

híradástechnika

1945 VOLUME LXVI. 2011

hírközlés ■ informatika



3G-s femtocellák

Telemedicina

Mikroprocesszoros rendszerek

Objektum-orientált programozás

2011/2

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata
a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával

nka

Tartalom

<i>BEKÖSZÖNTŐ</i>	1
Jakó Zoltán, Jeney Gábor 3G-s femtocellák interferencia vizsgálata	2
Daragó László, Engi Csaba, Ferenczi György, Pesti István, Vass Dezső Telemedicina – IKT-n alapuló egészségügyi szolgáltatás, II. rész: Műszaki architektúra – végponti eszközök és kommunikáció	10
Horváth Péter, Hosszú Gábor, Kovács Ferenc Alkalmazás-orientált szintéziseljárás mikroprocesszoros rendszerekre	17
Bátfai Norbert Van-e az objektum-orientált programoknak anyanyelve? – avagy egy analitikai szöveg bevezetése	27
Firtha Gergely Automatikus hangmagasság-korrekciós rendszer létrehozása	33
Farkas György Processzorhűtők méretezése	39
Görgényi István Az Értékes Idő, avagy a konfliktuskerülő konfliktuskeresés megelőzése	43
<i>Könyvajánló</i> Megújuló energiák hasznosításáról Útmutató a szabványokhoz	47

Védnök

Dr. HUSZTY GÁBOR a HTE elnöke

A folyóirat a Nemzeti Civil Alapprogram  támogatásával valósult meg.

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN
BÁRSONY ISTVÁN
BUTTYÁN LEVENTE
GYÓRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR
KÁNTOR CSABA
LOIS LÁSZLÓ
NÉMETH GÉZA
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ
TÉTÉNYI ISTVÁN
VESZELY GYULA
VONDERVISZT LAJOS

Beköszöntő

szabo@hit.bme.hu

Mindannyian tanúi és résztvevői vagyunk annak a folyamatnak, amelyben a mobil szolgáltatók egyre újabb szolgáltatásokkal jelennek meg, amelyekhez nagyobb átviteli sebességeket és minőségi paramétereket (QoS) kell biztosítani az előfizetőik részére. A fokozódó követelmények biztosítására az egyik ígéretes új eszköz a femtocella. Ez egy kis hatótávolságú, kis teljesítményű bázisállomás, amit az előfizető a lakása vagy irodája lefedettségének javítására tud használni. A femtocella bázisállomása az előfizető adatforgalmát vezeték nélküli technológiával szállítja, ezzel is csökkentve a makrocella terheltségét. Ugyanakkor a femtocellás bázisállomások a makrocellás bázisállomásokat zavarhatják és fordítva is. *Jakó Zoltán és Jeney Gábor* „3G-s femtocellák interferencia vizsgálata” című írásának célja, hogy ezeket az interferencia típusokat bemutassa és egy olyan szimulációs környezetet hozzon létre, amiben az interferenciák modellezhetőek.

Következő cikkünk második része a *Daragó László és szerzőtársai* „Telemedicina: IKT-n alapuló egészségügyi szolgáltatás” című, három részből álló cikksorozatának. Ebben a részben a műszaki architektúrával, a végponti eszközökkel és a rendszeren belüli kommunikációval foglalkoznak. A telemedicinában a hagyományos ellátáshoz képest az egyik lényeges különbség az, hogy a képzett szakemberek helyett a beteg önmaga kezeli a diagnosztikus és terápiás eszközöket – az ehhez biztosított egészségügyi és műszaki háttér mellett. A cikk a betegoldali eszközök kezelhetőségének szükséges feltételeit határozza meg, kitér a beteg környezetében elhelyezett eszközök heterogén kommunikációs platformjainak problémakörére és a szabványosításra. Azonosítja a telemedicina folyamatának szereplőit, az-

az a szenzorokat, a kliensoldali központot és telemedicina szolgáltatót, leírja szerepüket és kommunikációjukat.

Digitális áramkörök szintézisével, pontosabban azok modellezésénél használt hardver leíró nyelvekkel foglalkozik *Horváth Péter, Hosszú Gábor és Kovács Ferenc* „Alkalmazás orientált szintézis eljárás mikroprocesszoros rendszerekre” című cikke. A digitális áramkörök modellezésére használt hardver leíró nyelveknél, mint minden más formális nyelven történő rendszermodellezés esetén, az azonos funkciót megvalósító leírások a választott elvonatkoztatási szinttől függően sokfélék lehetnek. A cikk a mikroprocesszor jellegű rendszerek leírására alkalmas két hardvermodell-típus, az úgynevezett FSM (Finite State Machine with Datapath) és az FSM+D (Finite State Machine + Datapath) modellekkel foglalkozik.

A Debreceni Egyetemen *Bátfai Norbert* által vezetett szoftverfejlesztési közösség munkáiról, eredményeiről már olvashattak lapunk hasábjain. Most egy újabb írással találkozhatnak olvasóink „Van-e az objektum orientált programoknak anyanyelve: avagy egy analitikai szöveg bevezetése” címmel. E rövid közleményben Java parancssori, Ant vagy Maven forrásprojektekhez vezet be a szerző olyan AspectJ aspektust, ami analitikát sző a program futásába. Az osztályok és a metódusok halmaza alkalmazza a PageRank algoritmust, illetve az objektumok kommunikációjára heurisztikusan ellenőrzi a Zipf törvény teljesülését.

Projektmenedzsment rovatunkban most „Az Értékes Idő avagy a konfliktuskerülő konfliktuskeresés megelőzése” címmel *Görgényi István* cikkét olvashatjuk. A szerző rávilágít a projektek eredményességét oly gyakran fenyegető kommunikáció hiányának egy gyakori okára, a terület- és döntési-szabadság védelmére és arra, hogy

az együttműködés elérésének egyik fontos eleme a nyílt, véleményütköztetést sem kerülő megbeszélés, amely „Értékes Időt” igényel, mégis feszes keretek közt tartható. A szerző felsorolja a feszes keretek szükséges elemeit. Eredményes megbeszélések hosszú távon teljesítménycentrikus vállalati kultúra kialakulásához segítenek.

Farkas György írása, a „Proceszorhűtők méretezése” egy fontos tervezési-konstrukciós kérdéssel foglalkozik és ad a gyakorlatban jól használható módszereket. Az elektronikus alkatrészek várható élettartama erősen csökken a belső hőmérséklet növekedésekor, sőt kellően hatékony hűtés nélkül rendszerint tönkre is mennek. A korrekt analízis és tervezés szükségessé tenné igényes elméleti módszerek alkalmazását, de közelítéseket adó, egyszerűbb módszerek is kielégítik az igényeinket. A szerző röviden összefoglalja a hőtechnika idevonatkozó fogalmait és alapvető összefüggéseit a villamosmérnök gondolatvilágához közeli villamos analógiát alkalmazva, és ezzel ismerteti a hűtés méretezéséhez (a hűtőborda és a ventilátor kiválasztásához) tartozó egyszerűbb számítás módszereit.

A 2010. évi HTE Diplomatervezési pályázaton díjat nyert *Firtha Gergely* munkája, amely egy automatikus hangmágasság korrekciós rendszer felépítését ismerteti. Bemutatja, milyen részfeladatok megoldása szükséges a cél eléréséhez, ismerteti ezen feladatok lehetséges megoldásait az idő- és frekvenciatartományban, kitérve az így létrehozott funkcionális blokkokból álló teljes rendszer működésére.

Végül e számunkban is helyet kapott két érdeklődésre számot tartó szakönyv bemutatása, e rovatunk gondozója és szerzője, *Sipos László* tollából.

Szabó Csaba Attila főszerkesztő

3G-s femtocellák interferencia vizsgálata

JAKÓ ZOLTÁN, JENEY GÁBOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék

zoltan.jako@invitel.hu

jeneyg@hit.bme.hu

Lektorált

Kulcsszavak: femtocella, interferencia, 3G, CDMA, rendszermodell, szimuláció

A mobilszolgáltatók részesedése a távközlési piacon az idő múltával egyre jelentősebb. Új szolgáltatások jelennek meg, olyan nagy átviteli sebességeket és megfelelő minőségi paramétereket (QoS) biztosítva az előfizetők részére, amelyek korábban csak vezetékes technológiával voltak megoldhatóak. A jövőbeli széles sávot igénylő szolgáltatások (pl. VoD, IPTV) megfelelő szintű átviteli minőséget és garantált sebességet igényelnek. A felhasználói populáció növekedésével pedig ez csak kisméretű cellákkal biztosítható. Az egyik ilyen ígéretes új eszköz a fokozódó követelmények biztosítására a femtocella, amely egy kis hatótávolságú, kis teljesítményű bázisállomás, amit az előfizető a lakása vagy irodája lefedettségének javítására tud használni. Ezzel a megoldással sokkal nagyobb átviteli sebességet és jobb QoS-paramétereket lehet elérni, mint ha az utcai bázisállomást (makrocellát) használná.

1. Bevezetés

A femtocella egy mobil hálózatba integrált, házon belüli lefedettséget biztosító bázisállomás. A femtocellák hatótávolsága és a kisugárzott teljesítménye igen kicsi (kb. 10-50 méteres hatósugár és 0,1 W teljesítmény). A femtocella biztosíthatja lakásunk vagy az irodánk lefedettségét. A femtocella a felhasználói beszéd- és adatforgalmat IP-alapú gerinchálózaton (például kábeles, optikai, DSL-rendszeren) keresztül továbbítja. Természetesen a kis hatósugár és cellaméret miatt az engedélyezett hozzáférések száma tipikusan tíz alatt van, vagyis maximum ennyi felhasználó kiszolgálására képes egy időben.

A mobil hálózatba integrált femtocellák alkalmazásának van létjogosultsága. A femtocellában tartózkodó felhasználóknak nem kell akkora teljesítménnyel adni, hiszen közelebb van az azt kiszolgáló bázisállomás, következésképpen csökken az általa okozott interferencia a többi felhasználóra nézve, ezáltal csökken a kinti makrocellás bázisállomás terheltsége. Ugyanakkor, ha ugyanazt a frekvenciasávot egyszerre többen is használják, akkor a többiek uplink vagy downlink forgalma zajként jelentkezik és így természetesen a femtocellás bázisállomások a makrocellás bázisállomásokat zavarják és fordítva is.

A femtocellás eszközök által keltett interferencia úgynevezett Lévy-eloszlást követ. A cikk célkitűzése ezen interferencia-típusok feltérképezése egy szimulációs környezet létrehozásával. A szimulációból kapott eredményekkel kívánjuk alátámasztani az [1] irodalomban bevezetett Lévy-eloszlás érvényességét.

A cikk felépítése a következő: a 2. szakaszban mutatjuk be az általunk használt rendszermodellt, majd a 3. szakaszban az uplink interferenciákat, míg a 4. sza-

kaszban a downlink interferenciákat elemezzük előbb képletek segítségével, majd a szimulációs eredményeket bemutatóan. Végül pedig következtetéseket vonunk le a szimulációk adataiból.

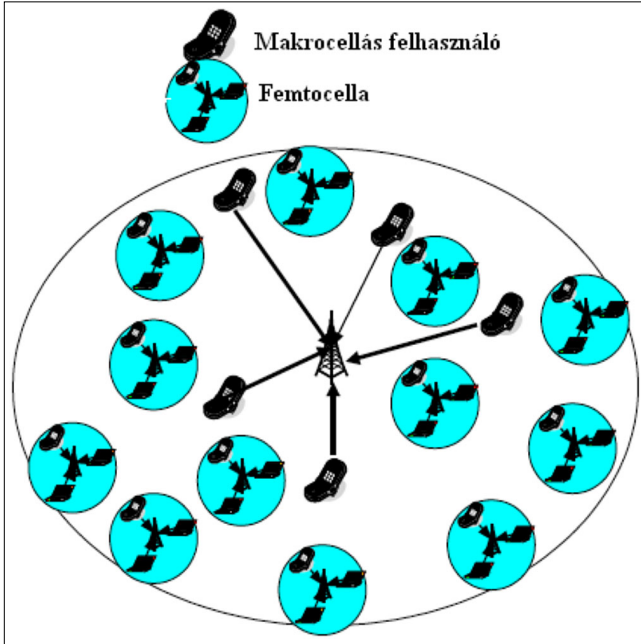
2. 3G femtocellás rendszermodell

A femtocellák telepítése változtatásokkal jár a hagyományos makrocellás hálózatokban. Egy egészen új architektúrát kapunk, amely két külön rétegre osztható, úgymint makrocella-rétegre és femtocella-rétegre (használatos angol elnevezések: two-layer vagy two-tier hálózatok). A femtocellák rádiós hozzáférési hálózatokban kis lefedettséget és a makrocellákban megszokott nagy adatátviteli sebességet biztosítanak. A kis méret következménye, hogy jobb spektrális hatékonyság érhető el, hiszen sűrűbben telepítünk azonos kapacitású bázisállomásokat. A rendszer teljesítményét azonban a makrocella és az oda telepített femtocellás technológia közti kölcsönhatások alapvetően befolyásolják. Ezért érdemes megvizsgálni, hogy a makrocellás és femtocellás hálózati elemek hogyan zavarják egymást. A vizsgálatokat a 2 GHz környékén működő 3G-s (Európában: UMTS) rendszerre végeztük el. A two-tier topológia új problémákat és új tervezési kihívásokat teremt. Ugyanis ha több adó ugyanazon a frekvencián bocsájtja ki a jelét azonos földrajzi területen, a vevőben interferenciát okoz a többi adó jele. A vevőben tehát problémát okoz a neki szánt jel és a többi jel szétválasztása.

Az interferencia vizsgálathoz egy rendszermodell felállítása szükséges (1. ábra). A modell egy R_c sugarú kör alakú makrocellát tartalmaz. A makrocella közepén található egyetlen körsugárzó bázisállomás: nem osztjuk fel szektorokra a makrocellát. A makrocellában találha-

tóak a (makro)cellás felhasználók. A makrocellás felhasználókról azt feltételezzük, hogy mindegyikük a cella közepén található bázisállomással kommunikál kizárólag. Ugyanebben a makrocellában találhatóak szintén körterületű femtocellák. A femtocellák által lefedett kör sugarát R_f -fel jelöljük. A femtocellákban találhatóak a femtocellás felhasználók. A femtocellákban és a makrocellákban is ugyanazt a frekvenciát (f_c) használjuk.

1. ábra A szimulációhoz használt rendszermodell



A femtocellában lévő aktív felhasználók számát egy két paraméterű Poisson-eloszlással fogjuk modellezni. Tudjuk, hogy az általunk vizsgált eszköz leírás szerint egyidőben maximum négy aktív felhasználó kiszolgálását teszi lehetővé. Viszont az aktív felhasználók száma akár végtelen is lehetne a Poisson-eloszlás szerint. Ezért ezt nekünk csonkolnunk kell a 0–4 intervallumra, ami azt jelenti, hogy 0 aktív felhasználó lehet minimum a femtocellában és 4 aktív felhasználó lehet maximum egyidőben egy femtocellában. Annak a valószínűsége, hogy a femtocellában $i < 4$ felhasználó aktív, két paraméterű ($\lambda=2$) Poisson-eloszlással számítható. Annak a valószínűsége, hogy 4 vagy annál több felhasználó aktív, az alábbi képlettel kell kiszámolni:

$$\Pr(U \geq 4) = \sum_{j=4}^{\infty} \frac{e^{-2} 2^j}{j!} \Pr(U \geq 4) = \sum_{j=4}^{\infty} \frac{e^{-2} 2^j}{j!}$$

Ennek megfelelően az egy femtocellában lévő aktív felhasználók számának várható értéke:

$$\begin{aligned} U_f &= \sum_{i=0}^4 \Pr(U = i) \cdot i = \\ &= \frac{e^{-2} 2^0}{0!} \cdot 0 + \frac{e^{-2} 2^1}{1!} \cdot 1 + \frac{e^{-2} 2^2}{2!} \cdot 2 + \frac{e^{-2} 2^3}{3!} \cdot 3 + \\ &+ \sum_{j=4}^{\infty} \frac{e^{-2} 2^j}{j!} \cdot 4 = 1,925. \end{aligned}$$

A makro- és a femtocellában a minimálisan szükséges vett teljesítmény jelölésére az alábbiakat használjuk: P_r^c és P_r^f .

Feltételezzük, hogy a makrocellában tökéletes a teljesítményszabályozás, azaz az adóoldalon a lehető legkisebb teljesítménnyel sugárunk úgy, hogy a vevőbe még éppen megérkezzen az előbb említett szükséges teljesítmény.

A jelterjedésből fakadó csillapítás modellezésére az Okumura-Hata formulából továbbfejlesztett COST-231 sűrűn lakott és külvárosi modelljét alkalmazhatjuk a makrocellában. A jelet lognormál fading is terheli, de a gyors fading hatásától eltekintünk. A makrocellában jellemző csillapítást g_c változóval jelöljük. A femtocellákban egy belső (indoor) terjedési modellt alkalmazunk és g_f változóval jelöljük.

A jelterjedési modell a távolság függvényében adja meg a csillapítás mértékét (dB-ben), figyelembe véve a frekvenciát (f_c), a mobil-, illetve a bázisállomás magasságát (H_{ms}, H_{bs}), távolságukat ($|X|$) méterben kifejezve, a falcsillapítást ($g_{w_{dB}}$) és a lognormál fadinget (θ_c):

$$\begin{aligned} g_{c,belváros}[\text{dB}] &= \\ &46,3 + 33,9 \log(f_c) - 13,82 \log(H_{bs}) - \\ &- 3,2 \log^2(11,75 H_{ms}) + 4,97 + \\ &+ (44,9 - 6,55 \log(H_{bs})) \log\left(\frac{|X|}{1000}\right) + g_{w_{dB}} + 3 + 10 \log(\theta_c), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_{c,külváros}[\text{dB}] &= \\ &46,3 + 33,9 \log(f_c) - 13,82 \log(H_{bs}) - \\ &- 0,8 - (1,1 \log f_c - 0,7) H_{ms} + 1,56 \log f_c + \\ &+ (44,9 - 6,55 \log(H_{bs})) \log\left(\frac{|X|}{1000}\right) + g_{w_{dB}} + 3 + 10 \log(\theta_c). \end{aligned}$$

A femtocellákban alkalmazott belső terjedési modell:

$$\begin{aligned} g_f[\text{dB}] &= \\ &43,85 \log(f_c) - 4,78 \log^2(f_c) + 20 \log(|Y|) - 83,36 + \\ &+ 10 \log(\theta_f), \end{aligned}$$

ahol $|Y|$ a femtocellás UE és bázisállomás távolsága méterben kifejezve, θ_f a lognormál fading.

Az interferencia vizsgálatot uplink és downlink esetre is elvégezzük.

3. Uplink interferenciák

Vizsgáljuk meg, milyen esetek fordulhatnak elő 3G-s hálózat esetében egy femtocellákkal teletűzdelt makrocellás hálózatban, uplink esetben.

3.1. Szomszédos makrocella okozta interferencia hatása a makrocellára

A szomszédos makrocellákban lévő UE eszközök által keltett interferenciáról van itt szó, amely zavart okoz a makrocellás bázisállomás bemenetén. Ez az eset független a femtocelláktól, csupán a többi makrocellától függ, ugyanakkor a rendszermodellünk egyetlen makrocellával számol a modell során, ezért részletes tárgyalása jelen esetben nem lehetséges. Megjegyzendő azonban, hogy a korrekt modellezés megkívánja a többi makrocellát is, de mi most nem élünk ezzel a lehetőséggel és egy egyszerűsített modellel vizsgáljuk az interferenciákat.

3.2. Makrocellás felhasználók okozta interferencia hatása a makrocellában

Itt azt az esetet vizsgáljuk, hogy a makrocellás felhasználók mekkora interferenciát okoznak az i . makrocellás felhasználó jelfolyamának. Mivel tökéletesnek tételezzük fel a teljesítményszabályozást, minden makrocellás felhasználó jele azonos teljesítménnyel érkezik a makrocella bázisállomásának bemenetére, így a cellán belüli interferencia mértéke:

$$I_{c,i} = (U_c - 1)P_r^c,$$

összesen U_c aktív felhasználó van a cellában. Az U_c valószínűségi változó Poisson-eloszlású. Ez abból a feltételezésünkből következik, miszerint a makrocellában aktív felhasználók száma Poisson-eloszlást követ. Azért kell $(U_c - 1)$ -el számolni, hiszen bár az i . felhasználó is aktív, ugyanakkor neki csak az összes többi aktív felhasználó jele okoz interferenciát.

3.3. A femtocella aktív felhasználói által okozott interferencia a femtocellában

Feltételezzük, hogy a femtocellában U felhasználó ad ($U \geq 1$), ennél fogva az ilyen jellegű interferencia az aktív felhasználók számától és az adási teljesítményüktől függ:

$$I_{f,belső} = (U - 1)P_r^f.$$

Ahogy az előbb, itt is azért kell $(U - 1)$ -gyel számolni, hiszen bár a vizsgált felhasználó is aktív, ugyanakkor neki csak a többi aktív felhasználó jele okoz interferenciát. Amennyiben csak a vizsgált felhasználó az egyetlen aktív a femtocellában, ez a fajta interferencia természetesen nem jelentkezik.

3.4. Makrocellás felhasználók okozta interferencia a femtocellában

A makrocella i . felhasználója az alábbi képlettel számítható interferenciát okoz a femtocellának:

$$I_{f,c}(c, i) = P_r^c g_c(|Y_i|) / g_c(|X_i|) / g_w,$$

ahol $|X_i|$ az i . felhasználó pozíciója a makrocellában, $|Y_i|$ pedig a felhasználó és a femtocella bázisállomás távolsága és figyelembe vesszük a fal okozta csillapítást is konstans formájában. Ilyen típusú interferencia akkor keletkezik, ha a femtocellákban található felhasználók uplink adása zavarja a makrocellában lévő bázisállomást.

3.5. Femtocellás felhasználók okozta interferencia a makrocellában

Ilyen típusú interferencia akkor keletkezik, ha a femtocellákban található felhasználók uplink adása zavarja a makrocellában lévő bázisállomást (2. ábra).

Az F_j femtocella j . felhasználója által keltett interferencia a makrocellás bázisállomásnál az alábbi összefüggéssel számolható:

$$I_{c,f}(F_i, j) = P_r^f g_c(|X_i + Y_j|) / g_f(|Y_j|) / g_w.$$

Az egyetlenben szereplő konstansokat (például a femtocella sugara, vételi teljesítmény) összevonhatjuk a $K_{c,f}$ konstansba, ami definíció szerint:

$$K_{c,f} \triangleq P_r^f R_f^\alpha / g_w.$$

Továbbá $\theta_{j,c}$ és θ_{j,F_i} a j . felhasználó és a makrocella bázisállomása közötti, illetve a j . felhasználó és az F_i femtocella bázisállomása közti lognormál fading (valószínűségi változó). Két egyszerűsítéssel élhetünk az analitikus vizsgálat során:

1. Ha $R_f \ll R_c$, vagyis a makrocella sugara jóval nagyobb, mint a femtocelláé, akkor elhagyhatjuk a számításból a femto felhasználó és a bázisállomása közti távot: $|X_j + Y_j| \approx |X_j|$. Egyszerűen a femto bázisállomás és makro bázisállomás közti távolságot használjuk fel a csillapításos számításainkhoz: $g_c(|X_i + Y_j|) \approx g_c(|X_i|)$.

2. Azzal a feltételezéssel élünk, hogy a femto felhasználók a femtocella lefedettségének határán tartózkodnak ($Y_j = R_f$), így modellünkben nekik nagyobb teljesítménnyel kell adniuk, mint a valóságban.

A fenti egyszerűsítéseket figyelembe véve a képlet az alábbira módosul:

$$P_r^f g_c(|X_i|) / g_f(R_f) / g_w = K_{c,f} \theta_{j,c} / \theta_{j,F_i} |X_i|^{-\alpha}.$$

Természetesen a valóságban nem csak egy femtocella egyetlen felhasználója (hanem N darab) okozza a makrocellán jelentkező ilyen típusú interferenciát, ezért összegeznünk kell az aktív felhasználók zavaró hatását:

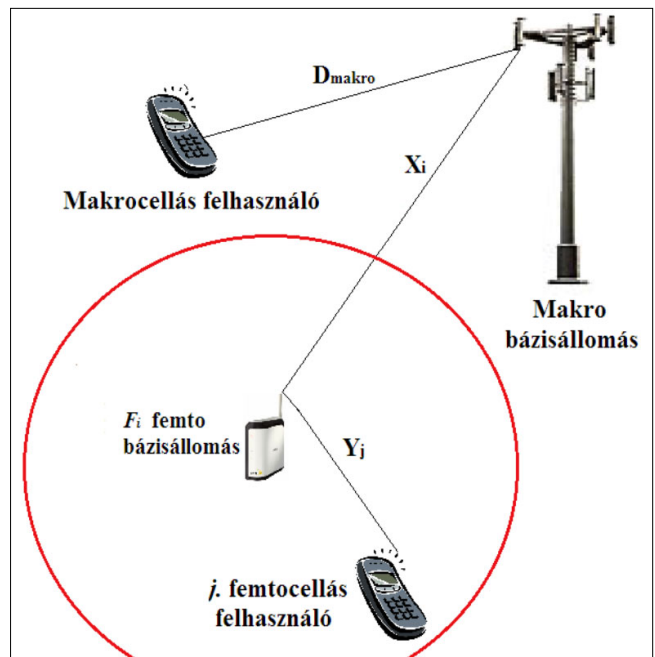
$$I_{c,f} = \sum_{i=1}^N K_{c,f} \Psi_i |X_i|^{-\alpha},$$

ahol a lognormál valószínűségi változókat egy paraméterbe vontuk össze:

$$\Psi_i \triangleq \sum_{l=1}^{U_i} \frac{\theta_{l,c}}{\theta_{l,F_i}}.$$

A $K_{c,f}$ egy konstans, míg α a külső jelterjedési exponens, értéke 3,6.

2. ábra Femto felhasználó által keltett interferencia példája



Az első szimulációban egy makrocella területén egyenletes eloszlás szerint N darab femtocellát helyeztünk el és bennük egyenként U_i aktív femtocellás felhasználót sorsoltunk. A szimuláció fontosabb paraméterei az 1. táblázatban tekinthetők meg.

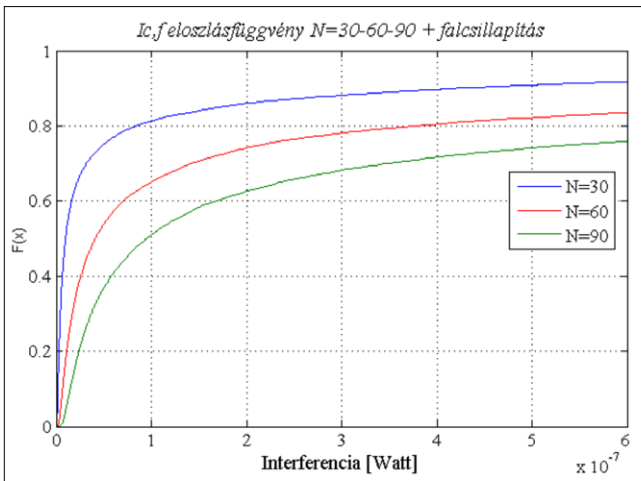
Szimuláció fontosabb paraméterei	
frekvencia	1950 MHz
makro UE száma [db]	1
femtocellák száma [db]	30, 60, 90
kísérletek száma	10 000
falcsillapítás	belváros: 25 dB külváros: 17 dB

1. táblázat
Szimuláció
paraméterei

A 3. ábrán láthatjuk az interferenciák eloszlásfüggvényét. A vízszintes tengelyen az interferencia értéke látható, míg a függőleges tengelyen pedig annak a valószínűsége, hogy az interferencia kisebb lesz egy x interferencia értéknél. A görbékből bebizonyosodik, hogy minél több femtocella (és benne aktív felhasználó) van egy adott makrocellában, annál nagyobb az interferencia a makrocellában (ahogy vártuk). Minél több femtocella található a makrocellában, az eloszlásfüggvény annál laposabb, azaz annál nagyobb a femtocellákban lévő aktív felhasználók által sugárzott teljesítmény, mely zavaró hatásként jelentkezik a makrocellában. Az ábra értelmezése: az interferencia 82%-os valószínűséggel van 10^{-7} W alatt 30 femtocella esetén, ugyanakkor 90 femtocella esetén az interferencia értéke körülbelül 50%-os valószínűséggel van 10^{-7} W alatt.

3. ábra

$I_{c,f}$ interferencia empirikus eloszlásfüggvénye 25 dB-es falcsillapítással (belváros)



3.6. Szomszédos femtocellák okozta interferencia hatása a femtocellára

Ez az eset hasonló az előzőhöz, itt is femtocellás felhasználók okozzák az interferenciát, csak itt most az interferencia elszenvedője egy másik femtocella lesz, és nem a makrocellát zavarjuk. A femto UE-k által a femto BS-nél jelentkező interferencia ($I_{f,f}$) az előző pont mintájára az alábbi képlettel számítható (dupla falat feltételezve):
$$I_{f,f} = \sum_{i=1}^N K_{f,0} \Psi_i \frac{|X_i|^{-\alpha}}{g_w^2},$$

ahol $|X_i|$ a távolság F_j és F_i femtocella között, $K_{f,0}$ egy konstans $\Psi_i \triangleq \sum_{l=1}^U \frac{\theta_{l,F_i}}{\theta_{l,F_j}}$, hasonlóan az előző esethez. A dupla fal miatt kell a g_w^2 , ugyanis azzal a feltételezéssel élünk, hogy a femtocellák két külön épületben vannak implementálva, így a jelnek két falon keresztül is át kell jutni, ahhoz, hogy interferenciát okozzon.

Kisméretű femtocellák esetén az $I_{c,f}$ és $I_{f,f}$ interferenciákat egyszerűbb formában is megkaphatjuk. Itt jelenik meg a stabil eloszlások közül az úgynevezett Lévy-eloszlás. (Paul Pierre Lévy francia matematikusról elnevezett folytonos, stabil eloszlás. A stabilis eloszlások azon kevese közé tartozik, amely rendelkezik zárt alakú eloszlásfüggvénnyel és sűrűségfüggvénnyel.) Az [1] irodalom szerint ezek az interferenciák Lévy-eloszlást követnek. Felhasználva a Lévy-eloszlásfüggvényt az alábbi alakban írhatjuk fel ezeknek az interferenciáknak az eloszlásfüggvényét (feltételezzük, hogy a kültéri jelcsillapítási tényező $\alpha = 4$):

$$F_Y(y) = \text{erfc} \left(\frac{\pi^{1/2} (1 - e^{-U_f}) N_f}{2 R_c^2 N_{sec}} \sqrt{K_i} \mathbb{E}\{\sqrt{\Psi}\} \sqrt{\frac{P_r^f}{y}} \right),$$

ahol K_i lehet $K_{c,f}$ vagy $K_{f,0}$ attól függően, hogy melyik interferenciára vagyunk kíváncsiak, értéküket a 2. táblázatban foglaltuk össze. A konstansok a csillapításokból adódnak, értékük attól függ, hogy sűrűn lakott belvárosban vagy külvárosban vagyunk. Makro-femto interferencia ($I_{c,f}$) esetén a $K_{c,f}$ konstanssal kell számolni a Lévy-eloszlásos képletben míg femto-femto interferencia ($I_{f,f}$) esetében a $K_{f,0}$ konstans értéke kerül a K_i helyére.

	Külváros	Sűrűn lakott belváros
$K_{c,f}$	0,1638	$1,173 \cdot 10^{-2}$
$K_{f,0}$	$3,267 \cdot 10^{-3}$	$3,7086 \cdot 10^{-5}$

2. táblázat

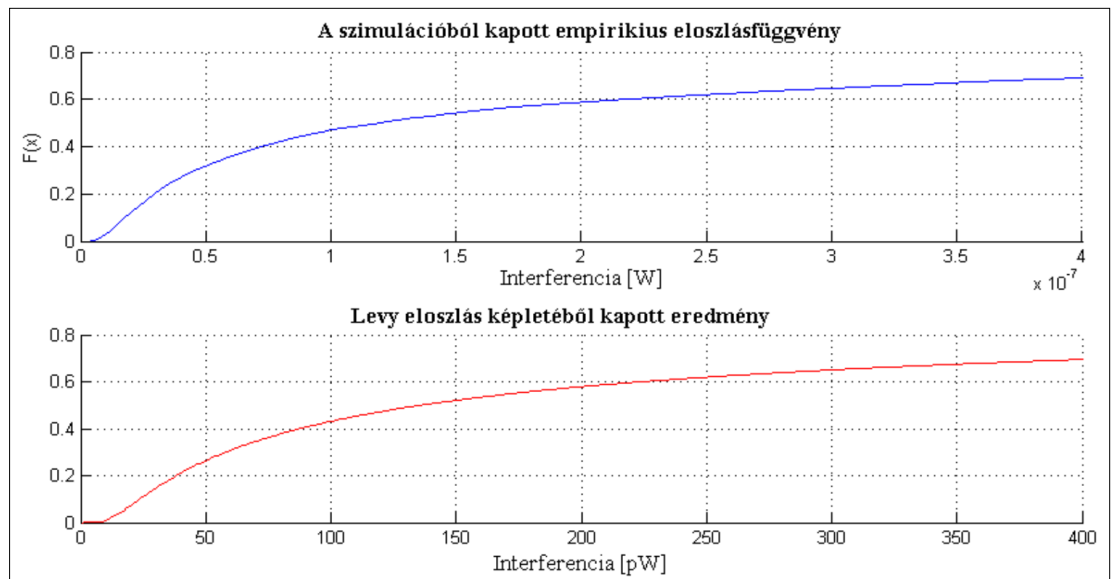
Értékét úgy kapjuk meg, hogy kiszámoljuk a $\mathbb{E}\{\sqrt{\Psi}|U_i\}$ feltételes várható értéket külön minden U_i -re. A $\mathbb{E}\{\sqrt{\Psi}|U_i\}$ feltételes várható értéket úgy számolható ki, hogy U_i darab lognormál valószínűségi változót összeadunk, majd gyököt képzünk belőlük. Így megkaptuk a feltételes várható értéket adott U_i -re, a teljes várható érték képletét alkalmazva kapjuk a végeredményt, amely sűrűn lakott belvárosnál $\mathbb{E}\{\sqrt{\Psi}\} = 1,630$, külváros esetén $\mathbb{E}\{\sqrt{\Psi}\} = 1,540$.

Az 4. ábrán láthatjuk az interferencia szimulációs eredményekből kapott empirikus eloszlásfüggvényét, alatta pedig a Lévy-eloszlás képletéből felrajzolt eloszlásfüggvény látható. A szimuláció paraméterei megegyeznek az 1. táblázatban felsoroltakkal, kivéve a femtocellák számát.

Ezután megvizsgáljuk 100 zavaró femtocella hatását egy kiválasztott femtocella felhasználón (5. ábra).

A femtocellák okozta interferencia Lévy-eloszlását némi pontatlansággal ugyan, de sikerült igazolni Uplink esetben, még számos torzító feltétel mellett is. A Lévy-eloszlás [1] irodalomban történő bevezetésénél ugyanis nem csonkolták a femtocellában maximális felhasz-

4. ábra
Az $I_{c,f}$ interferencia és a Lévy-eloszlás összehasonlítása 100 femtocella esetében (sűrűn lakott város esetén)



nálók számát, nem vették figyelembe a falcsillapítást és a jelterjedési exponens (α) értéke 4, míg mi a szimulációk során 3,6-tal számoltunk.

4. Downlink-interferenciák

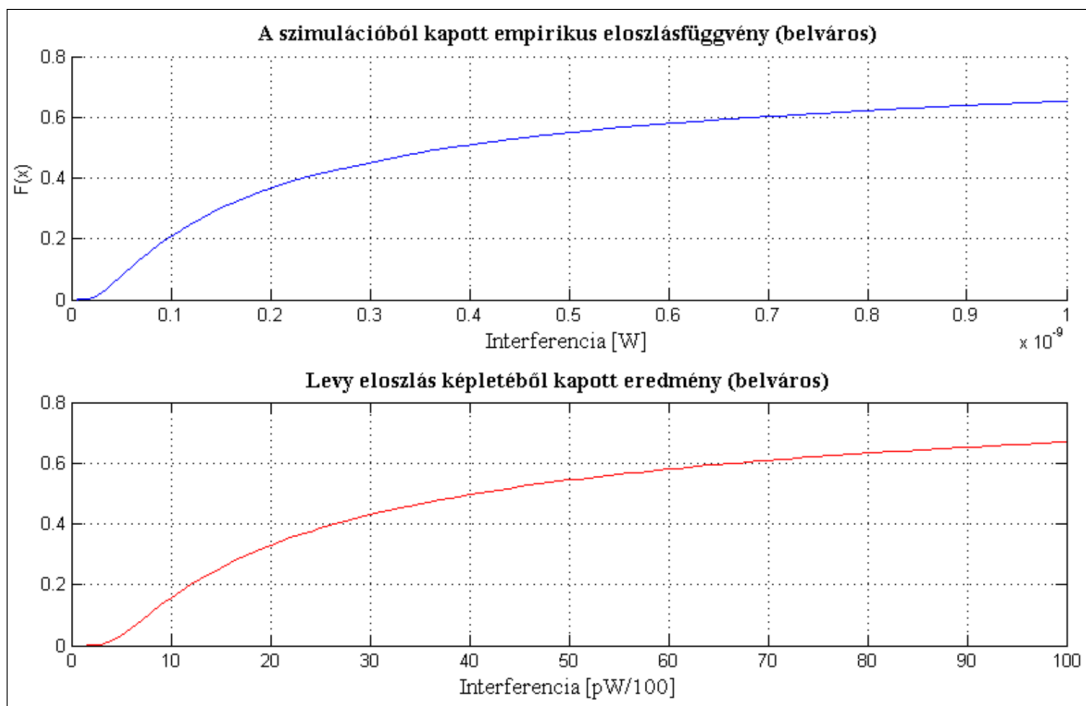
Természetesen interferenciát nem csak az uplink okoz, hanem a downlink is. Downlink esetben a bázisállomás (makro és femto egyaránt) pilot jelet sugároz még akkor is, ha a cellában nincs aktív forgalom, hiszen az előfizető készülékek ebből tudják meg, hogy mekkora teljesítménnyel kell adniuk.

A pilot jel teljesítményét a mobil szolgáltatók állítják be, ez most jelen esetben legyen a maximális teljesítmény 10%-a ($P_{max}^f = 30$ mW esetén ez $P_{pilot}^f = 3$ mW). A jelterjedési modellben csak a frekvencia értéke változik

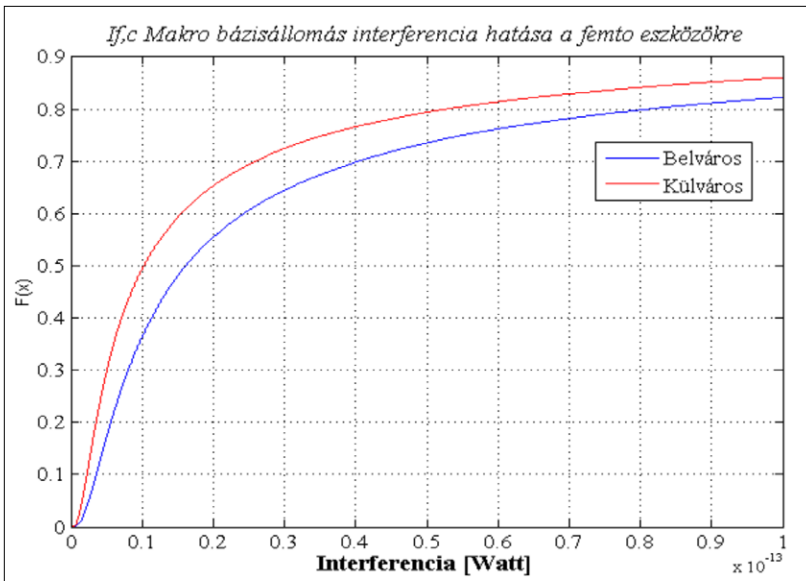
2140 MHz-re. A gyors fadinget ebben az esetben is elhanyagoljuk, csupán a lognormál fading hatását számítjuk és ugyancsak tökéletes teljesítményszabályozást feltételezünk. A downlink forgalmat a felhasználók (mind makro, mind femto felhasználók) ON/OFF jellegűen kapják, az intenzitását jelölje λ_{int} valószínűségi változó, amelynek értéke: $0 \leq \lambda_{int} \leq 1$. Az intenzitás azt fejezi ki, hogy átlagosan az idő mekkora részében kap a mobil állomás információt 2 Mbit/s sebességgel.

4.1. Makrocella okozta interferencia hatása a femtocellára

A femtocellánkat az aktív makrocella terheli interferenciájával. Ahogy az uplinkkel foglalkozó fejezetben, itt is csak egyetlen makrocellával számolunk, ezért nem egyenlőséget írunk, hanem csak egy alsó korlátot adunk meg, hiszen ha több makrocella van a modellben az interferencia is nagyobb:



5. ábra
 $I_{f,f}$ szimuláció és Lévy-eloszlás közös diagramon (sűrűn lakott város esetén)



6. ábra
A femto-makro szimuláció által kapott empirikus eloszlásfüggvény

$$I_{f,c} \geq \frac{\alpha_c P_{max}^c}{g_c(|Y|)g_w} = P_{max}^c K_{f,c} \psi_c(|Y|)^{-3,6},$$

ahol $\alpha_c=1$ ha a makrocellában van aktív felhasználó és $\alpha_c=0,1$ ha a makrocellában nincs aktív felhasználó csak a pilot jelet sugározza a makrocellás bázisállomás, P_{max}^c a maximális adóteljesítmény amivel a makrocella adhat, α a kültéri jelterjedési exponens értéke, az uplink fejezetben leírtak szerint továbbra is 3,6. A konstans értéke $K_{f,c}=1,618 \cdot 10^{-5}$ a külvárosban és $K_{f,c}=1,15 \cdot 10^{-6}$ a belvárosban.

A szimuláció eredménye a 6. ábrán látható. Az interferencia 10^{-13} W nagyságrendű a femtocellában.

4.2. A femtocellák interferenciája a makrocellában

Ebben az esetben az F_i femtocellát nézzük, és benne legyen U_i aktív felhasználó. Tételezzük fel, hogy a femtocella BS maximális teljesítménnyel ad, hiszen ez a legrosszabb eset nekünk, és ez a maximális teljesítmény $P_{max}^f=30$ mW az általunk vizsgált eszköz katalógus adatai szerint.

Ekkor a makrocellánál tapasztalható femtocellás interferencia az alábbi összefüggéssel írható fel:

$$I_{c,f}(F_i) = \frac{P_{max}^f}{g_c(|Y_i-X|)g_w},$$

ha az adott femtocellában van aktív, forgalmazó felhasználó. Amennyiben nincs aktív felhasználó a cellában, ilyenkor csak pilot jelet sugároz a femtocella:

$$I_{c,f}(F_i) = \frac{0,1P_{max}^f}{g_c(|Y_i-X|)g_w},$$

Most nézzük meg, hogy alakul a makrocellában lévő interferencia az összes ott lévő femtocella hatásának figyelembevételkor:

$$\begin{aligned} I_{c,f} &= P_{max}^f K_{c,f} \sum_{i=1}^N (\alpha_f)_i \frac{(|Y_i-X|)^{-3,6}}{(\theta_c)_i} \\ &= P_{max}^f K_{c,f} \sum_{i=1}^N \psi_{fi} |Y_i - X|^{-3,6}, \end{aligned}$$

ahol a csillapításokból adódó $K_{c,f}$ konstans értéke $1,619 \cdot 10^{-5}$ külvárosi és $1,15 \cdot 10^{-6}$ sűrűn lakott városi esetben, $(\alpha_f)_i=1$ ha femtocellában van aktív felhasználó és $(\alpha_f)_i=0,1$ ha csak a pilot jelet sugározza a femtocella és nincs benne aktív felhasználó.

ψ_{fi} két valószínűségi változó hányadosa: $\psi_{fi} = \frac{(\alpha_f)_i}{(\theta_c)_i}$

4.3. Szomszédos femtocellák okozta interferencia hatása a femtocellára

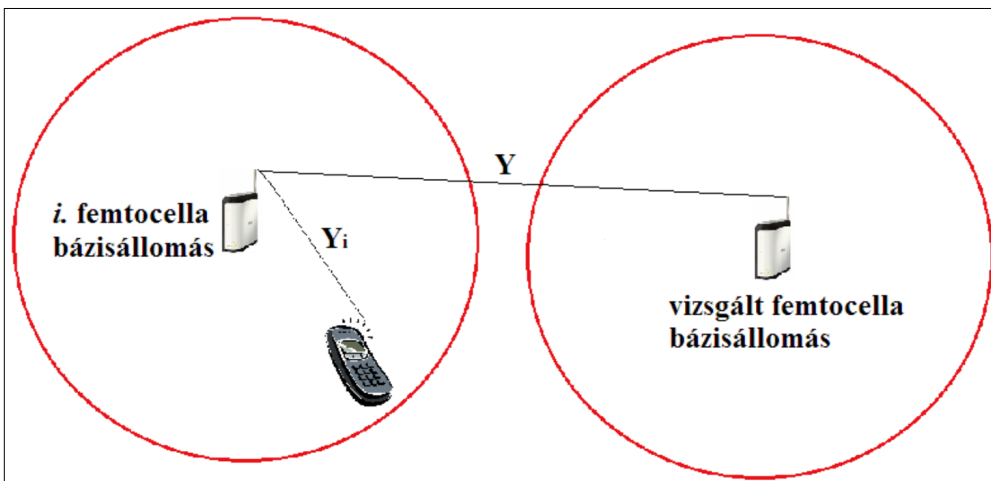
Az eljárás ebben az esetben hasonló az előzőhöz, csupán arra kell vigyázni, hogy a femtocellák közti távolságot kell használni a képletben: $(|Y_i - Y|) - 7. \text{ ábra}$.

A femtocellák épületekben találhatóak, így a jel a két falon halad keresztül, ezért a falcsillapítást (g_w) kétszeresnek kell venni. Ha egy épületben két lakást egy fal választ el, akkor természetesen csak g_w -vel kell számolni. Egy femtocella zavaró hatására így néz ki az interferencia képlet szerint:

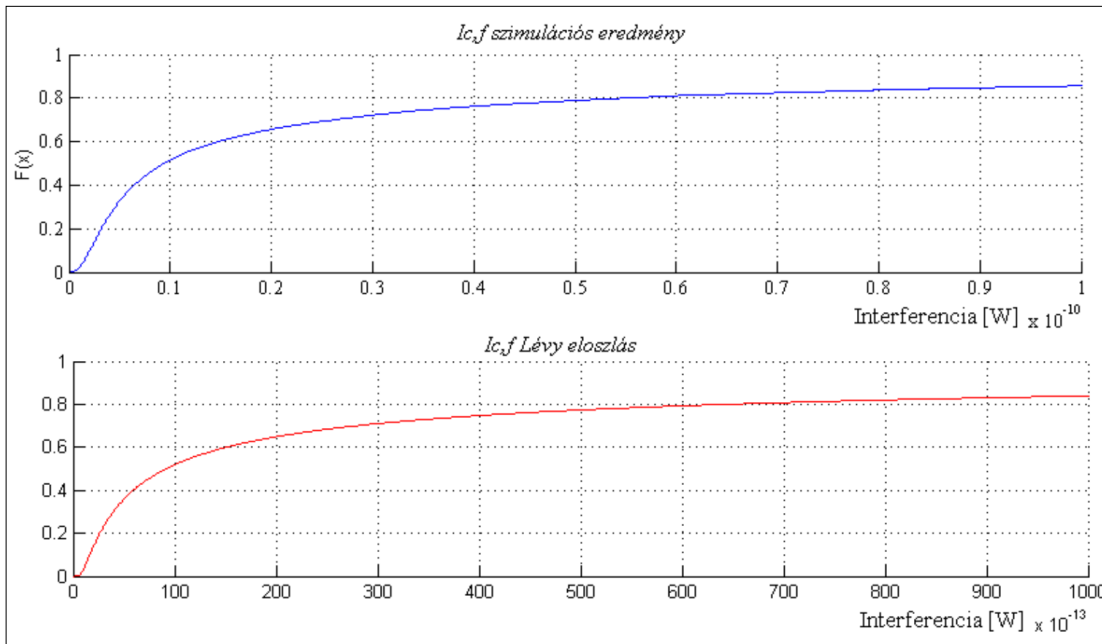
$$I_{f,0} = \frac{(\alpha_f)_i P_{max}^f}{g_c(|Y_i-Y|)g_w^2},$$

amennyiben a makrocellában lévő összes zavaró femtocellát vizsgáljuk a képlet a következőképpen alakul:

$$I_{f,0} = P_{max}^f K_{f,0} \sum_{i=1}^N \psi_{fi} |Y_i - Y|^{-3,6},$$



7. ábra
Szomszédos femtocellák okozta interferencia hatása a femtocellára egy példán bemutatva



8. ábra Lévy-eloszlás igazolása makro-femto interferencia esetében (belváros)

$K_{f,0}$ a csillapításokból adódó konstans értéke $3,23 \cdot 10^{-7}$ a külvárosi, $3,64 \cdot 10^{-9}$ pedig a sűrűn lakott városi esetben. ψ_{fi} -t már az előző szakaszban ismertettük.

Ahogy uplink esetben, most is az az elképzelésünk, hogy a makrocellánál jelentkező femtocellás interferencia és a femtocellánál jelentkező femtocellás interferencia Lévy-eloszlást követ az alábbi képlet formájában:

$$F_y(y) = \text{erfc} \left(\frac{\pi^{1/2} \sqrt{P_{max}^f N_f}}{2R_c^2} \sqrt{K_i} \mathbb{E} \{ \sqrt{\Psi_f} \} \sqrt{\frac{1}{y}} \right),$$

ahol K_i értéke helyére $K_{c,f}$ vagy $K_{f,0}$ értékét helyettesítjük be, attól függően, hogy mit vizsgálunk.

A 3. táblázatban összefoglaljuk a konstansokat a különböző esetekre.

3. táblázat

	Külváros	Sűrűn lakott belváros
$K_{c,f}$	$1,619 \cdot 10^{-5}$	$1,15 \cdot 10^{-5}$
$K_{f,0}$	$3,23 \cdot 10^{-7}$	$3,64 \cdot 10^{-9}$

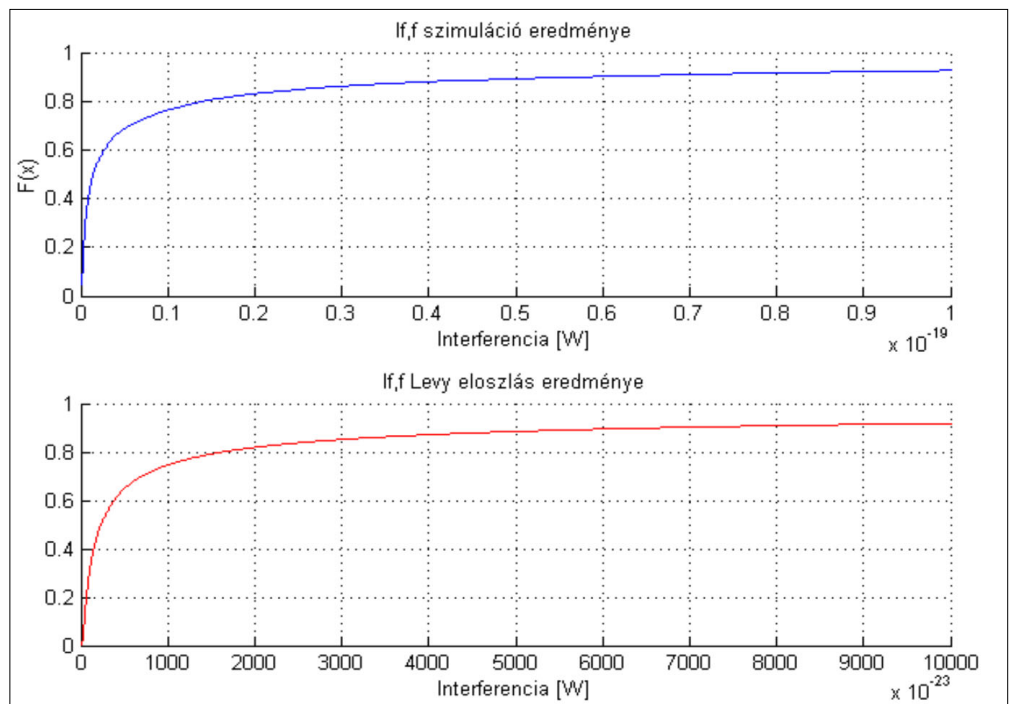
A 8. ábrán a makrocellában 100 zavaró femtocella okozta interferencia eloszlásfüggvénye és a képletből rajzolt Lévy-eloszlás látható.

Egy másik szimulációban a femtocellák zavaró hatását vizsgáltam egy kiválasztott femtocellánál (9. ábra).

5. Összefoglalás

Cikkünkben bemutattuk, hogy milyen interferenciahatásokat okoznak a femtocellák a rendszerben, ha had-

9. ábra Lévy-eloszlás igazolása femto-femto interferencia esetében (belváros)



rendbe állítják őket. Bár első hallásra megfelelő megoldásnak tűnhet a femtocellák mértéktelen alkalmazása, modellünkkel rávilágítottunk, hogy akár jelentős interferencia hatást is okozhatnak, ezért óvatosan kell kezelni őket.

A szimulációs eredmények segítségével kapott empirikus eloszlásfüggvények láthatóan jól követik az analitikusan kapott Lévy-eloszlásokat. Ezzel alátámasztják a Lévy-eloszlás érvényességét az általunk használt paraméterek (3,6-os jelterjedési exponens, 4-nél csonkolt Poisson-eloszlás) esetében is. A two-tier hálózatokban uplink részben a makro-femto és a femto-femto kapcsolatban és a downlink esetben a makro-femto, és a femto-femto kapcsolatokban egyaránt sikerült igazolni, hogy a Lévy-eloszlás jó modellje az interferencia eloszlásának. Ezért kijelenthetjük, hogy az [1] irodalomban leírt eloszlásképletek a szimuláció adatainak nem mondanak ellent.

A szerzőkről



JAKÓ ZOLTÁN 2009-ben szerzett villamosmérnök (BSc) diplomát a Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Híradástechnika szakon (kiváló minősítéssel), majd 2011-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, Híradástechnikai Tanszéken, Újgenerációs hálózatok szakon szerzett villamosmérnöki MSc diplomát (kiváló minősítéssel). 2009-ben a Mobil Innovációs Központ integrált projekt kutatási munkájában vett részt, ahol mobil hálózatok rádiós forgalmi vizsgálata, erőforrás menedzselése témakörben, MIMO antennás szimulációs környezet kialakításával foglalkozott. A 2010-es TDK konferencián bemutatott Femtocellás dolgozatával harmadik helyezést ért el. Jelenleg PhD tanulmányaira készül.



JENEI GÁBOR 1998-ban szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen (BME). A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetemen mérnök közgazdászként végzett 2002-ben. A BME Híradástechnikai Tanszékén szerezte meg PhD-fokozatát 2005-ben. Jelenleg a Mobil Innovációs Központban, valamint a Híradástechnikai Tanszék Mobil Távközlési és Informatikai Laboratóriumában (MC2L) dolgozik tudományos főmunkatársként. Az IEEE és a HTE tagja. Kutatási területei közé tartozik a mobil távközlés és számítástechnika, az IPv6 és különböző rádiós kérdések mobil környezetben.

Irodalom

- [1] Vikram Chandrasekhar, Jeffrey G. Andrews, Uplink Capacity and Interference Avoidance for Two-Tier Femtocell Networks, IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 8, No.7, 2009. július.
- [2] Christine Kennedy, Femto Forum: Interference Management in UMTS Femtocells, December 2008, <http://www.femtoforum.org>
- [3] V. Chandrasekhar, J.G. Andrews, "Uplink Capacity and Interference Avoidance for Two-Tier Cellular Networks," IEEE GLOBECOM 2007, pp.3322–3326.
- [4] Han-Shin Jo, Cheol Mun, June Moon, Jong-Gwan Yook, Interference Mitigation Using Uplink Power Control for Two-Tier Femtocell Networks, IEEE Transactions on Wireless Communications, October 2009.
- [5] Jie Zhang, Guillaume de la Roche, Femtocells: Technologies and Deployment, Wiley, December 2009.

Telemedicina – IKT-n alapuló egészségügyi szolgáltatás

II. rész: Műszaki architektúra – végponti eszközök és kommunikáció

DARAGÓ LÁSZLÓ

Semmelweis Orvostudományi Egyetem, Egészségügyi Informatikai Intézet, darago@inf.sote.hu

ENGI CSABA

Answare Kft., csaba.engi@answare.hu

FERENCZI GYÖRGY

Thor-Med Kft., george.f@thormed.com

PESTI ISTVÁN

P-Invent Kft., pesti@pinvent.net

VASS DEZSŐ

Bay-Logi, vass.dezso@bay-logi.hu

Lektorált

Kulcsszavak: telemedicina, ehealth, protokoll, orvostechnikai készülékek, egészségügy

A tradicionális egészségügyi ellátás során a betegellátás diagnosztikus és terápiás eszközeit képzett egészségügyi szak személyzet kezeli. A telemedicinában a hagyományos ellátáshoz képest az egyik lényeges különbség éppen az, hogy a képzett szakemberek helyett a beteg önmaga kezeli ezeket az eszközöket – az ehhez biztosított egészségügyi és műszaki háttér mellett. Jelen írás az önálló beteg számára lényeges szempontok elemzése alapján a betegoldali eszközök kezelhetőségének szükséges feltételeit határozza meg, kitér a beteg környezetében elhelyezett eszközök heterogén kommunikációs platformjainak problémakörére és a szabványosításra, mint megoldásra. Azonosítja a telemedicina folyamatának szereplőit, azaz a szenzorokat, a kliens oldali központot és a telemedicina szolgáltatót, leírja szerepüket és kommunikációjukat.

1. Bevezetés

A műszaki technológiák jelenlegi fejlettsége lehetővé teszi, hogy egy, a kezelőorvostól földrajzi és/vagy időbeli távolságra lévő beteg gyógyításának egyes funkcióihoz szükséges adatokhoz a kezelőorvos hozzáférjen, ezáltal adott diagnosztikus, terápiás tevékenység sikeresen elvégezhető legyen.

Ilyen megoldást támogat az AAL (Ambient Assisted Living) technológia, mely alkalmazása során a beteg tartózkodási helyén (például lakásban) processzor alapú szenzorok hálózata kerül telepítésre, melyek által gyűjtött adatok és a feldolgozásuk során előállított és szolgáltatott információk alapján a feldolgozó rendszer a telemedicina tevékenység végzésére alkalmas szolgáltatásokat biztosít. A technológia rendelkezésre áll, határt a költségek, a személyiségi jogok védelme, a mérések validálása és megfelelő telemedicina-protokollok hiánya, valamint alkalmazásuk hiányos tapasztalata jelent.

A cikksorozat első része az eHealth8 konzorcium által fejlesztett telemedicina-rendszer koncepcióját és architektúráját mutatta be. Jelen írás a rendszer kommunikációját mutatja be az alapvető megfontolásoktól kiindulva a betegoldali szenzorok és lokális vezérlőegység között, valamint ez utóbbi és a telemedicina-központ között, koncentrálva a home care és telemonitoring alkalmazási területekre.

2. A betegoldali interfésszel szembeni alapvető elvárások

A telemedicina eljárásai nem a hagyományos módszerek alkalmazását jelentik olyan módon, hogy az egészségügyi asszisztenciát a beteg, vagy környezet végzi. Például a vérnyomásmérés hagyományos szakmai útmutatója szerint:

...A beteg öt percig nyugodtan ül, majd a meztelen bal felkarjára (helyesen) felhelyezett (megfelelő) méretű mandzsettán keresztül meg kell mérni a vérnyomást. Függetlenül álló, higanyos vérnyomásmérő javasolt. A mandzsettának a szív magasságában kell lennie. Lábai nyugalomban, párhuzamosan és nem kulcsolva. Háta, alkarja kényelmesen legyen megtámasztva. Mérés közben ne beszélgesen, ne nézzen és ne hallgasson a nyugalmát megzavaró tartalmat (rádió, TV, házas-társ, gyerekek stb.). Az első öt alkalommal a mérést 3-5 perc nyugalomban töltött várakozást követően meg kell ismételní a jobb felkaron is, ahol várhatóan kicsit magasabb értéket mérhet. Ha ez a különbség meghaladja a 15-20 Hgmm-t, akkor ez további vizsgálatokat igényel. A későbbiekben a vérnyomásmérést azon a karon kell végezni, melyen a magasabb értéket mérte. A mérést 2-3 alkalommal meg kell ismételní addig, amíg a mérések között 4-6 Hgmm nagyobb értéket nem kapunk. Mérés előtt félórával nem javasolt cigaretta, kávé, fogyasztása vagy sportolás!...

Megjegyzés: A legjobb pontosságú mérés függőlegesen álló, higanyos vérnyomásmérővel érhető el, de ennek kezelése rutint igényel, otthoni körülmények között használata nem javasolt. (Érdekességként megjegyezzük, hogy a mandzsetta felfújását követő leeresztés 2-3 Hgmm/sec sebességgel kell történjen, tehát például egy 180 Hgmm felfújt mandzsetta esetében kb. 40 másodpercig tart a leeresztés.)...

Az otthonápolásban általában nem a higanyos vérnyomásmérőt használják, hanem az egyre olcsóbban elérhető oszcillometriás mérési elven működő felkaron vagy csuklón mérő készülékeket. Ezek az eszközök a középartériás vérnyomást mérik, melyből egy speciális, gyártónként eltérő algoritmus segítségével számítják a szisztolés és diasztolés értéket. Ez számított érték, tehát a mért értékek összehasonlítása szükséges az „arany standardnak” tekintett higanyos vérnyomásmérővel mért értékhez, évente legalább egy alkalommal.

Belátható, hogy a méréssel kapcsolatos előírások betartása a beteg részéről fegyelmezett, tudatos magatartást követel meg. Abban az esetben, ha nem tartja be az előírásokat, de a mérést elvégzi, a mért eredmények nem valós értékek lesznek, a mérésre alapozott terápiás döntések nem a kívánt eredményt fogják hozni. Az előírások betartására vonatkozó további kiegészítő műszeres vizsgálatok növelik a költségeket és rontják a beteg bizalmát.

A hagyományos klinikai eszközök tervezése során nem cél, hogy azokat a beteg önállóan használni tudja majd. A beteg résztvevője a mérésnek, beavatkozásnak, de a végrehajtó, az eszköz kezelője minden esetben orvos, vagy egészségügyi szakdolgozó. A mérési eredményt egészségügyi szakember értékeli és dönti el, hogy az az elvárt tartományban van, azaz egyáltalán lehet-e érvényes adat, vagy a mérési eredmény valószínűleg rossz, műtermékkel terhelt, esetleg a beteg mérés közbeni magatartása a mérési eredményt befolyásolhatta. A távgyógyászati eljárások alkalmazásával nem minden esetben nyílik lehetőség ilyen jellegű validációra, amely fokozott hangsúlyt helyez a vizsgálati módszer helyes kiválasztására és a vizsgálórendszer autonóm érvényesítő és előértékelő funkcióira.

A vizsgálatnak minden esetben a beteg azonosításával kell kezdődnie, tehát elvileg(!) nem vetődhet fel, hogy más beteg mérési adatai kerülnek valaki egészségügyi dokumentációjába. A beteg azonosítása a telemedicina alkalmazása során, amikor a beteg nem az egészségügyi szolgáltatónál jelent meg, hanem például otthonában tartózkodik, kiemelt jelentőséggel bír, hiszen aki hozzáférhet (pl. családtagok) az használhatja is az eszközt, így akár helyettesítheti is a beteget. Az is alapvető problémát jelent, hogy egy a beteg otthonában, egészségügyi szakember jelenlétének hiányában elvégzett mérés esetében hogyan lehet felelősséggel kijelenteni, hogy a mérési eredmények elfogadhatóak, azok olyan körülmények között keletkeztek, melyeket a mérési protokollok előírnak, így azokra orvosi döntéseket lehet alapozni. A telemedicina alkalmazásának alapvető feltétele a beteg azonosításának az eljárás

költségéhez és a szándékos vagy véletlen hibás azonosítással okozható károk mértékéhez igazított megbízhatóságú megoldása.

A ma elérhető technológiák a beteg azonosítására többféle (birtokláson, speciális ismereten, biometrikus jellemzőkön alapuló) módszer használatát teszik lehetővé:

- birtoklás:
 - RFID azonosítás,
 - vonalkód;
- biometria:
 - ujjlenyomat azonosítás,
 - retina azonosítás,
 - a vizsgált paraméter (pl. kilégzett levegő) egyénre jellemző sajátosságain alapuló;
- speciális ismeret:
 - jelszó (PIN kód).

Ezen módszerek, illetve kombinációik használata különböző megbízhatósági szintű azonosítást tesz lehetővé a rendszer számára. Fontos azonban kiemelni a különbséget a tipikus üzleti felhasználásban és az egészségügyi ellátásban előforduló esetek között: míg az előzőben az azonosítottnak a saját virtuális identitásának védelmét szolgáló azonosítási mechanizmus erőssége az érdekeit szolgálja, addig az utóbbiban ez minden esetben így (gondoljunk például egy otthon elvégezhető olyan vizsgálatra, amelynek közvetlen hatása van a fizetendő biztosítási díjra vagy egy-egy munkakör betölthetőségére). Az esetleges szándékos visszaélések megakadályozása előtérbe helyezi tehát a nem (könnyen) átruházható tényezők alapján végezhető, elsősorban biometrikus azonosítási mechanizmusokat.

Jelenleg a piacon kapható orvostechnikai készülékek döntő többsége nem tartalmaz azonosítási lehetőséget, így a keletkezett mérési adatok eredetéért a beteg felel. Ezen készülékek alkalmazásának célja általában nem telemonitoring rendszer kiegészítése betegoldali végponti eszközként, hanem a beteg önellenőrzésének támogatása. (Egy professzionális telemedicina-rendszer kialakításakor ugyanakkor nehéz eltekinteni e készülékek alkalmazásától, mivel a nagy darabszámú gyártás miatt beruházási költségük alacsony, a betegek ismerik, szívesen alkalmazzák. A telemedicina-szolgáltató egyedi igényeinek megfelelő készülékek gyártása esetén a költségek többszöröződhetnek a piacon kapható készülékek árához képest.) Műszaki szempontból korrekt megoldás az ujjlenyomat olvasás vagy a bőr alá ültetett vagy karkötőn viselt RFID-chip és a műszerbe épített leolvasó együttesen adhatna. A két optimálisnak tekinthető módszer közül – figyelembe véve a támogatott folyamatok jellegét, a fejlesztési költségeket és az alkalmazhatóságot – jelenleg az ujjlenyomat alapján történő azonosítást célszerű megvalósítani.

Az eHealth8 konzorcium által fejlesztett telemedicina-rendszerben a beteg nem csak mér, hanem a telemedicina-központon keresztül interaktív kapcsolatot tart az őt kezelő egészségügyi team tagjaival és lehetőséget kap a sorstársaival történő kapcsolattartásra is (WEB2). Az, hogy ez a kommunikáció megvalósítható legyen, a kapcsolatot biztosító készüléknek alkalmazkodnia kell

a beteg adottságaihoz, képességeihez, melyet kora, műveltsége, betegségének jellege, illetve fogyatékoságai is meghatároznak. Azon életkortól függő tulajdonságok, melyet a krónikus beteg távorvosi ellátása során figyelembe kell venni, a következők:

- -18: A gyermekkorú, fiatalkorú krónikus betegek ellátását elsősorban szülei végzik.
- 18-40: Általában nyitottak a számítógépek, infokommunikációs eszközök és általában a „kütyük” használatára, gyorsan tanulnak, érdeklődők. Látásuk, hallásuk, mozgáskoordinációjuk jó. Ismerik és használják az internetet.
- 40-65: Részben ismerik és használják a számítógépeket, nehezebben tanulnak, estenként idegenkednek az új eszközöktől. Látásuk, hallásuk, mozgáskoordinációjuk elfogadható, megfelelő szintű, de már jelentkezhetnek a problémák.
- 65+: Látásuk, hallásuk gyengült, mozgáskoordinációjuk romlott. Általában nem használnak számítógépet, a „kütyüktől” idegenkednek, félnek. Általában több betegségük is van. A kor előre haladtával időnként feledékenyek, hajlamosak elesésre, környezetük veszélyt jelenthet számukra.

Az idős emberek számára olyan speciális egység szükséges, mely minimális kezelést igényel, lehetőleg a legegyszerűbb, robusztus kiépítésben. A meggyengült látás miatt szükséges a nagy, esetenként „nagyon nagy” méretű kijelzés, melyhez hangbemondás is kapcsolódik. A kézremegés miatt bármilyen adatbevitel is problémás lehet számukra. Általában tartanak attól, hogy a náluk lévő berendezést „elrontják”, ezért számukra a kitarító, motiváló képzés, oktatás elsőrendű. Meghatározott időnként, személyes látogatás alkalmával a tudás felfrissítése mindenképpen szükséges. Esetükben a készüléknek tartalmazni kell azonnali segítségkérési funkciót is.

Összefoglalva, a méréssel és a betegoldali eszközökkel szembeni legfőbb elvárások a következők:

• **Biztonság és megbízhatóság:**

Üzemvitel:

- lehetőleg ne igényeljen műszaki szakembert a telepítéshez;
- a készülék lehetőleg automatikusan adjon információt a központ számára a készülék műszaki állapotáról (self-test);
- alapszintű karbantartása (akkumulátor töltése vagy az elemcsere) a felhasználó által is egyszerűen megvalósítható legyen;
- a készülék-firmware távolról frissíthető legyen;

Adattovábbítás:

- a betegazonosítási eljárás és adattovábbítás elvárt megbízhatósága legyen a telemedicina-folyamat érzékenységéhez és kockázataihoz igazított;
- a nyilvános adathálózatokon keresztül történő adatátvitel harmadik személy általi lehallgatástól védett legyen;
- az adatkonzisztencia biztosított legyen a mérőeszköztől a központig;

• **Ergonómia – felületek, használati módok:**

- a mérőegység legyen alkalmas a beteg általi önálló mérésre;
- egyszerű kezelhetőség, a lehető legkevesebb kezelőszervvel;
- a mérés előírt módjáról folyamatosan elérhető tájékoztatást kaphasson a beteg: automatikus hang bemondás, videó (letölthető, vagy megjeleníthető), pár piktogramot tartalmazó tábla stb.

• **A kommunikáció kétirányú legyen,**

azaz ne csak a beteg felől, hanem a telemedicina-központ, illetve azon keresztül a kezelőorvos irányából a beteg felé is működjön.

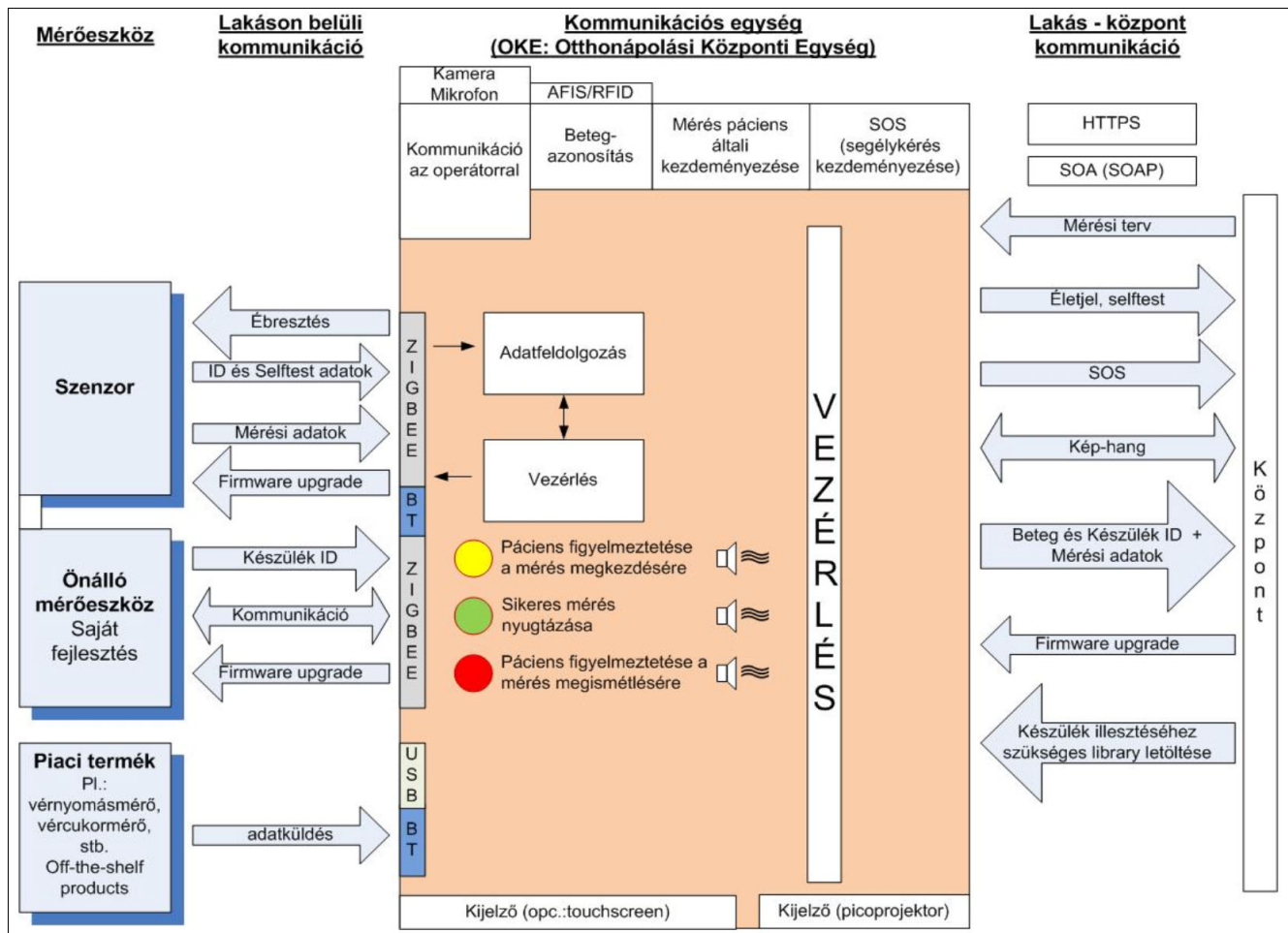
3. Az architektúra áttekintése, a komponensek szerepe és kommunikációjuk

A világszerte megvalósított vagy pilot stádiumban működő telemedicina-projektek zöme saját fejlesztésű (vagy meghatározott, szűk beszállítói körből kikerülő) eszközökből építkezik. Ennek előnye, hogy ismertek a készülékek adatkommunikációs protokolljai, a készülék funkcióinak továbbfejlesztése egyszerűen megoldható, tehát a fejlesztési fázisban ez a modell optimálisnak tekinthető. Széleskörű, több krónikus betegcsoportot lefedő üzleti modell esetén viszont általában szélesebb gyártói körből kell készülékeket választani, illetve a saját fejlesztésű eszközök ára a tömegtermelés hiánya miatt általában magasabb, üzemeltetési támogatása rosszabb, mint a piaci termékeknek. Ezen okok miatt egy olyan architektúra kialakítása látszik célszerűnek, melyben helyet kapnak a saját fejlesztésű mérőkészülékek és folyamatosan viselhető szenzorok, de ezek mellett a rendszerbe integrálhatóak harmadik gyártó által tervezett eszközök is.

Ebben az esetben szabványos kommunikációs kapcsolatként a **Continua Health Alliance** ajánlásait elfogadó termékek implementálását tűzte ki célul a projekt. A mérőkészülékek (végponti eszközök) minden esetben egy Otthonápolási Központi Egységgel (későbbiekben OKE) tarják a kapcsolatot. Az OKE a beérkezett mérési adatokat feldolgozza és továbbküldi a telemedicina-központnak. Szintén az OKE biztosít kommunikációs lehetőséget a beteg és az egészségügyi személyzet között.

a) Végponti eszközök és kommunikációjuk

A projektben alkalmazott végponti eszközöket két csoportba sorolhatjuk. Az első csoportba azok a szenzorok tartoznak, melyek a beteg hosszú távú, folyamatos monitorozására alkalmasak. Ezek a kis fogyasztású, részben „energy harvesting” támogatással ellátott eszközök, főleg napközbeni folyamatos viselésre alkalmasak, Bluetooth és/vagy Zigbee szabványra épülő, általunk fejlesztett protokollon keresztül kommunikálnak az OKE-val. Elsősorban a stroke rehabilitáció és Parkinson-kórral kapcsolatos orvos-szakmai protokollok-



1. ábra A rendszer kommunikációs sémája

ban megfogalmazott igényeket képesek el látni: testhelyzet érzékelése, elesés detektálása, kar-láb együttmozgása, lépéshossz-, mozgásmennyiség- és tremormérés, gyógytorna támogatás, környezeti paraméterek mérése.

A második csoportba soroljuk azokat az eszközöket, melyek önálló mérőeszközök, napi meghatározott számú, de nem folyamatos mérésre alkalmasak. Vérnyomásmérő, mérleg, oxigén-szaturáció mérő, spirométer, EKG stb. Ezek egy része a korábban említett Continua-ajánlások alapján Bluetooth-on kommunikáló eszközök, másik része a Continua-ajánlások hiányában általunk fejlesztett protokollok alapján történik. USB-n keresztüli csatlakozást kerülni kívántuk a projekt során, de lehetőségét az OKE-ban kialakítottuk. Az OKE egy speciális fajtája, a virtuális OKE, GSM-hálózaton kommunikáló medikai eszközök információit is képes fogadni.

A rendszer tervezése során arra törekedtünk, hogy a működtetés üzembiztonsága magas, költsége pedig alacsony legyen. Ezt két módon érhetjük el: egyrészt kerülnünk kell az olyan eszközök használatát, melyek telepítése műszaki szakemberek igénybevéte-

Egy sikeres megvalósítás: spirométer

A felhasználóbarát használat megköveteli a nagy méretű érintőképernyő használatát, amely egy homecare változatú készülékben egybe van integrálva a mérőkészülékkel. Ebből kiindulva terveztük meg az Otthon névre hallgató készüléket, amely a fent említett ergonómiai szempontokon kívül a teleorvosi rendszerekhez való csatlakozást beépített Bluetooth- (OKE) és/vagy GSM-modul (virtuális OKE) segítségével, az adatok könnyebb áttekinthetőségét és papír alapú tárolását pedig közvetlen USB-nyomatás támogatásával kívánja lehetővé tenni.

A spirometriában nagy jelentősége van a beteg kooperációjának a mérés során, hiszen a mérés elvégzésének lényegi részét (például erőltetett, teljes kilégzés) a betegnek kell végrehajtania. A megfelelő kooperáció segítségével többféle megoldás került kidolgozásra mind az idősebb emberek, mind a fiatal gyermekek vagy akár csecsemők számára. Így ezekkel a megoldásokkal egyszerűbb és pontosabb méréseket lehet végrehajtani és akár fiatalabb korban meg lehet határozni például a gyermekkori asztmát.

A kooperációs algoritmusok és az ergonómikus kezelőfelület kifejlesztéséhez érintőképernyővel ellátott, beágyazott rendszer alapú platform került felhasználásra. A megvalósított spirométernek elkészült a költséghatékonyabb, teleorvosi rendszerekben kiválóan alkalmazható, saját kijelzőt nem tartalmazó változata is a Spiro-Tube Mobile Edition is.



lével történhet meg (például falra szerelt mozgásérzékelő stb.), másrészt a betegnél lévő eszközök esetében törekedni kell a távoli menedzselhetőség biztosítására. Az általunk fejlesztett eszközök (OKE és végponti eszközök) esetében ez megvalósítható.

b) Otthonápolási központi egység

A készülékekkel szemben támasztott elvárásoknál ismertettük, hogy milyen speciális igények jelentkeztek egyes korcsoportoknál. Azért, hogy mindhárom korcsoport igényeit ki tudjuk elégíteni, valamint, hogy az egyes felhasználói csoportok meglévő eszközparkjának (számítógépek, mobiltelefonok) kihasználásával csökkentsük a költségeket, az OKE funkciót három módon valósítjuk meg. A telepített készülék mellett, mely a teljes funkcionalitást tartalmazza, létrehoztunk egy web alapú, virtuális OKE-t is, mely internetböngészőből érhető el, némileg csökkentett, de a fiatal és középkorú korcsoport jelentős részének elérhető funkcionalitással. A virtuális OKE esetében a mérőegységek az adatokat a számítógép vagy a telefon Bluetooth-kapcsolatán keresztül kapják meg.

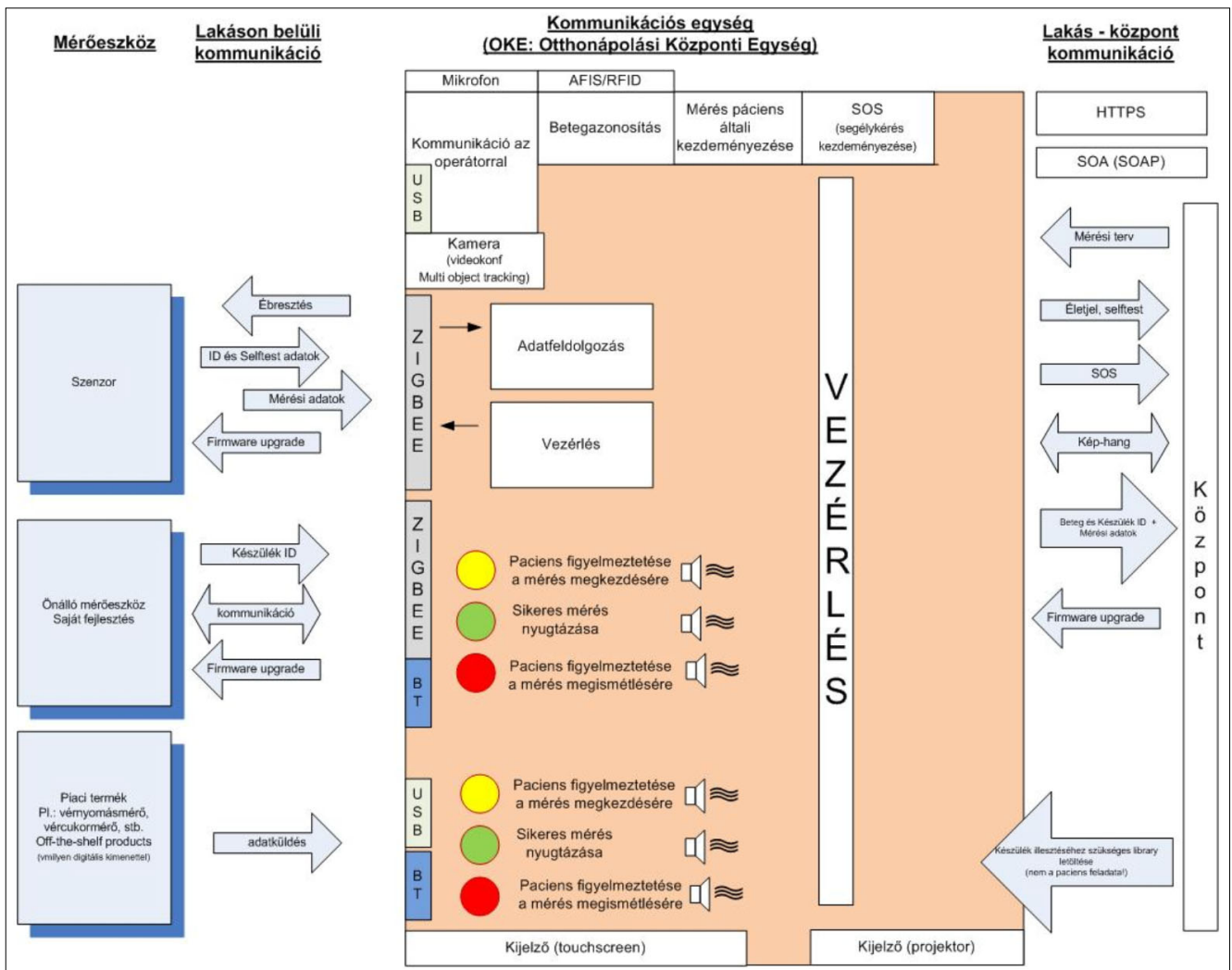
A telepített OKE lelke egy iGEP V2 beágyazott vezérlő, melyhez USB-n, Bluetooth-on és ZigBee-n keresztül

kapcsolódhatnak a végponti eszközök. A rendszer mind Ethernet-hálózaton, mind GSM modemmel képes kapcsolatot tartani a telemedicina-központtal. Az alapegység 3 nagyfényerejű LED-et és 3 nyomógombot tartalmaz, de a VGA portjára csatlakoztatott pico projektoron keresztül gyenge látású betegek számára is megfelelő méretű képet biztosít. Kivetített kép esetén a navigálás egyszerű kézmozgatás segítségével történik, mely figyelmen kívül hagyja a kézremegésből adódó pozicionálási problémákat. A készülék a betegazonosítást PIN-kód, és/vagy ujjlenyomat azonosítás alapján végzi el.

Főbb jellemzői és funkciói:

- kommunikáció a telemedicina-központtal (Oracle BPM szerver – SOAP);
- kommunikáció a végponti mérőeszközökkel (ZigBee, Bluetooth, Continua);
- betegazonosítás;
- a telemedicina-központ által, a protokollban meghatározott és az orvos által testreszabott mérési terv alapján ütemezett és páciens által kezdeményezett mérések
 - indítása,
 - az adatok fogadása és előfeldolgozása,
 - az adatok továbbküldése a központnak;

2. ábra Az otthonápolási központi egység (OKE) felépítése és kommunikációs interfészei



- video- és hangkapcsolati lehetőség biztosítása;
- alkalmazások futtatása, megjelenítése:
 - űrlapkitöltés,
 - tesztek.

c) Telemedicina-központ

A távgyógyászati (telemedicina) eljárások alkalmazása az egészségügyi ellátásban hozzájárulhat azok összességében hatékonyabb megvalósításához: csökkentheti a költséges egészségügyi erőforrások felhasználását az eljárások hatásosságának szinten tartása mellett, növelheti az aktív lakosság értékteremtési képességét a betegség miatt kiesett munkaidő csökkentésével és javíthatja az ellátás betegek oldaláról tapasztalt minőségi jellemzőit. Ahhoz, hogy az említett pozitív hatások érvényre juthassanak, az új eljárásokhoz illeszkedő **folyamat- és eszközrendszerrel** kell rendelkezni, amelyek rendszer szinten tesznek eleget az előző fejezetekben már említésre került (biztonsági, megbízhatósági, ergonómiai stb.) elvárásoknak.

Az eHealth8 projekt egyik központi eleme azon folyamatok megalkotása, amelyek adott szakmán belül, egyes betegcsoportok kezelésének vonatkozásában meghatározzák a távgyógyászati eljárások alkalmazásának módját és szabályait (telemedicina-protokollok). Az így előálló pontos alkalmazási leíratok azon túl, hogy hozzájárulnak az erőforrások átgondoltabb és hatékonyabb felhasználásához, azért is kulcsfontosságúak, mert a térben és időben elváló, virtuális orvos-beteg találkozás megvalósítása elképzelhetetlen azok pontos szabályainak előzetes rögzítése nélkül. A telemedicina-eljárások alkalmazásától remélt hasznok csak abban az esetben tudnak realizálódni, ha a folyamatok ellenőrizhetően az előre lefektetett szabályok szerint folynak.

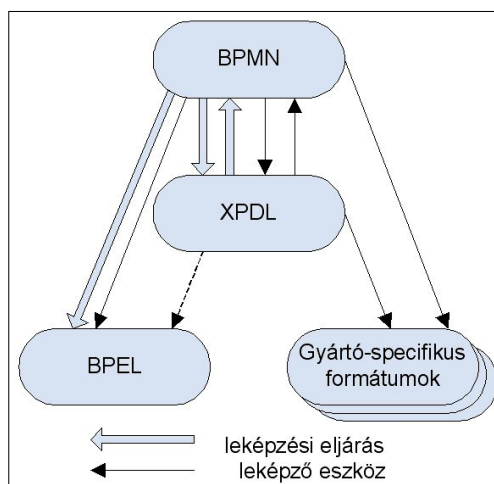
Az előző fejezetekben már megfogalmazott rendszer-szintű elvárások a központi rendszerre vonatkozóan tehát újakkal egészülnek ki, melyek közül a legfontosabbak az alábbiak:

- támogassa a telemedicina-protokollok egyértelmű, informatikai leképezhetőséget és feldolgozhatóságot biztosító szabványos reprezentációját;
- támogassa a telemedicina-protokollok ellenőrizhető és biztonságos lefolytatását (futtatását);
- az orvos-szakmai előírások és a futtatási környezetben megvalósítás legyen elérhető alkalmazói (nem csak programozói) szinten is;
- a protokoll előírásainak betartatása és minőségbiztosításának lehetősége a központból;
- egy adott protokoll esetében könnyű legyen a mérőeszközök típusát megváltoztatni, újakat integrálni a rendszerbe;
- a telemedicina-szolgáltatás egy ellátási folyamat részét képezi, így járó- és fekvőbeteg adminisztrációs rendszerekkel való adatcserére alkalmas legyen;
- az adatcsere kialakítása miatt az adatok hosszú távú tárolási kötelezettsége (törvényi előírás) ne a központban kerüljön megvalósításra;

- kezelések lefutása igény esetén átmenetileg tárolható, így kutatás céljából elemezhető legyen;
- a végponti eszközök, illetve az OKE az interneten keresztül kapcsolódnak a központhoz, ez technikai segítség nélkül, nagy biztonsággal és megbízhatósággal kerülhessen végrehajtásra.

A protokollok szabványos reprezentációja és informatikai leképezhetősége a tudás átadhatóságát, hordozhatóságát helyezi a középpontba egyrészt a külön létrehozott rendszerek esetében, másrészt az egészségügyi és informatikai szakterületek között. A folyamatok informatikai reprezentációjára a 90-es évektől indultak nagyobb számban kísérleti projektek az egészségügy területén. Az így kialakult formalizmusok között említhető például a SAGE, Asbru, GLIF3 vagy a PROforma. Ezek technológiai szinten ugyan nyílt szabványokat alkalmazó eljárások, de alkalmazói szinten saját, zárt eszközrendszert hoztak létre. A témában végzett kutatások rámutattak arra, hogy lehetséges és célszerű a széleskörű alkalmazhatóság és átvihetőség miatt alkalmazói szinten is szabványos, az üzleti folyamatmodellezésben általánosan használt formalizmust és eszközrendszert választani a protokollok formalizált leírására.

A vizsgált (de facto) szabványos folyamatleíró módszerek közül egy sem univerzálisan használható ábrázoló, leíró és futtatható formátum, de a meglévő szabványok és eszközök – jelenleg is és várhatóan a jövőben egyre inkább – átjárhatóságot biztosítanak közöttük és más gyártóspecifikus formátumok között. Projektünkben ezért a protokollok formális, grafikus ábrázolásának eszközéül a BPMN formalizmust, az elektronikus megjelenítést és átvitelt támogató formátumként pedig az XPDL-t választottuk. A formalizált csomagok központi hiteles tárolását a protokolltár végzi, amely a futási eredmények elemzéséhez szükséges funkciókat is megvalósítja. A folyamatok egy ugyancsak a protokolltár által tárolt alapelem készletből épülnek, amely azon túl, hogy egyértelműsíti az egyes elemek funkcióját és elvárt működését (ez által a teljes folyamat működését), az elemek újrafelhasználhatóságán keresztül gyors folyamatfejlesztést tesz lehetővé. Az eszközrendszer akár hagyományos gyógyászati eljárások formalizálását és tárolását, valamint publikációját is elláthatja.



3. ábra
Átjárás
a folyamat-
leíró
formátumok
között

A tényleges fejlesztési és futtatási környezet az Oracle BPM rendszere lett, amely a pillanatnyi szabványok támogatásának, jövőképeinek és skálázhatóságának volt köszönhető. A rendszerszinten megfogalmazódott biztonsági és megbízhatósági elvárások kielégítése a választott eszköz által implementált technológiák révén vált lehetségessé (például szereplőkhöz és szerepkörökhöz rendelhető folyamati lépések, titkosított WEB-es kommunikációs technológiák, kiterjedt auditálható naplózás, folyamat adminisztráció stb.). A futtatási környezet natív módon támogatja a BPMN modellek végrehajtását, nincs szükség tehát további BPAL irányú transzformációra, ami megkönnyíti a folyamatok implementálását, kiegészítését és korrekcióját.

A központhoz közvetlenül végponti mérőeszköz nem kapcsolódik, adatokat kizárólag az OKE-n keresztül kap. Az OKE valósítja tehát meg a különböző végponti mérőeszközök közvetlen egyedi fizikai illesztését a rendszerhez. A központban futó telemedicina-folyamatok a végponti eszközöket egy, az OKE által biztosított absztrakciós rétegen keresztül kezelik, függetlenül így azokat az egyes konkrét eszköztípusoktól. Ez az architektúra biztosítja új eszközök könnyű integrálhatóságát és a protokollok eszközfüggetlenségét. Az OKE-k Interneten (mobil vagy vezetékes), SOAP-hívásokkal, szabványos XML-üzeneteken keresztül kommunikálnak a központtal.

A rendszer több eleme (központ, OKE, vagy maga a mérőeszköz) is képes viszonylag intelligens döntések meghozatalára a mérések során. Hol célszerű az adatok kiértékelése és a döntések meghozatala? Az adatok előzetes feldolgozása már az eszköz és az OKE szintjén megtörténik. A központból az OKE lehívja az adott mérésre jellemző technikai és élettani határértékeket. Ezen értékekre lokálisan történik a kiértékelés, hiszen a határértékeken kívüli adatok téves mérésre vagy készülékhibára utalhatnak, így a mérés megismétlése mindenképpen szükséges a hibák számának csökkentése illetve validációja miatt. Azonban minden folyamatot érintő kiértékelés a központban fut le, ami a minőségbiztosítás szempontjából fontos, hiszen ezzel a teljes lépéssor egy helyen nyomom követhető, auditálható.

A következő részben a pénzügyi, üzleti modell kerül ismertetésre.

A szerzőkről



DARAGÓ LÁSZLÓ 1984-ben szerzett fizikusi diplomát a KLTE-n, 2006-ban pedig PhD oklevelet a Debreceni Egyetem Matematika és Számítástudományok Doktori Iskolájában. A Semmelweis Egyetem Egészségügyi Informatikai Intézetének egyetemi docense. Kutatási területei: telemedicina, mesterséges intelligencia, információs rendszerek tervezése, pixelizáció, DRG/HBCs.



ENGI CSABA 1995-ban szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd 2008-ban MBA diplomát a Buckinghamshire New University-n (BUCKS). 1996 óta az Answare Kft. munkatársa. Pályafutása során infokommunikációs infrastruktúrák és rendszerek integrációjában, az integrációs tevékenység tervezésében, projektmegvalósításában szerzett tapasztalatot több alkalmazási területen: elektronikus üzenetkezelés, infrastruktúra-menedzsment, informatikai biztonság, egészségügyi informatika. Jelenleg az Answare Kft. pályázati tevékenységét koordinálja.



FERENCZI GYÖRGY 1999-ben szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát a BME-n, majd a New York Állami Egyetemen, a Tampere-i Műszaki Egyetemen és a Helsinki Műszaki Egyetemen folytatott posztgraduális tanulmányokat. Egy orvosi műszergyártó cég vezetője.



PESTI ISTVÁN 1991-ben szerzett diplomát a BME-n, 1992-2002 között MBA, 2006-2007-ben Bostonban MIT képzésben vett részt. Jelenleg a P-Invent Kft. ügyvezető igazgatója. Szakmai tapasztalatai között különböző projektek tervezése, koordinálása, menedzselése, pénzügyi lebonyolítása szerepel.



VASS DEZSŐ okleveles villamos üzemelnök, klinikai mérnök. Korábban a Miskolci Semmelweis Kórház és Rendelőintézet műszermérnökneként dolgozott. Jelenlegi munkahelye a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézete, ahol az Informatika osztály vezetője. Elsődleges kutatási területe a telemedicina, azon belül is a teleradiológia és a telemonitoring rendszerek fejlesztése.

Alkalmazás-orientált szintéziseljárás mikroprocesszoros rendszerekre

HORVÁTH PÉTER, HOSSZÚ GÁBOR, KOVÁCS FERENC

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elektronikus Eszközök Tanszék
hosszu@nimrud.eet.bme.hu

Lektorált

Kulcsszavak: HDL, szintézis, mikroprocesszor, regiszter-átviteli szint, ARTL, VHDL

A digitális áramkörök modellezésére használt hardverleíró nyelveknél, mint minden más formális nyelven történő rendszermodellezés esetén, az azonos funkciót megvalósító leírások a választott elvonatkoztatási szinttől függően sokféleképpen lehetnek. A cikkben a mikroprocesszor jellegű rendszerek leírására alkalmas két hardvermodell-típussal, az úgynevezett FSM_D (Finite State Machine with Datapath) és az FSM+D (Finite State Machine+Datapath) modellekkel foglalkozunk. E két lényegesen eltérő megközelítés összehasonlítása során egyaránt figyelembe vesszük a számszerűen mérhető jellemzőket (erőforrásigény, sebesség) és a leírás jellegére vonatkozó paramétereket (strukturáltság, piacra kerülési idő). Az összehasonlítás során előnyösebbnek bizonyuló FSM+D modell megtervezésében egy újonnan kifejlesztett leíró nyelv, az Algoritmikus RTL nyelv nyújt segítséget, amely alkalmas a kívánt digitális funkció gyors implementálására, ugyanakkor pontosan tartalmazza az FSM+D modellben megjelenő szerkezeti elemeket, amelyek tervezése így függetleníthető a rendszer egészének tervezésétől. Az ARTL leírás szokásos RTL-szintű hardvermodellé történő átalakítása algoritmizálható, az erre kifejlesztett ARTL2RTL szintéziseljárás szintén ismertetésre kerül.

1. Bevezetés

A cikk bemutatja az adatfeldolgozást végző digitális rendszerek és különösen a mikroprocesszorok tervezésének lehetőségeit, a különböző hardverleíró nyelvű (HDL – *Hardware Description Language*) modellezési módszerek előnyeit és hátrányait. Az ezen módszerek tanulmányozása során összegyűjtött információk alapján kijelenthető, hogy a két legalapvetőbb hardverleíró nyelvű modell típus, az FSM_D (*Finite State Machine with Datapath*) és az FSM+D (*Finite State Machine+Datapath*) modellek közül a tervezendő rendszer összetettségének függvényében kell választani [1].

Az elvégzett és a cikkben ismertetésre kerülő vizsgálatok eredményeiből az a következtetés vonható le, hogy létezik egy olyan bonyolultsági szint, amely felett – a fejlesztésre fordítandó idő és az erőforrásigény tekintetében – egy digitális rendszer hatékonyabban modellezhető FSM+D, mint FSM_D modellel. Az FSM+D modell velejáró tulajdonsága azonban, hogy lényegesen összetettebb szerkezeti jellegű HDL kódot igényel, amely az emberi gondolkodástól távolabb áll, mint az FSM_D modellre jellemző tömör, algoritmusszerű leírás. Az ismertetésre kerülő saját fejlesztésű eljárás ezt a problémát megoldja, továbbá lehetővé teszi az automatizált szintézist is.

A cikk második részében az adatfeldolgozást végző rendszerek általános tulajdonságai, a vizsgált modell típusok jellemzői, valamint a jelenleg használatos modellezési és szintézis-eljárások kerülnek ismertetésre. A harmadik rész a szerzők által elvégzett összehasonlító vizsgálatok módszerét és eredményeit, valamint egy új modellezési nyelvet és az ehhez kapcsolódó ARTL2RTL nevű szintézis-eljárást mutatja be. A negyedik rész egy

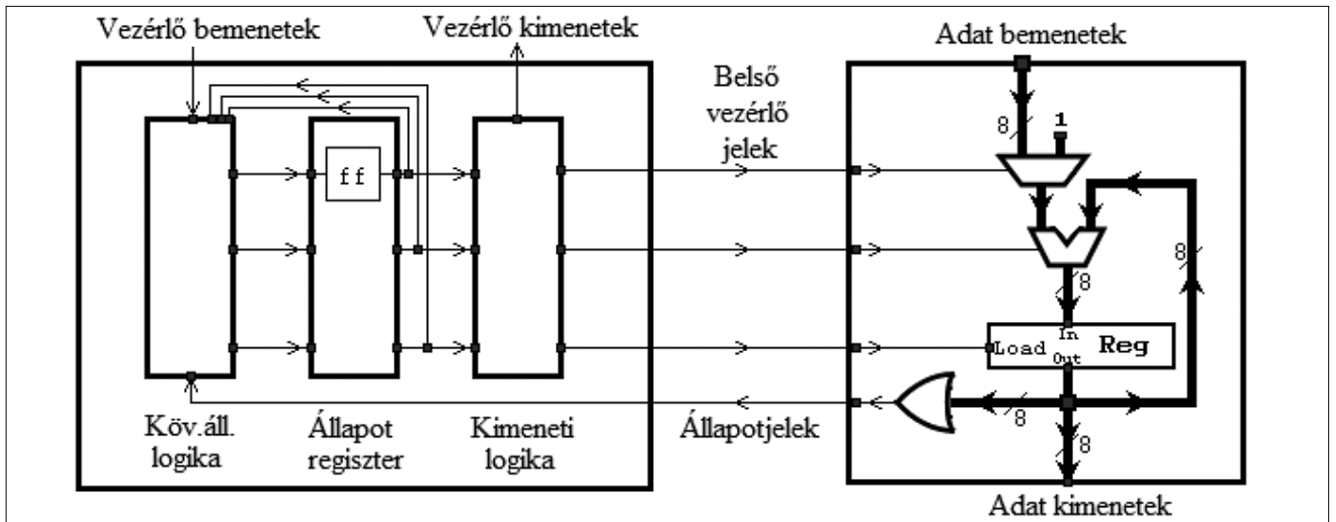
saját fejlesztésű matematikai processzor tervezését ismerteti, amelynek során a kifejlesztett modellezési eljárás kerül alkalmazásra.

2. Mikroprocesszorok modellezési módszerei

Mint a digitális rendszerek nagy része, a mikroprocesszorok is két, a modellezés módjától és az elvonatkoztatási szinttől függően eltérő mértékben elkülöníthető részből, a *vezérlő* és a *műveletvégző* egységből állnak, amint azt a következő oldali 1. ábra bemutatja [1].

A műveletvégző egység tartalmazza mindazokat az erőforrásokat, melyek a rendszer által végrehajtandó feladat elvégzéséhez feltétlenül szükségesek. Ilyen erőforrások például az aritmetikai áramkörök (összeadók, szorzók) és az adatok ideiglenes tárolására szolgáló regiszterek és memóriák. Míg egy bizonyos feladat végrehajtására tervezett célhardver esetén a szükséges erőforrásokat maga a feladat határozza meg, addig egy általános célú mikroprocesszornál a műveletvégző egységben található funkcionális elemek mennyisége és minősége az utasításkészletől függ.

Bár a műveletvégző egység képes az adatok kezelésére, mégsem nevezhető önmagában mikroprocesszornak, hiszen már egyetlen assembler-szintű utasítás végrehajtása is algoritmikus feladat, mely egy sor meghatározott sorrendű és időzítésű vezérlőjelet igényel. Ilyen vezérlő jelek a több különböző feladat elvégzésére alkalmas funkcionális egységek (pl. ALU) aktuális funkcióját kiválasztó jelek, vagy az adatok és erőforrások kiválasztását végző multiplexerek vezérlő jelei. Az ezen jeleket előállító vezérlő egy állapotgépet tartalmaz,



1. ábra Mikroprocesszor jellegű rendszerek általános modellje

amely három részre bontható. Ezen egységek elkülöníthetősége erősen függ a modellezés mikéntjétől (lásd az 1. ábrát). Az aktuális állapotot tartalmazó építőelem („Állapot regiszter”) gyakorlatilag egyetlen regiszter. A két másik építőelem a HDL modellekben általában két külön folyamatként jelenik meg. A következő állapotot meghatározó („Következő állapot logika”), illetve a műveletvégző egységet és az egyéb külső funkcionális egységeket vezérlő kimeneti logika („Kimeneti logika”) működése egyaránt az aktuális külső vezérlő jelektől („Vezérlő bemenet”) és a műveletvégző egység által szolgáltatott állapotjelektől függ („Állapotjelek”).

2.1. Az FSMD modell típus

Az előzőekben leírtak szerint az adatfeldolgozást végző digitális rendszerek egy vezérlő és egy műveletvégző egységből épülnek fel. Az egyik ismert hardver modellezés mód, az FSMD (Finite State Machine with Datapath, Véges Automata Adatúttal) esetén e két modul nem elkülönülten jelenik meg, hanem egyetlen olyan egységként – sőt akár egyetlen folyamatként („process” vagy „always block” a hardverleíró nyelvtől függően) – mely egy RTL (Register-Transfer Level, Regiszterátviteli szintű) szintű modellel megjelenített állapotgépet tartalmaz, és

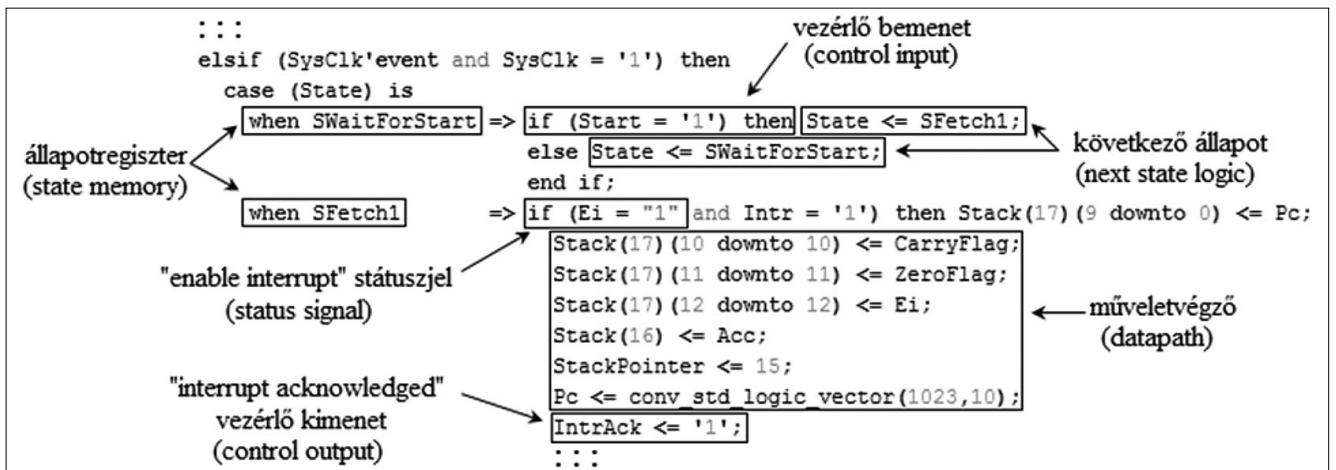
amely egyaránt belső jelként tartalmazza a vezérlő- és állapotjeleket, sőt a feladat elvégzéséhez szükséges erőforrásokat.

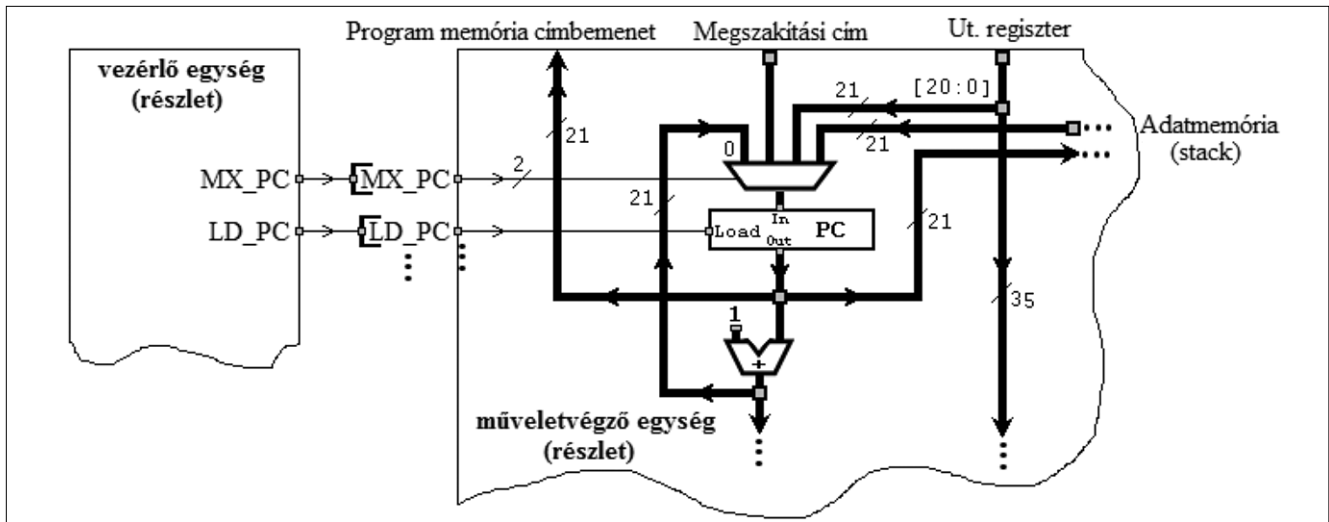
Mivel az FSMD modell egyetlen RTL-szintű leírásban sűríti össze a vezérlő és a műveletvégző egységet, így maga a HDL kód nem tartalmaz információt sem az egyik, sem a másik összetevő szerkezetére vonatkozóan. A vezérlő egység szerepét betöltő állapotgép szerkezete eléggé kötött, ugyanakkor az azonos funkciót megvalósító műveletvégző egységek felépítése nagyon sokféle lehet. Az FSMD modellből kiinduló áramkórszintézis során ezt a szerkezetet a szintézer szoftver határozza meg a hardverleíró nyelv beépített operátorai alapján.

A 2. ábrán megfigyelhető, miként rendelhető hozzá az FSMD modell állapotgépének egyes kifejezéseihez az 1. ábrán bemutatott általános modell elemei. Funkcionálisan tehát valóban megvalósul a „vezérlő+műveletvégző egység” modell szerinti partíciónáltság.

Az ábra alapján az is belátható, hogy az FSMD modellben egy-egy átviteli folyamat (regiszter → regiszter, regisztertömb → regiszter) egyetlen órajelciklus alatt végbemeget, ami mikroprocesszorok utasításai esetén alacsony ciklusszámot, ezáltal gyors végrehajtást eredményez.

2. ábra Egy egyszerű mikroprocesszor FSMD típusú VHDL modelljének részlete





3. ábra Programszámláló regiszter vezérlése az FSM+D modellben

2.2. Az FSM+D modelltípus

Az FSM+D modellben a vezérlőegység szerepét – az FSM+D modellhez hasonlóan – egy RTL szintű leírással specifikált állapotgép tölti be. A műveletvégző egység ebben az esetben külön egyedként jelenik meg, mely szintén különálló modulokként tartalmazza a feladat végrehajtásához szükséges funkcionális egységeket (ALU, regiszterek, multiplexerek) és azok összeköttetéseit. E funkcionális elemek bonyolultságuktól függően modellezhetők szerkezeti (kapusintű), RTL vagy viselkedési szinten.

A 3. ábrán egy mikroprocesszor vezérlő és műveletvégző egységének a programszámláló regiszterre vonatkozó részlete látható.

A programszámláló regiszter négy különböző forrásból kaphat értéket. Az éppen aktuális folyamatnak megfelelő forrás kiválasztása (MX_PC), illetve a betöltést végző impulzus (LD_PC) megfelelő időzítésű előállítás a vezérlőegység feladata. A folyamat a 4. ábrának megfelelően zajlik le.

2.3. Logikai- és magas szintű szintézismódszerek

A szintézis-szoftverek célja mindig egy magasabb, az emberi gondolkodáshoz közelebb álló elvonatkoztatási szintű leírás átalakítása egy alacsonyabb szintű leírássá. Az RTL-szintű hardvermodellekből a digitális áramkörök kapusintű leírása az úgynevezett logikai szintézer szoftverek segítségével állítható elő [3]. A modellezésre használt hardverleíró nyelvek többféle elvonatkoztatási szinten teszik lehetővé a tervezendő áramkör működésének leírását, a szintézist végző szoftverek hatékonysága azonban erősen függ a kiindulási- és a végállapot közötti „szintkülönbségtől”. Az emberi gondolkodáshoz legközelebb álló algoritmikus jellegű leírásokat a logikai szintézerek egyáltalán nem, vagy csak jelentős korlátozásokkal képesek feldolgozni.

E problémát napjainkban az úgynevezett magas szintű szintéziseljárásokkal és szoftverekkel oldják meg, melyek általában egy már létező programozási nyelvből (C, C++), illetve annak egy továbbfejlesztett, kimondottan ilyen célra optimalizált változatából (SystemC, CatapultC)

állítják elő a kapusintű leírást [4]. E megoldások hátránya azonban, hogy a szintézis során kész, a szintézerbe beépített funkcionális egységeket alkalmaznak, amelyek a tervező számára közvetlenül nem hozzáférhetők, ez pedig a tervezendő digitális rendszer optimalizációját (például az erőforrásigény-minimalizálást) gátolja.

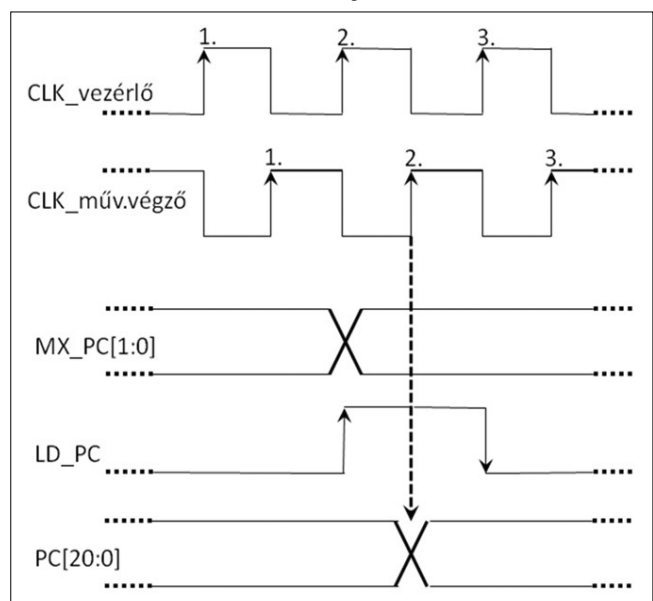
3. Új eredmények

3.1. A HDL modelltípusok összehasonlító vizsgálata

Az FSM+D és az FSM+D modelltípusokat többféle szempont alapján hasonlítottuk össze, melyek közül kettő szám szerint is mérhető: az adott modellből logikai szintézis útján előállított áramkör:

- erőforrásigénye: általános célú FPGA erőforrás (logikai cellák száma)
- műveletvégzési sebessége: az utasítássorozatok futási idejére vonatkozó

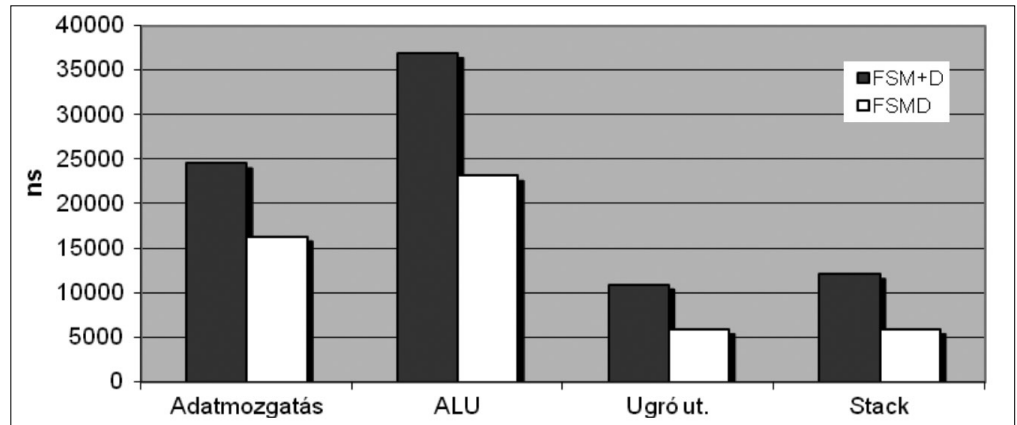
4. ábra Regiszter értékének frissítése



1. táblázat
Műveletvégzési sebességre
vonatköző mérések
eredménye

	FSM+D (pipeline)	FSMD (nincs pipeline)	FSMD (pipeline)
Adatmozgató utasítások	24,6 µs	26,6 µs	16,4 µs
ALU műveletek	37 µs	42,2 µs	23,2 µs
Ugró utasítások	11 µs	10 µs	6 µs
Stack műveletek	12,2 µs	9,4 µs	6 µs
Összes	84,8 µs	88,2 µs	51,6 µs

5. ábra
Műveletvégzési sebességre
vonatköző mérések
eredménye



$$\Delta T = UCT, \quad (1)$$

kifejezésből, ahol ΔT az utasítássorozat végrehajtásához szükséges idő, U az utasítások száma, C az utasítások átlagos ciklusszáma és T a ciklusidő, C értékét vizsgáljuk, U és T állandó.

A fenti paraméterek szerinti összehasonlítást egy általunk kimondottan erre a célra kifejlesztett általános célú RISC mikroprocesszor (BRs16: [2]) segítségével végeztük, melynek specifikációja során az alábbi szempontokat vettük figyelembe: a rendszer egy „tipikus” mikroprocesszor jellegű áramkört valósítson meg, ne tartalmazzon olyan speciális funkciókat, melyek az erőforrás-

igényre, vagy a műveletvégzési sebességre vonatkozó méréseket meghamisíthatják. A megvalósított funkció (jelen esetben az utasításkészlet) kellően összetett legyen a modelltípusok közötti jelentős különbségek kimutatásához. Korábbi tapasztalatok azt mutatják, hogy a rendszer bonyolultságának növekedésével a különbségek is egyre hangsúlyosabbá válnak.

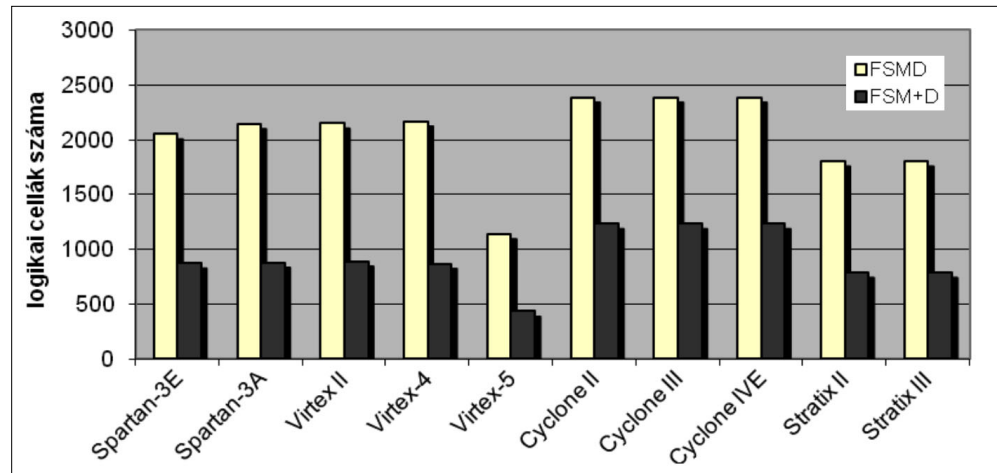
A különböző tesztprogramok szimulációs környezetben való futtatásával nyert információkat az 1. táblázat és az 5. ábra foglalja össze.

A HDL modelltípusokból automatikus logikai szintézissel előállított áramkörök erőforrásigényét tíz külön-

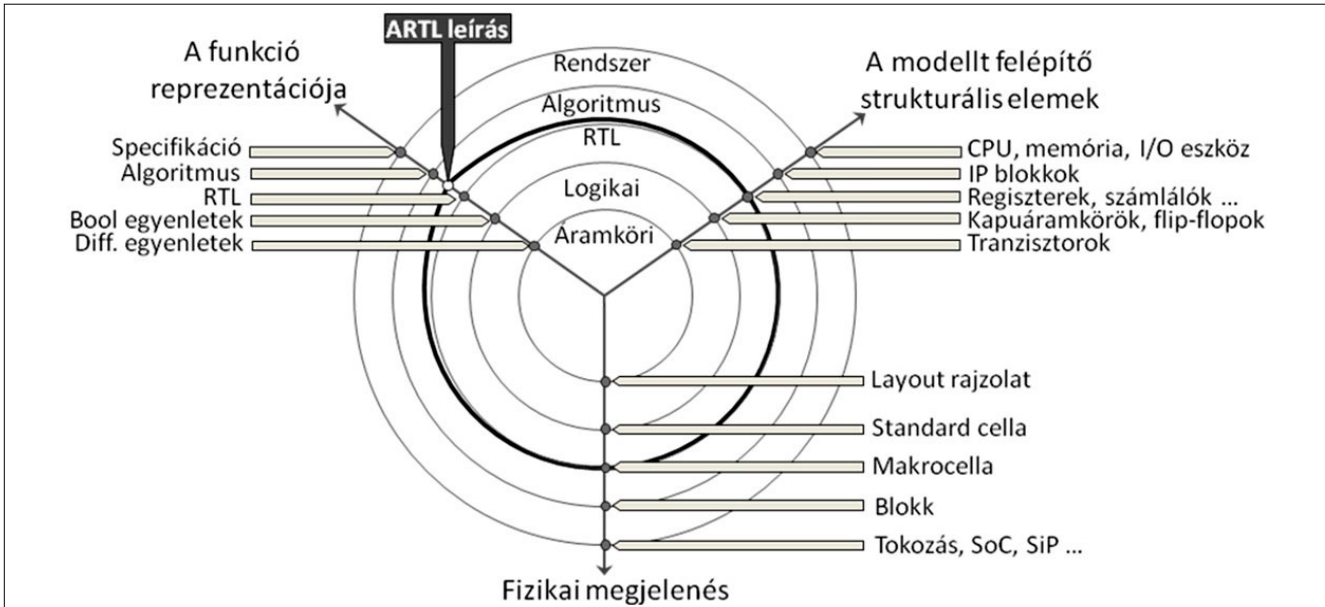
Eszközcsalád	Eszköz pontos típusa	Erőforrásigény (logikai cellák száma)	
		van pipe-line	nincs pipe-line
Spartan-3E	XC3S500E	2047	2008
Spartan-3A	XC3S400A	2138	2054
Virtex II	XC2V500	2144	2111
Virtex-4	XC4VLX25	2164	2069
Virtex-5	XC5VLX30	1135	1009
Cyclone II	EP2C35F672C6	2381	2241
Cyclone III	EP3C16E144A7	2381	2242
Cyclone IVE	EP4CE15E22C8L	2382	2242
Stratix II	EP2S15F672I4	1798	1694
Stratix III	EP3SE50F484C2	1798	1694

2. táblázat
Erőforrásigényre
vonatköző
mérési eredmények

6. ábra
Erőforrásigényre vonatkozó
mérési eredmények



7. ábra
Az ARTL modell
elhelyezkedése a különböző
elvonatkoztatási szintek
között [5]



böző FPGA típusra vizsgáltuk, melyek a két legnagyobb FPGA gyártó, a Xilinx és az Altera közép- és csúcscategóriás termékei közül kerültek ki. A logikai szintézishez a Xilinx eszközök esetén a Xilinx Webpack 12.2, Altera eszközök esetén a Quartus II 9.1 szoftvert használtuk fel. A szintézis eredményét a 2. táblázat és a 6. ábra foglalja össze.

A fenti mérési eredmények alapján a két modell közül nem választható ki az abszolút optimális megoldás, a döntéshez további szempontokat is figyelembe kell vennünk. Az egyes modellek a HDL leírás jellege alapján is összehasonlíthatók. Bár az FSMD modellt egy jól áttekinthető, algoritmusszerű leírás jellemzi, mely által a funkció könnyen és gyorsan implementálható, rendszereink összetettségének növekedésével mégis az FSM+D modellre jellemző strukturált leírási mód bizonyul hatékonyabbnak, mivel a leírás jól strukturált felépítése jól illeszkedik az IP-alapú tervezési metodikához; a teljes terv elkészítése könnyen osztható részfeladatokra, melyeket más-más tervező, vagy akár tervező csoport véggezhet. Új mikroprocesszor-modell kifejlesztése során a korábban már elkészített, optimalizált és teljes körűen letesztelt modulokat újra felhasználják, így időt és – a napjainkban egyre szigorúbb time-to-market követel-

ményeknek eleget téve – pénzt spórolhatnak. A felhasznált erőforrások típusa és mennyisége kontrollálható, hiszen a műveletvégző egység pontos szerkezetének megtervezése a tervező feladata. Az áramkorszintézis kimenete kevésbé függ a szintézist végző szoftvertől.

Az FSM+D modell strukturált felépítéséből adódik a fő hátránya, miszerint egy ilyen leírás HDL modellje nagyon bonyolult, nehezen áttekinthető, hiszen maga a funkció a leírásból nem, vagy csak nagyon nehezen olvasható ki. Ennek következtében a kód megírása és a hibakeresés nehéz, időigényes feladat. A probléma kiküszöbölését egy új, RTL-szintű, algoritmikus jellegű leíró nyelv, az úgynevezett ARTL (Algoritmikus RTL) nyelv kifejlesztésével küszöböltük ki.

3.2. Az ARTL (Algoritmikus RTL) leíró nyelv

Az ARTL leíró nyelv az FSMD és az FSM+D modell típusokra jellemző HDL leírások előnyeit egyetlen magas szintű modellben ötvözi, melynek algoritmikus jellege lehetővé teszi a funkcionalitás áttekinthető, gyors implementációját. Az ARTL leírásban hivatkozott erőforrások – a műveletvégző egység összetevői – függetlenül tervezhetők. Ez főként olyan nagy bonyolultságú rendszerek tervezése esetén előnyös, melyekben a művelet-

Port	Be- és kimeneti port
Regiszter	Egyszerű D-latch
Regisztertömb	Single- és dual-port regisztertömb Szinkron írás és olvasás Külön adat be- és kimenet
Aszinkron operátor	Egyszerű aritmetikai, komparálási stb. feladatok elvégzésére alkalmas funkcionális elem. Órajelet nem igényel, az eredményt szimulációs környezetben ¹ azonnal szolgáltatja. Például: 32 bites aszinkron fixpontos osztó
Szinkron operátor	Tipikusan többfunkciós aritmetikai egység. Az eredményt egy vagy több, operandusoktól független számú periódus késleltetéssel szolgáltatja. Például: 32 bites fixpontos ALU
Hand-shake operátor	Több órajelciklust igénylő, bonyolult számítási feladatok elvégzésére alkalmas funkcionális egység. Késleltetése függhet a bemenő operandusoktól. Például: Négyzetgyök számítása Newton-iterációval.
Konstans	Álnév hozzárendelése számkonstanshoz
cnto	Control output – vezérlő kimenet
cnti	Control input – vezérlő bemenet
cs	Control signal – belső vezérlő jel
ss	Status signal – állapotjel

¹ Az állítás csak az úgynevezett „zero delay” szimulációra igaz, amikor az egyes funkcionális egységek késleltetését nullának tekintjük.

3. táblázat Erőforrás- és jeltípusok az ARTL nyelvben

Típus	Bejelentés
Bemeneti port	resource <név>: iport [<méret>]
Kimeneti port	resource <név>: oport [<méret>]
Regiszter	resource <név>: reg [<méret>]
Single-port regisztertömb	resource <név>: sprf [<címméret>][<adatméret>]
Dual-port regisztertömb	resource <név>: dprf [<címméret>][<adatméret>]
Aszinkron operátor	resource <név>: ao (<1.bemenetnév>[<méret>],..., <n.bemenetnév>[<méret>]) (<1.kimenetnév>[<méret>],..., <k.kimenetnév>[<méret>])
Szinkron operátor	resource <név>: so (<1.bemenetnév>[<méret>],..., <n.bemenetnév>[<méret>]) (<1.kimenetnév>[<méret>],..., <k.kimenetnév>[<méret>])
Hand-shake operátor	resource <név>: hso (<1.bemenetnév>[<méret>],..., <n.bemenetnév>[<méret>]) (<1.kimenetnév>[<méret>],..., <k.kimenetnév>[<méret>])
Konstans	alias <név>: <érték>

4. táblázat Erőforrások bejelentése

végző egység egyes összetevői önmagukban is összetettek (pl. ASIP – Application-Specific Instruction-set Processor, alkalmazás-orientált utasításkészletű proceszor).

A már kifejlesztett részáramkörök újra felhasználhatók, bonyolultabb összetevők esetén a beágyazó környezettel kapcsolatot tartó interfész akár szabványosítható is, így a vezérlő egység ide vonatkozó részletei is újra felhasználhatóvá válnak. Mivel az erőforrás-menedzsment teljes egészében a tervező kezében van, a leírás rugalmasabb optimalizációs lehetőségeket bizto-

sít, az eredményül kapott áramkör paraméterei pedig kevésbé függenek a logikai szintézist végző szoftvertől. Az ARTL nyelven alapuló tervezés kimenete – a vezérlőegység megtervezése után – egy FSM+D modell, melynek erőforrásigénye lényegesen kisebb, mint az FSMD modellé. A műveletvégző egység összetettségének növekedésével ez a jelenség egyre erőteljesebbé válik.

E tulajdonságokat figyelembe véve megállapítható, hogy az ARTL modell a funkciót reprezentáló leírás jellege alapján az algoritmus és az RTL szintű modell között helyezkedik el, ugyanakkor a modellt felépítő strukturális elemeket, illetve azok fizikai megjelenését tekintve a leírás tisztán RTL-jellegű (7. ábra).

Erőforrástípusok, jeltípusok

Az ARTL leírás 13 típust használ (3. táblázat), melyekből nyolc a műveletvégző egység egyes erőforrásait jelöli, egy a karakterláncok (álnevek) számkonstansokhoz való hozzárendelését segíti elő (utasítás mnemonik – operációs kód hozzárendelés), további négy pedig a vezérlő és állapotjelek megkülönböztetésére szolgál.

Erőforrások bejelentése

Az ARTL leírás a műveletvégző egységben megtalálható részáramkörök bejelentésével kezdődik (4. táblázat). A bejelentés azokat az információkat tartalmazza, melyek az adott erőforrás rendszerbe illesztésének egyértelműségét biztosítják (buszok szélessége, operátorok be- és kimenetei).

Értékadások

Hasonlóan a programozási és hardverleíró nyelvekhez, az értékadások az ARTL leírásban is két részből; egy balértékből és egy jobbértékből állnak. Az értékadás értelmezésekor a jobbérték kiértékelése során kapott eredmény (visszatérési érték) lesz a bal oldal új értéke. Az értékadások során a balérték szerepét az 5. táblázatban összefoglalt kifejezések tölthetik be.

A lehetséges jobbérték kifejezéseket a 6. táblázat foglalja össze.

Az egyszerű regiszter (reg), a single-port regisztertömb (sprf) és a dual-port regisztertömb (dprf) VHDL modellje adott, ezért az ARTL leírásban az ezekhez tartozó vezérlő jelek kezelése nem szükséges.

Vezérlési szerkezetek

Az ARTL nyelv algoritmikus jellegét kétféle vezérlési szerkezet; az elágazás és a ciklus biztosítja. Az elágazásoknak kétféle típusa van, melyek vezérlése állapotjelekkel és külső vezérlő jelekkel történhet (8. ábra).

Hivatkozás	Szintaktika
Regiszter	<név>[<bitindex>], ahol <bitindex>: [<felső>:<alsó>] Pl.: IR[7:0]
Regisztertömb eleme	<név>[<regindex>][<bitindex>], ahol <regindex>: tetszőleges jobbérték-kifejezés Pl.: GP[IR[13:11]][7:0]
Kimeneti port	<név>[<bitindex>] Pl.: Addr2DataMem[7:0]
Vezérlő kimenet	cnto <név> Pl.: cnto Read
Belső vezérlő jel	cs <név> Pl.: cs SQRTRqst

5. táblázat
Lehetséges balértékek az ARTL értékadásban

Hivatkozás	Szintaktika
Regiszter	<név>[<bitindex>], ahol <bitindex>: [<felső>:<alsó>] Pl.: IR[7:0]
Regisztertömb eleme	<név>[<regindex>][<bitindex>], ahol <regindex>: tetszőleges jobbérték-kifejezés Pl.: GP[IR[13:11]][7:0]
Bemeneti port	<név>[<bitindex>] Pl.: IntrAddress[7:0]
Operátor kimenete	<operátornév>.<kimenetnév>[<bitindex>] (<operátor bemenetei>)[<bitindex>], ahol <operátor bemenetei>: tetszőleges jobbérték-kifejezés Pl.: ALU.Result[3:0](GP[IR[10:8]],GP[IR[7:5]])

6. táblázat
Lehetséges jobbértékek az ARTL értékadásban

```
if (<feltétel_1>) => utasítások;
else if (<feltétel_2>) => utasítások;
...
else if (<feltétel_n>) => utasítások;
else => utasítások;
end if;

<feltétel_i> : ss <státuszjel> = <érték>
             cnti <vezérlő bemenet> = <érték>
```

```
case (ss <státuszjel> / cnti <vezérlő bemenet>)
  érték_1: utasítások;
  érték_2: utasítások;
  ...
  érték_n: utasítások;
end case;
```

8. ábra Feltételvizsgálat az ARTL nyelvben

Az elágazások kiértékelésének kimenete a műveletvégző és a vezérlőegység közötti állapotjelek, valamint a vezérlőegység és a külvilág közötti külső vezérlőjelek listája. A ciklusok megvalósításakor a lehető legegyszerűbb formára törekedtünk. Az ARTL nyelv tehát csak a végtelen ciklust tartalmazza, melyből a kilépés lehetőségét a „break” utasítás biztosítja:

```
loop
  <ciklustörzs>;
  if (<kilépési feltétel>) => break;
end loop;
```

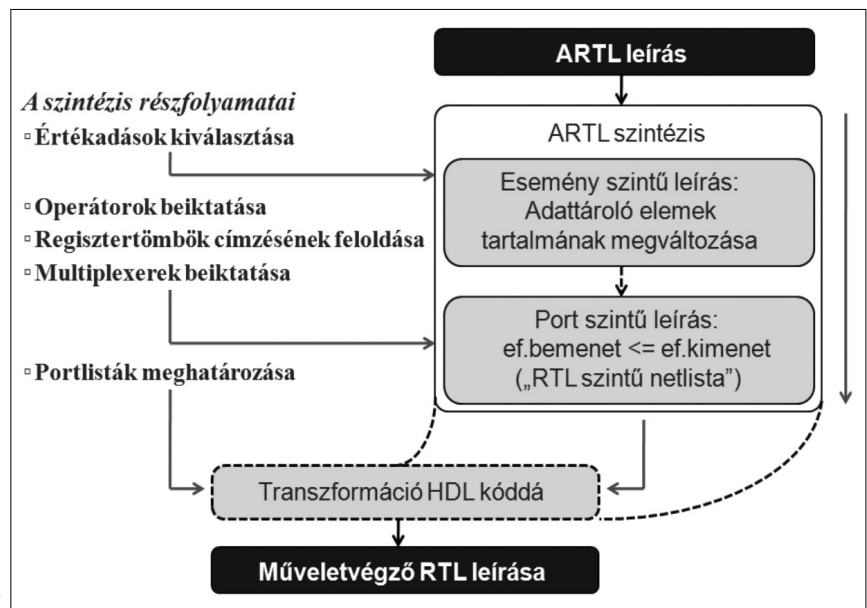
9. ábra
Ciklus az ARTL nyelvben

3.3. ARTL2RTL – szintézis eljárás ARTL nyelvű modellekhez

A 7. ábra alapján megállapítható, hogy az ARTL modell egy algoritmikus vezérlési szerkezetekkel kiegészített RTL-szintű modell. Ahhoz, hogy e modell áramkörösintézisre is alkalmas legyen, szükséges egy olyan eljárás, mely az ARTL nyelvben megfogalmazott specifikációt egy, a logikai szintézis szoftverek által feldolgozható modullé transzformálja.

E folyamat az általunk kifejlesztett ARTL2RTL szintézis eljárás, melynek kimenete egy olyan „RTL-szintű netlista”, mely a rendszer műveletvégző egységének struktúráját egyértelműen definiálja, tehát hordozza mindazt az információt, ami a hardverleíró nyelvű modell elkészítéséhez szükséges. A szintézis folyamat főbb lépései a 10. ábrán láthatók.

10. ábra
ARTL2RTL szintézis folyamat



Értékadások kiválasztása: Az ARTL leírásban központi szerepet töltenek be az értékadások, mivel minden információt tartalmaznak arra vonatkozóan, hogy a feldolgozandó adatoknak mely erőforrásokon keresztül kell eljutniuk az adatbemenetektől a kimenetekig.

Operátorok beiktatása: Az ARTL leírásban operátorok kimeneteire a programozási nyelvekben megszokott függvényhívás jellegű kifejezésekkel hivatkozhatunk. E kifejezéseket át kell alakítanunk olyan értékadásokká, melyek balértéke az operátor egy-egy bemenetére, jobbértéke pedig az aktuálisan az erőforrás bemenetére kapcsolt erőforrásra hivatkozó kifejezés.

Regisztertömbök címzésének feloldása: A regisztertömbök elemére való hivatkozás két értékadássá konvertálandó; az egyik a regisztertömb címbuszára, másik pedig annak adatbuszára vonatkozik.

Multiplexerek beiktatása: Többszörös multiplicitású balérték esetén a hivatkozott erőforrás bemenete elé egy multiplexert kapcsolunk, így a multiplicitásnak megfelelő számú új értékadást kapunk.

Portlisták meghatározása: A HDL nyelvű kimenet előállításához szükséges a különböző erőforrások vezérlő és állapotjeleinek, valamint a be- és kimeneti portoknak a pontos ismerete.

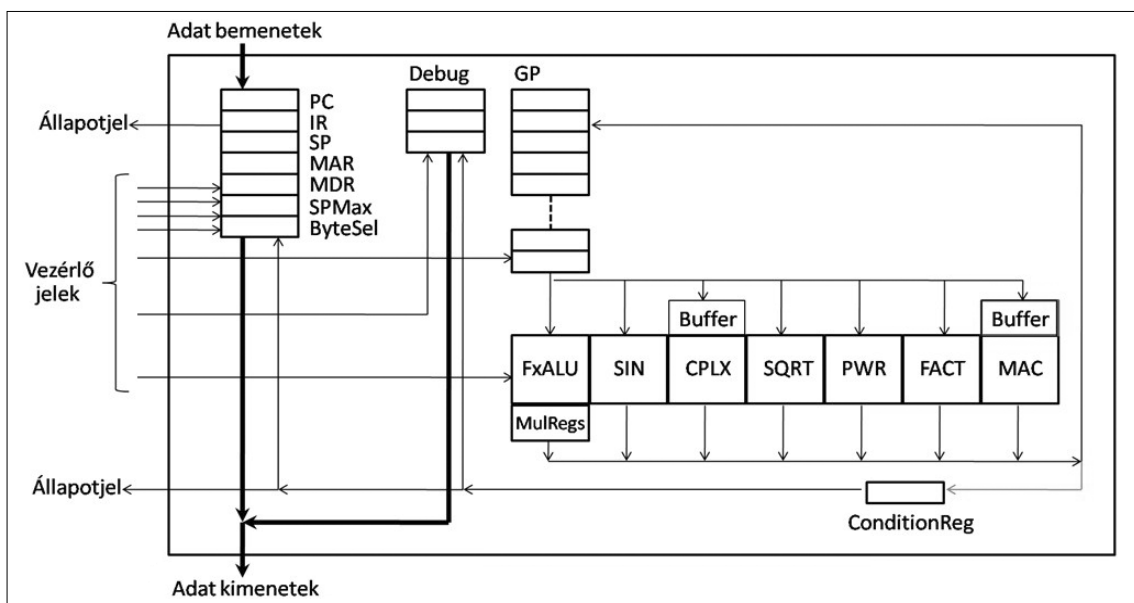
A szintézisfolyamat kimeneteként adódó adatbázis a következő információkat tartalmazza:

- a vezérlőegység portlistája,
- a műveletvégző egység portlistája
- és RTL szintű netlistája (erőforrások és azok összeköttetései), melyből a HDL modell automatikusan generálható.

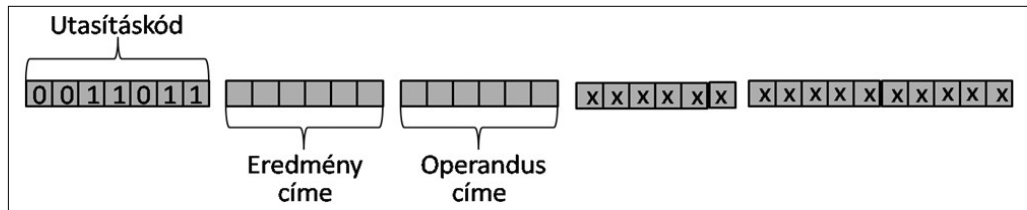
Utasításkészlet	56 utasítás 35 bites utasításszélesség Max. 22 bites konstans az utasításban Opcionális előjel kiterjesztés
Program memória	Max. 2M utasítás (2M x 35 bit = 8.75 Mib)
Adatmemória	4 Gb címtartomány (stack + adatmemória) Adatformátumok: Byte (8 bit), félszó (16 bit), szó (32 bit)
Stack	Max. 4M (4M x 32 bit) Stack memória a címtartományba ágyazva (automatikus címszámítás a stackmérettől függően) Szoftveresen konfigurálható stackméret
Regiszterek	64 db 32 bites általános célú regiszter 5 db 35 bites regiszter állapotmentésre kivétel esetén SPMax regiszter: Stackméret konfigurálásához ByteSel regiszter: Adatformátum / byte kiválasztás Buffer regiszterek a CPLX és a MAC operátorokhoz Szorzás eredményét tároló regiszterek Állapotregiszter: nullával osztás, stack túlsordulás, szaturáció stb.
Címzési módok	Egykomponensű, indirekt regiszter címzés
Kivételek	Nullával osztás Stack túlsordulás Szaturáció (opcionális, szoftveresen állítható) Megszakítás
Speciális részárakörök	32 bites, fixpontos ALU: Alapvető aritmetika és logikai műveletek, dupla és szimpla pontosságú szorzás és osztás, abszolútérték számítás, shiftelés, rotáció SINUS egység: valós számok szinuszának kiszámítása zérus bázispontú ötödfokú Taylor-polinomos közelítéssel CPLX egység: komplex aritmetikai egység: összeadás, kivonás, szorzás, osztás, konjugálás, abszolútérték számítás SQRT egység: négyzetgyök kiszámítása Newton-iterációs közelítéssel PWR egység: egész kitevőjű hatványozás FACT egység: faktoriális számítás MAC egység: szorzás-akkumulálás

7. táblázat A MATH'CORE mikroprocesszor paraméterei

11. ábra
A MATH'CORE rendszer műveletvégző egységének blokkvázlata



12. ábra
A SIN utasítás szerkezete



4. MATH'CORE – példarendszer az ARTL-alapú tervezéshez

Az ARTL-alapú áramkör modellezést egy olyan példarendszeren keresztül mutatjuk be, mely az általános célú, programvezérelt rendszerek és a speciális célú funkcionális egységek jellegzetességeit egyaránt magában foglalja.

Az újonnan kifejlesztett MATH'CORE rendszer egy alkalmazás-orientált RISC mikroprocesszor, mely utasításkészletén és architektúráján keresztül egyszerre biztosítja a matematikai jellegű algoritmusok kódméretre és futási időre való optimalizálásának lehetőségét.

A mikroprocesszor 11 magas szintű, matematikai jellegű utasítással rendelkezik, melyek mindegyikét a műveletvégző egység 6 darab egyedi funkcionális egységének valamelyike hajt végre. E hat darab részarámkör mindegyike, illetve maga a MATH'CORE rendszer is egy-egy ARTL leírás alapján készült. A rendszer legfontosabb paramétereit a 7. táblázat tartalmazza.

A mikroprocesszor műveletvégző egységének egyszerűsített blokkvázlata a 11. ábrán látható.

Egy ARTL leírás alapján készült funkcionális egység – SINUS egység

A SINUS egység valós számok szinuszt számítja ki origó körüli ötödfokú Taylor-polinomos közelítéssel (McLaurin-sor). Az eredmény pontossága függ magától az operandustól, hiszen a Taylor-polinom a közelített

függvényt adott hibahatáron belül csak a bázispont meghatározott sugarú környezetében állítja elő.

A SINUS egység pontossága a $[-\pi/2; \pi/2]$ tartományban 0,5% alatt van. Ennél nagyobb pontosság az adott számábrázolás mellett nem érhető el, mert az eggyel nagyobb fokszámú Taylor-polinom legmagasabb fokú tagjának együtthatója kisebb, mint a használt számformátum felbontása. Amennyiben az operandus kívül esik a $[-\pi/2; \pi/2]$ tartományon, úgy a SINUS egység az „Inaccuracy” (pontatlanság) kimeneten jelzi az eredmény feltehetően hibás voltát. További megkötés, hogy az argumentum abszolútértéke nem lehet egy bizonyos értéknél kisebb, mert a hatványozás során kapott részeredmények kisebbre adódhatnak a számábrázolás felbontásánál. Ez a határ a (2) képletnek megfelelően számítható.

$$|x|_{\min} = \sqrt[5]{0,00048} \approx 0,21763 \quad (2)$$

A négyzetgyök alatt szereplő konstans a számábrázolás felbontása. Az egység által végzett művelet:

$$y = \sum_{n=1}^3 (-1)^{n+1} \cdot \frac{x^{2n-1}}{(2n-1)!} = x - \frac{1}{6}x^3 + \frac{1}{120}x^5$$

$$x \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right] \quad (3)$$

A SINUS egységet hívó utasítás szerkezete a 12. ábrán látható.

A SINUS egység hívása a MATH'CORE mikroprocesszor ARTL leírásában a 13. ábrának megfelelően történik.

```

...
resource PC:          reg [21]; $ programszámláló regiszter
resource ConditionReg: reg [13]; $ státuszregiszter
resource PCAdd:      ao (Input1[21],Input2[21]) (Output[21]); $ PC inkrementálásához
resource GP:         dprf [6][32]; $ általános célú regisztertömb
$ SINUS egység bejelentése:
resource SIN:        hso (Rqst,Op[32]) (Result[32],SAT,DivNULL,Inaccuracy,Rdy);
...
alias "sin":         "11100";
...
case (ss IR[34:28])
...
"sin": PC <= PCAdd.Output(PC,'1'); $ PC inkrementálása
cs SIN.Rqst <= '1'; $ SINUS egység hívása
if (ss SIN.Rdy = '1') => cs SIN.Rqst <= '0'; $ várakozás a "kész" jelre
GP[IR[27:22]] <= SIN.Result(-,GP[IR[21:16]]); $ eredmény visszairása
ConditionReg[0] <= SIN.DivNULL(-,GP[IR[21:16]]); $ státuszregiszter frissítése
ConditionReg[3] <= SIN.SAT(-,GP[IR[21:16]]);
ConditionReg[10] <= SIN.Inaccuracy(-,GP[IR[21:16]]);
... $ a státuszregiszter többi bitje változatlan
IR <= DataFromPrMem; $ következő utasítás beolvasása
...
end case;
...

```

13. ábra
A MATH'CORE rendszer A RTL leírásának SINUS egységre vonatkozó részlete

5. Összefoglalás

A cikk a különböző hardverleíró nyelvű modelltípusok számszerűen mérhető tulajdonságait, valamint az adott modelltípusra jellemző HDL leírások jellegzetességeit (fejlesztésre fordítandó idő, leírás összetettsége, strukturált tervezés lehetősége) tárgyalja. A vizsgálatok során kiderült, hogy nagybonyolultságú digitális rendszerek modellezésére kedvező erőforrás-felhasználási paramétereinek és jól strukturált felépítésének köszönhetően egyértelműen az FSM+D modell a megfelelő választás. Ez utóbbi előnye azonban magában rejt egy jelentős hátrányt is; a hardverleíró nyelvű modell bonyolult, ezáltal elkészítése rendkívül időigényes. E probléma kiküszöbölésére kifejlesztettünk egy új szintézis-eljárást, melynek alapja az ARTL (algoritmikus RTL) leíró nyelv. E nyelv lehetővé teszi a funkció algoritmikus jellegű megfogalmazását és gyors implementálását. Az ARTL nyelven alapuló ARTL2RTL szintézis-eljárás során a magas szintű, viselkedési jellegű leírásból a rendszer műveletvégző egységének RTL-szintű leírása automatikusan, szoftver segítségével állítható elő, így a teljes rendszer fejlesztési ideje jelentősen lecsökken.

A módszer alkalmazhatóságát egy új, matematikai jellegű problémák futási időre és kódméretre optimalizált megoldására alkalmas mikroprocesszor modell kifejlesztésén keresztül igazoltuk. Az elkészített mikroprocesszor egésze, illetve annak speciális matematikai funkcióit megvalósító társprocesszor jellegű komponensei is egy-egy ARTL leírás alapján ARTL2RTL szintézis-eljárással készültek. Az ARTL-alapú hardver modellezést kiegészítve az ARTL2RTL szintézis-eljárással olyan tervezési módszert kapunk, mely bonyolult rendszerek esetén erőforrásigény és fejlesztésre fordítandó idő tekintetében egyaránt optimális. További fejlesztési lehetőség lehet a különböző típusú vezérlő egységek (huzalozott, mikroprogramozott) összehasonlító vizsgálata, és ennek eredményeit figyelembe véve egy a vezérlő egység tervezését megkönnyítő módszer kifejlesztése.

A szerzőkről



HORVÁTH PÉTER 2010-ben szerzett BSc villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán, Mikroelektronika szakirányon. Jelenleg a villamosmérnöki szakos MSc képzést végzi az Elektronikus Eszközök Tanszékén, fő témája a VHDL-alapú rendszertervezés, ezen belül a mikroprocesszorok viselkedésének magas szintű modellezése és FPGA-technológiára optimalizált szintézise. 2011-ben az Országos Tudományos Diákköri Konferencián I. díjat kapott.



HOSSZÚ GÁBOR a műszaki tudomány kandidátusa, docens a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Elektronikus Eszközök Tanszékén. 2001-2004 között a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíjasa volt. Szakterületei a VHDL-alapú rendszertervezés, az internetes médiakommunikáció, a hálózatalapú betörésvédelem, valamint a karakterkódolás kérdései. 2001-ben megjelent az „Internetes médiakommunikáció”, 2005-ben pedig „Az internetes kommunikáció informatikai alapjai” című könyve. Kutatási eredményeit több mint 150 tudományos közleményben jelentette meg.



KOVÁCS FERENC 1959-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen. Egyetemi doktor 1962-ben, a műszaki tudományok kandidátusa 1981-ben, az MTA doktora 2000-ben lett. 1959-től a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben, 1982-től a BME Villamosmérnöki Karán és 2001-től a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Informatióstechnológiai Karán dolgozik, 2005-től mint professzor emeritus. Fő kutatási területei az áramkörök tervezése és a magzati phonocardiográfia. Nyolc szakkönyve, 250 egyéb tudományos közleménye jelent meg a mikroelektronika és alkalmazásai témakörében. A Műszaki Könyvkiadó nívódíjjal tüntette ki „MOS integrált áramkörök” monográfiáját. A magzati phonocardiográfia foglalkozó cikke a Biomedical Instr. and Techn. folyóiratnál „az 1995 év legjobb kutatási cikke” díjat kapta. 1972-óta az UNIDO nemzetközi szervezet megbízott szakértője, a Híradástechnika egy különszámának felkért szerkesztője, és az IEEE Transactions on Biomedical Engineering folyóirat felkért lektora.

Irodalom

- [1] Enoch O. Hwang, “Digital Logic and Microprocessor Design with VHDL”, La Sierra University, Riverside, Brooks/Cole 2005, pp.406–414, 442–452.
- [2] Horváth Péter, FPGA-ra optimalizált VHDL-alapú mikroprocesszor modell fejlesztése (Szakdolgozat), BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2010., pp.12–31.
- [3] Gary D. Hachtel, Fabio Somenzi, “Logic Synthesis and Verification Algorithms”, University of Colorado, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [4] Coussy, P., Meredith, M., Gajski, D.D., Takach, A., “An Introduction to High-Level Synthesis”, Lab.-STICC, University de Bretagne-Sud, France, IEEE Design&Test of Computers, Vol. 26, No.4., July-August 2009. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5209958 (2010.12.17.)
- [5] Pong P. Chu, “RTL Hardware Design Using VHDL”, Cleveland State University, John Wiley&Sons, Inc. 2006, Hoboken, NJ, pp.9–12.

Van-e az objektum-orientált programoknak anyanyelve? – avagy egy analitikai szöveg bevezetése

BÁTFAI NORBERT

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Információ Technológia Tanszék
batfai.norbert@inf.unideb.hu

Kulcsszavak: szoftverfejlesztés, információ-visszakeresés, AOP mérések, AspectJ, Java, PageRank, Zipf, Ant, Maven

Rövid írásunkban Java parancssori, Ant vagy Maven forrásprojektekhez vezetünk be olyan AspectJ aspektust, ami analitikát szó a program futásába. Az osztályok és a metódusok halmazára alkalmazza a PageRank algoritmust, illetve az objektumok kommunikációjára heurisztikusan ellenőrzi a Zipf törvény teljesülését.

1. Bevezetés

A Google *PageRank* (PR) algoritmus [1] forradalmasította a keresést az interneten. A PR feladata a hálón egymásra mutató lapok rangsorolása, amit a lapok „jóságának” rekurzív definícióját – miszerint az a jobb lap, amelyekre jobb lapok mutatnak – alkalmazva rendkívül sikeresen old meg. A PR algoritmus más közegbe helyezve is sikerrel alkalmazható a „jószág” mérésére. Például nemzeti labdarúgó bajnokságok alternatív tábellait [2,3] készíthetjük el vele, ha a csapatok közötti kapcsolatot úgy értelmezzük, hogy az a jobb gárda, amelyik jobb csapatoktól szerez pontot [4].

Jelen munkánkban is egy új környezetbe helyezzük a szóban forgó algoritmust: Java-alapú szoftverek osztályait rangsoroljuk, azt az osztályok között értelmezett kapcsolatot felhasználva, hogy futás közben melyik osztályból történt egy adott osztálybeli metódus meghívása. A létező objektum-orientált szoftver-metrikák közül ehhez legközelebbiként a CBO (*Coupling Between Object classes*) metrikát említhetjük, ami egy adott osztályra az osztályból metódushívással megszólított osztályok számaként van definiálva [5]. Ám esetünkben nem a forráskódot vizsgáljuk, hanem dinamikus programelemzést végzünk majd, illetve nem a CBO-jellegű érték iránt érdeklődünk, hanem gráfot építünk, aminek az osztályok a csomópontjai és üzenetek (metódushívások) az élei, majd a gráf osztályait a PR algoritmussal rendezzük sorba. Továbbá heurisztikusan megnézzük, hogy milyen a metódushívások gyakorisága.

Az osztályok között így előálló sorrendet úgy értelmezhetjük, hogy megadja, melyek a legfontosabb osztályaink. Itt megemlíthetjük, hogy ma a programozás egy klasszikus mérnöki jellegű tevékenység, abban az értelemben, hogy ha valahol hiba keletkezik, a programozó (vagy a szoftverkörnyezet) igyekszik azt annyira felnagyítani, hogy erről értesüljünk is. A tesztelő és javító erőforrások elosztásánál tudunk úgy súlyozni, hogy a „fontosabb” osztályoknál körültekintőbben járunk el a mindenféle kódelemzők előrejelzéseinek vizsgálatakor. Mert például a Szegeden futó kutatásokból tudjuk,

hogy erős összefüggés van a kódelemzés előrejelzései és a valóban előforduló hibák között [6].

Tervezett vizsgálatunk részlegesen elvégezhető fordítási időben a forrásokon, de izgalmasabbnak tartjuk a futási időben történő hívások elemzését, ami aspektus-orientált [7] architektúrára alapozva triviálisan elvégezhető. Hiszen nem kell mást tennünk, mint olyan aspektussal bővíteni a vizsgálandó rendszert, aminek vágási pontjában a vizsgálandó szoftver metódushívásait jelöljük meg.

A címet illető bevezetett kérdésünk, hogy fellelhető-e bármi rokonság a beszélt természetes nyelvek és az OO rendszerek SIMULA 69 értelemben [8] vett üzenet-alapú interpretációja között? Esetünkre szűkítve: heurisztikusan megnézzük, hogy a beszélt nyelvekre tapasztalatilag ellenőrzött Zipf törvény [9] (nevezetesen, hogy a nyelv szavainak gyakoriság eloszlása Pareto-jellegű, azaz nagyon kevés szó nagyon sokszor és a legtöbb szó csak csekély számban fordul elő a beszélt korpuszokban) teljesül-e az OO programok üzenetforgalmazására.

A szakirodalom olvasása során nem találkoztunk olyan munkával, amiben az osztályok egymással váltott üzenetei alapján megvizsgálták volna azokat a Zipf törvény nevesítésével. Például [10] vagy [11] az aspektusokat nem a program futásának vizsgálatára használja, hanem a mérést (OO metrikák meghatározását) terjeszti ki az adott programozási nyelvről annak aspektus orientált bővítésére. Adott szoftver osztályainak a ComLearn [39] csomaggal számított normalizált tömörítési távolságon [38] alapuló klaszterezésére látható példa az [36] munkában, illetve a benyújtott [37] cikk egy ezen alapuló használati esetet mutat be egy egészségügyi szoftverrendszeren.

1.1. Légy részese, avagy tanácsok az érdeklődőknek

Alternatív tábellákat az érdeklődő olvasó könnyen maga is legenerálhatja forrásaink [12] használatával, s akár a kapcsolódó Wikipédia szócikk [2] folyamatos karbantartásában is segídezhet.

Bevezető informatikai kurzusok első laborjai valamilyen sikerrel leköti a hallgatók figyelmét a Page Rank

algoritmus megismertetése egy saját, néhány lapból álló WWW univerzum esetén. Ez tipikus az egyetemi oktatási gyakorlatban, találkozhatunk vele például a [42] kurzusban. (Az imént az alternatív tabellánál említett kódok is megfelelnek erre a célra.)

A szoftverek kiadásainak elkészítésében a Make és az Ant eszközök használata után áttérni a Maven használata valódi forradalmi élményt jelent a fejlesztőnek. S ez igaz a tesztelésre is, mivel elegendő néhány sort beszúrni a kiadás elkészítését leíró POM (Project Object Model) állományba, s a Maven alaptermészete, hogy azonnal – bármilyen kézi töltögetést, installálást nélkülözve – alkalmazhatjuk projektünkre az ismert elemzőket. Példaként csak néhányat említve: a Checkstyle [13] kiegészítőt a projektben használt kódolási stílusunk beárazására használhatjuk, avagy megmutatja, mennyire térünk el a Java nyelv kódolási konvencióitól [14], a Surefire [15] vagy a Cobertura [16] kódunk lefedettségét (code coverage) mutatja meg. Ellenőrizhetünk JavaNCSS [17] vagy JDepend [18] csomagbeli – például ciklomati-kus (McCabe) bonyolultságot – metrikákat. A FindBugs [19] riportok a források potenciális hibáira mutatnak rá. Böngészhetjük projektünk PMD [20] és CPD (Copy/Paste Detector) riportjait. De támogatott a Maven parancsorból a Sonar [21] vagy az XRadar [22] használata is.

Mindezeket kattint-letölt-megnéz stílusban ki is próbálhatja a kedves olvasó. Nem kell mást tennie, mint letölteni az Apache Maven [23] szoftvert, beállítani a telepítési könyvtárra az M2_HOME változót, a PATH változót pedig bővíteni az M2_HOME bin könyvtárával [33]. Ezzel a Maven eszközt máris telepítettük. GNU/Linux alatt persze van királyi út is, elég kiadni az `apt-get install maven2` parancsot a Maven installálásához.

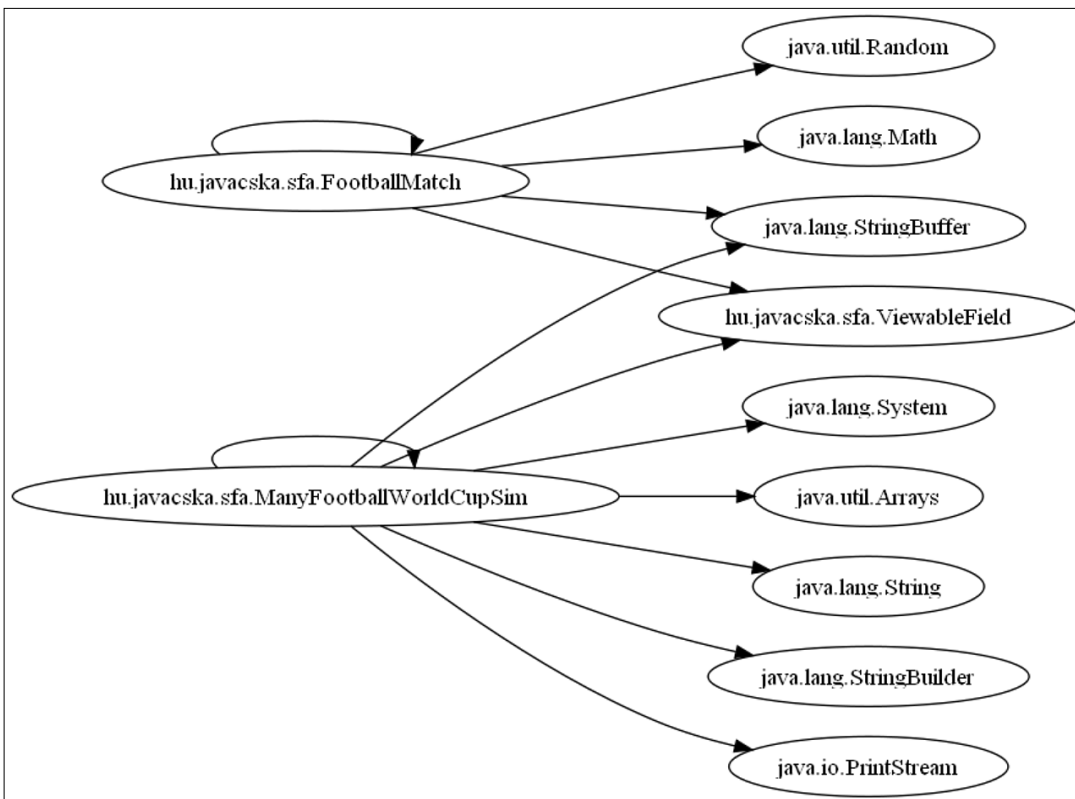
Ezt követően a FerSML (Footballer and Football Simulation Markup Language) [24,25], vagy az annak fociis-ősül szolgáló Jávacska ONE [26-28] Maven forrásprojektet lehet letölteni, kicsomagolni. Be kell lépni a kicsomagolt könyvtárba és a `maven package` site parancsot kiadni. Persze bármilyen Maven forrásprojekt kapcsán ugyanez az eljárás, de az említett kettő (sajnos) nagyon tanulságos lehet, mert egyelőre a „cowboy coding” stílus [29] jegyeit viseli magán. Amiért sajnálatos, hogy bár az említett metodikától sokszor függetlenül, de bővében van a hibáknak: hatezer sorból négyezernek lehet szaga (bad smell) [30].

A Maven kapcsán mégis meg kell, hogy említsünk egy negatívumot is: a FerSML projekt XML avatárjait a Relax NG (a programozók észjárásához legközelebbi) kompakt szintaxisa [31] alapján érvényesítjük, erre a Jing-Trang [32] `jing-20091111` kiadása alkalmas, ami azonban még mindig nincs bent a Maven központi tárolójában!

2. Az analitikai szöveg néhány alkalmazása

A [12] lapról letölthető szövegbe épített két funkció a metódushívások kapcsán a PR algoritmussal az osztályok rangszám alapján történő sorba állítása, illetve a Zipf törvény teljesülésének heurisztikus megvizsgálásához a metódushívások gyakoriságának a kiírása.

Aspektusunkat (természetesen) bármely Java forrásprogramba beleszőhetjük. Parancssoros fordításnál ennek mikéntje triviális, de nincs ez másként Ant vagy Maven projektek esetén sem. Előbbi esetben a `build.xml`



1. ábra
Nem az indítástól, hanem a 25000. metódushívástól további 17 millió hívás alapján készített gráf

állományban kell egyszerűen lecserélnünk a Java fordítót az Ajc (AjcTask, iajc [34]) fordítóra. Utóbbiban pedig az AspectJ fordító Maven kiterjesztést [35] használhatjuk.

A szövében a vizsgálandó Java rendszer osztályneveinek önmagával vett Descartes szorzatából a természetes számok halmazába vivő mátrixokat vizsgáljuk, azaz a mátrix [i][j] rekeszében egyszerűen megnézzük, hogy az i. osztályból hányszor hívtak valamely j. osztálybeli metódust. Továbbá az ennek megfelelő „osztálynév → osztálynév” alakú szavakból álló formális nyelvet vizsgáljuk. Utóbbi kapcsán meg kell jegyeznünk, hogy a beszélt nyelvre vonatkozó intuíciónkat jobban fedi, ha a vizsgált rendszert üzenet alapú OO terminológiában vizsgáljuk. Ennek megfelelően (és természetes módon) szónak egy üzenet küldését; egy metódus meghívását tekintjük.

Ehez kapcsolódóan a továbbiakban majd (egy újabb, angol nyelvű közleményben is) vizsgálni fogjuk az „osztálynév → osztálynév.metódusnév” és az „osztálynév.metódusnév → osztálynév.metódusnév” alakú szavakból álló formális nyelveket. Tehát azt a vizsgálandó rendszerbeli nyelvet, amelynek egy szavát az (osztálynévvel minősített) egyik metódusból az (osztálynévvel minősített) valamely metódus meghívása jelenti.

2.1. Alice, Program W

Szövéstünket először az Alice csevegő W kódjelű [41] Java programjára próbáltuk ki, miközben IRC csatornán keresztül csevegtünk a robottal. A szöveg [12, állománynév: graf_250e-100l_++k_d0.89.Analitikus-SzovesAlice.pdf] lapjára kitéttük az osztálynevek gráfját (pdf, png) és a PR számolta sorrendet (OOo ods). A

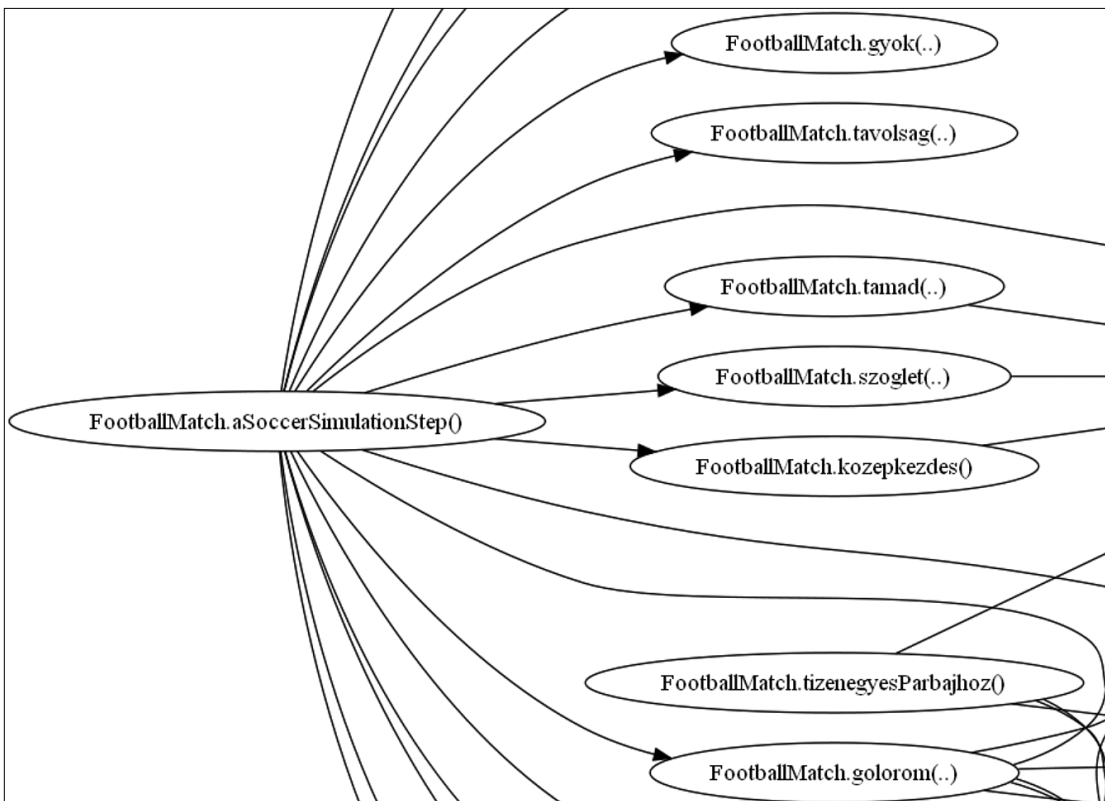
78 osztály Graphviz programmal készített gráfja áttekinthető, de ilyen minőségében ide nem helyezhető be. De láthatóan egy erősen objektum orientált jellegű kóddal van dolgunk: sok osztály nagyon sok kapcsolattal.

2.2. FerSML

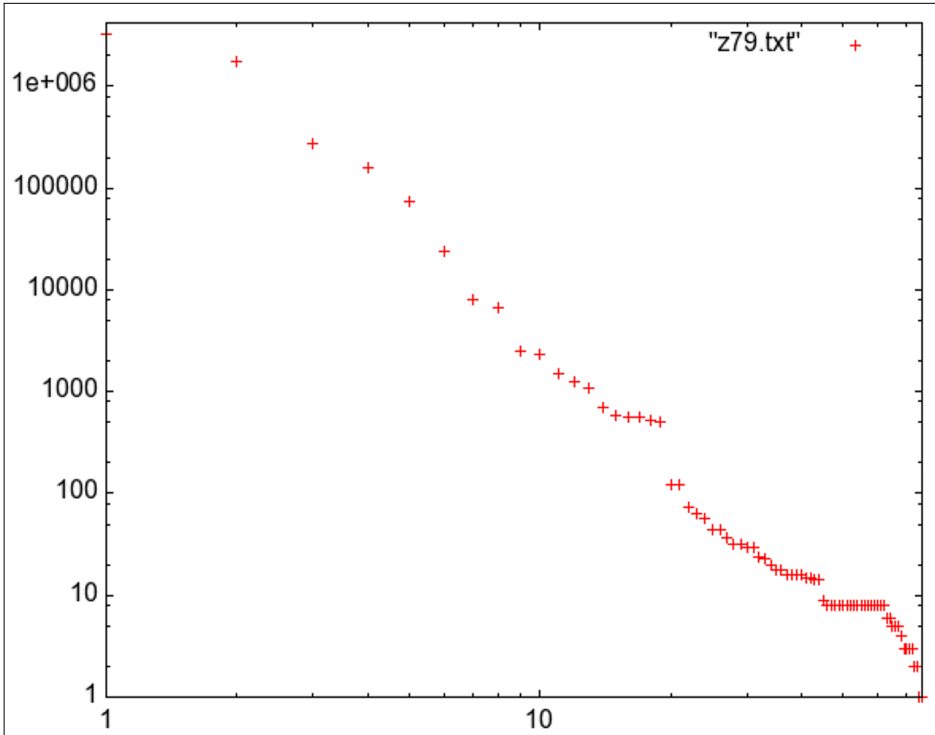
Focis [24] projektünk analízálásának eredményei ugyancsak fent vannak a [12, az indítástól a 420000. metódushívásig készített gráf: ASZFerSML0-420.000-100l_++k_d0.89.pdf] lapon, mérete miatt még ez sem lenne jól olvasható, ha itt is közölnénk. Az előzővel összehasonlítva ezt kevésbé tekinthetjük objektum-orientáltnak. Igaz, ez egyelőre szubjektív jellemzés, de jobban megvilágítja motivációnkat, ha (főleg) az 1. és a 2. ábrával is összevetjük. Ez már egyáltalán nem utal erős OO jellegre. S valóban, a FerSML projekt jelenlegi motorja Java ME platformon, mobiltelefonokra készült, ahol nem találunk például játékos osztályt, mert az akkorig (2006) erősen limitált platformon a teljesítményért feláldoztuk az objektum-orientáltságot. A működés – mintha csak C nyelven implementáltuk volna –, egyszerű tömbök kezelése köré volt szervezve.

2.3. Az objektum-orientált programok anyanyelve

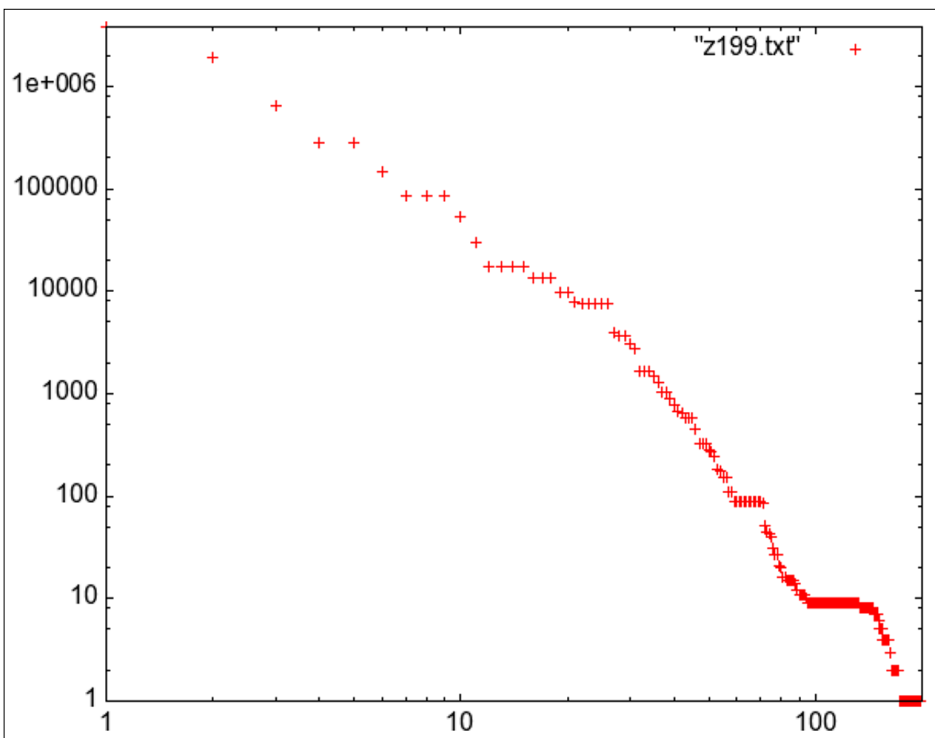
Nagyon izgalmas eredmény tárul elénk, ha a vizsgált (iménti Alice és FerSML) programokon belüli kommunikáció jellemzésére elkészítjük a Zipf törvény teljesülésének ellenőrzéséhez szokásos szógyakoriságok logaritmikus ábrázolását, amiket a 3. és a 4. ábrán közzöltünk. Mert ha ezeket összevetjük a természetes nyelvek esetén kapott grafikonokkal (ilyeneket láthatunk például a [43] helyen), akkor a várt egyenest kapjuk, szép jellegbeli egyezésekkel.



2. ábra
Nem az indítástól,
hanem a 250000.
metódushívástól
készített gráf



3. ábra
A metódushívásoknak, mint („osztálynév→osztálynév” alakú) szavaknak az előfordulási gyakorisága logaritmikusan ábrázolva



4. ábra
A metódushívásoknak, mint („osztálynév.metódusnév→osztálynév.metódusnév” alakú) szavaknak az előfordulási gyakorisága logaritmikusan ábrázolva

2.4. Légy részese, avagy tanácsok az érdeklődőknek

A [12] oldalról letölthető aspektust parancssori projekthez az alábbi paranccsal egyszerűen hozzáférhetjük: `ajc -source 1.5 Hivasok.aj csomagnev/*.java`. Ant projekt esetén sem bonyolultabb a szöveg kipróbálása, az említett Program W csevegő `build.xml` állományában a megfelelő részt az 5. ábrán láthatóra cseréltük.

Az aspektus Maven projektbe való szövéseire pedig a `focis` projekt [24] (0.0.15 számú kiadásától) `pom.xml` állományában talál példát az érdeklődő olvasó.

3. Összefoglalás

Munkánkban nem volt célunk nagy, nyílt forráskódú Java projektek vizsgálata, hanem csak a téma (AOP benchmarking) köré egy fejlesztői közösség kialakításának megkezdése az írás helyén Debrecenben, illetve az érdeklődő olvasók között. Az AOP benchmarking kifejezést itt nem az eredeti (hogy objektíven alátámasszuk az AOP jóságát szemben az OOP-vel) értelmében használjuk, hanem azt értjük alatta, hogy meglévő OOP rendszerek működését elemezzük AOP eszközökkel.


```

<!--Compile the source directory.-->
<target name="compile" depends="init, prepare-src">
  <iajc sourceroots="${src.dir}" destdir="${build.dir}" classpathref="build.classpath"
    debug="${javac.debug}" source="${javac.source}" verbose="true">
    <classpath>
      <pathelement location="/home/norbi/aspectj1.6/lib/aspectjrt.jar"/>
      <pathelement location="/home/norbi/aspectj1.6/lib/aspectjtools.jar"/>
      <pathelement location="/home/norbi/aspectj1.6/lib/aspectjweaver.jar"/>
    </classpath>
  </iajc>

```

5. ábra A Java fordító AspectJ fordítóra cserélése az Alice, Program W projektjének build.xml állományában

A legfontosabb továbbfejlesztést, miszerint majd az osztálynévvel minősített metódus szignatúrák mátrixát tesszük mélyebb vizsgálat alá a PR algoritmussal, illetve figyeljük majd meg, hogy a megfelelő gyakoriságok mutatják-e a Zipf törvény teljesülését, már részleteztük. Ettől függetlenül a [10,40] munkákban bevezetett, bemutatott AV gráfra is érdekesnek tartjuk majd alkalmazni a PR algoritmust.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését részben a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV-2010-0007 számú projekt támogatta. A projekt részben az Új Magyarország Fejlesztési Terven keresztül az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A szerzőről



BÁTFAI NORBERT kitüntetéses okleveles programtervező matematikus, diplomáját 1998-ban a Kossuth Lajos Tudományegyetemen, Debrecenben szerezte. Jelenleg tanársegédként dolgozik az egyetem Informatikai Karán, az Információ Technológia Tanszéken. 1999-ben ő nyerte a Java Szövetség Java Programozási Versenyét. 2004-ben cége, az Eurosmobil első helyet ért el a Nokia és a Sun Magyarország rendezte Java ME – Java EE Fejlesztői Versenyen. 2008-ban a Vezető Informatikusok Szövetsége az Év Informatikai Oktatója cím egyik birtokosának választotta.

Irodalom

- [1] Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T. (1996), The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web, <http://dbpubs.stanford.edu:8090/pub/1999-66/> (letöltve: 2010.11.19.)
- [2] Alternatív tabella – Wikipédia szócikk, http://hu.wikipedia.org/wiki/Alternatív_tabella (letöltve: 2010.11.19.)
- [3] Nemzeti Szurkolói Avatár Adatbázis blog, <http://nsza.blog.hu/> (letöltve: 2010.11.19.)
- [4] Bátfai N., Bátfai E., Nemzeti labdarúgó bajnokságok összehasonlító vizsgálata, Magyar Sporttudományi Szemle, 2010. (beküldve)
- [5] S.R. Chidamber, C.F. Kemerer, A Metrics Suite for Object Oriented Design, IEEE Trans. Softw. Eng., Vol. 20., Nr.6. (June 1994), pp.476–493., DOI=10.1109/32.295895 <http://dx.doi.org/10.1109/32.295895>
- [6] R. Ferenc, I. Siket, T. Gyimothy, Extracting Facts from Open Source Software, In Proc. of the 20th IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM'04). IEEE Comp. Society, Washington DC, USA, pp.60–69.
- [7] Lengyel L., Levendovszky T., Aspektus-orientált programozás, In: Híradástechnika, LIX. évf., 2004/10., pp.8–12. http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004_10/HT0410-3.pdf
- [8] Robert W. Sebesta (2009), Concepts of Programming Languages (9th ed.), Addison-Wesley Publishing Co., USA, p.543.
- [9] Wallace, R.S. (2003), The Elements of AIML Style, <http://www.alicebot.org/style.pdf> (letöltve: 2010.11.20.)
- [10] N. Pataki, A. Sipos, Z. Porkoláb (2006), Measuring the Complexity of Aspect-Oriented Programs with Multiparadigm Metric, <http://gsd.web.elte.hu/contents/articles/qaoose06.pdf>
- [11] M. Ceccato, P. Tonella, Measuring the Effects of Software Aspectization, 1st Workshop on Aspect Reverse Engineering, 2004.
- [12] Az analitikus szöveg erőforrásai, <http://www.inf.unideb.hu/~nbatfai/asz>
- [13] Maven Checkstyle Plugin, <http://maven.apache.org/plugins/maven-checkstyle-plugin/>
- [14] Code Conventions for the Java Programming Language, <http://www.oracle.com/technetwork/java/codeconv-138413.html>
- [15] Maven Surefire Plugin, <http://maven.apache.org/plugins/maven-surefire-plugin> (letöltve: 2010.11.21.)
- [16] Cobertura Maven Plugin, <http://mojo.codehaus.org/cobertura-maven-plugin/> (letöltve: 2010.11.21.)
- [17] Maven 2 JavaNCSS Plugin, <http://mojo.codehaus.org/javancss-maven-plugin/> (letöltve: 2010.11.21.)

- [18] JDepend Maven Plugin,
<http://mojo.codehaus.org/jdepend-maven-plugin/>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [19] FindBugs Maven Plugin,
<http://mojo.codehaus.org/findbugs-maven-plugin/>
- [20] Maven PMD Plugin,
<http://maven.apache.org/plugins/maven-pmd-plugin/>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [21] Sonar Maven Plugin,
<http://mojo.codehaus.org/sonar-maven-plugin/>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [22] XRadars Maven2 plugin,
<http://xradar.sourceforge.net/usage/maven-plugin/howto.html>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [23] Apache Maven Project,
<http://maven.apache.org/>
(letöltve: 2010.11.20.)
- [24] Football(er) Simulation Markup Language,
<https://sourceforge.net/projects/footballerml/>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [25] N. Bátfai,
"Footballer and Football Simulation Markup Language and related Simulation Software Development",
Journal of Computer Science and Control Systems,
Vol. 3., No.1., 2010, pp.13–18.
- [26] Javacska One (Jávacska One),
<https://sourceforge.net/projects/javacska/>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [27] N. Bátfai, E. Bátfai, I. Pšenáková,
Jávacska One: Open Source Mobile Games to Revolutionize Education of Programming,
Journal of Computer Science and Control Systems,
Vol. 3., No.2., 2010, pp.5–10.
- [28] Bátfai N., Bátfai M.E.,
A mobiljáték-fejlesztés elméleti és gyakorlati momentumai,
In: Híradástechnika, LX. évf., 2005/5., pp.34–37.
http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2005/2005_5/HT_0505-7.pdf
(letöltve: 2010.11.21.)
- [29] Andrejs Jermakovics, Marco Scotto, Giancarlo Succi,
Visual identification of software evolution patterns.
In: 9th International Workshop on Principles of software evolution: in conjunction with the 6th ESEC/FSE joint meeting (IWPSE'07),
ACM, New York, NY, USA, 2007, pp.27–30.
<http://doi.acm.org/10.1145/1294948.1294956>
- [30] Fowler, M., Beck, K.,
Refactoring: Improving the Design of Existing Code.
Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.,
Boston, MA, USA, 1999.
- [31] RELAX NG Compact Syntax Tutorial,
<http://www.relaxng.org/compact-tutorial-20030326.html>
(letöltve: 2010.11.19.)
- [32] Jing-trang project,
<http://code.google.com/p/jing-trang/>
(letöltve: 2010.11.19.)
- [33] Bátfai Norbert (2010),
Mobil programozás –
Nehogy már megint a mobilod nyomkodjon Téged!,
Kempelen Farkas Felsőoktatási Digitális Tankönyvtár
(egyelőre kéziratban).
- [34] AjcTask (iajc),
<http://www.eclipse.org/aspectj/doc/next/devguide/antTasks-iajc.html>
(letöltve: 2010.11.19.)
- [35] AspectJ compiler Maven Plugin,
<http://mojo.codehaus.org/aspectj-maven-plugin/>
(letöltve: 2010.11.19.)
- [36] Bátfai N.,
„Mobiltelefonos játékok tervezése és fejlesztése”,
PhD doktori disszertáció, 2010.
<http://www.inf.unideb.hu/~nbatfai/phd>
(letöltve: 2010.11.20.)
- [37] Mária Molnárné Nagy, Norbert Bátfai (2010),
Providing software reengineering technical expertise based on similarity metric, submitted.
- [38] Ming Li, Xin Chen, Xin Li, Bin Ma, Paul M., B. Vitányi,
The similarity metric,
IEEE Transactions on Information Theory, 2003,
pp.863–872.
- [39] CompLearn,
<http://www.complearn.org/>
(letöltve: 2010.01.04.)
- [40] Á. Fothi, J. Nyeky-Gaizler, Z. Porkoláb,
The Structured Complexity of Object-Oriented Programs
Mathematical and Computer Modeling, 2003.
Vol. 38., No.7-9., pp.815–827.
- [41] Program W,
<http://programw.sourceforge.net/>
(letöltve: 2010.10.17.)
- [42] Jun Yang (2002),
Web Search: Ranking Web Pages,
CPS 296.1 Topics in Database Systems,
<http://www.cs.duke.edu/~junyang/courses/cps296.1-2002-spring/lectures/02-web-search.pdf>
(letöltve: 2010.11.21.)
- [43] Zipf's Law for Natural Languages,
Wolfram Demonstrations Project,
<http://demonstrations.wolfram.com/ZipfsLawForNaturalLanguages/>
(letöltve: 2010.12.25.)

Automatikus hangmagasság-korrekciós rendszer létrehozása

FIRTHA GERGELY

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
gfirtha@gmail.com

Kulcsszavak: hangmagasság-detektálás, hangmagasság-módosítás, kepsztrális analízis, phase vocoder

A cikk egy automatikus hangmagasság-korrekciós rendszer felépítését ismerteti.

Bemutatja, milyen részfeladatok megoldása szükséges a cél eléréséhez, ismerteti ezen feladatok lehetséges megoldásait mind az idő-, mind a frekvenciatartományban és kitér az így létrehozott funkcionális blokkokból álló teljes rendszer működésére.

1. Bevezetés

Hangstúdiókban zenei felvétel készítése során, főként éneksávok esetén, gyakran a hangmagasság utólagos módosítása, pontosítása szükséges. Hangmagasság-korrekció során az énekhangot a hozzá legközelebb eső zenei hanghoz igazítjuk, de azt teljes zenei hangközökkel változtatva akár egyetlen éneksáv alapján kórus is létrehozható. Ennek megvalósításához egyértelmű, hogy elsőként a bemenő hangmagasság minél pontosabb meghatározása szükséges, amelyből meghatározható, mennyit kell azon változtatni a kívánt cél eléréséhez. Ezután a hangmagasság módosítása következik minél kisebb érzékelhető minőségi romlás mellett. Ezek közül egyik sem triviális megoldás, megvalósítható mindkettő a frekvencia- és időtartományban is. A cikkben ezeket az eljárásokat foglaljuk össze, röviden bemutatva azok működésének elméleti alapjait, előnyeiket, hátrányaikat, kitérve egy lehetséges, jól működő rendszer implementálására.

2. A hangmagasság detektálása

A hangmagasság észlelése igen összetett pszichofizikai folyamat, nem egyetlen paramétertől függő fizikai mennyiség. Az észlelt hangmagasság természetesen legszorosabban a spektrális összetevők frekvenciájával van összefüggésben, de függ az észlelt jel intenzitásától, a harmonikusokban való gazdagságtól, a hang időtartamától is. Összességében a feladat szempontjából elegendőnek tekinthető a harmonikus jel alapfrekvenciájának meghatározása. Erre mind az időtartományban, mind a frekvenciatartományban számos megoldás született.

Az időtartományban működő hangmagasság-detektáló algoritmusok általános jellemzője, hogy az eljárás hatékonyságát a bemenő jel harmonikusgazdagsága rontja, tehát hatékonyan csak néhány felharmonikusot tartalmazó hangra alkalmazható. Épp ezért előzőleg aluláteresztő szűrés szükséges, amely optimális esetben

csak az alapharmonikus összetevőt hagyja meg a jelben. Ez természetesen nagyon kevés esetben teljesíthető.

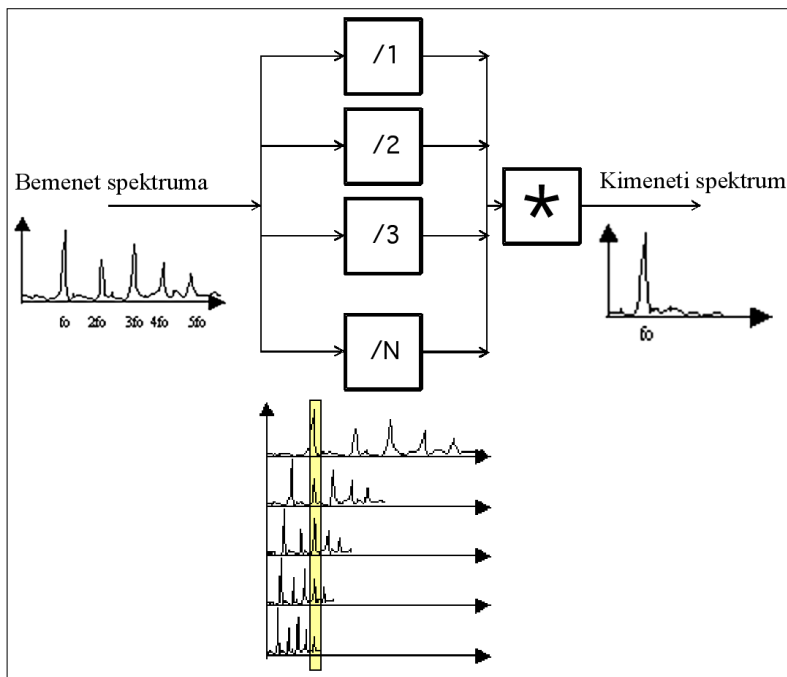
A hangmagasság detektálása az időtartományban legegyszerűbben nullátmenet-számlálással (zero crossing rate) történhet. Némileg szofisztikáltabb és manapság a legelterjedtebb időtartománybeli módszerek az autokorreláción alapuló algoritmusok (AMDF, AS MDF, MACF), melyek során a bementi jel egyes részei közötti hasonlóságot vizsgáljuk. Ennek során a jel valamely autokorrelációs függvényét számítjuk:

$$R_x(v) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)x(n+v).$$

Periodikus $x(n)$ bemenő jel esetén az autokorrelációs függvény bizonyíthatóan periodikus és olyan v értékekre maximális, amely éppen $x(n)$ periódusideje. Ezáltal az eredeti függvény alapfrekvenciája $R_x(v)$ első maximumhelyével megkereshető. Problémát okoz azonban, hogy harmonikusokban gazdagabb jel esetén a korrelációs függvényben minden harmonikusnak megfelelően lokális maximumok jelennek meg. Ha az eredeti jel spektrumában nem az alapharmonikus hordozza a legnagyobb energiát, akkor az autokorrelációs függvényben nem a keresett alapfrekvenciához tartozik a függvény abszolút maximuma, így az algoritmus hibás eredményre vezet. Ez a probléma részben kiküszöbölhető az úgynevezett YIN-becslő alkalmazásával, ami a korrelációs szorzatmaximalizálással ellentétben a függvény részletei közötti különbségek minimumát keresi, így adva becslést az alapfrekvenciára.

Az időtartománybeli módszerek általános előnye a gyorsaság. A számításigénye olyan kicsi, hogy szinte minden valós idejű alkalmazásnál – így például a GSM beszédkódoló eljárások – a hangmagasság meghatározása az időtartományban történik.

A frekvenciatartománybeli módszerek abból a tényből indulnak ki, hogy harmonikus hangok esetén a spektrum főként az alapharmonikus egészszámú többszörősein tartalmaz összetevőket, épp ezért a következő algoritmusok monofonikus hangokra nem működnek. A feladat természetesen nem vezethető vissza a triviális-



1. ábra A HPS algoritmus működése

nak tűnő spektrális maximumhely-keresésre, hiszen az esetek jelentős részében nem az alapharmonikus hordozza a legnagyobb energiát.

Az alapharmonikus keresés legegyszerűbb módja a Harmonic Spectrum Product (HPS) módszer, amelynek az alapötlete a következő: legalább N felharmonikus tartalmazó hang spektrumát N -ed részére összenyomva (ami újramintavételezéssel egyszerűen megvalósítható) az N . felharmonikus épp az alapharmonikus eredeti helyére – alapharmonikus „frekvencia-binjére” – kerül. Ezután az eredeti és az összenyomott spektrumokat összeszorozva ideális esetben az alapharmonikuson kívüli összetevők elhanyagolhatóvá válnak, és az alapharmonikus egyszerű maximumhely kereséssel meghatározható (1. ábra).

A módszer fő előnye a gyorsasága, kis számításigénye, valamint az, hogy mind additív, mind multiplikatív zajra érzéketlen. Hátránya azonban a lehetséges oktávhiba, azaz nem az alapharmonikusra, hanem valamely felharmonikusára való döntés, nagyon sok felharmonikus tartalmazó jelek esetén. Nagyobb gondot jelent, hogy a módszer pontossága az egész spektrumon azonos: a hiba maximálisan két szomszédos frekvencia bin közötti távolság fele.

Másik megközelítése a problémának a kepsztrális analízis, melynek alapja az a tény, hogy egy több felharmonikus tartalmazó jel spektruma maga is részben periodikusnak tekinthető és ez a periodicitás egy újbóli Fourier-transzformációval detektálható. Kepsztrális analízis során az énekhangot a hangszálak által keltett tisztán harmonikus rezgés a vokális traktus hangalakító szervei által szűrt változatának tekintjük, azaz felírható a gerjesztőjel és a vokális traktust reprezentáló szűrő spektrumainak szorzataként (ez az emberi hangképzés forrás-szűrő modellje):

$$Y(\omega) = |X(j\omega)||H(j\omega)|$$

Az egyenlet mindkét oldalának logaritmusát véve a szorzás összeadássá alakul, amelyet ezután tagonként inverz Fourier-transzformálhatunk:

$$\begin{aligned} C(\omega) &= \mathcal{F}^{-1}\{\log|Y(\omega)|\} = \\ &= \mathcal{F}^{-1}\{\log|X(j\omega)|\} + \mathcal{F}^{-1}\{\log|H(j\omega)|\} \end{aligned}$$

Az egyenlet bal oldala a hang kepsztruma, amelyben a 0 ms környezete a szűrő jellemzője, míg a gerjesztésből származó csúcsok kb. 5 ms után jelennek meg. Ezután a kepsztrumban való csúcskereséssel az eredeti hang alapfrekvenciája könnyen meghatározható (2. ábra).

A módszer előnye, hogy a felbontása alacsonyabb frekvenciákon pontosabb, azaz jobban illeszkedik az emberi hallásmodellhez. Hátránya azonban, hogy magasabb hangokon a szűrő és a gerjesztés kepsztruma már nehezebben különválasztható, így pontosan leginkább mélyebb hangokon működik, emellett a HPS-nél jelentősen zajérzékenyebb.

A HPS és kepsztrum módszerek együtt is alkalmazhatóak, ebben az esetben azonban a frekvenciafelbontás ismét romlik. Az FFT eredményeként kapott diszkrét spektrumban 50 ms hosszú blokkméretet alkalmazva a szomszédos frekvenciakomponensek közötti távolság akár 20 Hz fölött van, ami akár 10 Hz hibát jelenthet a detektálásban. Ez természetesen nem megengedhető, ezért a frekvenciafelbontás növelése szükséges, amelyre saját eljárás került kidolgozásra.

A felbontás növelésének alapja a frekvenciatartománybeli interpoláció parabolikus, vagy sinc függvényekkel, azaz a frekvenciacsúcsokra való parabolaillesztés úgy, hogy a parabolikus függvény értéke a szomszédos frekvenciakomponenseken nulla legyen. Ezek után az interpolált spektrum az így illesztett függvények összege, amelyben megkereshető a becsült eredeti spektrális csúcsérték. Az így kapott módszerrel a frekvenciafelbontás pontossága 4096 mintányi blokkok esetén 0,1 Hz körül van, amely már bőven elegendő pontosság az eredeti feladat megoldására a 10.75 Hz pontossággal szemben, amely 4096 minta és 44,1 kHz mintavételi frekvencia esetén a DFT frekvenciafelbontása. A 3. ábrán az algoritmus eredménye látható állandóan növekedő frekvenciájú vizsgálójelre, becsléssel és becslés nélkül.

Az időtartománybeli és frekvenciatartománybeli módszereken kívül az utóbbi időben kezdenek elterjedni a különböző wavelet-transzformáció alapuló hangmagasságot meghatározó algoritmusok. Ekkor a jelet egyes anya-wavelet bázisfüggvények által kifeszített térbe transzformáljuk lineáris transzformációval. Az anya-waveleteket megfelelően megválasztva információ nyerhető például a jel nullátmeneteiről, amelyből a hangmagasság meghatározható.

Az alaphangi felismerő algoritmusok hatékonyságát napjainkban legjobban a MIDOMI és Shazam programok mutatják, amelyek akár lényeges időbeli és frekvencia-

beli tévedések mellett is képesek dúdolásból, éneklésből, füttyülésből az adatbázisban szereplő dallamokra ráismerni. Ezen programok működésének alapjai, algoritmusai azonban természetesen nem ismertek.

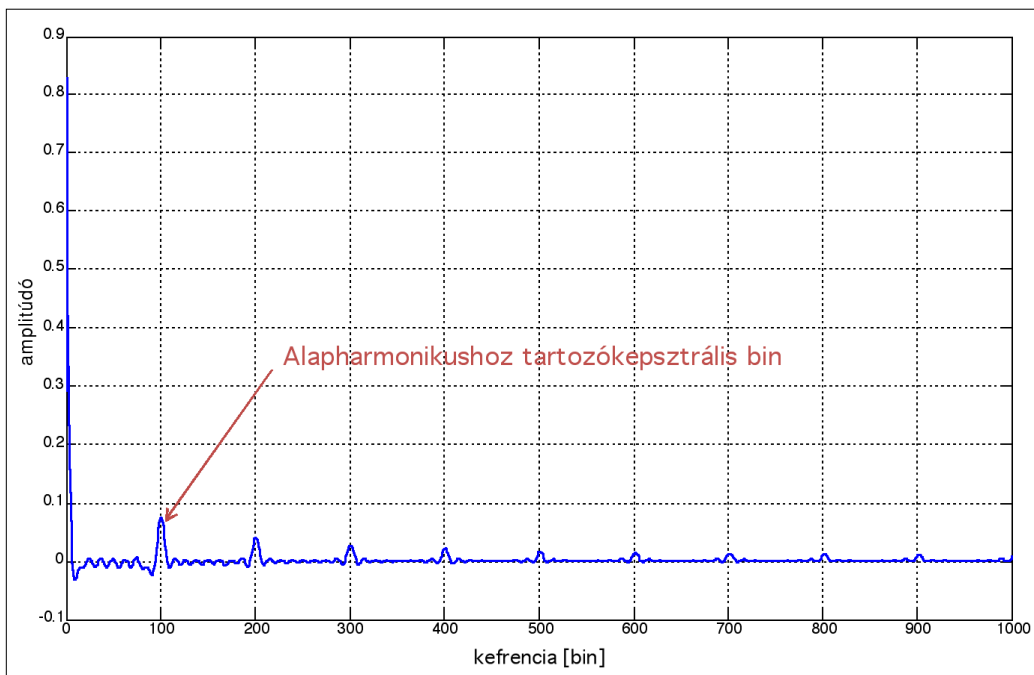
3. A hangmagasság módosítása

A hangmagasság ismeretében a következő feladat a lehető legkisebb minőségi romlás mellett a hangmagasság módosítása. Erre természetesen ismét mind a frekvenciatartományban, mind az időtartományban születnek eljárások.

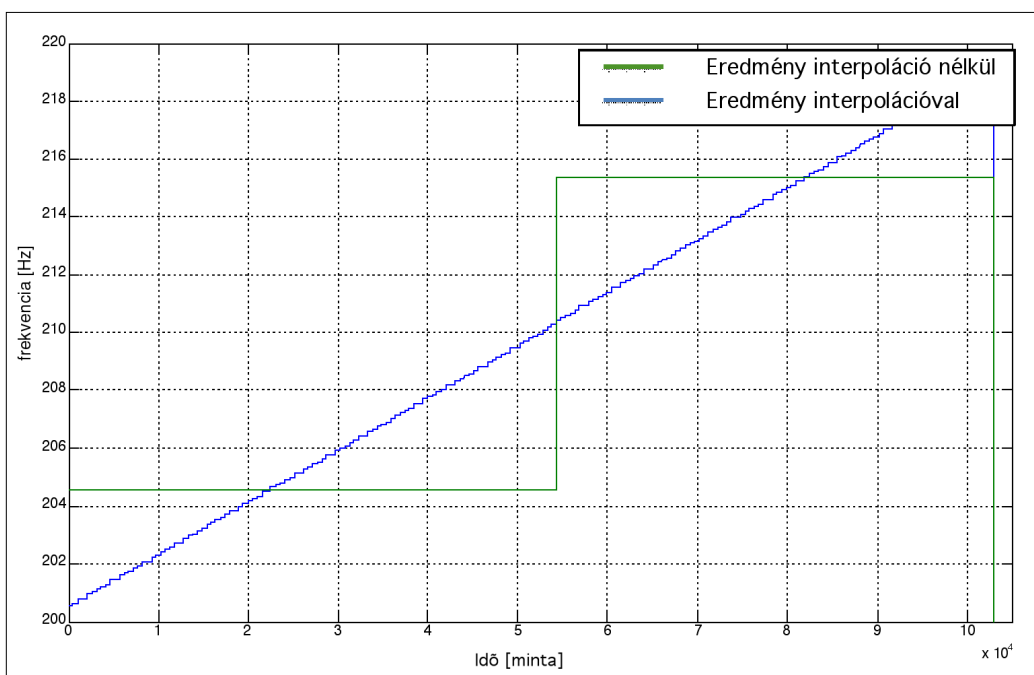
Az időtartománybeli módszerek általánosan ugyanazon az elven működnek: a bemenő jel hosszának nyúj-

tása változatlan hangmagasság mellett, majd a lejátszási sebességet növelve a hangmagasság megváltoztatása. Erre a két legelterjedtebb módszerek a *Synchronous OverLap and Add (SOLA)* és *Pitch-Synchronous OverLap and Add (PSOLA)* algoritmusok.

A SOLA algoritmus során a jelet, egymást átfedő blokkokra osztjuk egymástól egyenlő távolságra. Ezután a cél a blokkok egymástól távolabbra való „széthú-zása”, azaz az átfedő intervallumok hosszának csökkentése. Ahhoz azonban, hogy ez ne okozzon hallható változást a jelben, előzetesen meg kell keresni egy maximálisan hasonló részt az átfedési intervallumban. Ez lehetséges például egy autokorrelációs függvény vizsgálatával. Ezek után a blokkokat egymáshoz képest az így meghatározott helyre eltolva elérhető a bemenő jel



2. ábra
Harmonikus jel
kepsztruma



3. ábra
A hangmagasság
detektálás eredménye
lineárisan növekedő
frekvenciájú bemenő
jelre, interpolációval és
interpoláció nélkül

hosszának nyújtása változatlan hangmagasság mellett. A lejátszási sebességet újrámintavételezéssel változtatva az eredeti lejátszási idő visszaállítható, így a hangmagasság tetszőlegesen módosítható. A PSOLA algoritmus a SOLA algoritmus kiegészítése többek között dinamikusan változtatható blokkmérettel, amely blokkméretet egy előzetes alapperiódusidő-bebecslés alapján választ az algoritmus.

Az időtartománybeli módszerek előnye a hangmagasság detektáláshoz hasonlóan ismét gyorsaságukban rejlik, azonban nagy hátrányuk, hogy a kimenő jelben általában hallható torzítás keletkezik, ezért a professzionális, stúdiókönyezetben is alkalmazott szoftverekben szinte mindig a következő frekvenciatartománybeli eljárást alkalmazzák.

Napjainkban a legszofisztikáltabb eljárás a frekvenciatartományban működő phase vocoder technika, amelyet a kereskedelemben is kapható hangmagasság módosító szoftverek, így az Antares Auto-Tune is alkalmaz.

Az eljárás során a tetszőleges hosszú folytonos bemenő jelből tetszőleges kezdőpontú N hosszú blokkját dolgozzuk fel, úgy, hogy az idő abszolút origója a 0. idő bin, azaz a feldolgozott blokk helye az időtengelyen ismert. Ez elméletben a jel egy olyan ablakfüggvénnyel való szorzásával, amely csak a vizsgált blokk helyén nem nulla, majd a teljes jel Fourier-transzformációjával érhető el. Ez a rövid idejű Fourier-transzformáció (STFT). A gyakorlatban azonban a jelből közvetlenül az aktuálisan vizsgált N hosszú blokk DFT-je számítható, amely során az időtengely origója a vizsgált blokk kezdete: ez a különbség a feldolgozás során hibás fázisértelmezéshez vezet. A blokkok átlapolódnak, kezdőpontjuk egymástól R_a távolságban van, ez az úgynevezett ugrásméret. 50%-os átlapolódás mellett például $R_a=N/2$. Ekkor levelezhető, hogy az s . blokk esetén a jel STFT-je és DFT-je, illetve a fázisuk között az alábbi kapcsolat van:

$$X(sR_a, k)_{STFT} = W_N^{sR_a k} \tilde{X}(sR_a, k)_{DFT}, \text{ ahol } W_N = e^{-j2\pi/N}$$

$$\varphi(sR_a, k)_{STFT} = \tilde{\varphi}(sR_a, k)_{DFT} - \frac{2\pi k}{N} sR_a$$

A feldolgozás folyamán tehát a fázist folyamatosan korrigálni kell. Hogy a fázis ne tartson végtelenbe, célzerű a $]-\pi; \pi]$ tartományba transzformálni minden blokk feldolgozása során.

A phase vocoder-hez kapcsolódó talán legfontosabb fogalom a pillanatnyi frekvencia. Ez az egyes frekvenciákon való fázisváltozás egy mintavételi idő alatt, azaz a fázisfüggvény idő szerinti első deriváltja. Értelmeszerűen, ha két egymást követő blokk kezdetén a fázis ismert, akkor a fáziskülönbség és a blokkok közötti időbeli távolság hányadosa épp az adott k . pillanatnyi frekvencia:

$$d\varphi = \frac{\Delta\varphi_{STFT}}{R_a} = \frac{\Delta\tilde{\varphi}_{DFT}}{R_a} - \frac{2\pi k}{N}$$

ahol a korrekciós tag fázis-korrekciót leíró egyenletet az s . és $(s+1)$. blokkra felírva egyszerűen kijön. A pillanatnyi frekvenciák segítségével a hangmagasság

módosítása egyszerűen végrehajtható a szinuszos összetevők közvetlen szintetizálásával az alábbi módon.

- Az analízis során kiszámoljuk a fázisváltozást egy minta alatt:
$$d\varphi(k) = \frac{\Delta\varphi(k)}{R_a}$$

Hasonlóan az egyes összetevők egy minta alatti amplitúdó változását:

$$dA(k) = \frac{A((s+1)R_a, k) - A(sR_a, k)}{R_a}$$

- A fázisváltozást megszorozzuk a transzpozíciós tényezővel (*transpo*), így végrehajtva a frekvenciamódosítást és integráljuk a módosított fázist az időtartományon úgy, hogy a blokkon belül az adott $X(n, k)$ minta értéke:

$$\tilde{\varphi}(n+1, k) = \tilde{\varphi}(n, k) + \text{transpo} \cdot d\varphi(k)$$

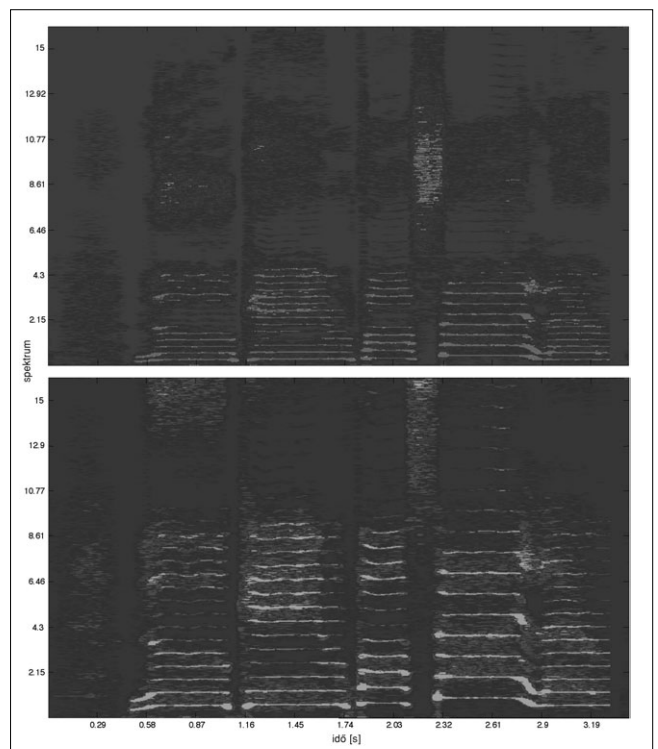
$$A(n+1, k) = A(n, k) + dA(k)$$

$$X(n, k) = A(n, k) \sin(\tilde{\varphi}(n, k))$$

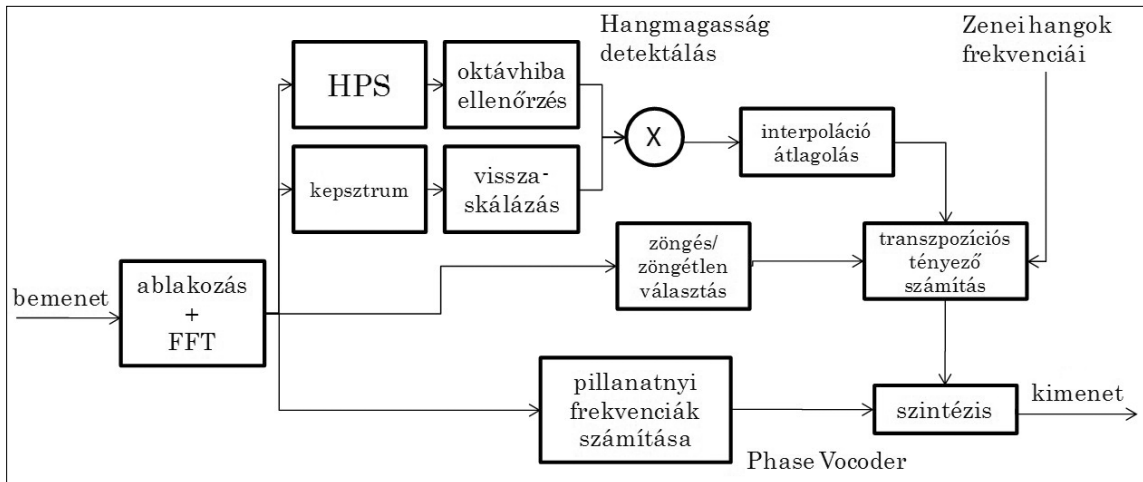
- Az algoritmust minden frekvencián elvégezve közvetlenül, inverz Fourier-transzformáció nélkül újrasyntetizálhatjuk az immár frekvenciában módosított összetevőket.

Az algoritmus eredménye a 4. ábrán látható a hangmagasság oktávnyi emelése mellett. A kimeneti jelet meghallgatva elmondható, hogy torzítás egyáltalán nem hallható a hangmagasság-módosítás után. A bemutatotton kívül phase vocoder-t alkalmazva a hangmagasság-változtatás akár a SOLA-hoz hasonló időnyújtás, majd újrámintavételezés alapon is végrehajtható, hiszen, mint látható volt, a folytonos fázis a jelben biztosítható, így elkerülve a hallható torzítást, amely a blokkhatárokon történő ugrásból származik.

4. ábra
Az eredeti énekdallam és frekvenciakétszerezett dallam spektrumának változása az idő függvényében



5. ábra
A teljes
hangmagasság
korrekciós
rendszer
blokkvázlata



4. A teljes rendszer felépítése és működése

A bemutatott algoritmusok segítségével egy teljesen automatikusan működő hangmagasság-korrekciós rendszer létrehozása lehetséges. A hangmagasság megváltoztatására a legjobb minőséget a phase vocoder nyújtja, amely a frekvenciatartományban működik. Ezt alkalmazva azonban eleve rendelkezésünkre áll a jel spektruma, így kézenfekvő, hogy a hangmagasság detektálását is a frekvenciatartományban hajtsuk végre. A következőkben egy puszta a frekvenciatartományban működő rendszer működését mutatjuk be az előzőekben bemutatott módszereket alkalmazva.

A rendszer feladata, hogy meghatározza a bemenő hang alapfrekvenciáját, majd ez alapján végrehajtsa a hangmagasság módosítását úgy, hogy a végeredményként kapott énekhang a zenei skála hangjai közé tartozzon. Ez legegyszerűbben a bemenő jel detektált alapfrekvenciájához legközelebb eső zenei hang megkeresésével, majd a bemenő frekvencia erre való igazításával érhető el: A zenei skálába tartozó frekvenciák:

$$f_n = 55 \cdot (\sqrt[12]{2})^n, \text{ ahol } n \in \mathbb{N}$$

Megvizsgálva, hogy a detektált frekvencia melyik f_n frekvenciához van legközelebb, majd az arányukat kiszámítva a transzpozíciós tényező így egyszerűen meghatározható.

Énekdallamok esetén zöngétlen hangok esetén a hangmagasság nem értelmezhető, így fontos, hogy az algoritmus különbséget tegyen a zöngés, és a nem harmonikus, zaj jellegű, zöngétlen hangok között. A zöngés-zöngétlen különválasztására lehetőséget nyújt a spektrum tömegközéppontjának számítása, mivel a zöngétlen hangok spektrális tömegközéppontja a tapasztalat alapján sokkal nagyobb frekvencián van, mint a harmonikus jeleké. Ez alapján egy egyszerű küszöbérték-állítással a zöngés és zöngétlen hangok egyszerűen különválaszthatók

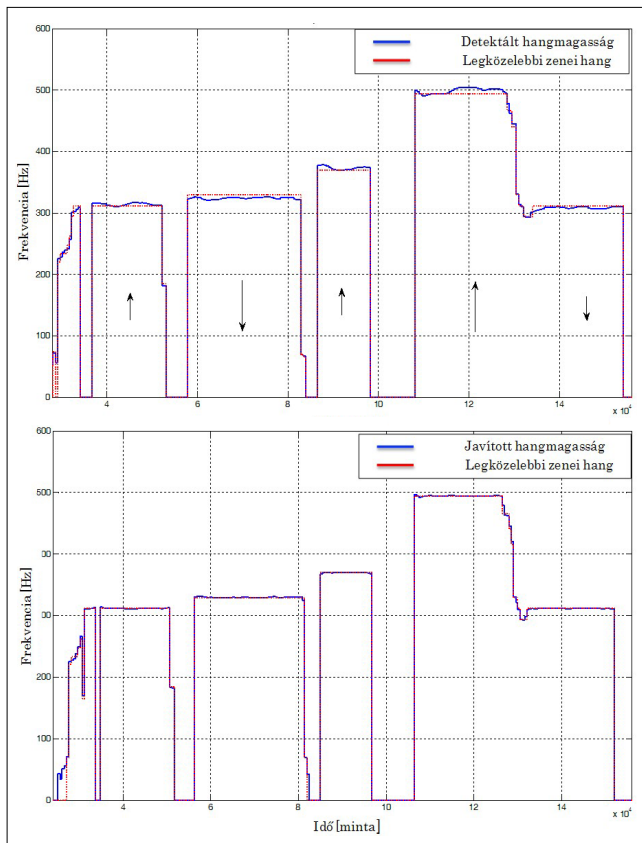
Ezek alapján a teljes rendszer felépítése az 5. ábrán látható: A bemenő jelet átlapolódó blokkonként ablakozzuk és Fourier-transzformáljuk. Meghatározzuk az alapharmonikus frekvenciáját – a pontosabb eredmény ér-

dekében frekvenciatartománybeli interpolációt alkalmazva – majd megvizsgáljuk, mely zenei hanghoz van legközelebb. Ha a bemenő hang zöngétlen mássalhangzó, nincs szükség a hangmagasság módosítására: a transzpozíciós tényező értéke egységnyi. A kimenetet eközben a phase vocoder algoritmus segítségével folyamatosan szintetizáljuk a pillanatnyi frekvenciák segítségével, amelyeket szükség esetén folyamatosan módosíthatunk.

A rendszer működésének vizsgálata a 6/a. és b. ábrákon látható: Női énekhangot stúdióprogram beágyazott hangmagasság-módosító algoritmusával hamissá téve – a módosítás „irányát” az ábrán nyilakkal jelölve – majd a rendszer hangmagasság-felismerő algoritmusán átfuttatva a detektált hangmagasság a 6/a. ábrán folytonos vonallal, a hozzá legközelebb eső zenei hang frekvenciája pedig szaggatott vonallal látható. A frekvencia egyes időpillanatokban zérusértékű, ezeken a helyeken a rendszer zöngétlen mássalhangzót, vagy csendet detektált. A 6/b. ábrán a teljes rendszer kimenete látható a hangmagasság detektáláson ismét átfuttatva. Látható, hogy a rendszer a kitűzött célt tökéletesen végrehajtotta, a szintetizált éneken már minden hang zenei skálába esik. A bemenetet és kimenetet meghallgatva és összehasonlítva ez be is bizonyosodik, a jól hallható hamis hangokat a rendszer kijavította.

5. Összefoglalás

A kitűzött feladat – tehát egy teljesen automatikusan működő hangmagasság korrekciós rendszer létrehozása – a bemutatott módszerekkel végrehajtható. Az egyes feladatok lehetséges megoldásainak megismerése után egyértelművé vált, hogy a megfelelő minőség érdekében célszerű a hangmagasság-módosítást a frekvenciatartományban elvégezni, így végül az egész rendszer pusztán a frekvenciatartományban működik. Az ehhez szükséges DFT felbontása – amely a legfőbb limitáló tényező – interpolációval jelentősen növelhető, a munka során kidolgozott módszerrel akár tized Hz pontoságig is, amely már felül is múlja a feladathoz szükséges felbontást.



6/a. és 6/b. ábra
Hamis női ének dallam
automatikus hangmagasság javítás előtt és után

A phase vocoder eljárás hallható minőségi romlás nélkül képes a hangmagasságot módosítani, épp ezért a kereskedelmi forgalomban kapható szoftverek ezt az algoritmust használják. Az itt bemutatott rendszer számos továbbfejlesztési lehetőséget rejt magában: a zöngés-zöngétlen különválasztás az esetek nagy részében helyesen működik, azonban a 'H' hangot, amelynek spektrális súlypontja az alacsonyabb frekvenciákon helyezkedik el, nem képes detektálni. Bár hangmagasság-javításnál nincsenek félhangnyinál nagyobb transzpozíciós tényezők, a hangmagasságot tetszőlegesen változtatva az énekhang elváltozása érzékelhetővé válna. Ez elkerülhető formáns megőrzést alkalmazásával: mivel az egyéni énekhangot leginkább a spektrális burkológörbe jellemzi, azt megőrizve a hangmagasság-módosítás az énekhang változása nélkül hajtható végre. Szintén problémát okoz a vezérlőjel előállítás statikus jellege, amely miatt a rendszer a hajlításokat és a negyedhangot meghaladó amplitúdójú vibratókat nem képes kezelni.

Működéséből eredően a HPS algoritmus képes lenne polifonikus hangok összetevőinek alapfrekvenciájának felismerésére is, így frekvenciafüggő vezérlőjellel lehetséges a rendszer működését akár polifonikus hangokra is kiterjeszteni. Ezeket a kiegészítéseket a rendszerbe integrálva a bemutatott módszerekkel akár a jelenleg forgalomban kapható, hasonló célú programok képességein túlmutató szoftvert lehet létrehozni.

A szerzőről



FIRTHA GERGELY 2010-ben szerzett BSc diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Jelenleg a BME MSc képzését végzi Médiatechnológiák és médiakommunikáció szakirányon. Kutatási területe főként a hangtér fizikai reprodukciója sokcsatornás hangrendszer segítségével, a hangtér szintézis.

Processzorhűtők méretezése

FARKAS GYÖRGY

Széchenyi István Egyetem, Távközlési Tanszék
farkasgy@sze.hu

Kulcsszavak: processzor, hűtésméretezés, élettartam, analízis és tervezés, termikus ellenállás, hűtőbordák

Az elektronikus alkatrészek várható élettartama erősen csökken a belső hőmérséklet növekedésekor, sőt kellően hatékony hűtés nélkül rendszerint tönkre is mennek. A korrekt analízis és tervezés szükségessé tenné igényes elméleti módszerek alkalmazását, amihez még mérések, becslések, iterációk is tartoznak. Kompromisszumokra kényszerülünk és elő kényszerülünk venni a korábban tanított, részben már elavult, de elméletileg jól megalapozott anyagrészeket tartalmazó irodalmakat.

1. Bevezetés

A melegedő elektronikus alkatrészek hűtése kisebb igények esetén spontán, gravitációs légáramú hűtőfelületekkel megoldható. De hűtőbordázat és a légáramlat ventilátoros forszírozása nélkül a szükséges mértékű hőelvonás az esetek többségében nem érhető el.

A továbbiakban röviden összefoglaljuk a hőtechnika használni kívánt fogalmait és alapvető összefüggéseit a villamosmérnök gondolatvilágához közeli villamos analógiát alkalmazva és ezzel együtt ismertetjük a hűtés méretezéséhez – a hűtőborda és a ventilátor kiválasztásához – tartozó egyszerűbb számítás módszereit.

2. Alapösszefüggések

A *hőtani ohm-törvény* (1) szerint a hőmérsékletkülönbség: Θ , a disszipált teljesítmény: P és a termikus ellenállás: κ szorzata. (A hőmérsékletkülönbség mértékegységére formálisan $W/K/W=K$ adódik, de célszerű $^{\circ}C$ -ban értelmezni.)

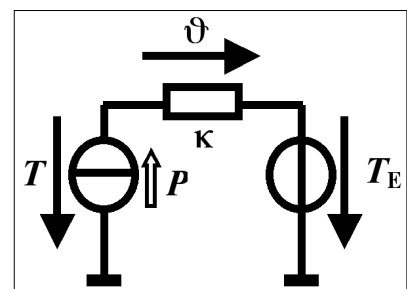
$$\Theta = P \kappa \quad (1)$$

Az analógia alapján rajzolható villamos helyettesítő képpen (1. ábra):

hőmérsékletkülönbség > villamos feszültségkülönbség
hőáram > villamos áram
termikus ellenállás > villamos ellenállás.

A „hőtani ohm-törvényt” a villamosmérnöki szemlélet és a könnyebb számítás kedvéért alkalmazzuk (némileg erőltetetten), mivel az (1) szerinti összefüggés elvileg csak a *hővezetésre* érvényes, a *hősugárzásra* és a *konvekcióra* (hőszállításra) csak közelítésként. A *sugárzásban* ugyanis nem a $^{\circ}C$ -ban számított hőmérsékletkülönbség, hanem a K -ben mért értékek negyedik hatványának különbsége a meghatározó, ami persze a $^{\circ}C$ -ban mért értékek különbségével nem egyezik.

1. ábra



Az alkalmazott paraméterek jelölése, mértékegysége

T	a hőmérséklet $^{\circ}C$ -ban.
Θ	a hőmérséklet K -ben. $\Theta = 273,15 + T$ (Bár kelvin az előírt mérték egység, de a celsius megszokottabb, hőmérséklet <u>különbsége</u> vonatkoztatva a számértékek egyenlők.)
Θ	a hőmérséklet <u>különbség</u> $^{\circ}C$ -ban, vagy K -ben
T_J	a tokozott félvezető eszköz belső (réteg, J : junction) hőmérséklete $^{\circ}C$ -ban
T_E	a környezet (E : environment) hőmérséklete $^{\circ}C$ -ban
Q	a hőmennyiség Ws -ban. $1 Ws = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ kcal}$
P	a hőáram (a disszipált hőteljesítmény) W -ban (Φ -vel is jelölik).
C	a hőkapacitás Ws/K -ben
κ	a tokozott alkatrész eredő (belső+külső) termikus ellenállása K/W -ban
F	a hűtőfelület m^2 -ben
α	a felületi hőátadási tényező W/Km^2 -ben
c	a közeg (levegő) fajhője Ws/Kg -ban
γ	a közeg (levegő) sűrűsége g/m^3 -ben
λ	a közeg (fém) hővezető képessége W/Km -ben
M	az elszállított közeg (levegő) tömege g -ban
V	a légszállítás: az időegység alatt elszállított levegő térfogata pl. m^3 /perc-ben. A légszállítás amerikai mértékegysége, (air flow): $CFM = \text{köbláb} / \text{perc}$. $1 \text{ CFM} = 1,7 \text{ m}^3/\text{óra} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{perc} = 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$ A ventilátorok erre vonatkozó katalógus adatát csak akkor tekinthetjük érvényesnek, ha azt a hűtőbordára szerelve (az aktuális elrendezés légellenállásával terhelt) specifikálták. Ha csak egy üresjáratú adat, vagy egy légszállítás-nyomáskülönbség grafikon áll rendelkezésünkre, akkor az aktuális légszállítást csak megbecsülni lehet.

Az esetünkben domináló hőközlési forma, a *konvekció* esetén viszont a κ hőellenállás *nemlineáris*, mivel függ magától a hőmérsékletkülönbségtől is.

A hőtani ohm-törvény alkalmazása tehát csak közelítő eredményeket ad. Az eredő T hőmérséklet:

$$T = P \kappa + T_E \quad (2)$$

3. A termikus ellenállás

A hűtőre szerelt alkatrész termikus ellenállásának összetevői:

$$\kappa = \kappa_B + \kappa_I + \kappa_H + \kappa_K \quad (3)$$

ahol

κ_B az alkatrész tokon belüli, (a die és a ház közötti hővezetésből adódó) belső termikus ellenállása, az alkatrész katalógusadata. Ha ez az adat nem szerepel a katalógusban, akkor T_J , T_E és P specifikált maximális értékéből (2) alapján kiszámítható.

κ_I az alkatrész háza és a hűtőtest közötti illesztésnél adódó termikus ellenállás. A nem tökéletes felfekvés, valamint az alkatrészház és a hűtőtest közötti esetlegesen alkalmazott villamos szigetelés okozza. Értéke csökkenthető „hővezető krém” alkalmazásával.

κ_H a hűtőtest anyagának véges termikus vezetőképességéből adódó (a hűtőbordán belüli hőesést képviselő) termikus ellenállás. Elhanyagolhatóan kicsi ez, ha a borda „eléggyé vastag”, ekkor a hűtő izotermikus (lásd az 5. szakaszt).

κ_K a hűtő felületén a hőátadásból adódó, (külső) termikus ellenállás. A felületi hőátadást elvileg két hatás okozza: a konvekció és a hőszugárzás. Esetünkben a sugárzás hatása rendszerint elhanyagolható, ugyanis a zárt dobozban lévő alkatrészek egymásra is sugároznak (a szomszédos hűtőborda felületek döntően), és emiatt sugárzással csekély a hőátadás a környezetnek. Csak nagyobb hőmérsékletek esetén számottevő a sugárzás.

Nem foglalkozunk itt a parkoló pályán lévő szatellitekkel. (Légüres térben nem lehetséges légszállítás, csak hőszugárzás és hővezetés, de súlytalan állapotban még egy levegővel teli kabinban sincs spontán légáramlás, csak diffúziós konvekció.)

Izotermikus hűtőtest felületéről légszállítással (konvekcióval) elvitt hőteljesítmény:

$$P_K \approx \alpha F \vartheta \quad (4)$$

az ebből adódó termikus ellenállás:

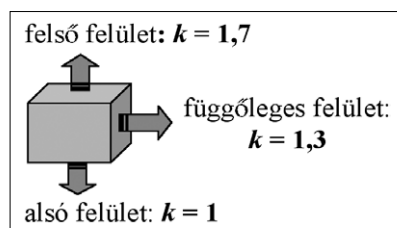
$$\kappa_K = \vartheta / P_K = 1 / \alpha F \quad (5)$$

$$\text{ahol } \alpha \approx \alpha_0 k \sqrt[4]{\vartheta} \quad (6)$$

α_0 függ a levegő áramlásától és a felület méreteitől, k értékét pedig a felület pozíciója határozza meg: spontán, gravitációs légáramlás esetén a sík irányítottasága (azaz, hogy a test melyik oldalára vonatkozik: *alsó-felső-szélő* (2. ábra).

Mivel α -t a ϑ is befolyásolja, a termikus ellenállás „*nemlineáris*”.

2. ábra



Tájékoztató jelleggel az α felületi hőátadási tényező értéke W/Km^2 -ben:

Spontán (gravitációs) légszállításra: $\alpha \approx 5...8 k$ (7a)

Nagyságrendi becsléshez használatos egy kerekített érték: $\alpha \approx 1 mW/Kcm^2$

Ventillátorral mozgatott levegőre a w légsebesség függvényében: $\alpha \approx 5,6 + 4w$, ha $w < 5 m/s$,
 $\alpha \approx 7,1 w^{0,78}$, ha $w > 5 m/s$ (7b)

A ventillátor V légszállításából és a légszatórna keresztmetszetéből a w légsebesség *átlagos* nagysága megbecsülhető:

$$w \approx V / Z \quad (8)$$

ahol Z a szatórna keresztmetszete. (Természetesen egyáltalán nem biztos, hogy az adott alkatrész éppen az átlagos légsebességű zónába esik.)

Az alkatrész belső hőmérséklete és a készülékház belső hőmérséklete közötti különbség a teljesítményből és a termikus ellenállásból számítható a (2) összefüggéssel.

4. A készülékház hatása

Amennyiben az alkatrész egy készülékházban van, akkor a vizsgált alkatrész környezeti hőmérséklete a házban lévő levegő hőmérséklete. Kiszámítható a ház belső részében lévő levegő hőmérsékletének növekedése a helyiségéhez viszonyítva a házat szellőztető ventillátor légszállítása és a házban lévő összes meleget adó szerkezet összes teljesítmény adataiból, ha a háznak van (külön) ventillátora.

A ventillátor légszállítással adódó hűtés összefüggései:

$$M = C / c \quad (9)$$

$$\Delta M / \Delta t = \gamma V \quad (10)$$

$$P_V = \vartheta_V \gamma c V \quad (11)$$

A helyiség hőmérsékletéhez képesti növekedés:

$$\vartheta_V = P_{\text{összes}} / \gamma c V \quad (12)$$

A levegő sűrűségének (γ) és fajhőjének (c) számadataival kerekítve adódik:

$$\vartheta_V = 0,05 \frac{P_{\text{összes}}}{V} \quad (13)$$

Ha itt a teljesítményt W -ban, a légszállítást $m^3/perc$ -ben helyettesítjük, az eredményt $^{\circ}C$ -ban kapjuk. A levegő fajhője nem állandó értékű, befolyásolja többek között a páratartalom is. A (13) összefüggésben szereplő konstans átlagosnak tekinthető, „használatos” érték.

A (13)-mal számított hőmérsékletnövekedés a készülékből kiáramló, legmelegebb levegőre vonatkozik. Ha a kérdéses alkatrész a helyiségből a készülékházba beáramló, hidegebb levegő környezetébe kerül, akkor ennél kisebb a közvetlen környezetének hőmérséklete. A képletből adódó értéket alaposabb elemzés nélkül tekinthetjük pesszimálisnak.

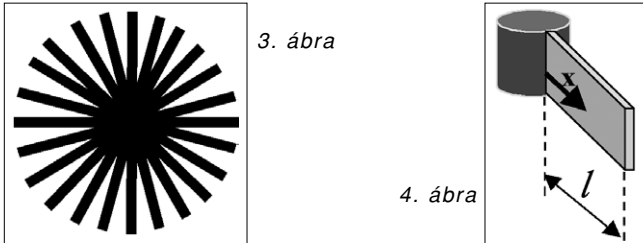
Az alkatrész belső hőmérséklete:

$$T_J = P \kappa + \vartheta_V + T_E \quad (14)$$

T_E a valóságban nem állandó, és ezért ha (14)-ben T_E -t a helyiség maximális várható hőmérsékletével vesszük egyenlőnek, akkor még egy oka van annak, hogy a számított T_J -t pesszimális közelítő értéknek tekintsük.

5. Hűtőbordák hőátadása

A hűtést megvalósító egyszerűbb hűtőtest lehet izotermikus és ekkor az előző összefüggésekkel méretezhető. Bonyolultabb szerkezetű hűtőtesteknél az eszköztől egy hővezető tömb és egy bordázat viszi el a hőt. A 3. ábra ennek vázlata. A hővezető tömböt és egyetlen hozzá kapcsolódó, l hosszúságú bordáját mutatja a 4. ábra.



A bordában a tövétől x távolságra a környezet hőmérsékletéhez viszonyított **hőmérsékletkülönbség: $\vartheta(x)$** , ami a borda „hossza” mentén változó értékű, a meleget közvetítő „tőtől” távolodva csökken a borda hőmérséklete. Persze ez a csökkenés a gyakorlatban lehet igen csekély. A jól méretezett borda közel izotermikus.

A borda keresztmetszetét a hossza mentén állandónak tekintjük és a hővezető tömbön belüli hőesést nagy valószínűséggel elhanyagolhatjuk. De vékony bordázat esetén számottevő lehet a bordán belüli hőmérséklet-csökkenés. Az ilyen borda kevésbé hatékony, mert a hővezető tömbtől távolabbi, a „vége felé” eső felület részek egyre kisebb mértékben tudnak hőt átadni a környezetnek. Ilyen hatékonyságcsökkenés akkor következik be, ha borda túl „karcsú”, azaz vékony és hosszú. Célszerű megvizsgálni, és ha szükséges, a termikus ellenállásnál számításba kell venni a borda esetleges túlzott „karcsúságának” hatását (5. ábra).

5. ábra

Jelölések

x a borda egy pontjának távolsága a hővezető tömbtől
 $x=0$ a borda tövének hővezető tömbhöz csatlakozó helye
 $x=l$ a borda végének helye
 $P(x)$ a bordában áramló hő x -helyen
 $\vartheta(x)$ borda és környezet hőmérsékletkülönbsége x -helyen
 $P(0)$ a bordába a hővezető tömbnél (a tőnél) belépő hőáram
 A a borda keresztmetszetének területe
 K a borda keresztmetszetének kerülete

A bordában keletkező hőmérsékletesés a véges hővezetés miatt az $(x, x + \Delta x)$ szakaszon:

$$\Delta\vartheta(x) \approx -P(x) \Delta x / \lambda A \quad (15)$$

A bordában az x helyen lévő keresztmetszetben a hőáram nagysága (15)-ből:

$$P(x) = -\lambda A \frac{d\vartheta(x)}{dx} \quad (16)$$

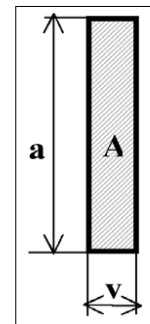
A borda $\Delta F = K \Delta x$ nagyságú felületén a hőátadás a környezetnek:

$$\Delta P(x) \approx \vartheta(x) \alpha K \Delta x \quad (17)$$

A fentiekből; $\vartheta(x) = -L^2 \frac{d^2\vartheta(x)}{dx^2} \quad (18)$

ahol L a borda anyagára, felületére és „karcsúságára” jellemző, hosszdimenziójú tényező:

$$L = \sqrt{\frac{\lambda A}{\alpha K}} \quad (19)$$



6. ábra

A 6. ábra a borda A keresztmetszetét mutatja. A (19) összefüggésében szereplő A/K viszony a borda „karcsúsága”. Értéke közelítőleg a borda vastagságának fele:

$$\frac{A}{K} = \frac{av}{2a + 2v} \approx \frac{v}{2}, \quad (20)$$

miel $v \ll a$

Az L hozzávetőleges értéke megbecsülhető a hővezető képességet az alumínium, a felületi hőátadást egy gyengébb ventilátor (vagy egy jó spontán hőáramlás) adataira alapozva:

$$\sqrt{\frac{\lambda}{\alpha}} \approx 5 \text{ m}^{1/2} \quad (21)$$

A (18) differenciálegyenlet megoldása:

$$\vartheta(x) = C_1 e^{x/L} + C_2 e^{-x/L} \quad (22)$$

A C_1 és a C_2 állandókat a határértékekből lehet meghatározni. A továbbiak részletezését mellőzve adódik:

$$P(0) = \frac{\lambda A}{L} \vartheta(0) \text{th}(l/L) \quad (23)$$

A borda tövéhez rendelhető termikus ellenállás (23) alapján:

$$\kappa_H + \kappa_K = \frac{\vartheta(0)}{P(0)} = \frac{L}{\lambda A} \frac{1}{\text{th}(l/L)} \quad (24)$$

A borda akkor rövid, ha $(l/L) \ll 1$, ekkor $\text{th}(l/L) \approx l/L$, ezzel

$$\kappa_{\text{rövid}} = \frac{L^2}{\lambda A l} = \frac{1}{\alpha K l} = \frac{1}{\alpha F} \quad (25)$$

miel $F = K l$. A (25) összefüggés azonos az izotermikus esetre vonatkozó (5)-tel.

A borda termikus ellenállását a rövid bordáéra vonatkoztatva jól mérlegelhető, *milyen arányban növekszik meg az ellenállás a bordalemez relatív vékonysága miatt.*

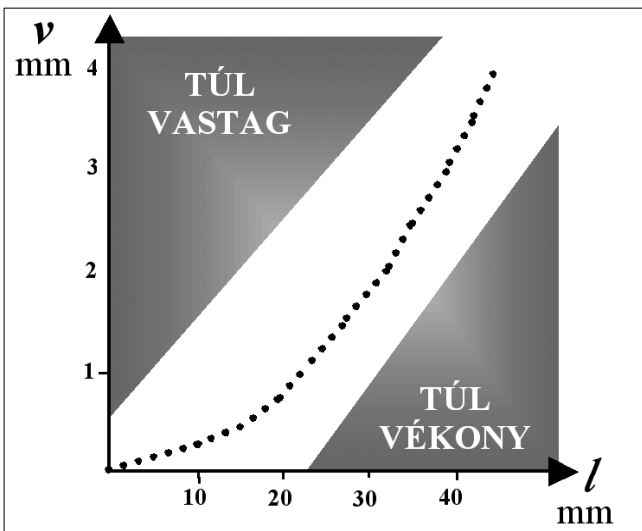
$$\frac{\kappa_H + \kappa_K}{\kappa_{\text{rövid}}} = \frac{l/L}{\text{th}(l/L)} \quad (26)$$

A borda ezek alapján izotermikus, ha $l/L = 0,2 \dots 0,3$
 túl vastag, ha $l/L < 0,2$
 túl vékony, ha $l/L > 1$

Az ellenállás növekedése kb. 30% az izotermikus értékhez viszonyítva, ha $l/L=1$, és igen nagy lesz – kb. (l/L) -szeres –, ha $l/L > 2$.

A 7. ábra diagramján l értékét önkényesen $L/5$ -tel tettük egyenlővé. A túl vékony és a túl vastag bordázat-hoz tartozó tartományok elkülöníthetők.

Ha a borda a vastagságához viszonyítva túlzottan hosszú, akkor nem felel meg a hűtési feladatának, de a számítás eredménye ekkor is figyelemre méltó.



7. ábra

A közelítésben a végtelen hosszú bordára (22)-ből adódik:

$$\vartheta(x) = \vartheta(0) e^{-x/L} \quad (27)$$

Egy nagyon hosszú hőelvezetőben *exponenciálisan* csökken a hőmérsékletkülönbség, a hőmérséklet aszimptotikusan tart a környezetének hőmérsékletéhez (8. ábra).

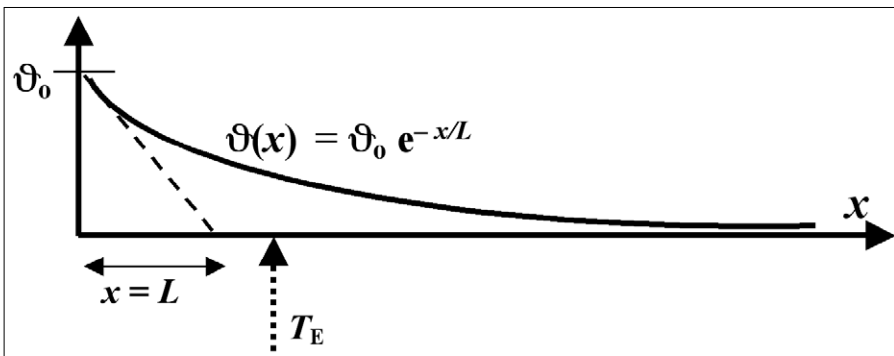
Ezzel a feltétellel $P(0) = \vartheta(0) \sqrt{\lambda A \alpha K}$ (28)

így egy túlzottan hosszú, vékony hőátadó felület termikus ellenállása:

$$K_{\text{hosszú}} \approx K_{\infty} = \frac{1}{\sqrt{\lambda A \alpha K}} \quad (29)$$

Ez az összefüggés például egy nyomtatott áramköri fóliacsík, vagy egy huzal hőelvezetését modellezheti, *de reális hűtőre nem vonatkozhat* (szemben egyes publikációkkal)!

8. ábra



6. Összegzés

A némileg terjedelmes számítások ellenére a *végeredmény igen egyszerű és gyakorlatilag könnyen alkalmazható*. Természetesen nem várható pontos eredmény ezektől az összefüggésektől, hiszen több jelentős közelítést tartalmaznak, és az alapadatok (például az aktuális disszipált teljesítmény, légáram, környezeti hőmérséklet, páratartalom stb.) sem pontosan adott értékű és rendszerint nem is állandó.

A hűtés túlméretezése biztonságot ad és az élettartamot növeli, ezért előnyben részesítjük a pesszimális feltétellel számított adatokat, persze a helyigény, a zaj és a költség korlátozható.

A megfontolások és az összefüggések értelemszerűen nemcsak processzorokra, hanem más disszipáló, tokozott elektronikus alkatrészekre is érvényesek. *A számításokat mérésekkel kiegészíteni és iterálni kellhet.*

A szerzőről



FARKAS GYÖRGY PhD 1957-ben a BME-n szerzett villamosmérnöki oklevelet. A megbízhatóság témakörében írt disszertációját summa cum laude minősítéssel védte meg Drezdában 1977-ben. Az Orion gyár Műszerosztályán fejlesztői mérnökcsoport vezetője 1962-ig. A MTA Műszaki Fizikai Intézetében tudományos munkatárs 1964-ig. Ezután 30 éven át adjunktus, majd kandidátusként docens a BME-n. Számos tantárgy oktatásában vett részt, a Méréstechnika, a Konstruktív és technológia tantárgyak előadója volt. A hazai televízióműszerész-képzés szakmai megalapozója. Több éven át rendszeresen adott elő egyetemi képzésben Németországban is. 1993-tól a győri Széchenyi István Egyetemen (Főiskolán) fakultásigazgató, tanszékvezető, jelenleg nyugdíjasként tanít. Kutatási és publikációs tevékenységének zöme a megbízhatóság témakörével foglalkozik. 2000-ben Apáczai Csere János díjat kapott.

Irodalom

- [1] C. A. Harper, Elektronikus készülékek konstrukciója és gyártása, Műszaki Kiadó, Budapest 1972.
- [2] Dr. Almásy György, Elektronikus készülékek szerkesztése, Műszaki Kiadó, Budapest 1979.

Az Értékes Idő avagy a konfliktuskerülő konfliktuskeresés megelőzése

GÖRGÉNYI ISTVÁN

Hunting Territory Kft.
igorgenyi@huntingterritory.com

Kulcsszavak: területi konfliktusok, konfliktusmegoldás, projekt-csapatok, eredményes megbeszélés, projektvezetés, vállalati kultúra

A cikk rávilágít a projektek eredményességét oly gyakran fenyegető kommunikációhiány egy gyakori okára, a terület- és döntési-szabadság védelmére és arra, hogy az együttműködés elérésének egyik fontos eleme a nyílt, véleményütközést sem kerülő megbeszélés, amely „Értékes Időt” igényel, mégis feszes keretek közt tartható. A szerző felsorolja a feszes keretek szükséges elemeit. Az eredményes megbeszélések hosszú távon teljesítménycentrikus vállalati kultúra kialakulásához segítenek.

Magyarázattal kell kezdenem: „Értékes Idő” alatt nem a menedzser vagy az egyszerű munkavállaló számára oly drága és oly kevés időt értem, hanem azt az időt, amit fontos közös dolgok, döntések megbeszélésére, átbeszélésére, megvitatására kellene szánnunk, annak érdekében, hogy tisztázódjanak a célok, a feladatok, a szerepek, a felelősségek, a költségek és a forgatókönyvek a betartandó határidőkkel, a jutalmazással és az esetleges szankciókkal együtt.

Mindez természetesnek, magától értetődőnek tűnik, mégis, ha őszintén visszagondolunk projektjeink legfőbbjére, szembesülnünk kell azzal, hogy bizony sok pofonba, kudarcba szaladtunk bele fontos kérdések előzetes tisztázásának hiányában.

Az ok látszólag az időhiány, az, hogy a naptárunk folyton tele van egymásra torlódó eseményekkel. Ez igaz is, meg nem is igaz. Ha megvakarjuk a felszínt, kiderül, hányszor súlyozzuk az egymásra torlódó eseményeket úgy, hogy elkerüljünk kellemetlen megbeszéléseket, melyek azzal fenyegetnek, hogy esetleg meg kell változtatnunk elképzeléseinket, szándékainkat és ezért inkább olyan kerülőutakat választunk, amelyek megóvhatnak bennünket a nyílt érdekütköztetéstől, az esetleges vereségtől (amennyiben vereségként éljük meg azt, ha kiderül, elképzeléseink éppenséggel nem megvalósíthatóak).

A kommunikáció hiánya mögött sokszor fájdalmas tapasztalatok húzódnak meg...

Judit felhívta Károlyt, mert be kellett őt vonnia egy döntésbe. Károly nem vette fel a telefont. Judit üzenetet hagyott, amiben kérte Károlyt, hívja őt vissza. Semmi nem történt. Judit többször is újra próbálkozott. Hiába. Több e-mailt is küldött, de azokra sem érkezett válasz.

Eltartott egy ideig, míg Judit megértette a történetet: amikor hívta Károlyt, a neve megjelent Károly mobil telefonjának kijelzőjén, Károly tehát tudta, hogy ő hívta, ezért nem vette fel a telefont.

Gondolhatnánk, hogy Károly nem akart együttműködni Judittal, mert úgy gondolta, hogy az nem alkalmas

az állásra, amit betöltött; vagy nem volt éppen csinosnak mondható, talán kellemetlenül éles hangja volt; talán nehéz természetűnek találta.

Azt is gondolhatnánk persze, hogy Károly nagyképű volt és önző; egy macsó, akinek az a véleménye, hogy Judit pozíciójára nők nem alkalmasak.

Mindez elképzelhető, azonban ebben az esetben nem volt lényeges személyes ok: Károly egyszerűen nem akarta, hogy akárki Judit pozíciójából beleszóljon a döntésébe, és persze mindezt nem mondhatta meg nyíltan Juditnak.

Ez meglehetősen gyakori történet: a kommunikáció hiánya mögött gyakran területvédelem húzódik meg. A projektek különböző szereplői igyekeznek saját érdekeiket megvalósítani, és tartanak attól, hogy egy nyílt megbeszélés nyilvánvalóvá teheti azt, – amit ők nem akarnak realizálni – hogy érdekeik csorbítatlan érvényesítése nemcsak más szereplők érdekeit sértheti, de az egész projekt sikerét aláaknázhatja.

Nem feltétlenül lelkiismeretlenségről, vagy önzésről van ilyenkor szó. Pszichológiai tény, hogy a rivalizáció csótlással, önigazolástól beszűkült észleléssel jár: hajlamosak vagyunk alulértékelni azok képességeit, tevékenységük minőségét, akik veszélyeztetik döntési szabadságunkat. Ilyenkor érvekkel és a példabeli Károlyéhoz hasonló kommunikációs technikákkal bátyázzuk körül magunkat. Egy nyílt vita réseket üthet ezen a védelmi falon. Kapóra jön az időhiányra, mint „igazolt” kibúvóra való hivatkozás.

Így alakul ki aztán az oly gyakran előforduló helyzet, hogy a projektben szereplő egységek vezetői, középvezetői között akadozik, nemritkán hiányzik az érdemi információcsere, a feladatok, problémák közös megvitatása. A különböző szereplőknek megvan a saját elképzelése arról, hogy mit és hogyan akarnak csinálni (vagy éppen el akarják rejteni azt, hogy valójában nem mindenre van válaszuk, esetleg képességük), és nem akarják, hogy elképzelésük ütközzön másokéval. Ennek nemcsak az a következménye, hogy elképzelé-

seik „vizsgáztatlanul”, tisztázatlanul maradnak, de azokat a többiek valójában nem is ismerik és így olyan ügyekben is a saját fejük után fognak menni, amelyekben elengedhetetlen volna az elzárkózókkal való együttműködés.

A kommunikáció hiánya tehát a vállalati kapcsolati kultúrának, az egyének, a kis, informális érdekcsoportok izolációjának tüneteiként is értelmezhető. A megoldásközpontú megbeszéléseket lehetetlenné tevők az izoláció által védett integritásukat féltik a nyílt légkörtől, a nézetek ismertetésétől, megvitatásától, esetleges ütköztetésétől. A nyílt konfliktusok kerülése azonban sokszor jóval nagyobb léptékű konfliktusokba vezet, amelyek aztán nemcsak a konfliktuskerülőknél, de a projektben résztvevő vállalatoknál és a megrendelőknél is komoly károkat okozhatnak. (Elretentő példa a talán soha el nem készülő budapesti 4-es Metró milliárdokat felemészítő kálváriája.)

A sikeres projektek egyik feltétele tehát a korai, bátor érdek- és feladategyeztetés, amely biztosíthatja egy közös vízió kialakulását és a folyamatos információcserét a tervezés és a végrehajtás során. Ez a folyamat időigényes, „Értékes Időnek” tehát e cikkben azt nevezzük, amit rá kell szánnunk arra, hogy komoly döntéseket, kritikus folyamatokat, folyamatrészeket alaposan megbeszéljünk. Nincs más módja annak, hogy az öngizolás védőfalai átjárhatóvá váljanak. Egy téma alapos megvitatása, a részletek megismerése elvezet oda, hogy nyilvánvalóvá váljanak a résztvevők különböző érdekei, az izolációban oly kereknek tűnő nézetek és döntések gyengéi, kockázatai. És – meglepő módon –, legtöbbször nyilvánvalóan kirajzolódik a reálisan megvalósítható megoldás.

Tudomásul kell venni, hogy egy téma alapos megvitatásához egy-másfél órás időkerettel kell számolni. Ugyanis a megbeszélés során felmerülő érvek, gondolatok alapos ismertetése, megvitatása, néha személyiségek ütközése időt igényel. Szerencsés esetben a téma gyorsabban megbeszélhető, akkor egyszerűen be kell fejezni a megbeszélést a kitűzött idő előtt, és mindenki örülni fog.



Van néhány fontos szabály ahhoz, hogy a megbeszélésre fordított idő valóban „értékes” legyen:

- Azokat kell a megbeszélésre hívni, akiknek valóban érdemi köze van az aktuális témához. (A kívülről unatkozni, frusztrálódni fognak, beleszólhatnak csak a beleszólás kedvéért, így leblokkolhatják a megbeszélés kreatív folyamatát). Ezért a megbeszélés előkészítésének fontos eleme a meghívandók listájának meghatározása.

- A vezető(k)nek olyan témában kell a résztvevők véleményét, javaslatát kérnie, amelyekben valóban kíváncsi(ak) a véleményükre, javaslatokra, a kompetenciájukra és a kreativitásukra. (Alibi kérdések, amelyek csak a vezető nyitottságát kívánják propagálni, amikor ő valójában nem hallgat az észrevételekre, sőt bünteti a neki való ellentmondást, az ellenkező hatást éri el: a résztvevők hallgatni fognak és mind a vezető, mind a résztvevők úgy fogják érezni, hogy csak az idejüket vesztetik a hasonló megbeszélésekkel).

- A megbeszélést jól elő kell készíteni, feszes, idejében kommunikált napirenddel.

Az alapos előkészítés ugyanúgy Értékes Időt, odafigyelést kíván, mint maga a megbeszélés. Tisztázni kell a megbeszélés célját, a résztvevők listáját (lásd korábban), a feltétlenül megbeszélendő témák körét (ez gondos mérlegelést igényel: túl sok témát, szerteágazó részleteket nem lehet egyetlen ülésben alaposan megbeszélni. Ha mégis túl sokat próbálunk a Napirendbe zsúfolni, nem számíthatunk sikeres megbeszélésre: vagy túl gyorsan akarjuk majd a megbeszélést lepörgetni, vagy módot adunk a megbeszélés manipulálására)

Gyakran rafinált technikákat alkalmaznak az Igazgatótanácsok (Board-ok) döntéshozó hatalmát féltve őrző kis csoportjai (az angolszász kultúrában is!).

Az egyik ilyen technika, hogy a megbeszélésekre zsúfolt Napirendet készítenek; a kényes témákat, amelyeknél heves ellenjavaslatoktól tartanak, a Napirend végére teszik; a megbeszélés közben aztán, néhány jelentéktelen pontnál egy „agent provocateur” segítségével, hosszú vitába keverednek; ezzel sikerül elérniük, hogy a Napirend alján lévő témák megbeszélésére ne maradjon idő. Egy másik technika, a témák írásos anyagának olvashatatlaná puffasztása és késői kézbesítése: előfordul, hogy a résztvevők többszáz oldalas iratcsomagot kapnak egy nappal a megbeszélés kezdete előtt...

- A megbeszélés során lehetőséget kell nyújtani a különböző, akár ellentmondó vélemények kifejtésére, de meg kell egyezni a személyeskedés elkerülésében. (Ha akad, aki túl sokat, túl körülményesen beszél, meg lehet egyezni az egyes megszólalások idejének limitálásában. Fontos esetekben ezt úgyis át lehet hágni, a csoport ezt meg szokta érteni).

- A megbeszélés levezetőjének el kell érnie, hogy a nehéz, esetleges konfliktusokat felszínre hozó témákat ne lehessen elkerülni időhúzó mellébeszéléssel, pletykákkal, anekdotákkal.

- A megbeszélés idejére ki kell kapcsolni, vagy halkra állítani a mobiltelefonokat és megegyezni arról, hogy a hívásokat, üzeneteket a résztvevők hagyják figyelmen kívül (a mobiltelefon ugyanis „nagyyszerű” eszköz a feszült helyzetekben való részvétel elkerülésére)

- A megbeszélés ideje alatt a termet nem lehet elhagyni. (Egy telefonra, vagy más fontos ügyre való hivatkozás kiváló menekülési lehetőség a kritikus pillanatok elől.)

- Szigorúan tárgyyszerű, világos, lehetőleg állandó formátumú jegyzőkönyvet kell vezetni a beszélgetésről, a megegyezésekről, a nyitva maradt kérdésekről.

A fontos véleményeknek, az ellenvéleményeknek is hiteles nyoma kell, hogy maradjon; akkor is, ha azok nem értenek egyet a vezetők által támogatott javaslatokkal, döntésekkel. A későbbi kiértékelés, az egészséges, állandó tanulást, javítást biztosító visszacsatoló rendszer nem működik enélkül.

- Az eldöntött akciókhoz határidőkben, a nyitva maradt kérdésekben következő megbeszélési időpontokban kell megegyezni.

- A jegyzőkönyvet a lehető leggyorsabban el kell küldeni minden résztvevőnek. (Ennek nemcsak az a szerepe, hogy a megbeszélésen elhangzottaknak nyoma legyen, hanem az is, hogy az ott elhangzottak, elvállaltak számonkérhetővé váljanak).

- A következő megbeszélés elején az előző megbeszélésen elhatározottak végrehajtásáról, a végrehajtás akadályairól, módosítások szükségességéről be kell számolni.

Ez a látszólag triviális, mégis oly ritkán betartott szabálylista, – ha a vezetők hiteles és következetes viselkedésével jár együtt –, nemcsak, hogy segít egy-egy megbeszélés témáiban jó döntéseket hozni, de hosszú távon létrehoz egy erősen motiváló, problémamegoldásfókuszú, teljesítménycentrikus vállalati kultúrát, melynek fontos eleme a problémákkal való szembenézés, a fegyelmezett, mégis kreatív tervezés és végrehajtás.

Az „Értékes Idő” megbecsülése ily módon „Értékes Vállalat” kialakulásához vezet.

A szerzőről



GÖRGÉNYI ISTVÁN vállalati tanácsadóként, család- és csoportterapeutaként, olimpiát nyert vízilabda-edzőként és világbajnok vízilabda-játékosként szerzett tapasztalatai alapján dolgozta ki saját, Hunting Territory (Vadászterület) elnevezésű csoportdinamikai modelljét és módszerét. 1999 óta rendszeresen tart előadásokat egyetemeken, nemzetközi konferenciákon, menedzser- és edzőképző tanfolyamokon Ausztráliában, Angliában és Magyarországon. 2005-ben Sydney-ben megalapította a Hunting Territory Institute-t, 2009-ben pedig a magyarországi Hunting Territory Kft-t, amelyek egyszerre foglalkoznak vállalati és sport-tanácsadással, executive coaching-val és a módszer továbbfejlesztésével (www.huntingterritory.com). A két vállalat ügyfelei között található a Vodafone, a Sanoft Aventis, a National Australia Bank, a Colliers, az Allianz, a Melbourne Business School, a KPMG BME Akadémia, az Australian Institute of Sport, a UK Sport, a Football Federation Australia, a Magyar Labdarúgó Szövetség és az FTC Labdarúgó Zrt.

HÍRADÁSTECHNIKA

Szerkesztőség

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451, e-mail: info@hte.hu

Hirdetési árak

Belív 1/1 (205x290 mm) FF, 120.000 Ft + áfa
Borító II-III (205x290mm) 4C, 180.000 Ft + áfa
Borító IV (205x290mm) 4C, 240.000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

Szabó A. Csaba, BME Híradástechnikai Tanszék
Tel.: 463-3261, Fax: 463-3263
e-mail: szabo@hit.bme.hu

www.hte.hu

Felelős kiadó: NAGY PÉTER
Lapmenedzser: DANKÓ ANDRÁS

Előfizetés

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451
e-mail: info@hte.hu

2011-es előfizetési díjak

Közületi előfizetők részére: bruttó 32.130 Ft/év
Hazai egyéni előfizetők részére: bruttó 7.140 Ft/év
HTE egyéni tagok részére: bruttó 3.570 Ft/év

Subscription rates for foreign subscribers:

4 issues (on english) 50 USD, single copies 15 USD
+ postage

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt. • Printed by: Regiszter Kft.

Vagyunk-e olyan okosak, mint a telefonunk?

A KÜRT szerint a mobilkészülékek komoly biztonsági kockázatokat jelentenek személyes és vállalati adatainkra egyaránt



A mobilkészülékek térnyerése hihetetlen ütemben zajlik: a mobilitás jelképeként vált netbookok után már most prognosztizálható az új kategóriát jelentő tablet PC-k piaci sikere is. Az IDC adatai szerint, míg 2009-ben 236 ezer okostelefont adtak el hazánkban, addig 2011-re már közel 1 millió(!) eladásával számolnak.

A mobilinformatika és a szélessáv révén teljes szabadságot élvezhet a felhasználó, ezzel párhuzamosan azonban 6-7-szeresére nőtt az adatbiztonságot fenyegető támadások száma. A vezeték nélküli kapcsolat nagyszerű érzése és praktikuma azonban komoly következményekkel járhat adatbiztonsági szempontból. A visszaélések személyes és üzleti adataikat egyaránt fenyegetik.

A magánszemélyek mellett a vállalatok számára is új helyzetet jelent a mobilkészülékek kritikus tömegű elterjedése. Alkalmazásuk számos új támadási felület nyit az eddig sem mindig hibátlanul záródó védelmi vonalakban. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy a vállalati felhasználók, sőt gyakran még az üzemeltetésért és az információbiztonságért felelősök is elsiklanak az ilyen eszközök alkalmazásakor elengedhetetlen óvatossági és biztonsági szempontok felett.

A KÜRT tapasztalatai szerint a mobilkészülékek biztonsági kockázataival kapcsolatban legalább három – egymással szorosan összefüggő – terület érintettségét kell végiggondolni:

- Az egyik ilyen problémahalmazt az adatszivárgás elleni védekezés jelenti. A vállalatok informatikai rendszereiben belül általában már kiépített, viszonylag erős védelmi rendszerrel kell megküzdenie az internetes bűnözőknek, ezzel szemben a mobilkészülékek könnyű célpontot jelentenek, mert nem rendelkeznek megfelelő szintű védelemmel.
- A másik jelentős terület a vezeték nélküli hálózatok (bluetooth, wifi) biztonsága. A mobilkészülékek szinte kivétel nélkül ilyen kommunikációs csatornákat használnak. Óriási veszélyforrást jelent, ha nem a biztonsági követelmények szigorú érvényesítése mellett történik ezen hálózatok üzemeltetése.
- A harmadik, komoly biztonsági kérdéseket felvető terület a mobilkészülékek használatával gyakorlatilag összeolvadt személyes és vállalati adattest, illetve ezek nem megfelelő védelme. A két adattest szeparáltsága megszűnhet például a közösségi oldalakkal való automatikus (vagy akár szándékos) adatszinkronizáció révén, amely publikussá teszi az eredetileg bizalmas adatokat is. Az is

gyakori probléma, hogy a tárolt adatokról nem készülnek megfelelő biztonsági mentések, így tehát az eszköz elvesztése, ellopása esetén gyakorlatilag megsemmisülnek pótolhatatlan bizalmas adataink.

Az új biztonsági kihívásokra természetesen léteznek válaszok. A KÜRT teljeskörű, a „biztonsági tudatosságra” ösztönző programja négy alappillérré helyezi a mobilrendszerek kockázati kérdéseire adott megoldásokat:

1. kockázatelemzés és a probléma felismerése,
2. az eszközök vizsgálata és bevezetése,
3. a szabályozás aktualizálása,
4. és a legfontosabb: a felhasználók képzése.

Első lépésként tehát a szakemberek felülvizsgálják azokat a biztonsági kockázatokat, amelyek a mobilkészülékek megjelenésével a vállalatot fenyegetik.

Ezt követi a rendszer biztonságossá tétele, amelynek keretei között a megfelelő adattitkosító és adatvédelmi alkalmazásokat bevezetik. Ennek érdekében az utóbbi hónapokban folyamatos szoftverfejlesztéseket végeznek a professzionális védekezés kiszolgálására.

A mobilbiztonsági rendszer teljeskörű szabályozása, majd a humán faktor felkészítése, azaz a felhasználók biztonság-tudatossági oktatása zárja a folyamatot. A vállalati rendszerek üzemeltetőinek számos beavatkozási lehetősége van, – ilyen például a funkcionalitások korlátozása, valamint egy központi távmenedzsment rendszer bevezetése –, ugyanakkor ezek alkalmazása gyakran megnyírbálja a mobilkészülékek nyújtotta szabadságot és kényelmi funkciókat, így sokszor távolságtartóan viselkednek ezek szóba kerülésekor.

„Tudatosan démonizáljuk ezt a témát, hogy végre kellő mértékben figyeljenek rá – fogalmazott Márton Miklós, a KÜRT üzleti vezérigazgató-helyettese. – ennek érdekében a honlapunkon is létrehoztunk egy tanácsadó felületet a védekezési lehetőségek bemutatásával.” Kulcsfontosságú, hogy a vállalatok a mobilkészülékeket helyükön kezeljék. Ezek a készülékek ugyan telefonnak tűnhetnek a gyanútlan felhasználó számára, valójában egy teljes értékű számítógéppel érnek fel. Napjainkra az adatbiztonságot érintő, felderített támadásoknak már közel egyötöde kapcsolódik a mobilinformatikai eszközök új generációjához. Ideje hát ennek a tudásnak és kapacitásnak megfelelően védeni őket – „Isten hozta Önöket az egymillió rendszergazda országában!”

További információ: www.kurt.hu

– matt –

Megújuló energiák hasznosításáról

Hazánk energiahelyzetének elemzése, az előrelépés irányainak meghatározása évek óta a Magyar Tudományos Akadémia tevékenységkörének egyik sarkalatos pontja. Az Energetikai Bizottság, az Energetika és Környezet Albizottság, valamint az MTA elnöke által 2008 végén meghirdetett köztestületi stratégiai programok egyikének gondozására Lovas Rezső akadémikus vezetésével alakult Energiastratégiai Munkabizottság egymással karöltve dolgozik e cél érdekében.

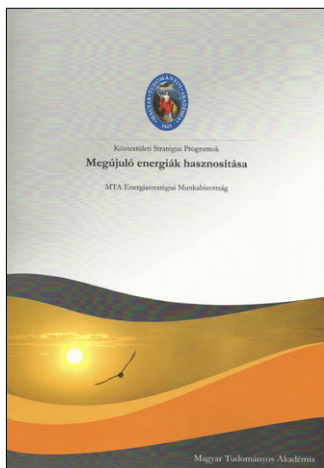
Elmúlt év közepén „A megújulóenergia-hasznosítás támogatási elvei” című anketon a szélenergiáról Gács Iván, a biomasszáról Dinya László, a geotermikus energiáról Büki Gergely, a napenergiáról Farkas István tartott előadást, így az MTA által megjelentetett **„Megújuló energiák hasznosítása”** című kiadványban a földhőről és a szélenergiáról szóló fejezet feldolgozza Büki Gergely, illetve Gács Iván előadását, függelékbe pedig tömörítve tartalmazza Dinya László és Farkas István említett előadásait.

A Büki Gergely által összeállított tanulmány stratégiai célokat és programokat fogalmaz meg az energiaellátás műszaki, gazdasági, környezeti és jóléti fejlesztéséhez, valamint közvetlen célja a döntéshozók segítése a 2030-ig szóló energiastratégia megalkotásában. Ezzel párhuzamosan a szerzők feladatuknak tekintik azt is, hogy tájékoztassák a szakmát és a közvéleményt a megújuló energiák hasznosításának lehetőségéről, elsősorban arról, hogy melyek a hasznosítás súlypontjai, és milyen irányokban célszerű elindulni, továbbhaladni.

A kötet megjelenését a megújuló energiafajtákról terjedő mítoszok, előítéletek és az egyoldalú ismeretek is indokolták.

Az ajánlott tanulmány a www.mta.hu honlapról letölthető.

S. L.



Útmutató a szabványokhoz

Tervezői, szakértői, műszaki ellenőri illetve felelős műszaki vezetői munkáinkban sok gondot okoznak az érvényben lévő műszaki ajánlások, a magyar és különösen az idegennyelvű szabványok. Megfigyelhető, hogy a szabványhasználat kérdéseire kapcsolódó belső kamarai vitáink során a kollégák különböző tájékozottsággal ütköztetik nézeteiket. Gyakran vetődnek fel alapvető szabványügyi ismeretek hiányát tükröző ötletek, javaslatok is. Rengeteg olyan kérdés merül fel a szabványosítással kapcsolatban, amely egyértelművé teszi, hogy a szabványosítással és a Magyar Szabványügyi Testület (www.mszt.hu) köztestületi szerepével a szabványok alkalmazóinak egy része nincs tisztában vagy nem teljes körűek az ismereteik.

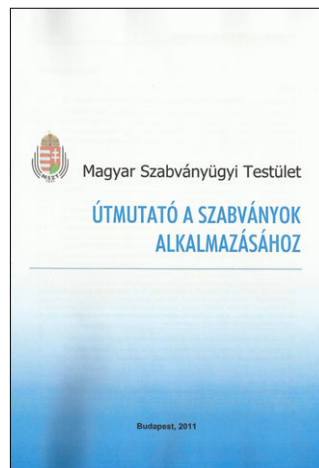
A kialakult viták tárgyszerűvé tételét segítheti elő, ha először tanulmányozzuk az alapvető fogalmakat és értelmezéseket tartalmazó, az MSZT szakemberei által elkészített legújabb tájékoztató füzetet, az **„Útmutató a szabványok alkalmazásához”** című kiadványt. E mű azt is hivatott elősegíteni, hogy mi műszakiak – mint az egyik legnagyobb felhasználói réteg, tisztában lássuk a szabványosítás

társadalmi és gazdasági jelentőségét, megtudhatjuk, milyen lehetőségeink vannak saját szakterületeinken és miért érdemes a szabványokat alkalmazni, valamint megismerhetjük az MSZT komplex tevékenységét is.

A rövid tartalomjegyzék: MSZT a jogszabályok hátterében; A szabványok, az ISO, az IEC, a CEN, a CENELEC, az ETSI; A szabványok nemzetközi osztályozása; A szabványok érvényessége; Érdekérvényesítés a magyar nemzeti szabványosító műszaki bizottságon keresztül; Jogi kérdések, az új megközelítés elve; Nemzeti szabványok keresése.

Az ajánlott útmutató beszerezhető az MSZT Szabványboltjában.

Sipos László





2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITIVE INFOCOMMUNICATIONS, CogInfoCom 2011



July 7-9, 2011 Budapest, Hungary

Web: <http://www.hte.hu/coginfocom2011>

ORGANIZERS



BME Department of
Telecommunications and
Media Informatics (BMETMIT)



MTA SZTAKI
COMPUTER AND AUTOMATION
RESEARCH INSTITUTE
HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES



General Chair

Péter Baranyi, 3D Internet Communication and Control Laboratory • The Consortium of MTA SZTAKI and BME, Hungary

Honorary Chairs

Hideki Hashimoto, iSpace Research • The University of Tokyo, Japan

Gyula Sallai, Infocommunication Strategy and Regulation • BME, Hungary

Area Chairs (Preliminary list)

Martin Buss, Automatic Control Engineering • Technical University of Munchen, Germany

Nick Campbell, Multimodal Speech Communication Technology • Trinity College Dublin, Ireland

Kerstin Dautenhahn, Human Robot Interaction • University of Hertfordshire, UK

Tom Gedeon, Australian National University, Australia

Ilona Kovács, Cognitive Science • BME, Hungary

Joo-Ho Lee, Ritsumeikan University, Kyoto, Japan

Gábor Magyar, Cognitive Content Management • BME, Hungary

Ádám Miklósi, Ethology, (Etho-communication) • ELTE, Hungary

Géza Németh, Multimodal Speech Interaction & Applications • BME, Hungary

Mihoko Niitsuma, Spatial Memory in iSpace • Chuo University, Tokyo, Japan

Primož Podrzej, Automated Processing • University of Ljubljana, Slovenia

Péter Sincak, Computational Intelligence • Technical University of Kosice, Slovakia

Trygve Thomassen, Production Engineering • PPM AS, Norway

Klára Vicsi, Verbal and Non-verbal Communication • BME, Hungary

Local Organizing Committee

Gábor Magyar, BME, Hungary

Péter Nagy, HTE, Hungary

Géza Németh, BME, Hungary

Anna Szemereki, BME, Hungary

Mária Tézsli, HTE, Hungary

Contact

Workshop Secretary

Anna Szemereki

e-mail: anna.szemereki@mit.bme.hu;
coginfocom@gmail.com

Registration Secretary

Mária Tézsli

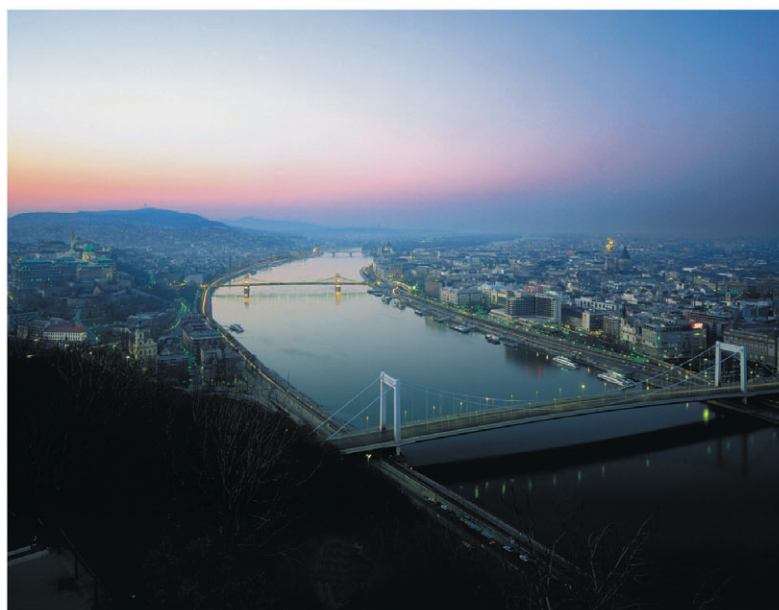
e-mail: info@hte.hu

The 2nd International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom2011) will be held in Budapest, Hungary, at the premises of the Budapest University of Technology and Economics, in July 7-9, 2011.

Location: Building of Informatics, Budapest University of Technology and Economics Magyar tudósok krt. 2., H-1117 Budapest, Hungary

Cognitive infocommunications (CogInfoCom) investigates the link between the research areas of infocommunications and cognitive sciences, as well as the various engineering applications which have emerged as the synergic combination of these sciences.

The primary goal of CogInfoCom is to provide a systematic view of how cognitive processes can co-evolve with infocommunications devices so that the capabilities of the human brain may not only be extended through these devices, irrespective of geographical distance, but may also interact with the capabilities of any artificially cognitive system. This merging and extension of cognitive capabilities is targeted towards engineering applications in which artificial and/or natural cognitive systems are enabled to work together more effectively.



Patrons



Technical Co-sponsors



Interference investigation of 3G femtocells

Keywords: femtocell, interference, 3G, CDMA, system modeling, simulation

The femtocell is a low-range, low power emission base station that the subscriber can use to provide coverage and transmission speed at home or in the office. With this solution, much higher transmission speeds and better QoS parameters can be achieved, than by using only the macro base station at the street. The femtocell base station transports the subscriber traffic on wired technologies, causing lower load to the macrocell base station. But if the band is common, the user causes interference to other users with its uplink or downlink transmission. It is also valid for the connection of macro and femtocell base station...

Telemedicine – ICT based health service, Part 2: Patient-side accessories and communication

Keywords: telemedicine, ehealth, protocol, healthcare

Based on the analysis of most critical factors important for self-supplier patient in telemedicine setting, the obligatory requirements of usability and controllability of patient-side equipment are derived in this work. The problematic area of heterogeneous communication platforms used by these instruments is also assessed, presenting applicable standards as a possible solution of the problem. The key technical actors of a telemedicine setup are identified as sensors, patient-side communication hub and central telemedicine system while their role and communication are presented as developed in the prototype telemedicine system of eHEALTH8 consortia.

Application-oriented synthesis procedure for microprocessor systems

Keywords: HDL, synthesis, application specific, FSM, register-transfer level, VHDL

In case of modeling digital systems with hardware description languages, the descriptions realizing the same functionality can be different depending on the level of abstraction. In this article, the authors discuss two HDL (Hardware Description Language) model types, the FSMD (Finite State Machine with Datapath) and the FSM+D (Finite State Machine + Datapath). Both types of the models can be described the behavior of microprocessor systems, and they were compared based on numerically measurable parameters (resource requirement, latency) and qualitative parameters (complexity of description, opportunity of structured design, time-to-market). The FSM+D model was proved more advantageous.

Do the object oriented programs have a mother tongue: or an introduction of an analytical weaving

Keywords: software engineering, information retrieval, AOP benchmarking, AspectJ, Java, PageRank, Zipf

In this short communication, we introduce an AspectJ aspect that can weave analytics into the running of the program for command line, Ant and Maven based source projects. It applies the PageRank algorithm to sets of classes and methods. In addition, the possible occurrence of Zipf's law on the communication of objects will be investigated heuristically by this aspect to be developed.

Implementation of an automatic pitch correction system

Keywords: pitch detection, pitch modification, cepstral analysis, phase vocoder

The article deals with the implementation of an automatic pitch correction system. It reveals what steps and tasks are needed in order to achieve the final aim, presents the possible solutions of these tasks both in the time and frequency domain, and shows the operation of the complete system, built up from the implementation of these methods.

Design of processor cooling constructions

Keywords: processor, cooling, construction design

The article gives an overview of the basics of processor cooling techniques and present simplified calculations for the construction of the cooling (selection of the cooler and ventilator).

The Valuable Time – or Preventing Conflict-avoiding-conflict-creation

Keywords: lack of communication, conflict resolution, co-operation, project teams, company culture

The article deals with the territorial and self-preservation issues that factor behind the lack of co-operation which so often jeopardises the success of a project. The author advocates for effective meetings where different views, opinions and interests can be openly discussed, and, if necessary confronted, in order to achieve a workable compromise. Effective meetings require valuable time. The article suggests a tight framework for running effective meetings that, in the longterm, lead to a performance-focused company culture.

Book review

Utilization of renewable energies
Guidelines to standards

