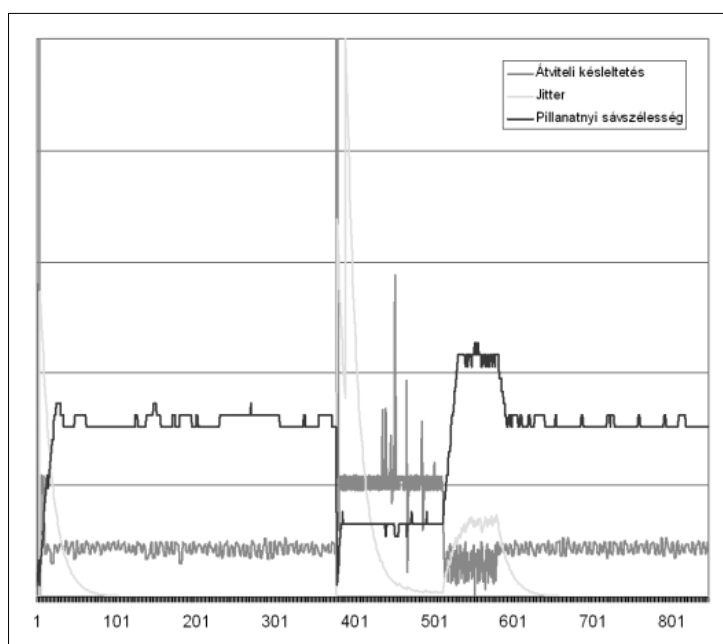
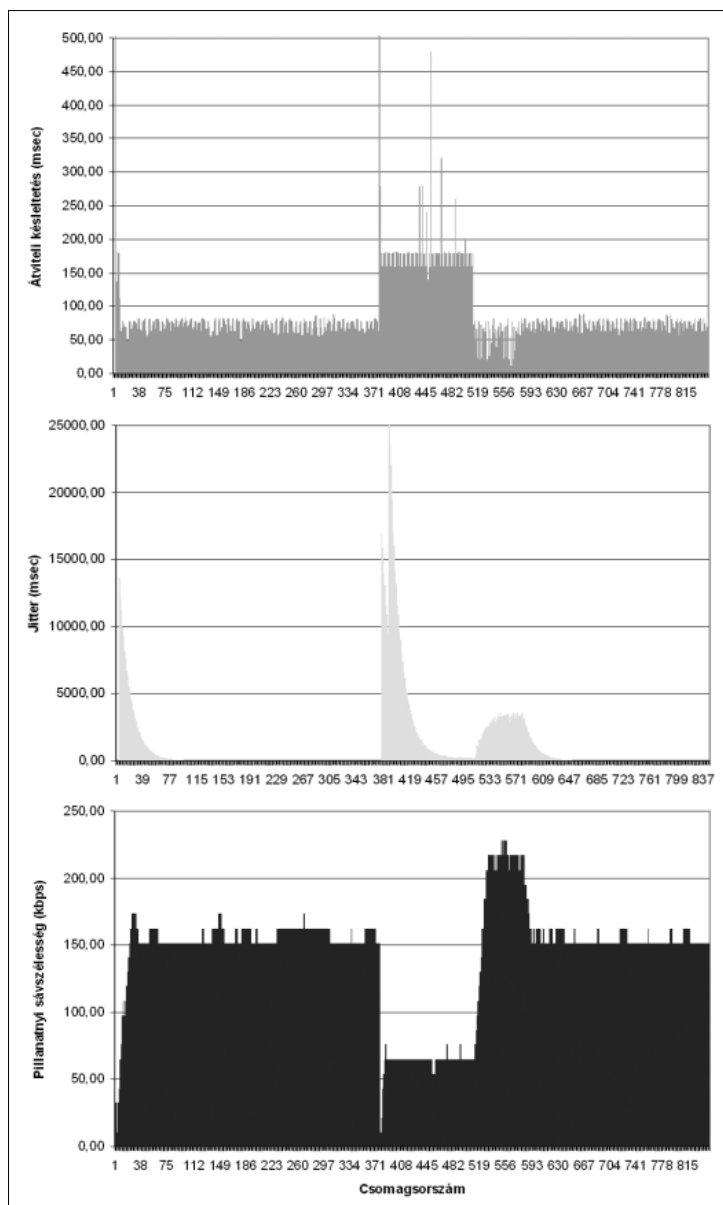
Az alkalmazás-szintű megoldások lényege, hogy a konkrét alkalmazás kezeli a vertikális handover-t.

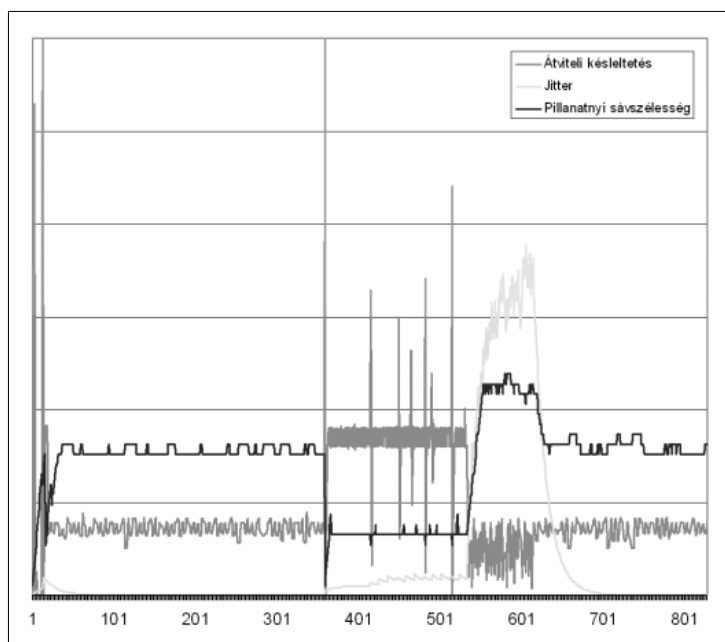
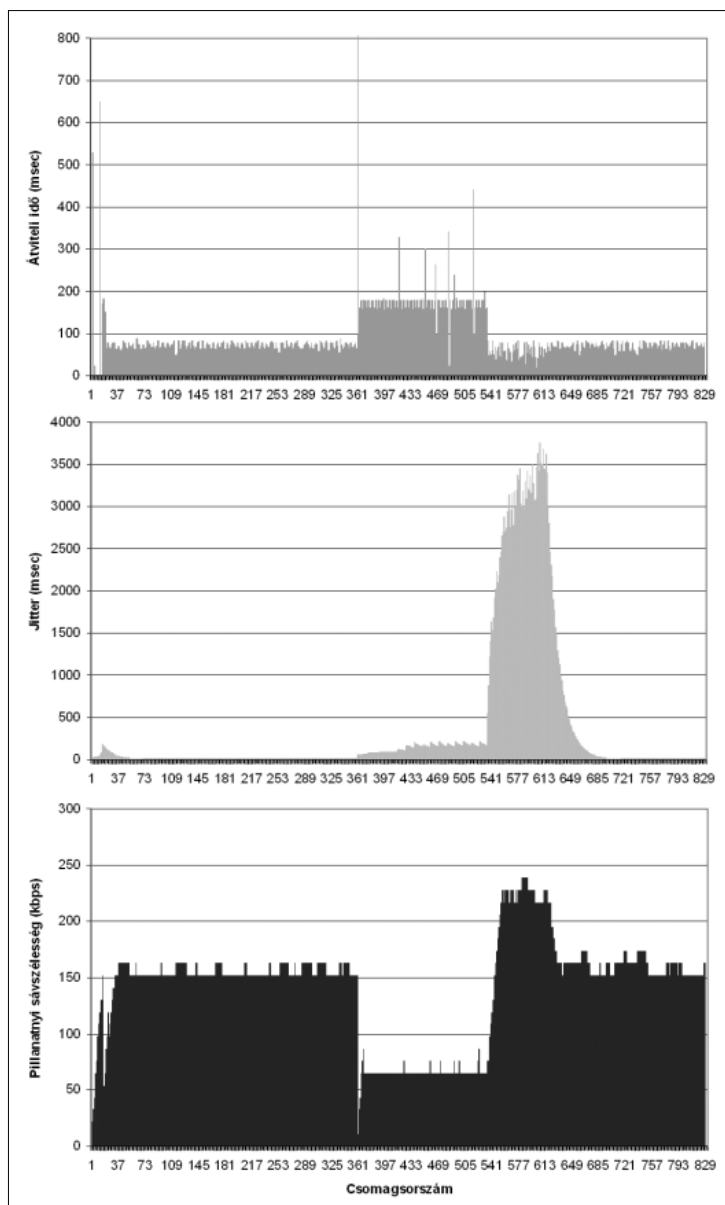
Ismertek a Session Initiation Protocol (SIP) protokollt használó multimédiás alkalmazások [11], vagy például a H323 stream vezérlő szabvány [12]. Előnyük az egyszerű mobilitás-kezelés, hátránya viszont a korlátozott használhatóság.

Első mérés

3. ábra
Átviteli idő, jitter és pillanatnyi sávszélesség értékek az első mérés során

4. ábra
A handover során tapasztaltak időbeli korrelációja az első mérés során





6. Az alkalmazott vertikális handover vizsgálata

Ebben a részben bemutatjuk a vertikális handover egy alkalmazási esetét. A vertikális handover a korábban felvázolt szempontok alapján a mobil eszközön az IP-rétegben működő szoftver vezérli. A vezérlés soft handoveret valósít meg, a hívásátadás idejére párhuzamosan két hálózati kapcsolatot tart fenn. A párhuzamosan fenntartott kapcsolattal a rendszerben a csomagvesztés esélye minimálisra csökken, a vertikális handover okozta késleltetés növekedése azonban lehetséges.

A mérési környezetben GPRS és 802.11b szabványú WLAN hozzáférést alkalmazunk. A folyamatos hálózati forgalmat egy 16 kbit/sec bitsebességű video- és egy ugyanekkora sebességű egysávos hangfolyam letöltésével generáljuk a mobil eszközön. A folyamatok a kísérletek ideje alatt változatlan kódolással érkeznek, vagyis nem történik adaptív átkódolás. Elméleti sávszélességet tekintve (GPRS 40 kbit/sec, WLAN 11 Mbit/sec) mindkét hálózat alkalmas a folyamatok együttes átvitelére, a gyakorlatban azonban a valóban rendelkezésre álló effektív sávszélesség mindkét hálózati hozzáférés esetében kisebb. A GPRS hálózaton ezért várható némi csomagvesztés a szűk kapacitásból adódóan.

A kísérletek során a folyamatok letöltését a WLAN hálózaton kezdjük, majd vertikális handoveret hajtunk végre. Ezután a GPRS hálózaton érkezik a stream mindaddig, míg egy ismételt vertikális handover történik, és ismét a WLAN hálózat lesz aktív.

Az 3-6. ábrákon két mérési alkalom eredményei láthatóak. Az ábrákon sorrendben az átviteli késleltetés (az átvitelhez szükséges idő), a mért jitter és a pillanatnyi bitráta látható. Mindhárom paramétert ábrázoltuk közös diagramban is, amelyen az időbeli változásuk közötti kapcsolat követhető nyomon.

Értékelés

Mindkét mérési esetben jól látható a két vertikális handover pillanata. Az átviteli idők megnőnek a GPRS esetében, hiszen nagyobb utat járnak be a csomagok, többszöri protokollkonverzió esnek át, illetve kisebb bitsebességgel haladnak.

Második mérés

5. ábra
Átviteli idő, jitter és pillanatnyi sávszélesség értékek a második mérés során

6. ábra
A handover során tapasztalt időbeli korrelációja a második mérés során

A pillanatnyi bitsebesség értékein láthatjuk, hogy a GPRS kisebb átviteli teljesítményt tud biztosítani. A kis sáv szélesség a video- és a hangfolyam paraméterein is érzékelhető volt, megakadást, szakadozást tapasztaltunk a stream vizsgálatokor.

A jitter mérési eredményeiben közös, hogy a GPRS-WLAN hívásátadás után megnöttek az értékek. A lassú GPRS hálózatról a gyors WLAN hálózatra váltva az átviteli késleltetés drasztikusan lecsökken, aminek eredménye a késleltetés ingadozás, vagyis a jitter növekedése.

7. Összefoglalás

A vertikális handover egy eszköz a szolgáltatók és a szabványosító testületek kezében, amellyel új szolgáltatások alapját teremthetik meg. Segítségével ötvözhetőek a különböző hálózatok előnyei, integrált hálózati szolgáltatások alapját teremtve meg.

Áttekintettük a vertikális handover által felvetett problémákat, amelyek megoldásáról gondoskodni kell a használható szolgáltatások kialakításához. A megvalósítás több módon is elképzelhető, különböző rétegekben működő protokollok révén. Az előnyök és hátrányok alapján a leghatékonyabb megoldás az IP rétegben működhet.

Irodalom

- [1] Alan Sicher, Randall Heaton,
„GPRS Technology overview”,
White Paper February 2002.
- [2] www.4gforum.org.
- [3] www.wimaxforum.org.
- [4] G. Cunningham, P. Perry, L. Murphy,
„Soft, Vertical Handover of Streamed Video”,
Dept. Of Computer Science,
University College Dublin, Ireland, 2004.
- [5] C.E. Perkins,
„Mobile IP”,
IEEE Communications Magazine, 1997.
- [6] Chung-Kuo Chang,
„A mobile-IP based mobility system for wireless metropolitan area networks”,
ICPP 2005 Workshops, 14-17. June 2005.
- [7] T. Campbell, J. Gomez, A. G. Valkó,
„An Overview of Cellular IP”,
IEEE 1999., pp.29–34.
- [8] Cui Hongyan, Cai Yunlong,
Wang Ying, Zhang Ping,
„Design and implementation of all IP architecture for beyond 3G system”,
Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 2004.
15th IEEE Int. Symposium, 5-8. September 2004.
- [9] Li Ma, Fei Yu, Leung, V.C.M., Randhawa, T.,
„A new method to support UMTS/WLAN vertical handover using SCTP”,
Wireless Communications, IEEE Vol. 11., Issue 4, August 2004, pp.44–51.
- [10] Yun Mao, Bjorn Knutsson,
Honghui Lu, J. M. Smith,
„DHARMA: Distributed Home Agent for Robust Mobile Access”,
IEEE INFOCOM 2005, Miami, Florida, March 2005.
- [11] Schulzrinne, H., Rosenberg, J.,
„The Session Initiation Protocol: Internet-Centric Signaling”
IEEE Communications Magazine, 2000.
- [12] Wanjiun Liao,
„Mobile Internet telephony: mobility extension to H.323”,
Vehicular Technology, IEEE Transactions, Vol. 50., Issue 6, November 2001, pp.1403–1414.