Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Modellezési vizsgálatok kommunikációs és számítógépes paleográfiai területeken

Habilitációs eljárás tézisei

Dr. Hosszú Gábor
a műszaki tudomány kandidátusa

Elektronikus Eszközök Tanszéke
Budapest, 2013.

1. Bevezetés

A munkám, amiről beszámolok, két pillérre támaszkodik, az egyik a számítógépes hálózati kommunikáció, a másik a számítógépes paleográfia. A kommunikációt az adatkezelés oldaláról vizsgáltam meg: melyek a feltételei a megbízható többesadásos adatátvitelnek, milyen módon lehet behatolások ellen biztonságossá tenni egy helyi számítógépes hálózatot, és hogyan lehet a számítógépek közötti hálózati kommunikációra épülő elosztott adatbázist ritkán felbukkanó adatok gyűjtésére és detektálására használni. A másik kutatási terület, a számítógépes paleográfia körében elsőként alkalmaztam a mérnöki modellezés és a matematikai statisztika eszközrendszerét a különböző írások közötti genealógiai kapcsolatok feltérképezésére. Az elvégzett kutatások módszertanukat tekintve sok hasonlóságot mutattak, mindkét területen a modellezés, a szimuláció, és esetenként a matematikai statisztika alkalmazásával végzett analízissel sikerült eredményeket elérnem. Témáikat tekintve számottevő különbségek vannak az elvégzett kutatások között, ezért a vizsgált problémákat elkülönítve tekintem át. A tézisfüzetben használt szakkifejezések és rövidítések értelmezése témák szerint csoportosítva megtalálható a *2. fejezet*ben.

A számítógépes kommunikáció keretén belül az egyidejűleg, párhuzamosan folyó adatátvitelek sávszélesség-takarékos megoldása az egy adótól több vevőnek történő *többesadás*, amelynek két legelterjedtebb változata az Internet hálózati rétegében megvalósuló IP többesadás. A többesadás használható tömbadatok szórására (pl. szoftverfrissítés), internetes hang és videó műsorszórásra, valamint konferenciaalkalmazásokhoz. Az egy adótól egy vevőig tartó egyesadáshoz hasonlóan azonban az IP többesadás nem garantálja a megbízható adatátvitelt, ezért a megbízhatóságot növelő mechanizmusokra van szükség ahhoz, hogy az IP többesadás egy adott médiaközlési alkalmazás igényeinek meg tudjon felelni. Kutatásom célja ezeknek a megbízhatóságot növelő protokolláris mechanizmusoknak a rendszerezése volt, aminek eredményeképpen kidolgoztam a többesadás protokolljellemzőknek egy átfogó leírási módját, amely a sok változó folytán egy hiperteret alkot. A többesadás protokolljellemzők hipertere egy elvonatkoztatás, amelyben egy-egy hipertérbeli pontnak egy olyan többesadás megbízhatóságot növelő protokoll feleltethető meg, amely egy adott típusú alkalmazáshoz garantálni képes a többesadás megfelelő minőségét – természetesen extrém hálózati körülményekkel nem számolva. A kutatások során megmutattam, hogy a többesadás protokolljellemzők hiperterének, mint fogalmi rendszernek az alkalmazásával egy adott alkalmazáshoz az optimális többesadás megbízhatósági protokoll kialakítása algoritmizálható.

A hálózatba kapcsolt számítógépek sokféle veszélynek vannak kitéve, amelyek egyik jelentős csoportja a különböző rosszindulatú behatolások változó fajtái. Ezeknek a jelentősége és az általuk hordozott veszély a számítógépek összetettebbé válásával egyre növekszik. Így a ténylegesen megtörtént behatolási kísérletek észlelése mellett már a behatolások veszélyének felderítése is fontos feladat. A peer-to-peer (P2P) kommunikációs modellel kapcsolatos kutatásaim alapján indítottam el egy kutató és fejlesztő munkát, amelynek az a lényege, hogy az egyes számítógépeken működő helyi behatolásérzékelő rendszerek által szolgáltatott adatokat egy P2P rendszerben osztják meg egymással. Az ennek során végzett vizsgálatok eredményre vezettek, és a kifejlesztett behatolásérzékelő rendszer a gyakorlatban alkalmazásra került.

A P2P átfedő hálózatok közül a strukturált elosztott hash táblázatok (DHT) közismerten alkalmasak a csomópontokat alkotó számítógépek közötti elosztott adatbázis létrehozására. Javaslatot tettem egy elosztott P2P-alapú adatbázisra, amellyel lehetséges a rendkívül ritkán jelentkező események detektálása és az ennek kapcsán gyűjtött adatok rendszerszerű felhasználása. Ennek folyományaként kapcsolódtam be a hazánkban évek óta sikerrel folyó akusztikus magzati szívhangfelvételek kutatásába. Ehhez meg kellett ismernem, hogy mi az a jel, amihez egy szakértői rendszer szükséges, s ennek során orvosi diagnosztikához kapcsolódva az akusztikus magzati szívhangfelvételek vizsgálatával foglalkoztam. Az akusztikus magzati szívhangvizsgálat ezeknél a kutatásoknál előnyös volt, mivel ez a teljesen passzív mérés pusztán az anya hasán elhelyezett speciális mikrofonokkal detektált hangok elemzéséből állt, szemben az ultrahangos diagnosztikával, amely a magzat számára még ma sem egészen tisztázott mértékű sugárzási terhelést jelent. Az ilyen irányú kutatások közben a diagnosztika szempontjából egy különleges esetet sikerült feltárnom, ami két különböző eredetű magzati szívzörej jelentkezéséből áll, amelyből az egyik egy jelenleg még azonosítatlan fiziológiai elváltozásból adódhat. A szakirodalomban semmilyen adat nem utal arra, hogy ilyen jelenséget valaha is

azonosítottak volna. Ez a felismerés egyben alátámasztotta azt, hogy a hosszú idejű és többszörösen végzett fonokardiográfiai vizsgálatok azért is szükségesek, mert a magzat mérés alatt helyét változtatja, és az elhelyezkedés függvényében egyes esetekben ez ad lehetőséget arra, hogy többféle szívzörej is detektálható legyen a felvételeken.

Az általam végzett számítógépes paleográfiai kutatásokba az írások fejlődésének feltérképezése és a még ismeretlen jelentésű feliratok megfejtése tartozik, amelyekhez matematikai statisztikus módszereket alkalmaztam. A grafémák közötti származási kapcsolatok meghatározására pedig a leszármazást tükröző grafémaláncokat alkottam a láncban szomszédos grafémák közötti topológiai eltérések egész láncra vett négyzetösszegének minimalizálásával. A kidolgozott újfajta, a grafémák alakzati jellemzőit leíró paraméterekkel sikerült a grafémák összehasonlítását algoritmizálni. Ezzel elértem, hogy az írásemlékekben rejlő igen heterogén és matematikai módszerekkel nehezen leírható információkat egzakt módon lehessen kezelni. Az írásemlékek közötti rokonsági kapcsolatok felderítésére hierarchikus klaszteranalízist használtam, és ennek segítségével sikerült egyes középkori írásemlékek genealógiai kapcsolatait feltárni.

2. Problémafelvetés és kutatási célok

Az általam elvégzett vizsgálatok célja a mérnöki gyakorlatban ismert szimulációs és modellezési módszerek alkalmazása volt egyes kutatott jelenségek rendszerszerű leírása és a megfigyelt jelenségek közötti összefüggések feltárása érdekében. A vizsgált kutatási területek fogalmi rendszerében meglévő lényeges eltérések miatt az egyes kutatási célokat és a területekhez kapcsolódó fogalmakat, ill. háttérismereteket külön-külön tárgyalom.

2.1. Többesadás

A *többesadás* (multicast) kommunikáció lényege az egy adótól a több vevő felé tartó adatközlés. Az IP többesadás a tartományközi többesadásos forgalom átvitele területén jelentős nehézségekkel szembesül, de ennek ellenére folyamatosan fejlődik. Ez különböző protokolláris rétegekben valósulhat meg, de mindegyik közös jellemzője, hogy önmagában a többesadás közlési modell megvalósítása még nem garantálja a megbízható adatátvitelt. A megbízhatóság hiányát a számítógépes kommunikáció területén a best effort megbízhatósági szinttel fejezik ki. A best effort szintű szolgáltatás esetén ha a hálózat egyes területein torlódás lép fel, akkor az átvitel gyenge minőségűvé válik. Emiatt a felhasználók nem kapnak végponttól végpontig tartó következetes és kiszámítható minőségi szolgáltatást, sőt még az sem biztosított, hogy egy elküldött csomag egyáltalán megérkezzen a címzetthez. Ezért a megbízható átvitelhez különböző felsőbb szintű – általam többesadás megbízhatósági protokolloknak nevezett – protokollokban megvalósított megbízhatóságot növelő mechanizmusokra van szükség. Ezek általában egyedi fejlesztések eredményei, az esetek nagy részében csak egy adott alkalmazásra és hálózati környezetre nézve optimálisak.

Az általam végzett kutatás lényege, hogy egy egységes, az általam a protokolljellemzők hiperterének nevezett rendszerben írtam le a megbízhatóságot növelő többesadás megbízhatósági protokollok építőelemeit, és megmutattam, hogy ennek segítségével egy moduláris felépítésű többesadás megbízhatósági protokoll kifejlesztése algoritmizálható. Javaslatot tettem továbbá egy többesadás protokoll-optimalizáló eljárásra, amely a protokolljellemzők értékeinek sorozatos hálózat-szimulációkon keresztül történő módosításával meghatározza egy adott alkalmazás számára az optimális protokollmechanizmusokat, ill. azok működési paramétereit. A szakterülettel kapcsolatos hivatkozott fogalmak és rövidítések a *2.1-1. táblázat*ban láthatók.

Fogalom	Leírás
FEC	Előremutató hibajavítás (Forward Error Correction), a kódolt adatok redundanciáján alapuló hibajavító kódolás. Előnye, hogy nincs szükség a hibajavításhoz újraküldésre.[1]
H-ACK, H-NACK	Hierarchikus rendszerben küldött nyugta (hierarchical ACK), ill. negatív nyugta (H-NACK), hierarchikus nyugtaszerkezetű csoportokban a vevő vagy egy közbenső hely által a felettük levő helyre küldött visszajelzés.
INFO	Ismertető üzenet (information message), a vétel sikerességétől függetlenül tájékoztatja az adót a vevő állapotáról.
Protokollmechanizmus	Protokolláris mechanizmus, amely a protokoll egy részlete, amely egy adott – a protokolltól elvárt funkció – megvalósításáért felelős.
SNACK	Félnegatív nyugta (semi-negative acknowledgement), azt jelzi az adónak, hogy a többesadás csoport egy része kapta csak meg az adatcsomagot, és először megpróbálják helyben pótolni, de lehet, hogy szükség lesz újraküldésre, ezért az adó még ne dobja el a javító csomagot.
Többesadás megbízhatósági protokoll	A többesadás megbízhatósági protokollok az IP többesadás eredendő best effort (kb. „mindent megtesz” vagy „lehetőségek szerinti”) megbízhatóságát egy adott alkalmazás igényeihez igazítva megnövelik. Ezek vagy a szállítási, vagy az alkalmazási rétegben kerülnek megvalósításra, további elnevezéseik: „többesadás szállítási protokoll” és „megbízható többesadás protokoll”.
Többesadás protokolljellemzők	Többesadás protokolljellemzőknek azokat a szempontokat nevezem, amelyek közösek a különböző többesadás protokollokban. A megbízható többesadás szolgáltatások által alkalmazott mechanizmusok pedig a megfelelő többesadás protokolljellemző egy-egy *érték*et adják.

2.1-1. táblázat: Az internetes kommunikációval kapcsolatos alkalmazott fogalmak és rövidítések.

2.2. Illetéktelen hálózati behatolás érzékelése

A hálózati behatolásérzékelés (NIDS) területén a kutatási célom a P2P kommunikációs modell alkalmazása hálózatba kapcsolat számítógépek (gazdagépek, hosts) biztonságának növelése érdekében. Ezt az tette lehetővé, hogy időközben a P2P átfedő hálózatok széleskörű fejlődésen mentek keresztül, az alkalmazásuk a közvetlen kommunikációs céloktól az elosztott adatbázisokig terjed. Az ezzel a területtel kapcsolatban a tézisfüzetben alkalmazott fogalmakat és rövidítéseket a *2.2-1. táblázat* tünteti fel.

[1] Hamming 1950: 147-160

Fogalom	Leírás
DHT	Elosztott hash táblázat (Distributed Hash Table), egy elosztott P2P rendszer, amely az eltárolt adatok kikeresését egy hash táblázat alapján teszi lehetővé.
Gnutella	A legkorábbi, 2000-ben létrejött központosítatlan P2P átfedő hálózat, amely strukturálatlan, a hálózat virtuális topológiája és benne az adatfájlok kikeresése véletlenszerűnek tekinthető.
Kademlia	Egy P2P átfedő hálózat, amely az elosztott hash táblázatokat használó (DHT) átfedők csoportjába tartozik.[2] A Kademliában az egyes kliensek az IP címeik szerint bináris fával ábrázolhatók. A Kademlia kliensek minden távoli részfából ugyanannyi kapcsolati lehetőséget (IP hálózati címet és portszámot) tartanak nyilván, ezeket a listákat *k-vödrök*nek nevezik, ahol a listák méretét jelentő *k* szám egy rendszerkonfigurációs paraméter.
NIDS	Hálózati behatolásérzékelő rendszer (Network Intrusion Detection System), lényege a számítógépes hálózat figyelése és az ott folyó tevékenységek analizálása az illetéktelen behatolási kísérletek időben történő észlelésére.

2.2-1. táblázat: A hálózati behatolásérzékeléssel kapcsolatos alkalmazott fogalmak és rövidítések.

2.3. Akusztikus magzati szívhangvizsgálat

Az orvosi informatika területén az akusztikus magzati szívhangok vizsgálatának hazánkban komoly hagyományai vannak.[3] A kutatásba bekapcsolódva foglalkoztam a hazai fejlesztésű magzati szívhangmonitor (CTG) készülék segítségével a világon egyedülálló minőségben rendelkezésre álló, akusztikus úton nyert magzati szívhangok vizsgálatával. Célom a rendelkezésre álló nagy mennyiségű szívhangfelvétel analízise és az ezekből nyerhető információ mennyiségének növelése volt.

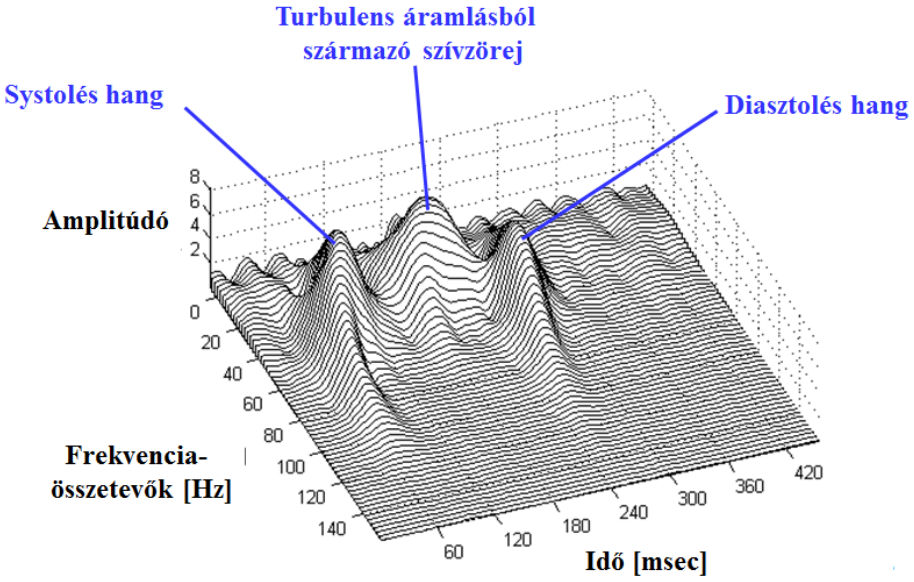
Az akusztikus magzati szívhangfelvételek *(2.3-1. ábra)* analízise során egy többlépcsős eljárásról van szó, amelyben első lépésben a zajt kell elkülöníteni, majd az S1 és S2 ütéseket meghatározni. Ennél a lépésnél a magzati szívzörejek nincsenek figyelembe véve. A második lépésben az eredeti szívhangfelvételből a szívzörejt (systolic murmur és diastolic murmur, SM, ill. DM) határozuk meg, felhasználva az S1 ütéseknek az 1. lépésben meghatározott pontos időzítését, mivel a szívzörejek értelmezéséhez azt is tudni kell, hogy hol jelennek meg a szisztolés, ill. diasztolés szakaszban.

2.3-1. ábra: Az akusztikus magzati szívhangban azonosítható jelek.

Az akusztikus felvételből azonosítható magzati szívhang mondhatni a legbonyolultabb, legösszetettebb biológiai jel, mert eleve nagyon zajos és ugyanakkor nagyon kis intenzitású, továbbá kvázi-periodikus, de lényeges periódus-idő változásokból, végül két jelből áll (S1 és S2), amelyek egymáshoz képesti helyzete változhat. Ezen túlmenően a két jel frekvenciaspektruma is jelentősen eltérhet, mivel mindkét jel időfüggvénye erősen változó, és mindkét jel felhasadhat (split) a szívben a két oldalon levő két billentyű

[2] Maymounkov & Mazières 2002: 53-65
[3] Kovács et al. 2000: 225-230

időeltérése miatt. Egyes felvételeken megjelenhet egy harmadik, igen kis intenzitású jel, a szívzörej, amelynek alakja, spektruma, hossza és időzítése erősen változó *(2.3-2. ábra)*.



2.3-2. ábra: Az S1 és S2 ütés, ill. egy szívzörej frekvencia-összetevőinek időbeli változása.

A szakterülettel kapcsolatos alkalmazott fogalmakat és rövidítéseket a *2.3-1. táblázat* adja meg.

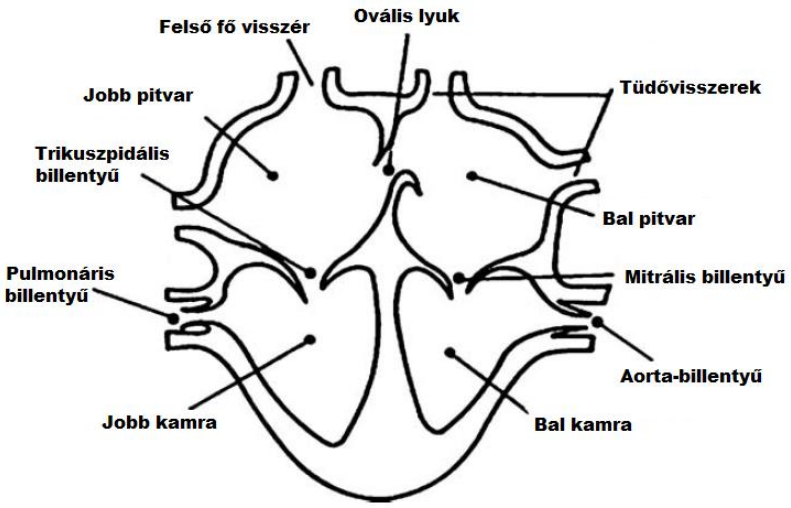
Fogalom	Leírás
CHD	Veleszületett szívhiba (Congenital Heart Defect)
CTG	A kardiotokográf (cardiotocograph), a magzati szívhangok vizsgálatát és a méh izomzatának aktivitását mérő műszer.
Diasztolé	A II. szívhang és a következő I. hang közötti időtartam (szívkamrák elernyedésének ideje, ilyenkor telődnek ismételten meg vérrel).
DM	Diasztolés szívzörej (diastole murmur), amely a II. szívhang és a következő I. hang között hallható szívzörej, mely a szívkamrák elernyedése, vagyis a pitvarok felőli vérrel telődés alatt keletkezik.
Időbeli eltolódás (split)	A közel egyidejűleg működő szívbillentyűk záródása közötti időbeli eltérés. Attól függően, hogy az S1-hez vagy az S2-höz képesti eltolódásról van szó, S1 eltolódásról és S2 eltolódásról lehet beszélni.
FHR	Magzati szívhang (Fetal Heart Rate)
S1	Az I. szívhang, a szisztolé kezdetét jelző szívütés. Ez a szívpitvarok és szívkamrák közötti billentyűk záródási hangja.
S2	A II. szívhang, a diasztolé kezdetét jelző szívütés. Ez a szívkamrák és az aorta (főverőér), ill. tüdőartéria közötti billentyűk záródásának hangja.
SM	Szisztolés szívzörej (systole murmur), amely az I. és II. szívhang között hallható szívzörej, ami a szívkamrák összehúzódása, vagyis a vér kipumpálása alatt keletkezik.
Szisztolé	Az I. és II. szívhang közötti időtartam. Ez a szívkamrák összehúzódási ideje, ezalatt pumpálja ki a vért a szív magából.
Szívhang	A szív működése két rövid, hirtelen kezdődő és végződő hangjelenséget kelt.
Szívzörej (murmur)	A szívben keletkezett, 0,2 másodpercnél hosszabb ideig tartó rezgéscsoport.
VSD	Kamrai sövényhiány (Ventricular Septal Defect), a szív fejlődési rendellenessége. Megjegyzendő, hogy ez a rendellenesség nem a kamrai sövény teljes hiányát jelenti, hanem csak egy azon elhelyezkedő 0,5…1 mm átmérőjű lyukat, amelyen keresztül áramló vér jelentős zörejhangot okoz.

2.3-1. táblázat: Az akusztikus magzati szívhangvizsgálattal kapcsolatos alkalmazott fogalmak és rövidítések.

A szívzörej a vérnek a turbulens áramlása miatt jön létre.[4] A szívzörej kialakulásának ismert mechanizmusai a következők: (i) az ép szívbillentyűn keresztül az élettaninál nagyobb vérmennyiség áramlik át, (ii) az egyébként élettani (normális) mennyiségű vér hibásan záródó szívbillentyűn áramlik át, (iii) a szív üregeit elválasztó sövényeken rendellenes nyílás található, és ezen keresztül is létrejön véráramlás.[5]

A magzati fejlődés szempontjából az egyik legveszélyesebb terület a szívvel kapcsolatos fejlődési rendellenesség. A szív anatómiai vázlatát bemutatja a *2.3-3. ábra*. A veleszületett szívbetegségek az újszülöttek 0,8%-át érintik. Ezen belül a kamrai sövényhiány (VSD) a szív leggyakoribb fejlődési rendellenessége *(3.3-1. ábra)*, a VSD előfordulási valószínűsége 0,25%. A szívrendellenességek általában szívzörejeket okoznak. A kóros szívzörejek a szívciklus első vagy második felében hallhatóak, de akár a teljes szívciklust kitölthetik.[6] A VSD a gyermekkorban ugyan jól kimutatható, mivel hangos szívzörejt okoz, azonban a közvetlenül a szülés utáni feltárást késlelteti az a jelenség, hogy a születés után a magzat ereiben a végleges nyomásviszonyok kialakulásához néhány hét is eltelhet, s csak ezután lehet biztosan diagnosztizálni a kamrai sövényhiányt.

[4] Hoffman & Kaplan 1995: 155-165
[5] Frommelt: 2004: 1023-1032
[6] Noponen et al. 2007



2.3-3. ábra: A szív anatómiai vázlata.

A szívzörejek egy része ártalmatlan, nincs szervi oka, csupán a véráramlás megváltozása, a szívfalhoz vagy az erekhez ütődése okozza, amint ezt a *2.3-2. táblázat* bemutatja.[7] A funkcionális szívzörej szíven kívüli okokból ered, mint pl. a nagyfokú vérszegénység, a láz, vagy a pajzsmirigy túlzott működése. Általában minden olyan tényező, amely megnöveli a szíven átáramló vérmennyiséget, vagy fokozza az áramlás sebességét, a szívzörej megjelenéséhez vezethet. Pl. a láz 1 °C-os növekedése a szívfrekvenciát 10 ütés/perccel növeli. Ha a szívüregből kiinduló nagyerek átbocsátóképessége a megnövekedett vérmennyiséghez képest szűk, akkor kialakulhat a szívzörej. Az ártalmatlan szívzörej jellemzője, hogy a hátterében a szívben semmilyen kóros szervi eltérés nem mutatható ki. A gyermekek 60%-ánál megtalálható a szívciklus első felében hallható szívzörej. Az ártalmatlan szívzörejek keletkezési okai: a szív normális anatómiai variánsai, vagy megváltozik a szív által percenként pumpált vér mennyisége, a véráramlás sebessége (például szapora szívverés). Utóbbi esetben az ugyanakkora keresztmetszetű billentyűkön nagyobb mennyiségű, vagy gyorsabban áramló vér halad át, és ez okozza a turbulencia növekedését. A szívzörej egy sajátos alakja a Still-féle pengő húr zörej *(2.3-2. táblázat)*. Ez a bal szívkamrából a nagyvérkörbe kilépő vér örvénylése következtében alakul ki. Elsősorban óvodás és serdülő korban jelentkezik.

[7] Horváth & Ablonczy 2012: 226

Zörej	Típusos életkor	Zörej jellemzői	Ok
Perifériás pulmonális stenosis	Újszülöttkor	Ejekciós szisztolés zörej, leginkább a sternum bal felső szélénél található, a hát felé vezetődik	Turbulencia az arteria pulmonalis törzs bifurkációjánál
Still	2-8 év	Zenei jellegű (pengő) mezoszisztolés zörej a szívcsúcs és a sternum bal alsó harmada között	Bal kamra kiáramlási pályában keletkező turbulencia, vibráció
Vénás morajlás	2-7 év	Folyamatos morajlás az infra/supraclavivularis árokban, a fej helyzetével változik/eltűnik.	Turbulencia a vena jugularisban, ill. a vena cava superiorban
Kardiorespiratorikus zörej		A csúcson és vagy a mesocardium felett közelről hallatszó, magas színezetű, hangos szisztolés zörej; a testhelyzet nem befolyásolja az intenzitást	A szív és az elülső mellkasfal közé került tüdőszövet ki- és/vagy belégzésben a szívakciók során összenyomódik, és a „visszafelé” áramló levegő jól hallható szisztolés zörejt hoz létre

2.3-2. táblázat: Ártalmatlan szívzörejek.

2.4. Számítógépes paleográfia

A számítógépes paleográfia körében a régi írásemlékek megfejtésével és a régi írások közötti kapcsolatok modellezésével foglalkoztam. A számítógépes paleográfia ugyanis egy olyan alkalmazott informatikai terület, ahol a számítógépes modellezési és szimulációs módszerek mellett a nyelvészet, írástörténet (paleográfia), történelem, régészet, néprajz, valamint az archeogenetika eredményeinek felhasználásával új eredményeket lehet elérni. A szakterülettel kapcsolatos alkalmazott fogalmakat és rövidítéseket a *2.4-1. táblázat* tartalmazza.

Fogalom	Leírás
Betű (letter)	Olyan *grafféma*, amely egy fonémát jelöl.
BOD	Bod Péter rovásemlékei 1739-ből
BRN	Bolognai rovásnaptár, eredetije a 15. századból származik, Luigi Ferdinando Marsigli olasz katona és természettudós, valamint egy ismeretlen segítője által 1690-ben készített másolatban maradt fenn.
CSI	Miskolczi Csulyak István két ábécéje, amelyek 1610-1645 között keletkeztek.
CSM	Csíkszentmiklósi felirat 1501-ből.
DÉS	Dési ábécéje 1753-ból.
Fonéma (phoneme)	Egy nyelv hangjainak megkülönböztető egysége.
GCP	Grafémaalak-összetettségi mutató (Glyph Complexity Parameter), kifejezi a grafémaalakok topológiai struktúrájának bonyolultságát.
Graféma (grapheme)	A jel elvonatkoztatása, amely egy vagy több tipizált grafémaalakkal rendelkezik. A *grafféma* megjelenési formája a *jel*. A graféma tulajdonságai: (*i*) az írás, amihez tartozik; (*ii*) grafémaalakjai, (*iii*) hangértékei, (*iv*) használati időszaka (előtte nem létezett, utána pedig eltűnt a gyakorlatból).
Grafémaalak (glyph)	Egy graféma egyes feliratokban megjelenő, a tipizálttól esetleg eltérő topológiai tulajdonságú rajzolata.
Grafémafajták	A graféma lehet *betű*, *ligatúra*, *szám* és *írásjel*.
Írás (script)	A nyelv egy adott rendszer szerinti rögzítését megjelenítő grafikus formátum. Az írásra példa a latin betűs írás vagy az arab írás.
Írásbeliség (orthography)	Egy nyelv vizuális megjelenítése, amely a nyelv fonológiai, szintaktikai, morfológiai és szemantikai jellemzői által meghatározott. Az írásbeliségre példa a latin betűs magyar vagy a székely-magyar rovás írásbeliség.
Jel (sign)	A feliratot alkotó, önálló szerepű vizuális egység.
KON	Konstantinápolyi felirat 1515-ből.
KRÉ	Kájoni régebbi ábécéje: Kájoni János ferences szerzetes által 1673-ban lejegyzett, különlegesen archaikus ábécé.
KRU	Kájoni Jánosnak a Rudimenta alapján készült ábécéje a 17. századból.
MAR	Marsigli kéziratában lévő ábécé, a 17. század végén jegyezték le.
NIK	Nikolsburgi ábécé a 15. század második feléből.
PAT	Patakfalvi-féle bibliában talált, 1776–1785 között készült kétoldalas jogi tartalmú rovásszövegben szereplő grafémákból álló ábécé.
RUD	Telegdi János: Rudimenta című, 1598-ban készült, rovásírást oktató, kéziratmásolatokban fennmaradt tankönyv.

2.4-1. táblázat: A számítógépes paleográfia területébe tartozó alkalmazott fogalmak és rövidítések.

3. Új tudományos eredmények

3.1. Megbízhatóságot növelő többesadás protokolljellemzők osztályozási rendszere

1. Téziscsoport: Kidolgoztam és rendszerbe foglaltam a többesadás megbízhatóságának növelését szolgáló protokollmechanizmusokat, bevezettem a többesadás protokolljellemzők fogalmát, úgy, hogy a megbízható többesadás protokollok által alkalmazott protokollmechanizmusok a megfelelő többesadás protokolljellemző egy-egy értékét jelentik. Kiterjesztettem a szakirodalomban a többesadás megbízhatósági protokollok építőelemeiként ismert protokollmechanizmusok rendszerét, ezzel tudatosítottam és teljes rendszerré alkottam a többesadás megbízhatósági protokollok osztályozásának módszertanát [10].

1.1. Tézis: Bevezettem a többesadás protokolljellemzők multidimenziós hiperterét, mint egy, a megbízhatóságot növelő protokollok fejlesztéséhez hasznos elvonatkoztatást, megmutattam, hogy a protokolljellemzők csoportosíthatók a protokolláris funkciók szerint, amelyekért felelősek. Nevesítettem a többesadás protokolljellemzők következő funkciócsoportjait: forgalomkezelés, kézbesítés-szabályozás, visszacsatolás-kezelés, hibaszabályozás, viszonyigazgatás és a hálózatigény. Megmutattam, hogy az egyes többesadás megbízhatósági protokollok megfeleltethetők a többesadás protokolljellemzők hipertere egy-egy pontjának, és ezáltal új lehetőség nyílik a többesadás megbízhatósági protokollok minősítésére [10].

1.2. Tézis: Javaslatot tettem egy többesadás megbízhatósági protokollélesítő rendszerre, amely a protokolljellemzők értékeinek módosításával sorozatos hálózat-szimulációkon keresztül határozza meg egy adott alkalmazáshoz az optimális protokollmechanizmusokat és azok megfelelő működési paramétereit [9], [10].

További kapcsolódó publikációk: [15], [22], [25], [26], [27], [30], [32], [33], [35].

Az 1. Téziscsoport kifejtése

Az IP többesadás jellemzője a best effort megbízhatósági modell. Ez a legtöbb médiaközlési alkalmazás számára nem elegendő, ezért valamilyen minőségjavító szállítási vagy alkalmazási szintű protokollt is alkalmaznak az adatátvitel megbízhatóságának növelésére. Számos többesadás megbízhatósági protokollt fejlesztettek ki.[8] Ezek közé tartozik többek között a NORM nevű, negatív nyugtázást használó többesadás megbízhatósági protokoll,[9] és az LRRM protokoll, amely a csomagvesztés utáni helyreállás terhét a többesadás csoport tagjai között megosztja és ezzel a terhelés egy csoporttagnál történő koncentrációját megelőzi,[10] azonban ezek a protokollok csak egy-két kiválasztott protokollmechanizmusra épülnek, és nem jelentenek az összes lehetséges protokollmechanizmus bevonásával történő átfogó optimalizálást.

Kutatások folynak továbbá a mobil környezetben megvalósuló IPv6-os hálózatokon történő többesadás megbízhatósági protokollokra vonatkozóan is, ahol figyelembe kell venni a mobil hálózatok sajátosságait, vagyis a csomagvesztések gyakoriságát és a tartományok (domain) közötti, valamint az azokon belüli

[8] Baek & Paris 2005; Widmer & Handley 2006
[9] Adamson et al., 2013
[10] Malhotra et al. 2005

cellaváltások (handover) következményét.[11] Ilyen jellegű többesadás megbízhatósági protokoll a vezetéknélküli alkalmi (ad hoc) hálózatok esetében a ReMHoc, amely egy vevő által kezdeményezett és NACK-alapú protokoll, ami az adatok megbízható átvitelét biztosítja,[12] és megosztja az adatvesztés utáni újraküldés kommunikációs terhét a többesadás csoporttagok között, ezzel csökkentve az adás közbeni végpontok közötti késleltetést. A ReMHoc protokoll korlátja az a tulajdonsága, hogy minden egyes vevőnek az összes vett csomagot el kell tárolnia, mivel a hibajavításért mindegyik felelős. Ezáltal azonban a protokoll nem skálázható, így a használata korlátozott. A vezetéknélküli szövevény (mesh) hálózatokon működő alkalmazásokhoz a megbízható többesadást Koutsonikolas és Hu az IP többesadásban már bevált előremutató hibajavítás (FEC) alkalmazásával oldotta meg, és az ODMRP nevű vezetéknélküli hálózatokon működő többesadás útválasztási protokollra építettek egy FEC-alapú megbízhatóságot növelő protokollt, de számos, általam azonosított protokolljellemzővel nem foglalkoztak.[13]

A médiaközlési alkalmazások sokfélesége maga után vonja a bennük foglalt közlési viszonyokat működtető megbízhatósági protokollokban alkalmazott módszerek változatosságát. Ez lehetetlenné teszi egy általános célú megbízhatósági protokoll készítését, ezért a megbízhatósági protokollok többségét (leszámítva a korábban kifejlesztetteket) egy-egy adott alkalmazástípusra tervezték.[14] A kutatások eredményeképpen világossá lett, hogy bizonyos protokollmechanizmusok építőelemként alkalmazhatók egy adott alkalmazásra optimalizált többesadás megbízhatósági protokoll kialakításánál.[15]. Ilyen pl. a Reliable Multicast Transport (RMT) nevű protokolláris építőelemek,[16] amely tömbadatok átvitelére használatos többesadás megbízhatósági protokollok létrehozásához használható fel, és a WEBRC, amely a vevők számára a többféle sebességgel, torlódásszabályozással történő többesadást biztosítja.[17] A többesadásra jellemző „crying baby" probléma, ahol a gyengébb sávszélességű vevők újraküldések iránti igényei az egész többesadás viszony teljesítményét lerontják. Ennek vezetéknélküli hálózatokon történő megoldására javasolják a különböző protokolláris építőelemeket integráló Pacifier nevű megbízható többesadás protokollt.[18] Ezek a protokollok egy-egy alkalmazástípusra optimális protokollmechanizmusokat tartalmaznak, az általam kialakított osztályozás azonban az előbbiekkel ellentétben minden típusú – tömbadatok átvitelére, médiafolyamok kezelésére, interaktív médiakonferencia-alkalmazásra, megosztott fehértábla alkalmazáshoz, stb. – a többesadás szállítási vagy alkalmazási szintű megbízhatóságot növelő protokollokban szereplő protokollmechanizmust átfog.

A meglévő protokollok elemzésén keresztül módszeresen feltérképeztem a többesadás megbízhatósági protokollokban használatos protokollmechanizmusokat. Bár hasonló vizsgálatokat a protokolljellemzők egy részére leszűkítve már máshol is végeztek,[19] azonban az elvégzett vizsgálatok és a kialakított rendszerezés jóval átfogóbb minden, a szakirodalomban korábban fellelhető hasonló megoldásnál. Az általam bevezetett fogalom, a *protokolljellemző* egy megbízhatósági probléma megoldására kidolgozott módszer, ami egy protokolláris funkciót jelent. A protokolláris funkció ellátására szolgáló, egymás alternatíváját jelentő protokollmechanizmusokat pedig a protokolljellemző lehetséges értékeiként interpretálom. Pl. a szállítási szinten fennálló hibásan érkező csomagok kezelésére használatos protokollmechanizmusok a javítás különböző módjai, amint ezt a *3.1-4. táblázat* második sora bemutatja.

Rámutattam továbbá, hogy egy adott protokollmechanizmus alkalmazása befolyásolhatja a többi protokolljellemzőnél használt protokollmechanizmust. Pl. a *Javítás módja* protokolljellemző egyik lehetséges értéke az *előremutató hibajavítás* (FEC), mint a hibajavítás funkciót ellátó protokollmechanizmus, ugyanakkor a FEC alkalmazása esetén lehetőség van arra, hogy a *Javításküldés módja* protokolljellemző

[11] Reyes et al. 2006; Razavi & Meybodi 2011: 605-610
[12] Sobeih et al. 2004: 146-151
[13] Koutsonikolas & Hu 2007: 491-501
[14] Floyd et al. 1995: 784-803; Jawandhiya et al. 2010: 74-80; Alahdal et al. 2013: 136-150
[15] Yamamoto et al. 2001: 2313-2316; Watson et al. 2007; Baek & Paris 2005: 1-12
[16] Kermode & Vicisano 2002
[17] Luby 2004
[18] Koutsonikolas et al. 2012: 1375-1388
[19] Handley et al., 2000

egyáltalán ne legyen semmilyen protokolláris mechanizmussal megvalósítva (a „nincs” értéket veszi fel, amint ezt a *3.1-4. táblázat* feltünteti), hiszen a FEC éppen a javítócsomag küldését teszi feleslegessé.

Az 1.1. Tézis kifejtése

A vizsgálataim eredményeképpen kialakítottam a *protokolljellemzők multidimenziós hiperterét*, amelynek egyes dimenzióiban diszkrét értékeket definiáltam. Minden dimenzió értékkészletéhez hozzátartozik a zérus elem, amelynek jelentése, hogy az adott mechanizmus a kiválasztott protokollban nincs implementálva, a többi érték valamelyik protokollmechanizmust jelöli. Minden többesadás megbízhatóságot növelő protokollnak ezek után egy pont felel meg a hipertérben, amelynek egyes vetületei megadják, hogy a hipertérbeli pontnak megfelelő protokollban az adott funkciót ellátó protokolljellemző melyik protokollmechanizmussal van implementálva, illetve azt, hogy egyáltalán implementálva van-e. A hipertér meghatározásához figyelembe kellett vennem, hogy a térben minden eddigi, és jövőbeli protokollnak egyértelműen elhelyezhetőnek kell lennie, és a térbeli elhelyezkedés alapján a protokolloknak kvantitatívan összehasonlíthatónak kell lenniük. Természetesen lehetőség van a jövőbeli, új mechanizmusok egyszerű elhelyezésére is a protokolljellemzők hipertere által meghatározott rendszerben, vagy akár a hipertér bővítésére, ha szükségessé válik új protokolláris funkció ellátása.

A médiaközlési alkalmazásokat kiszolgáló többesadás megbízhatósági protokollok tulajdonságait leíró, eredményül kapott protokolljellemzők csoportokba szervezhetők az általuk megoldani hivatott *funkciócsoport*ok alapján, amelyeket a továbbiakban alapul vettem a protokollmechanizmusok feltérképezésére. Vizsgálódásaim során a következő protokolláris funkciócsoportokat hoztam létre:

- ***Forgalomkezelés funkciócsoport***, az adatátvitel módjával, irányultságával és szabályozásával kapcsolatos feladatokra *(3.1-1. táblázat)*.
- ***Kézbesítés-szabályozás funkciócsoport***, az alkalmazás által igényelt adatkézbesítés pontosságához és a lejátszás-adaptivitáshoz tartozó protokolláris feladatokra *(3.1-2. táblázat)*.
- ***Visszacsatolás-kezelés funkciócsoport,*** az adó(k) felé történő visszajelzés (nyugták) létrehozásával és szabályozásával, a nyugták keletkezésével, továbbításával, kezelésével foglalkozó feladatokra *(3.1-3. táblázat)*.
- ***Hibaszabályozás funkciócsoport*** olyan feladatokra vonatkozik, amelyek az adatvesztés utáni helyreállás mikéntjével kapcsolatosak *(3.1-4. táblázat)*.
- ***Viszonyigazgatás funkciócsoport*** a viszonytagság, beléptetés, kiléptetés, kizárás, láthatóság, jogosultság problémáira, elsősorban sokrésztvevős együttműködési alkalmazások esetén van szükség ilyen jellegű szabályozásokra *(3.1-5. táblázat)*.
- ***Hálózatigény funkciócsoport*** annak meghatározására, hogy milyen feltételeket igényel egy adott alkalmazáshoz tervezett megbízhatósági protokoll az alatta lévő hálózattól, ill. milyen hálózati feltételek mellett képes az elvárt megbízhatósági feladatot teljesíteni *(3.1-6. táblázat)*. Az ebbe a funkciócsoportra tartozó protokolljellemzők értékeit csak kiterjesztett értelemben lehet protokollmechanizmusnak nevezni, mivel általában csak egy-egy feltétel teljesülésének ellenőrzéséből állnak, ilyen protokolljellemző pl. a *sávszélesség-igény*, amint ezt a *3.1-6. táblázat* feltünteti.

Munkám során kiderült, hogy más funkciócsoportok meghatározásával is el lehet érni a protokollmechanizmusok teljes feltérképezését, mivel a legtöbb protokolljellemző több csoportosítási szempontnak megfelelő feladatot is ellát egyszerre. Tapasztalataim alapján a fenti csoportok szempontrendszere alapján történő munkát találtam célravezetőnek. A táblázatokból látható, hogy egy protokollmechanizmus több különböző protokolljellemző felvehető értékét is jelentheti, vagyis egy protokollmechanizmus több funkció ellátását is szolgálhatja, ilyen protokollmechanizmus pl. az előremutató hibajavítás (FEC), ahogy ezt a *3.1-3. táblázat* és a *3.1-4. táblázat* tartalmazza.

Protokolljellemzők	Protokollmechanizmusok
Adatátvitel módja	egyesadás, többesadás, egybeadás, szórtadás
Adatátvitel irányultsága	egyirányú, kétirányú, többirányú
Torlódásvédelem	lyukas vödör, képviselőcsoport alapú, elsőbbségi kiejtés, kifejezett lefoglalás, igazságos sorbaállítás, többcsoportos többesadás, vezérlő ügynökök használata (TopoSense[20]), vevőfeladás, újraküldés elkerülése
Áramlás-szabályozás	ablakalapú, sebességalapú, többcsoportos többesadás, vevőfeladás, nincs

3.1-1. táblázat: A forgalomkezelésbe tartozó protokolljellemzők

Protokolljellemzők	Protokollmechanizmusok
Adatpontosság	megbízható, együttkezelő, nem megbízható
Időkorlátosság	megbízható, nem megbízható
Lejátszás-adaptivitás	rögzített késleltetésű pufferes, Ramjee-algoritmussal illesztett
Frissítés	legnagyobb üresjárati idő (MaxIT) alapú, életbentartás (szívdobbanás) küldése alapú
Rendezés	garantáltan teljes, sorszámozás, nincs
Hibaészlelés	sorszám-alapú, időzítés-alapú, adatalapú

3.1-2. táblázat: A kézbesítés-szabályozásba tartozó protokolljellemzők

[20] Jagannathan & Almeroth 2001

Protokolljellemzők		Protokollmechanizmusok
Állapot-irányítás		adóalapú, vevőalapú, együttes, nincs
Hibaészlelés		adat megváltozásának észlelése, csomagvesztés észlelése, időtúllépés észlelése, kapcsolat megszakadásának észlelése
Hibajavító helyen történő nyugtakezelés	Elfojtás	idő (késleltetés) alapú, hibaszám alapú
	nyugtaösszegzés, döntéshozás	FEC, egyszerű összegzés
	Hibajavító válasz	egyszerű, rétegzett (layered)
Megbízott-kiválasztás		tartós, körbeadásos, önszervező, nincs
Nyugtacímzett		eredeti forrás, közbenső hely, minden tag, nincs
Nyugtaküldés módja		egyesadás, többesadás, nincs
Nyugtaküldési fa kezelése	Létrehozás	statikus, dinamikus
	Tag belépés/kiválás kezelése	csatlakozás (join), elhagyás (leave), újrastrukturálás
	Változáskövetés	token alapú, hibaalapú, párhuzamosan zajló statisztika gyűjtésén alapuló
	Megszüntetés	levél leválasztása, köztes csomópont leválasztása
Nyugtaküldési folyamat kezdeményezése		önkezdeményezett, lekérdezéses, időközönkénti, nincs
Nyugtaküldő kiválasztása		bármely vevő, megbízott, nincs
Nyugtaösszegzés és elfojtás	Nyugtagyűjtés, becsomagolás	idő (késleltetés) alapú, hibaszám alapú
	Nyugtaösszegzés, döntéshozás	FEC, egyszerű összegzés
	Nyugtaküldés időzítése	mindig, véletlen hosszúságú késleltetés közbeiktatásával, külső hibajelzések alapján történő elfojtással
Nyugtatípusok		ACK, NACK, H-ACK, H-NACK, SNACK, INFO
Nyugtát fogadó állandósága		kötött (pl. a küldőnek), viszonyhoz kötött, adaptív módszerrel meghatározott
Nyugtát fogadó kiválasztása		token alapú, hierarchia alapú, szavazás alapú
Visszacsatolás-szabályozás		szerkezet alapú, időzítő alapú (bedobás és elfojtás), képviselőcsoport alapú, sebességalapú, nincs

3.1-3. táblázat: A visszacsatolás-kezelésbe tartozó protokolljellemzők (első két oszlop együtt), a rövidítéseket a *2.1-1. táblázat* adja meg.

Protokolljellemzők	Protokollmechanizmusok
Javításkérés módja	egyesadás, többesadás, nincs
Javítás módja (veszteség-helyreállítás)	újraküldés, előremutató hibajavítás (FEC), közbeszúrás, vevőalapú javítás
Javítóhely	adó, közbenső hely, többi vevő, aktuális vevő, nincs
Javítócsomag kiválasztása	go-back-n, szelektív ismétlés
Javításküldés módja	egyesadás, többesadás, nincs
Javításküldés kiterjedése	globális minden vevőnek, globális másodlagos csoportba, globális egyes tagoknak, helyi, nincs
Javításküldés-szabályozás	időzítő alapú, másodlagos csoportba, egyes tagoknak, helyi, nincs

3.1-4. táblázat: A hibaszabályozásba tartozó protokolljellemzők

Protokolljellemzők	Protokollmechanizmusok
Viszonytagság-szabályozás	explicit, implicit, nincs
Szabályozás helye	központosított, elosztott, nincs
Méretezhetőség	skálázható, nem skálázható
Csoport állandóság	dinamikus, statikus

3.1-5. táblázat: A viszonyigazgatásba tartozó protokolljellemzők

Protokolljellemzők	Protokollmechanizmusok
Sávszélesség-igény	definiált, burst-ös, rendelkezésre álló
Hálózati különbözőség	homogén, heterogén
Irányfüggőség	szimmetrikus, aszimmetrikus

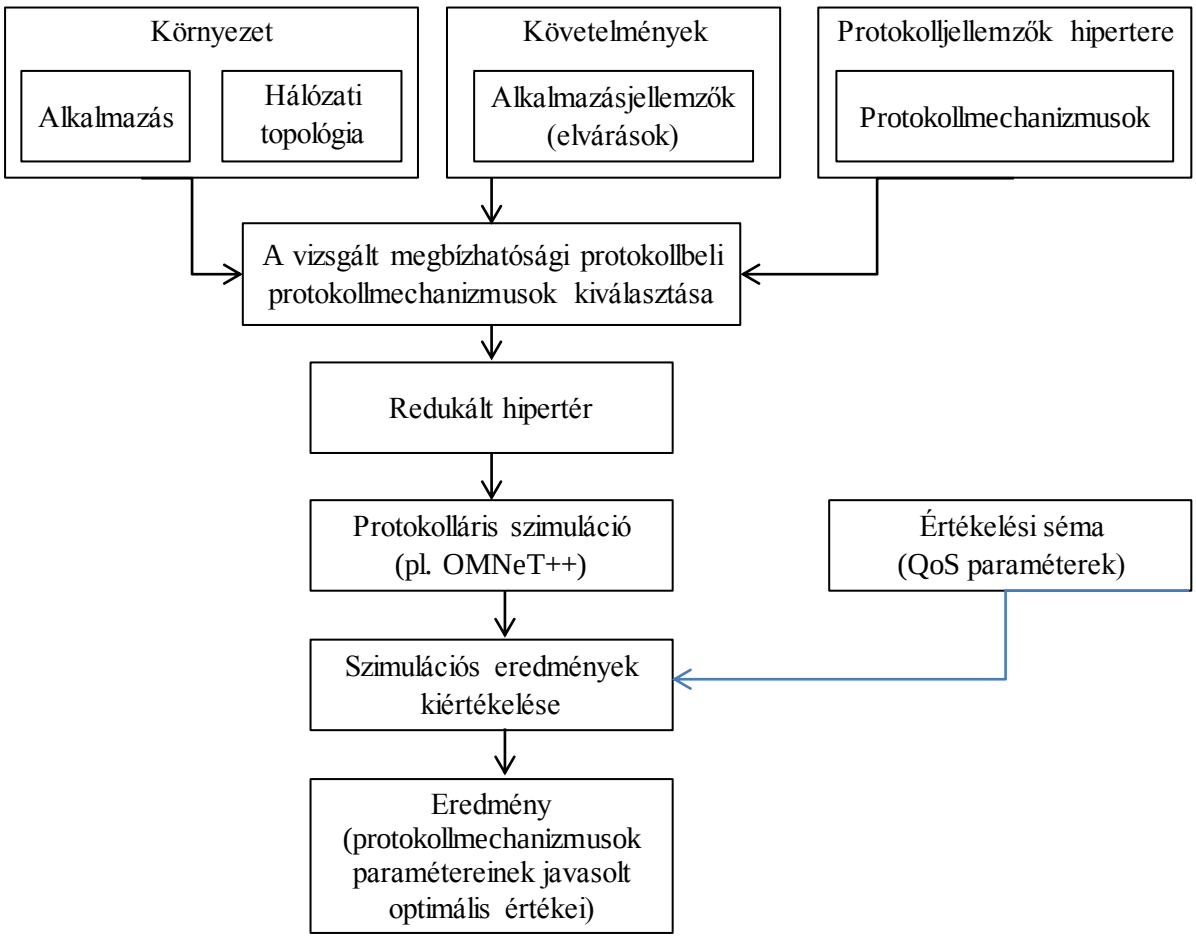
3.1-6. táblázat: A hálózatigényhez tartozó protokolljellemzők

Az 1.2. Tézis kifejtése

Vezetésem alatt egy olyan rendszer került kidolgozásra, amely lehetővé tette a többesadás megbízhatósági protokollok minősítését, amely folyamat céljára egy NETRIC nevű projektet irányítok. A NETRIC egy többesadás megbízhatósági protokollokra vonatkozó protokollélesítő, azaz optimalizáló rendszer, melynek képesnek kell lennie egy adott hálózati környezethez és alkalmazás követelményrendszerhez leginkább megfelelő többesadás megbízhatósági protokolljellemzők aktuális értékeinek (vagyis a megfelelő protokolláris mechanizmusoknak) a kiválasztására és azok lehető legalkalmasabb működési paramétereinek beállítására.

A *3.1-1. ábra* bemutatja a NETRIC protokollélesítő rendszer építőköveinek kapcsolatát. A projekt eredményeként létrejövő eljárás alkalmazásakor, ha egy adott alkalmazáshoz ki szeretnénk egy többesadás megbízhatósági protokollt választani, akkor először meg kell határozni azokat a különböző protokollfunkciókat leíró jellegzetes protokolljellemzőket, amelyekre az adott alkalmazásnak szüksége van, majd a protokolljellemzőkhöz kiválasztom az azokat megvalósító protokollmechanizmusokat. Végül az ismert protokollmechanizmusok közül kiválaszthatók azok, amelyek az adott helyzetben a legmegfelelőbb paraméterekkel rendelkeznek.

A projekt során kidolgozott eljárás *(3.1-1. ábra)* alapja a protokolljellemzők hipertere, amely az összes többesadás megbízhatósági protokollt tartalmazza mint a tér egy-egy pontját. Az eljárásban szereplő értékelési séma az éppen kiértékelés alatti protokollt felhasználó alkalmazások elvárásaitól függ, tartalmazhat a működési feltételekre, a működési környezetre, a hálózati paraméterekre és a szolgáltatásminőségi tulajdonságokra (QoS) vonatkozó megkötéseket.



3.1-1. ábra: A NETRIC protokollélesítő működése.

3.2. Egyenrangú (P2P) kommunikációs modell alkalmazása hálózati behatolásérzékelésre

2. Téziscsoport: Felismertem, hogy a hálózatba kapcsolt számítógépek behatolásvédelme a meglévő rendszerekhez képest fokozható a sikertelen támadásokból származó információknak egy P2P hálózaton keresztül történő feldolgozásával [1], [2].

2.1. Tézis: Megállapítottam, hogy a P2P alapú hálózati behatolásérzékelés lehetőségeit kihasználva a sikertelen behatolási kísérletek összegzésére is lehetőség nyílik egy elosztott hálózati adatbázis létrehozásával [1], [2].

További kapcsolódó publikációk: [12], [13], [14], [18], [20], [21], [24].

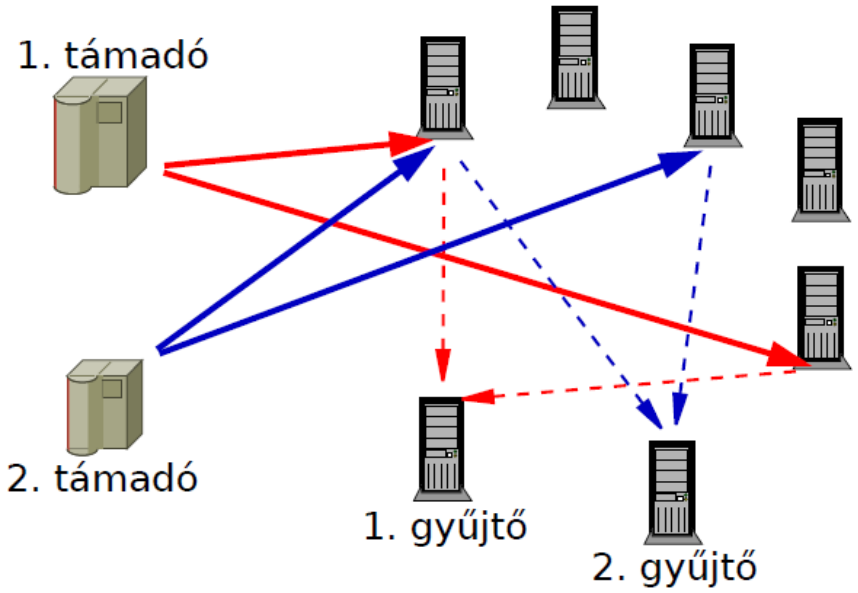
A 2. Téziscsoport kifejtése

Az általam javasolt hálózati behatolásérzékelő rendszer (NIDS) – szemben a gazdagép alapú behatolásvédelmi rendszerekkel – kihasználja a számítógépes hálózatba kapcsolt gépeknek a hálózati

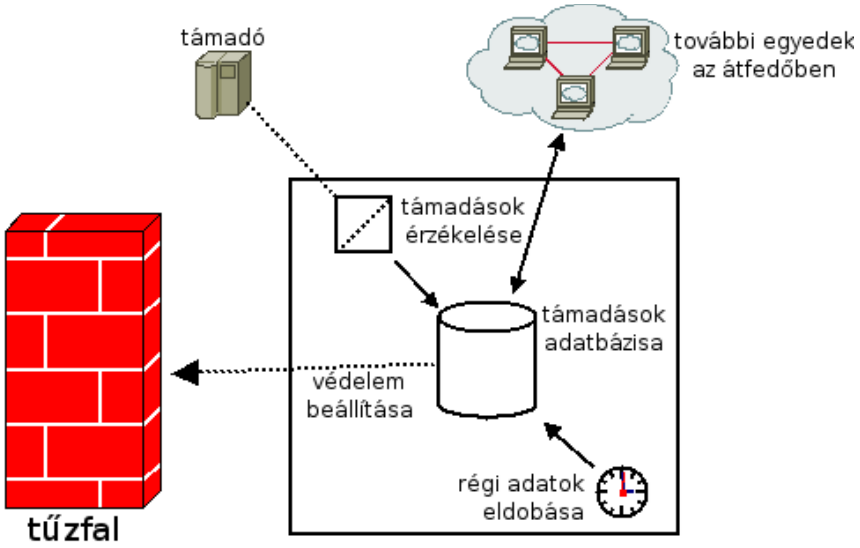
kommunikációból adódó lehetőségeit. Az általam kidolgozott módszer lényege, hogy az egyes gazdagépeken ugyanazon szoftver fut, és megfelelő konfigurációval ezek a szoftverek egymással – természetesen IP-n keresztül – kapcsolatba kerülnek. Ennek alapján ha egyikük érzékel egy behatolási kísérletet, riasztani tudja az átfedőbe tartozó összes csomópontot, amelyek ezután a kapott információtól függően megtehetik a védelemhez szükséges óvintézkedéseket.

A 2.1. Tézis kifejtése

A tézispont lényegében az előző tézispont továbbfejlesztése, amennyiben a behatolási kísérletről szóló üzenet nem minden, az átfedőn jelenlevő gazdagéphez jut el, hanem azok közül csak néhányhoz, és azok gyűjtik az egy-egy támadóról szóló információkat. Ha ez elér egy kritikus határt, akkor érdemes riasztani az átfedő összes résztvevőjét. Az így létrejött P2P hálózatot bemutatja a *3.2-1. ábra*. Az átfedő egy-egy résztvevő szoftverének funkcióit és működési környezetét összefoglalja a *3.2-2. ábra*.

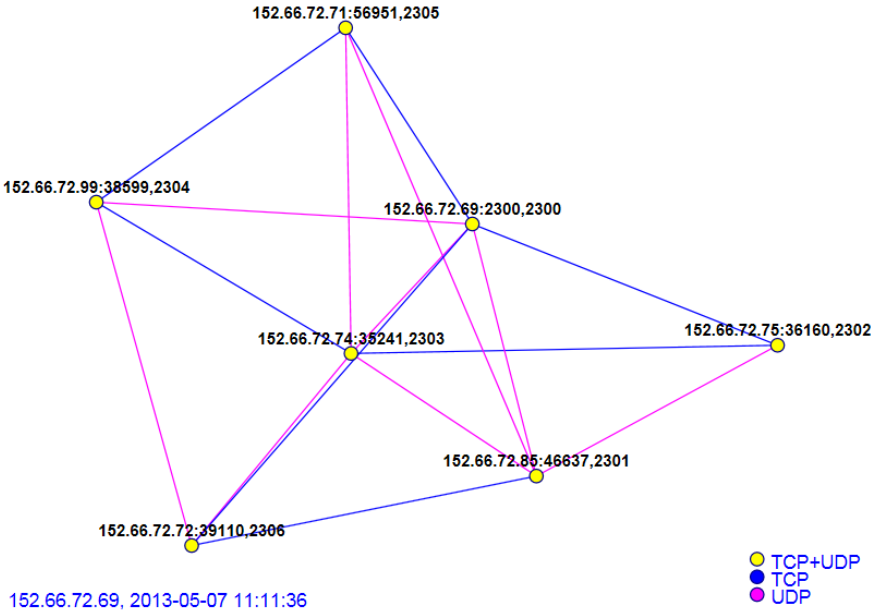


3.2-1. ábra: A behatolásérzékelési rendszer elvi felépítése.



3.2-2. ábra: Egy behatolásvédelmi kliens működése.

A kutatásaim eredményeként létrejött egy P2P alapú hálózati behatolásérzékelési rendszer. Ennek prototípusa évek óta működik az Elektronikus Eszközök Tanszék számítógépes hálózatában *(3.2-3. ábra)*. A prototípusban eleinte a strukturálatlan Gnutella P2P átfedő hálózati protokoll, majd később a strukturált Kademlia DHT protokoll került alkalmazásra. A Gnutellás változatban az átfedő egyes csomópontjai mind TCP-n, mind UDP-n képesek kommunikálni. Az egyes csomópontok bejelentkeznek a horgonypontra, és megadják azt, hogy az UDP és a TCP közül melyik protokollon tudnak kommunikálni. A *3.2-3. ábra* által bemutatott példában mindegyik szoftveregyed (peer) mindkét szállítási protokollon keresztül elérhető. Kimutattam, hogy a horgonyponttól kapott adatok alapján minden csomópont megpróbál csatlakozni a szomszédjaihoz a választott protokollon keresztül, ha viszont mind a TCP, mind az UDP elérhető, akkor véletlenszerűen választanak. A *3.2-3. ábra* olyan helyzetet mutat be, ahol az előbb leírtaknak megfelelően kb. fele-fele arányban jöttek létre TCP és UDP kapcsolatok, a gráf éleinek eltérő színe jelzi a kétféle szállítási protokoll használatát. Megjegyzendő, hogy itt a „kapcsolat” szót tágan értelmezem, hiszen az UDP egy összeköttetés-mentes szállítási protokoll. A csatlakozásnál az egyes peerek a Gnutella éhes (greedy) kapcsolatok módszerét használják, vagyis ha valamelyik egyednek túl kevés kapcsolata van a szomszédjaihoz, akkor véletlenszerűen választ egyet a horgonyponttól kapott listából, és megpróbál ahhoz csatlakozni. Így az átfedő sűrűségét a rendszer egy adott szinten tartja. A konfigurációs fájlban lehet állítani, hogy minimum és maximum mennyi kapcsolatot tartsanak fent egymás között.



3.2-3. ábra: A behatolásérzékelési rendszer virtuális átfedő hálózata.

3.3. A magzati szívzörejek identifikálása

3. Téziscsoport: Vizsgálatokat folytattam az akusztikus szívhangfelvételeken detektálható szívzörejek (murmurs) klaszteranalízis segítségével történő csoportosítására és identifikálására. Ennek során felismertem az akusztikus magzati szívhangfelvételeken érzékelhető szívzörejek egy sajátos együttállását, ezzel igazolva az akusztikus magzati szívhangvizsgálat szelektivitását a születés előtti szívzörejek detektálhatósága tekintetében [3], [4], [7], [8].

3.1. Tézis: Kidolgoztam egy strukturált P2P DHT átfedő hálózat elosztott adatbázisként történő alkalmazását, amelyben egy adott mérőhelyen kapott adatokat az ott azonosított szívzörej alapján abba az intézménybe küldik el, amelyik az adott szívzörejmintázatot tartalmazó szívhangfelvételek gyűjtésére ki van jelölve [6].

3.2. Tézis: Az erősen zajos környezetben végzett magzati szívhangvizsgálatokhoz szükséges előzetes zajosság szerinti osztályozás céljára bevezettem a zajszint fogalmát (NL), amellyel a keresett jelek szokásostól való eltérése miatt az általánosan használt jel/zaj viszonytól eltérően a zajt mint adott időszakokban mérhető zavaró jelet az értékes és keresett jelhez, mint a szívütésre legjellemzőbb S1 hanghoz viszonyítom [4].

3.3. Tézis: Igazoltam, hogy a hosszú idejű és többszörösen végzett fonokardiográfiai vizsgálatok abból a szempontból is szükségesek, mert ez ad lehetőséget arra, hogy a magzat – mivel mérés alatt helyét rendszerint változtatja – elhelyezkedése függvényében többféle szívzörej is detektálható legyen a felvételeken [3], [4], [7], [8].

3.4. Tézis: Igazoltam, hogy egyes esetekben legalább kétféle szívzörej különböztethető meg. Szülészekkel és kardiológusokkal folytatott konzultációk alapján igazoltam, hogy a kamrai sövényhiány (VSD) okozta szívzörej mellett észlelt második típusú szívzörej nem lehet a magzati légzésnek vagy a magzat helyzetváltoztatásának az eredménye, hanem kizárólag egy másfajta fiziológiai, ill. morfológiai oka van, ami ugyanakkor érzékelés szempontjából szorosan összefügg a magzat helyzetével [7].

További kapcsolódó publikációk: [11], [16], [17], [19], [23], [28], [29], [31], [34].

A 3.1. Tézis kifejtése

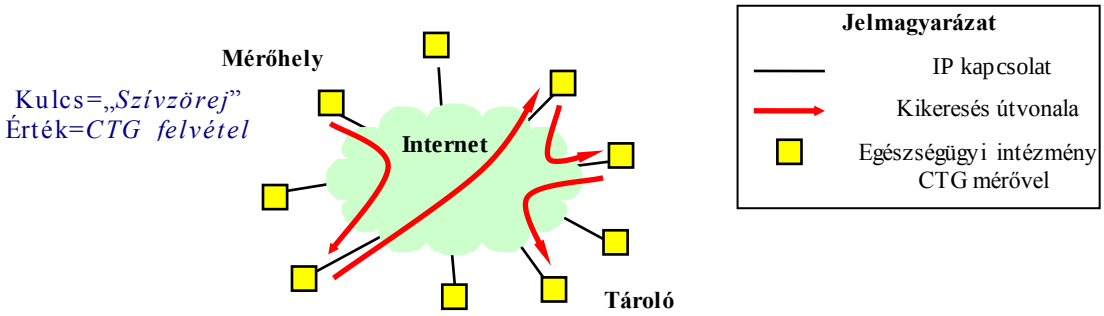
Megmutattam, hogy mivel az újszülött magzatokban rendkívül kicsi a veleszületett szívbetegségek aránya és az esetszáma, továbbá ebből adódóan a szívzörejek az akusztikus magzati szívhangfelvételekben ritkán fordulnak elő, a tudományos feldolgozáshoz elengedhetetlen, hogy a statisztikai biztonságnak megfelelő nagyszámú esetre nézve rendelkezzünk adatokkal. Megmutattam továbbá, hogy az adatokból csak akkor lehet megfelelően alátámasztott következtetéseket levonni, ha az adatok hosszú időn keresztül módszeresen kerülnek összegyűjtésre az összes hasonló eset bevonásával.

Ma hazánkban kb. 100 különböző helyen mérnek rendszeresen akusztikus magzati szívhangokat a magyar fejlesztésű Fetaphon (cardiotocograph) készülékkel.[21] A sokéves mérésekből összesen 25 olyan eset fordult elő, amelynél veleszületett szívbetegségre lehetett következtetni. Az ilyen rendkívül ritka előfordulású jelenségekről szóló adatok összegyűjtése hagyományos módszerekkel – vagyis az egészségügyi intézmények közötti emberi kapcsolat alapján – lehetetlen, az itt-ott ritkán felbukkanó egyedi adatokból pedig semmilyen vizsgálatot vagy kutatást nem lehet végezni. Pedig a veleszületett szívbetegség magzati korban történő

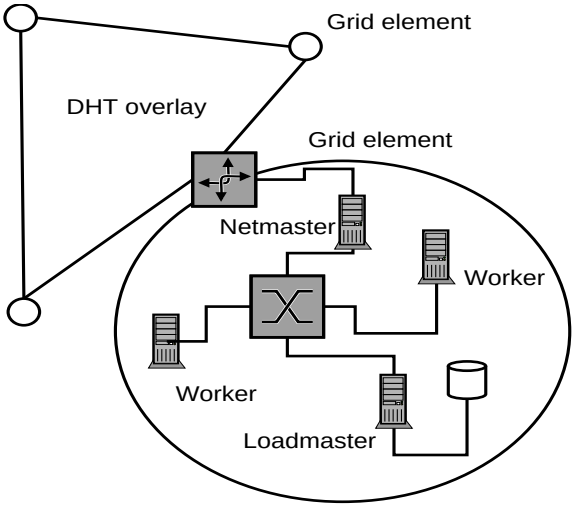
[21] Fetaphon honlap, letöltve 2013. május: http://fetaphon.com

felderítésének óriási jelentősége van. Ma már arra is van példa, hogy egy magzati szívben lévő, veleszületetten szűk ovális lyukat a várandósság alatt végzett műtét során tágítottak ki.

A fent említett vizsgálati készülékkel végzett mérések alapján vált nyilvánvalóvá, hogy az ebben a területben rejlő tudományos értékeknek a felderítésére egy olyan hálózatot kell létrehozni, amely az egymástól független intézményekben helyileg létrehozott akusztikus magzati hangfelvételekből adódó adatokat közös felhasználhatóságúvá teszi. Természetesen ez csak kiegyensúlyozottan történhet, ezért célszerűnek láttam egy strukturált DHT P2P átfedő hálózat alkalmazását elosztott adatbázisként. Ilyen rendszer tervét kidolgoztam, amelyben egy adott mérőhelyen (egészségügyi intézményben működő CTG mérés) kapott adatokat az ott azonosított szívzörejmintázat alapján abba az intézménybe küldik, amelyik az adott szívzörejmintázatot tartalmazó szívhangfelvételek gyűjtésére ki van jelölve, ahogy ezt a *3.3-1. ábra* és a *3.3-2. ábra* bemutatja. A megfelelő adatgyűjtő kikeresése a P2P DHT-k esetében szokásos, a DHT által a keresési szekvenciákból képzett kulcsok alapján történik (*document routing*). Ennek a problémának a megoldására több elképzelést is kidolgoztam tervezetek formájában.



3.3-1. ábra: A P2P hálózatba kapcsolt kardiotokográfok által szolgáltatott adatok tartalom szerinti tárolását végző P2P hálózat modellje.



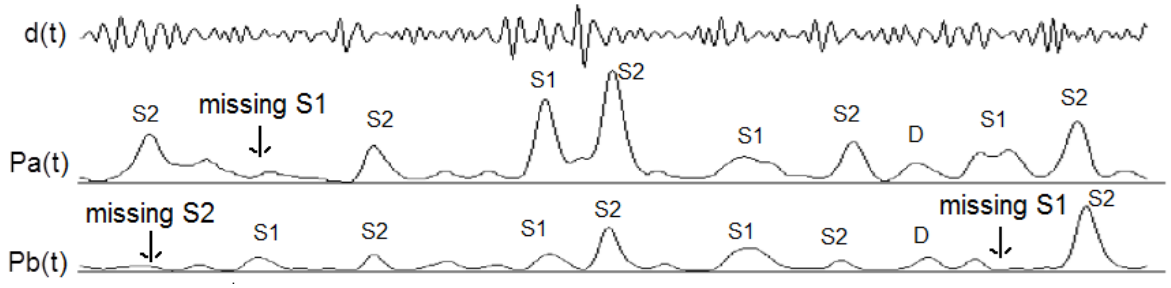
3.3-2. ábra: A javasolt hálózati struktúra.

Az általam kifejlesztett P2P alapú elosztott adatbázis egy veleszületett szívhibát (CHD) vizsgáló és kutató szakértői együttműködés része lehet, tulajdonképpen egy elosztott szakértői rendszer. Az így kialakítandó rendszer előnye az, hogy a rendkívül ritkán előforduló, és önmagában hatékonyan nem felhasználható felvételeket zörejspecifikusan összegyűjtve a további kutatások számára értékes adatbázis jöhet létre – mindez az emberi tényező kiküszöbölésével, egy önműködő P2P DHT által irányítva. A rendszer még fejlesztés alatt áll, ugyanis az egyes szívzörejek identifikálása és klaszterekbe sorolása nem fejeződött be. A

vizsgálatoknak azonban már így is vannak eredményei, amelyek legfontosabbika egy sajátos szívzörej felfedezése, amely egy olyan magzatnál volt mérhető, amelynek egy másik, ettől teljesen eltérő szívzöreje is van. A szívzörejek identifikálásával kapcsolatos eredményeimet a következő tézisekben foglaltam össze.

A 3.2. Tézis kifejtése

Az akusztikus magzati szívhangfelvételeknek a jel és a zaj viszonya alapján történő minősítésére és ezzel a felvételek algoritmikus kezelésére szükség volt egy minősítő jellemző bevezetésére. Ilyen célokra általában a jel/zaj viszonyt (Signal-to-Noise Ratio, SNR) szokták alkalmazni, ami az átlagos zaj- és jelteljesítmény arányából számítható, ami azt fejezi ki, hogy a zaj egy akaratlanul megjelenő energia, amely a hasznos jellel együtt jelentkezik. A *3.3-3. ábra* bemutat egy tipikus magzati szívhangfelvételt. Látható, hogy a különböző frekvenciasávokban történő szűrés egy-egy szívütést (S1 vagy S2 hangot) eltérő hatékonysággal mutat ki.



3.3-3. ábra: Magzati szívhangfelvétel frekvenciaszűrésével előállított jelek. Pa(t) 30…100 Hz, Pb(t) 60…100 Hz közötti sáváteresztő szűrővel készült.

A várandósság 30. hete előtt olyan kicsi a jel, hogy az akkor készült felvételeken nagyon nehéz megtalálni a magzati szívhangot. Az elektronikában szokásos jel/zaj viszony ebben az esetben nem használható. Sem a jel, sem a zaj nem definiálható a hagyományos módon.

Az akusztikus magzati szívhangfelvétel analízisének első fázisban a felvételen lévő zajnak a durva becslése és az S1, majd az S2 ütés kiválasztása történik, az esetleges szívzörej figyelmen kívül hagyásával. A második fázisban kerül sor az esetlegesen a felvételen található szívzörejek meghatározására.

A jel/zaj viszony hagyományos fogalma azonban az akusztikus magzati szívhangfelvételek leírására nem kellően pontos, mivel a jel időszakosan jelenik meg, a zaj pedig az egész vizsgálat időtartama alatt megfigyelhető. Továbbá esetünkben nem egy véletlenszerű zajról van szó, hanem a magzat és az anya különböző mozgásaiból adódó determinisztikus hangösszetevőről. Ebből következően a jel az értékes billentyűhang (célszerűen az S1 hang, mint az ütés jellemzője), az elkülönítetten mérhető zaj pedig a szisztolés és a diasztolés szakaszban mérhető teljes jel. Bonyolítja a helyzetet, hogy ezen utóbbiban egyes esetekben a betegségre utaló szívzörej is megjelenhet, ami az S1 billentyűhang feltárása szempontjából zajnak számít, ugyanekkor a megjelenő szívzörej egy nagyon értékes része a vizsgálatnak.

Az esetünkben nem használható SNR helyett – a követelmények alapján – bevezettem a *zajszint* (Noise Level, NL) fogalmát, amely a zaj átlagos amplitúdójának ($\hat{A}_{noise}$) és az S1 hang átlagos amplitúdójának ($\hat{A}_{S1}$) aránya az esetleges szívzörej figyelembevétele nélkül, ahogy ezt a (3.3-1) egyenlet megadja.

$$NL = \frac{\hat{A}_{noise}}{\hat{A}_{S1}}. \qquad (3.3\text{-}1)$$

Az általam definiált NL zajszintben benne van az esetleges szívzörej is, mivel az S1 szisztolés ütéshangok helyének meghatározása során (a felvételek feldolgozásának I. fázisában) a szívzörejeket nem lehet

elkülöníteni. Fontos megjegyezni, hogy a (3.3-1) egyenlet szerint definiált zajszint a gyakorlatban bevált, ennek segítségével történik a hangfelvételek osztályozása, amint ezt a *3.3-1. táblázat* tartalmazza.

Osztály	Zajszint (NL)
Alacsony szintű zaj	< 15 %
Közepes szintű zaj	15…85 %
Magas szintű zaj	> 85 %

3.3-1. táblázat: A magzati szívhangok felvételeinek osztályozása a zajszintjük szerint.

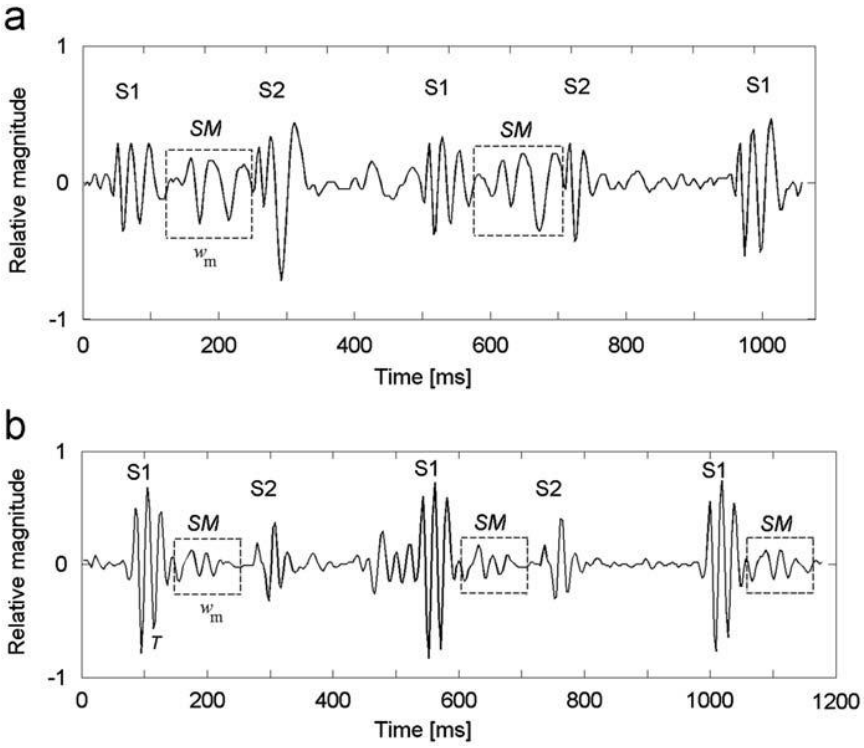
Az egyes magzati felvételek minősítéséhez alkalmazott optimalizációs felderítő módszer lényeges eleme a zajszint előzetes ismerete. A zajszint nagysága befolyásolja az alkalmazott analízis módszert is. Ha ugyanis egy felvétel zajszintje kicsi, akkor egy amplitúdó korrelációs módszer elegendő a hangfelvétel elemeinek azonosítására. Ha azonban a felvétel nagy zajszintű, akkor jóval erőforrás-igényesebb matematikai eszközök szükségesek, ilyen pl. a wavelet transzformáció [8].

A 3.3. Tézis kifejtése

Egy hosszú idejű magzati szívhangvizsgálat szükségszerűségének egy további okát tártam fel azon túlmenően, hogy a magzat változó aktivitásából adódóan a rövid idejű mérések eltérő mérési eredményeket szolgáltatnának. A hosszú idejű vizsgálat ugyanis azt a további lehetőséget nyújtja, hogy a hosszú vizsgálati idő alatt a magzat helyzetváltoztatásából adódóan olyan hangjelek is érzékelhetővé válnak, amelyek rövid idejű vizsgálatok során nagy valószínűséggel rejtve maradnának. Ezek egy tipikus példája, ha a szívben vagy az azt körülvevő nagyérrendszerben olyan morfológiai elváltozások vannak, amelyek jellegzetes frekvenciái jól elkülöníthető hangjeleket szolgáltatnak.

A 3.4. Tézis kifejtése

A *3.3-4. ábra* ugyanazon hangfelvétel két szelvényét mutatja [7], amelyek lényegesen különböznek egymástól. A felvétel egy olyan magzaté, amelynél a születés után echocardiográfiával kamrai sövényhiányt (VSD) diagnosztizáltak. A felvétel különlegessége, hogy két teljesen különböző formájú szívzörej látható rajta. A kétféle szívzörej paramétereit megadja a *3.3-2. táblázat*. Az *a)* típusú szívzörej a *3.3-2.* ábrán látható. Ez egy holoszisztolés (a szisztolés szakasz egészében tartó) szívzörej, ami kismértékben crescendo (fokozatosan erősödő) jellegű, időben csökkenő frekvenciájú és inkább a t_S szisztolés szakasz második felében helyezkedik el. Ezt a szívzörejt a VSD tüneteként lehet értékelni. Az *a)* szívzörejt a mérés első felében rögzítették. Meglepő módon, 10 perc múlva egy másik, *b)* szívzörej került rögzítésre, amelynek a helyzetét, valamint a frekvencia spektrumát tekintve jelentősen eltér az elsőtől. A *b)* szívzörej decrescendo (fokozatosan csökkenő intenzitás) jellegű, inkább a t_S szisztolés szakasz első felében található és időben növekvő frekvenciájú. Ezekből a *3.3-2. táblázat*ban látható paraméterekből látszik, hogy a két esetben egészen más fiziológiai okokra visszavezethető jellegű szívzörejről van szó.



3.3-4. ábra: Kétféle magzati szívzörej kamrai sövényhiány (VSD) következtében.

Zörejt kiváltó ok	Zörejparaméter neve	Zörejparaméter értéke
a) kamrai sövényhiány (VSD)	SM-nek az S1-hez képesti mértéke	80%
	SM helyzete és időtartama *(w_{m1})*	holoszisztolé, 136 ms
	SM domináns frekvenciája és sávszélessége	32 Hz, BW: 27…38Hz
	DM (diasztolés szívzörej)	Nem észlelt
	S1 eltolódás (split)	44 ms
	S2 eltolódás (split)	28 ms
b) nem azonosított	SM-nek S1-hez képesti mértéke	25%
	SM helyzete és időtartama *(w_{m2})*	korai szisztolé, 110 ms
	SM domináns frekvenciája és sávszélessége	44 Hz, BW: 36…52 Hz

3.3-2. táblázat: A detektált kétféle szívzörej paraméterei. A rövidítések értelmezését a *2.3-1. táblázat* adja meg.

A szülészekkel és a kardiológusok történt konzultációkon több javaslat született a jelenség magyarázatára. Ezek egyikét, nevezetesen azt, hogy a zörej oka a magzati légzés ideiglenes megjelenése, amelyre hatott a szív külső nyomása, elvetették, mivel a felvételen szereplő magzati szívhang (FHR) variabilitása nem támasztja alá a légzés felléptét. A másik javasolt magyarázat a magzat helyzetének változása, azonban pusztán a jelátviteli közeg megváltozása nem indokolja a jelalak ilyen mérvű megváltozását. A jelenség leginkább elfogadható oka az lehet, hogy viszonylag távol egymástól két különböző hangforrás létezik. A billentyűt rögzítő ínhúrok *(chordae tendineae)* rezgése kizárható, a VSD-hez való közelsége miatt. Esetleg a hangja Still-zörej lehet, bár ez a szívzörej 2 éves kortól szokott fellépni. A tünet tisztázása túlmutat a magzati szívhangvizsgálat keretein és egy részletes echokardiográfiai vizsgálatot igényel. Megjegyzendő, hogy a felfedezett b) típusú szívzörej gyakoriságát egyelőre nem ismerem.

3.4. Matematikai statisztikai módszerek alkalmazása számítógépes paleográfiai vizsgálatokhoz

4. Téziscsoport: Felismertem, hogy a számítógépes paleográfiai kutatások terén jelentős eredményeket lehet elérni topológiai és időbeli modellezéssel, valamint matematikai statisztikai eszközök igénybevételével, ezzel új vizsgálati módszereket vezettem be a számítógépes paleográfiába. Az általam kidolgozott eljárásokat alkalmaztam az eurázsiai steppén és a Kárpát-medencében különböző népek által használt rovásírásokra, figyelembe véve ezen írások sajátosságait, és ezzel létrehoztam a számítógépes rovás paleográfiát, mint egy alkalmazott informatikai tudományterületet [5].

4.1. Tézis: Bevezettem a grafémaalak-összetettségi mutatót (GCP, Glyph Complexity Parameter), amely alkalmazásával algoritmikusan is figyelembe vehető, hogy a grafémaalakok különböző mértékű topológiai információt hordoznak [5].

4.2. Tézis: Létrehoztam a grafémaalakok leírására szolgáló alakzati jellemzők rendszerét, továbbá meghatároztam azokat a topológiai transzformációkat, amelyek az írásfejlődés során kimutathatók a grafémaalakok változásaiban. Rámutattam, hogy minden grafémaalak leírható egy korábbi grafémaalak és a topológiai transzformációk sorozata által [5].

4.3. Tézis: Kidolgoztam egy grafémaszármaztatási módszert, amelyben csak azon grafémák közötti kapcsolatot fogadjuk el lehetséges leszármazási viszonyként, amelyek között adott határértéknél kevesebb topológiai transzformáció alkalmazásával teremthető kapcsolat. Továbbá a grafémák leszármazási láncainak felderítéséhez létrehoztam egy összetett topológiai minimalizálást, és ezt alkalmazva kialakítottam egy hierarchikus adatbázist, amely a grafémák leszármazási viszonyait tartalmazza [5].

4.4. Tézis: Felismertem és az adott időszakban domináns grafémaalakító módszerek alapján példákon igazoltam, hogy a grafémák időbeli fejlődését szakaszokra lehet bontani [5].

4.5. Tézis: Elsőként alkalmaztam klaszteranalízis módszereket rovásírással készült középkori írásemlékek közötti genealógiai összefüggések felderítésére [5].

További kapcsolódó publikációk: [36], [37], [38], [39], [40].

A 4.1. Tézis kifejtése

A különböző ábécékben előforduló grafémaalakok véletlenszerűen is lehetnek hasonlóak vagy azonosak. Az ebből adódó tévedés nyilvánvalóan elkerülendő. Rámutattam, hogy ennek az esélye annál kisebb, minél összetettebb egy grafémaalak, másképpen az egyes grafémák összehasonlításánál a grafémák alakjának karakterisztikusságától függően különböző konfidenciájú állításokat tehetünk. A grafémaalakok karakterisztikusságának, azaz bonyolultságának leírására bevezettem a *grafémaalak-összetettségi mutató*t (Glyph Complexity Parameter, GCP), amivel lehetővé vált ennek az eddig csak igen szubjektíven leírható jellemzőnek a számszerűsítése. A GCP használatával viszont matematikai relációkkal leírhatóvá válik a grafémaalakok közötti hasonlósági kapcsolat, ha ugyanis két, nagy GCP-jű grafémaalak hasonló, akkor valószínű, hogy rokonai egymásnak. A különböző írások grafémáinak vizsgálata alapján kialakítottam egy megfigyeléseken alapuló (3.4-1) képletet a GCP kiszámítására.

$$GCP = (\operatorname{sgn}\ N)\left(\sum_{i=1}^{N} N_i^{(E)} - 1\right) + (\operatorname{sgn}\ L)\left(\sum_{j=1}^{L}\left(N_j^{(L)}\right) + 1\right) + A + M + P + (S-1), \qquad (3.4\text{-}1)$$

ahol N a csomópontok *(node)* száma; $N_i^{(E)}$ a vizsgált grafémaalak i-edik csomópontjához tartozó élek *(edge)* száma; L a grafémaalakban található egymást át nem lapoló hurkok (*loop*) száma; $N_j^{(L)}$ a vizsgált grafémaalakbeli j-edik hurok csomópontjai közötti vonalak száma; A az egyik hurokba sem tartozó ívelt élek, azaz ívek *(arch)* száma; M a grafémaalakban vízszintesen vagy függőlegesen tükrözött *(mirrored)* egybe nem eső vonalak száma, P a nem tükörképi helyzetben lévő, egymással párhuzamos *(parallel)* vonalak száma, S pedig a grafémaalak topológiáját alkotó egymástól elkülönített *(separated)* alakzatok száma. A koncentrikus íveket párhuzamosnak tekintjük. Az $sgn\ x$ a matematikából jól ismert előjelfüggvény, amely pozitív argumentumra 1, negatív argumentumra (-1), 0-ra pedig zérus értékű. A (3.4-1) kifejezés első tagjában a (-1) összetevő normáló szerepű, vagyis az egyetlen egyenesből álló, legjellegtelenebb grafémák GCP-jét 1-re állítja be. A (3.4-1) kifejezés második tagjában szereplő (+1) azt fejezi ki, hogy a hurkok a számuknál 1-gyel nagyobb számú diszjunkt területre osztják a síkot, ami önmagában is növeli egy grafémaalak karakterisztikusságát. A (3.4-1) kifejezés utolsó, $(S-1)$ tagja pedig azt fejezi ki, hogy az egynél több részből álló összefüggő topológiának van a grafémaalak jellegzetességében szerepe.

A GCP grafémaalak-összetettségi mutató kiszámításánál az egy vonalba eső, és egymással érintkező párhuzamos éleket, ill. koncentrikus íveket csak egyszer számoljuk. Továbbá azokat a hurkokat, amelyeket átmenő vonalak több felé osztanak és ezzel formálisan több hurokra esnek szét, a (3.4-1) képlet második tagjában egyetlen hurokként veszem számításba, nem véve figyelembe a felosztó vonalakat (azok az első tagban már beszámításra kerültek). Néhány graféma GCP értékét bemutatja a *3.4-1. táblázat*. A tapasztalatok alapján a fenti módon definiált GCP alkalmas annak leírására, hogy egy grafémaalak mennyire karakterisztikus: minél nagyobb az egymáshoz hasonlító grafémaalakok GCP-je, annál nagyobb megbízhatósággal tételezhető fel, hogy ugyanazon vagy egymással rokon grafémákhoz tartoznak.

Írás	Írásbeliség	Grafémaalak	Grafémanév	GCP
Rovás	székely-magyar		Z	31
Görög	korai		THETA	17
Rovás	korai székely-magyar		F	15
Föníciai	klasszikus		ÁLF	14
Görög	klasszikus		THETA	14
Rovás	Kárpát-medencei		HEGYES H	13
Rovás	steppei		SZÖGLETES E	13
Glagolita	íves		JEST	12
Latin	klasszikus		M	11
Rovás	székely-magyar		US	10
Lüdiai	*bármelyik*		M	8
Görög	korai		KOPPA	5
Rovás	proto		KEREK M	2
Károsti	klasszikus		MA	2
Rovás	*bármelyik*		N	2
Rovás	*bármelyik*		SZ	1

3.4-1. táblázat: A különböző írásokhoz tartozó grafémák GCP értékei.

A 4.2. Tézis kifejtése

Bevezettem a grafémaalakok topológiai leírására szolgáló *alakzati jellemző*ket. Ezeket együttesen egy *a*-val jelölt írásba tartozó grafémaalak (Glyph) alakzati jellemzőit leíró $G^{(a)}$ vektorral jelölöm, amelynek $\left(G^{(a)}(1), G^{(a)}(2)\ldots\right)$ elemei az adott grafémaalak alakzati jellemzőinek számszerűsített értékei, értelmezésüket a *3.4-2. táblázat* adja meg. Ez az eredmény azért egy nagy előrelépés, mert ezzel a grafémaalakok értékelése kvantitatívan történik. Tehát a meglehetősen szubjektív topológiai összehasonlítás helyett ez a reláció számszerűsítetté vált, és ezzel megnyílt a lehetőség a grafémaalakok fejlődésének algoritmikus leírására.

Jellemző	Leírás
$G^{(a)}(1)$	végződések (egyfokú csomópontok) száma
$G^{(a)}(2)$	kétágú csúcsok (kétfokú csomópontok) száma
$G^{(a)}(3)$	háromágú csúcsok (háromfokú csomópontok) száma
$G^{(a)}(4)$	négy- v. többágú csúcsok (négy- v. magasabb fokú csomópontok) száma
$G^{(a)}(5)$	közel egyenes vonalak, azaz élek mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(6)$	jelentős görbületű vonalak, azaz ívek mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(7)$	hurkok száma
$G^{(a)}(8)$	(közel) függőleges vonalak mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(9)$	(közel) vízszintes vonalak mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(10)$	(közel) 45°-ban balra dőlő vonalak mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(11)$	(közel) 45°-ban jobbra dőlő vonalak mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(12)$	a grafémaalak középvonalára nézve vízszintesen vagy függőlegesen tükrözött *(mirrored)* egybe nem eső vonalak mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve)
$G^{(a)}(13)$	A nem tükörképi helyzetben lévő, egymással párhuzamos vonalak mennyisége (negyed betűmagasságban kifejezve). Ha a vonalak ívesek, vagyis ívekről van szó, akkor a párhuzamosságként a koncentrikus tulajdonságot veszem figyelembe.

3.4-2. táblázat: Egy *a*-val jelölt írás egy grafémaalakjának topológiai tulajdonságait kifejező *alakzati jellemzők*.

Az írástörténetben az előzmény nélküli grafémaalak csak rendkívüli esetekben jön létre. Ezzel szemben a tipikus folyamat az, hogy a grafémaalakok ugyanazon írás vagy másik írás korábbi grafémaalakjaiból származnak. A leszármazásnak általában előfeltétele a hangértékbeli azonosság, ill. a fonetikailag magyarázható eltérés. A grafémaalakító transzformációkat operátorként is felfoghatjuk, az egyes operátorok jelölését a *3.4-3. táblázat* adja meg.

Operátor kód	Grafémaalakító módszer neve	Grafémaalakító módszer leírása
M_0	Nincs módosítás	Az adaptált grafémaalak megegyezik az eredetijével.
M_1	Kisebb módosítás	A grafémaalak az eredetijéhez képest csak kismértékben módosult.
M_2	Vonal hozzáadása/elvétele	Segédvonal alkalmazása vagy egy vonal elvétele.
M_3	Vonal hosszabbítása, rövidítése vagy eltolása	A grafémaalak egy vonalának hosszabbítása, rövidítése vagy mozgatása.
M_4	Tükrözés vagy forgatás	A grafémaalak tükrözése vagy forgatása a használata vagy egy ligatúrakészítés során.
M_5	Ligatúra	Egy új grafémaalak kifejlesztése meglévők ligatúrájából.
M_6	Megkettőzés	A ligatúraképzés különleges esete: grafémaalak megkettőzése egy új létrehozása érdekében.
M_7	Vonalak összeolvasztása	A grafémaalak két, szöget bezáró vonalának összeolvasztása eggyé.
M_8	Alakváltozat	Meglévő (vagy éppen emiatt létrehozott) grafémaalak-változat használata az eredetitől esetleg eltérő hangértékkel.
M_9	Díszesítés	A papírra való írás technológiájából eredően ívesebbé és díszesebbé tétel.
M_{10}	Ívesítés	A grafémaalak egy vagy több egyenes vonalát ívesen húzzák meg, esetleg meglévő szögletet ívvel helyettesítve.
M_{11}	Kiegyenesítés	A grafémaalak egy vagy több íves vonalát kiegyenesítik, esetleg szögletet kialakítva.

3.4-3. táblázat: Az írások fejlődésében esetenként alkalmazott grafémaalakító módszerek.

Egy új $G_{new}^{(a)}$ grafémaalak létrejöttét egy $G_{old}^{(a)}$ régiből kifejeztem a (3.4-2) operátoros egyenlettel.

$$G_{new}^{(a)} = \prod_i \left(M_i, 0 < i \le 11\right) G_{old}^{(a)} \tag{3.4-2}$$

Az M_i grafémaalak transzformáló operátorok a *3.3.3-2. táblázat*ban szerepelnek. Az M_i operátorból tetszőleges számú kerül egymás után alkalmazásra. Két $G_{new}^{(a)}$ és $G_{old}^{(a)}$ grafémaalak közötti rokonság annál nagyobb, minél kevesebb operátort kell ahhoz alkalmazni ahhoz, hogy a régebbi $G_{old}^{(a)}$ grafémaalakból megkapjuk a $G_{new}^{(a)}$ újat.

A 4.3. Tézis kifejtése

A grafémák rokonsági halmazai a graféma leszármazási láncok meghatározásának előfeldolgozó lépése. Azon grafémákat tekintem lehetséges rokonoknak, amelyeknek a grafémaalakjaira a (3.4-2) egyenlet szerinti transzformáció-sorozat egy adott határértéknél kevesebb transzformációból áll.

A grafémaalakok származtatása az alakzati (topológiai) jellemzőik összevetését igényli. Ezt két, *a1* és *a2* íráshoz tartozó graféma $G_1^{(a1)}$ és $G_2^{(a2)}$ vektorral jellemezhető alakjának különbözőségét leíró $\delta\left(G_1^{(a1)}, G_2^{(a2)}\right)$ értékkel, illetve a hasonlóságukat megadó $s\left(G_1^{(a1)}, G_2^{(a2)}\right)$ értékkel lehet kifejezni, ahogy ez a (3.4-3) és a (3.4-4) egyenletből látható. A (3.4-3) összefüggés egy grafémaalak ugyanazon íráson belüli fejlődésére is alkalmazható, ekkor $a1 = a2$.

$$\delta\left(G_1^{(a1)},G_2^{(a2)}\right)=\frac{\sqrt{\frac{1}{N_G}\sum_{i=1}^{N_G}w_i\left(G_2^{(a2)}(i)-G_1^{(a1)}(i)\right)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N_G}\sum_{i=1}^{N_G}w_i\left(\max\left(G_1^{(a1)}(i),G_2^{(a2)}(i)\right)\right)^2}}\cdot 100\%\,, \tag{3.4-3}$$

$$s\left(G_1^{(a1)},G_2^{(a2)}\right)=1-\delta\left(G_1^{(a1)},G_2^{(a2)}\right), \tag{3.4-4}$$

ahol a két, $G_1^{(a1)}$ és $G_2^{(a2)}$ grafémaalak $\delta\left(G_1^{(a1)},G_2^{(a2)}\right)$ különbözőségét úgy számítom ki, hogy a (3.4-5) kifejezés szerint elemenként számított topológiai tulajdonságok eltérésének a súlyozott négyzetes átlagát normálom ugyanezen topológiai tulajdonságoknak a két vizsgált grafémaalaknál előforduló maximumának súlyozott négyzetes átlagával.

$$G_2^{(a2)}(1)-G_1^{(a1)}(1),\ G_2^{(a2)}(2)-G_1^{(a1)}(2),\ldots,G_2^{(a2)}(N_G)-G_1^{(a1)}(N_G) \tag{3.4-5}$$

A (3.4-3)-ben N_G az alakzati jellemzők száma, $w_1,w_2,\ldots,w_i,\ldots,w_{N_G}$ értékek pedig az egyes alakzati jellemzők viszonylagos fontosságát kifejező súlytényezők, amelyeket egyes írásoknak a nemzetközi paleográfiai szakirodalomból[22] ismert leszármazási kapcsolatai alapján heurisztikus úton állapítottam meg. A *3.4-2. táblázat* alapján $N_G=13$. A súlyokra igaz a (3.4-6) egyenlet.

$$\sum_{i=1}^{N_G}w_i=N_G \tag{3.4-6}$$

A (3.4-3) egyenlet egyszerűsítéséből adódik a (3.4-7) egyenlet.

$$\delta\left(G_1^{(a1)},G_2^{(a2)}\right)=\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_G}w_i\left(G_2^{(a2)}(i)-G_1^{(a1)}(i)\right)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_G}w_i\left(\max\left(G_1^{(a1)}(i),G_2^{(a2)}(i)\right)\right)^2}}\cdot 100\%\,, \tag{3.4-7}$$

A (3.4-7) egyenlet figyelembe veszi, hogy bonyolultabb alakzatok esetén a kisebb eltérések nem számottevőek, míg egyszerűbb grafémaalakoknál a legkisebb eltérés is jelentős lehet. A vizsgálatokban a $(w_1,w_2,\ldots,w_i,\ldots,w_{N_G})$ súlytényezőket a tapasztalati úton meghatározott $\tilde{W}=(2,4,9,6,1,1,4,1,1,1,1,2,2)$, $w_i=N_G\tilde{w}_i\Big/\sum_{i=1}^{N_G}\tilde{w}_i$, $i=1,2,\ldots,N_G$ értékkel vettem figyelembe. A hurkok számára vonatkozó w_7 súlytényező értéke 4, ami viszonylag jelentős érték. Ennek az oka az, hogy míg a nem záruló egyenes és görbe vonalak hat különböző alakzati jellemzőben is számításba vannak véve $(w_5,w_6,w_8,w_9,w_{10},w_{11})$, addig a grafémaalakot jelentősen meghatározó hurkok száma csak egy alakzati jellemzővel (w_7) kerül figyelembevételre. Hasonlóan a tükrözött és párhuzamos helyzetben lévő vonalak mennyisége, továbbá a csomópontok számára vonatkozó súlytényezők (w_1,w_2,w_3,w_4) is nagyobb súllyal kerülnek figyelembe vételre: $(2,4,9,6)$, különösen a metszéspontokat jelző hármas és négyes csomópontok (w_3,w_4), amelyek súlyai: $(9,6)$, mivel ezek a grafémaalak topológiájában egymást keresztező vonalak metszéspontjait reprezentálják.

[22] Faulmann 1880; Glass 2000; Hackh 1927: 97-118; Hitch 2010

Az egyes grafémaláncokat úgy hoztam létre, hogy a különböző leszármazási lehetőségek közül azt választottam, amelyik a láncban lévő grafémák grafémaalakjainak legkisebb eltérését jelentette, súlyozva az összehasonlításra kerülő grafémaalakok összegzett grafémaalak-összetettségi mutatójával. Más szóval a (3.4-8) képlet szerint a hibafüggvényt minimalizáltam.

$$\min \sum_i \left(GCP_i + GCP_{i+1}\right)\left[\delta\left(G_i^{(a1)}, G_{i+1}^{(a2)}\right)\right]^2, \tag{3.4-8}$$

ahol $G_i^{(a1)}$ a vizsgált graféma-leszármazási lánc *i*-edik elemében szereplő, az *a1* íráshoz tartozó grafémaalak, $\delta\left(G_i^{(a1)}, G_{i+1}^{(a2)}\right)$ az *i*-edik és az *i+1*-edik grafémaalak eltérése, GCP_i pedig az *i*-edik grafémaalak-összetettségi mutatója. A (3.4-8) minimalizálás az alapja a grafémák leszármazásának a hangértékeket figyelembe vevő topológiai hasonlóságokon alapuló kifejlesztett modellezési módszernek.

Felismertem, hogy annak a paleográfiai szakirodalomban gyakran alkalmazott eljárásnak, amely az egyes grafémákat páronként hasonlítja össze azok alakzati tulajdonságai alapján, az a hibája, hogy nem veszi figyelembe a különböző írásokban szereplő, egymással rokon grafémaalakok együtteséből adódó, a leszármazási viszonyaikra vonatkozó információkat. Ezzel szemben az általam kidolgozott, a (3.4-8) kifejezés minimalizálásán alapuló módszer használatával az összes lehetséges rokonítható graféma rokonsági kapcsolatát együtt lehet vizsgálni. Ezért a (3.4-8) kifejezésben szereplő globális minimalizálásból adódó eredmény megbízhatóbb, mint a hagyományos, grafémapárokon alapuló megállapítások. A (3.4-8) kifejezésbeli globális minimalizálás segítségével létrehoztam egy hierarchikus graféma-leszármazási adatbázist, amely az eddig ismerteknél lényegesen pontosabb összefüggéseket tartalmaz a grafémák leszármazási kapcsolatairól.

A 4.4. Tézis kifejtése

A grafémák időbeli fejlődésének vizsgálata vezetett ahhoz a felismeréshez, hogy a különböző írástechnológia, valamint a kulturális és anyagi körülmények változása miatt az egyes korokban eltérő topológiai transzformációkat alkalmaztak az új grafémák létrehozására, ill. a meglévők módosítására. Pl. a középkorban gyakran használták a ligatúraképzés rendszerét (M_5 transzformáció a *3.4-3. táblázat*ban). Az ezzel kapcsolatos felismeréseimet a székely-magyar rovásemlékek vizsgálatával igazoltam, amelyeket részletesen ismertettem, és régészek, ill. nyelvészek által igazolt olvasattal rendelkező székely-magyar rovásemlékeken igazoltam [5]-ben.

A 4.5. Tézis kifejtése

Megvizsgáltam a 15-18. századi székely-magyar rovásemlékeket, és közülük a jelentősebbekre alkalmaztam a hierarchikus klaszteranalízist és ennek segítségével leszármazási összefüggéseket sikerült kimutatni közöttük. A vizsgálatba bevont írásemlékeket rövidítésükkel jelöltem. A legtöbb ránk maradt rovásábécé eltér egymástól vagy a használt grafémakészletben, vagy a megfelelő grafémák alakjaiban.

A tizenkét vizsgált rovásemlék bizonyos grafémaalakjainak előfordulása alapján létrehoztam egy 12x12-es *adatmátrix*ot, ahol a mátrixelemek két-két összehasonlított írásemlék közül a mindkét írásemlékben előfordult, ill. az egyikben sem található grafémaalakok számát jelölik. A távolságot a Sokal–Michener távolságmérték alkalmazásával határoztam meg.[23] Mivel egyes írásemlékek csak részlegesen maradtak ránk, így bizonyos grafémák előfordulásáról nincs adatunk, az adatmátrixot normáltam, az egyáltalán vizsgálható grafémák száma szerint, s ezek után kaptam egy *távolságmátrix*ot *(3.4-4. táblázat)*, amelynek elemei két-két írásemléknek a vizsgált grafémák hasonlósága szerinti eltérését mutatja be.

[23] Sokal & Michener, 1958

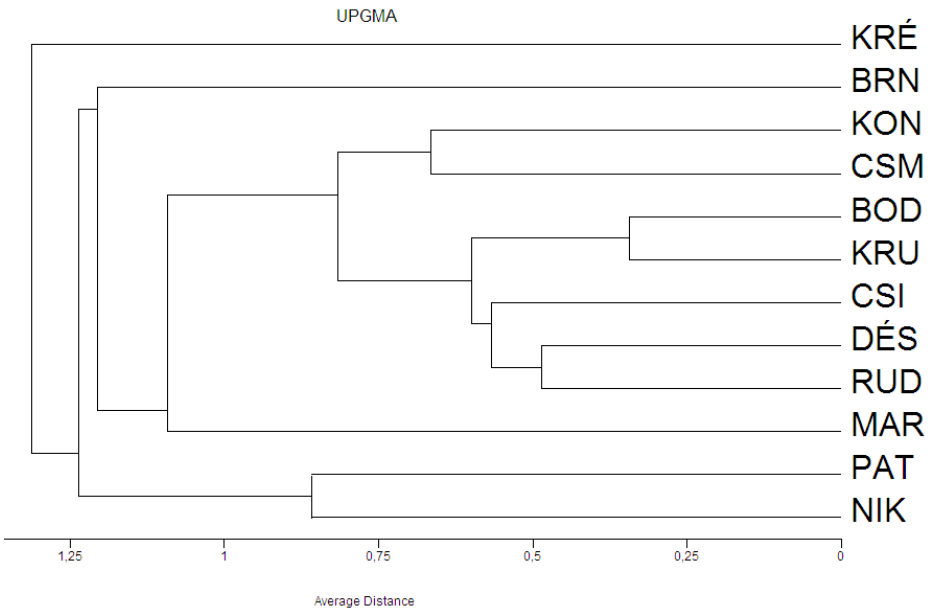
Emlék	NIK	MAR	BRN	RUD	CSM	KON	CSI	KRÉ	KRU	BOD	DÉS	PAT
NIK												
MAR	44%											
BRN	53%	69%										
RUD	50%	71%	63%									
CSM	55%	68%	55%	82%								
KON	64%	73%	44%	91%	100%							
CSI	62%	67%	52%	100%	79%	86%						
KRÉ	39%	39%	43%	43%	32%	0%	48%					
KRU	60%	70%	61%	93%	86%	100%	95%	39%				
BOD	57%	67%	57%	97%	86%	100%	95%	39%	97%			
DÉS	47%	67%	57%	97%	82%	89%	100%	48%	89%	93%		
PAT	88%	35%	47%	41%	47%	67%	41%	35%	47%	47%	41%	

3.4-4. táblázat: A vizsgált írásemlékek távolságmátrixa. A rövidítések értelmezését a *2.4-1. táblázat* tartalmazza.

A *3.4-4. táblázat*ban látható távolságmátrixon végeztem el egy hierarchikus klaszteranalízist, amelyben az egymással szoros rokonságban álló írásemlékeket egy csoportba helyezzük. Azonban az írásemlékeket a rokonsági fokuk minimálisan elvárt értéke alapján különféleképpen lehet klaszterekbe, azaz csoportokba sorolni. A klaszterek száma változik az egy klaszterbe tartozó egyedek közötti *S minimális hasonlóság* függvényében. Eközben azt vizsgáltam, hogy milyen klaszterszám mellett értelmezhető a kapott eredmény. A 2. táblázat szerint, ha pl. a 80%-os hasonlóságot megfelelőnek tartjuk, akkor három klaszterbe lehet sorolni a vizsgált írásemlékeket, ha viszont növelem a minimális elvárt hasonlóságot, akkor több csoportot kell képezni.

Az agglomeratív hierarchikus klaszteranalízist a Sokal és Michener által kidolgozott *súlyozatlan csoportátlag* (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean, UPGMA) módszerrel végeztem, amely a legegyszerűbb hierarchikus klaszteranalízis módszer.[24] Az UPGMA algoritmus a távolságmátrixban páronként keresi a hasonlóságot és így építi fel agglomeratív módon a hierarchikus klaszterstruktúrát. Az UPGMA eljárás jellemzője, hogy mindig a két egymással aktuálisan leghasonlóbb objektum átlagával számolva képez egy új (egy elemmel kisebb) hasonlósági mátrixot, ezáltal egy csoport átlagos távolságát adja meg egy másik csoporthoz képest. Az UPGMA eljárás jól használható egy adatsorban lévő hasonlósági csoportok azonosítására. Az eredményül kapott dendrogramot bemutatja a *3.4-1. ábra*.[25]

[24] Sokal & Michener 1958: 1409-1438
[25] MVSP szoftver, 2012



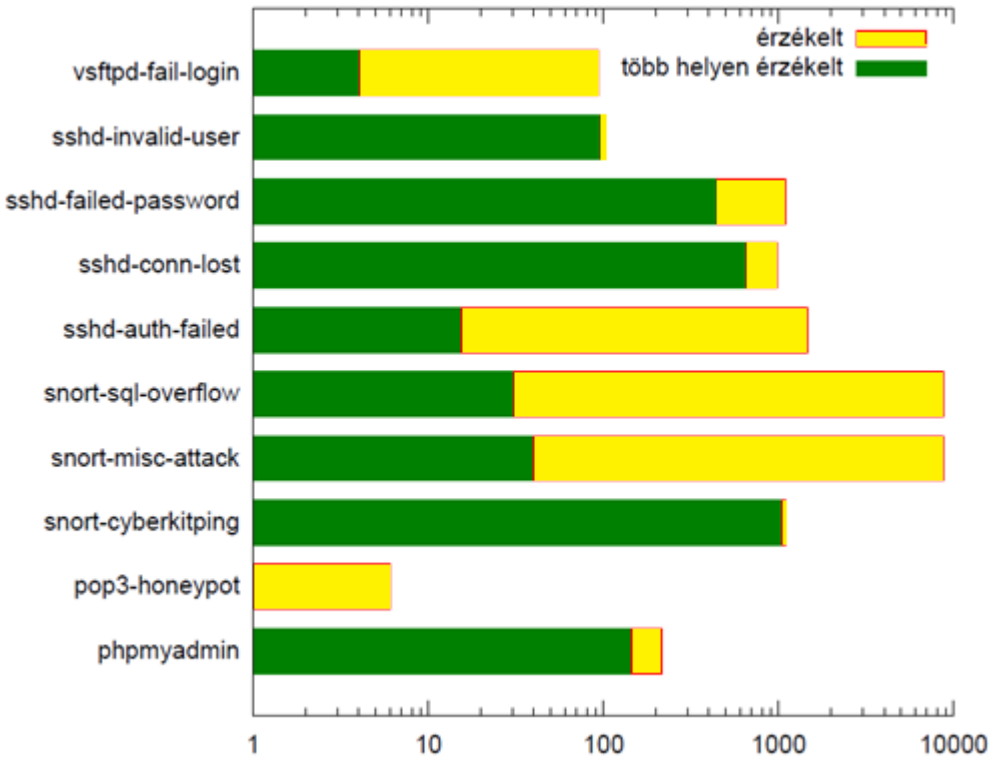
3.4-1. ábra: A vizsgált írásemlékek egymáshoz való viszonya különböző klaszterezettségnél.

A klaszterek optimális számának meghatározása interpretációs kérdés, az alábbiakban egy lehetséges interpretációt mutatok be, fenntartva azt, hogy a vizsgálatban szereplő írásemlékek közötti összefüggések feltárásában az általam kidolgozott módszer nem végleges döntést, csak egy matematikai modellel megalapozott érvet jelent. A *3.4-1. ábra* alapján látható Kájoni régebbi ábécéjének (KRÉ) a többitől való határozott elkülönülése, ami arra utal, hogy ez egy különösen archaikus írásemlék. Továbbá az azonos klaszterbe tartozó Nikolsburgi ábécé (NIK) és Patakfalvi-biblia (PAT) szoros rokonsága összhangban áll azzal, hogy ebben a két írásemlékben a grafémaalakok stílusa is hasonló. Ezért valószínűsíthető, hogy a rovásírás azonos hagyományába tartoznak. Végül megfigyelhető az is, hogy a Marsigli által Erdélyben talált és lemásolt botnaptáron használt rovásgrafémák (BRN) és egy, a szintén Marsigli kéziratában megtalálható rovásábécé (MAR) számos ponton különbözik egymástól. Ez az eredmény alátámasztja azt a szakirodalomból korábban ismertté vált feltételezést, hogy a Marsigli kéziratában található rovásábécé nem a Marsigli által talált és lemásolt rovásbotról származik. Tekintettel arra, hogy az elvégzett vizsgálatok során pusztán a jellegzetes grafémaalakok hasonlósági viszonyait vettem figyelembe, a leírt módszer további rovásírás-emlékekhez is alkalmazható.

4. Az új tudományos eredmények felhasználásai

A többesadás protokolljellemzők klasszifikálása a többesadás médiaközlési alkalmazások hatékonyabbá tételéhez nyújthat segítséget. Az általam kidolgozott többesadás protokolljellemzők multidimenziós hipertere és a hozzá tartozó osztályozási rendszer az algoritmikus protokollszintetizálásban alkalmazható. A protokollok moduláris felépítésének hasznosságát a nemzetközi kutatási eredmények is megerősítik.[26]

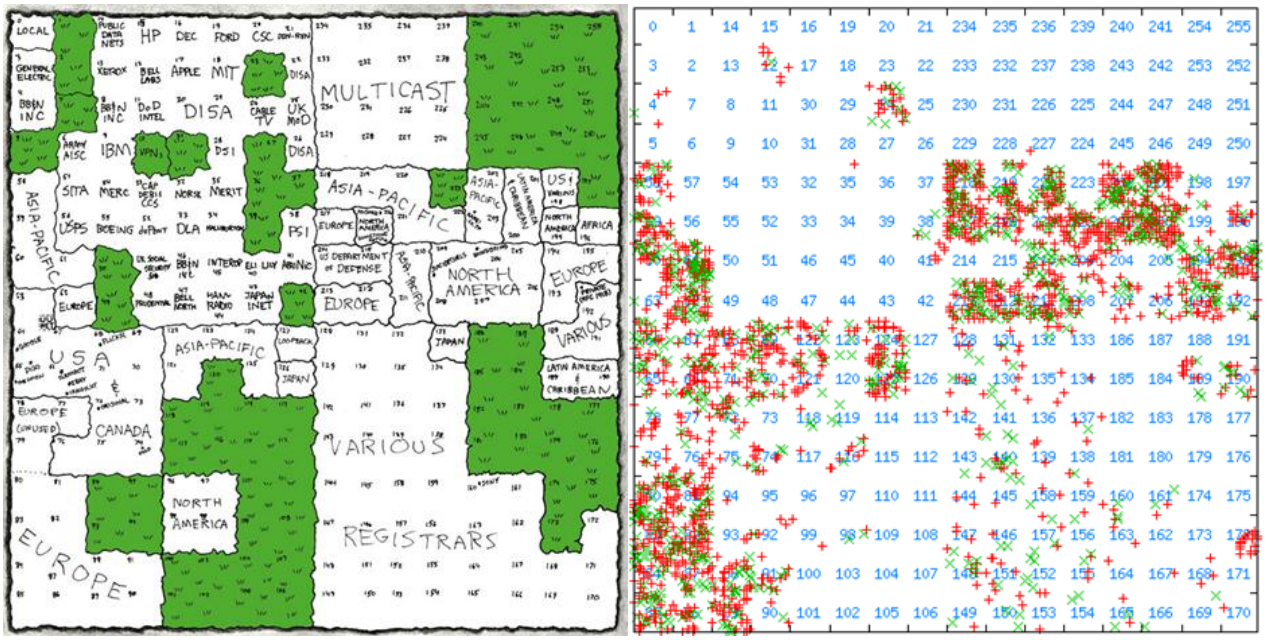
A P2P alapú hálózati behatolásérzékelési rendszer évek óta működik az Elektronikus Eszközök Tanszéke szerverein. Az ezen időszak során összegyűlt tapasztalatok egyik megjelenítése látható a *4-1. ábrán*. Egyes támadástípusoknál ha egy támadást érzékelt a behatolásvédelmi rendszer (pl. sshd-failed password, azaz ssh-n keresztüli behatolási kísérlet érvénytelen felhasználói névvel), akkor azt nagy valószínűséggel több csomóponton is mérte, míg más támadástípusoknál (pl. snort-sql-overflow, ami a 2003 óta létező, és a Microsoft SQL Server 2000 – egy, azóta már kijavított – biztonsági rését kihasználó SQL Slammer féreg[27] aktivitásából adódik) a támadások nagy része egyedi IP címre érkezik. Ez utóbbiaknál a támadó nem célzottan próbál terjedni, egy egész IP címtartomány összes IP címére elküldve magát, hanem véletlenszerűen választott célpontok felé, ebből adódik, hogy egy adott IP címről jövő támadásnak alig van ismétlődése az átfedő által lefedett IP címeket vizsgálva. A kifejlesztett P2P alapú behatolásvédelmi rendszer az első típusú behatolási kísérletek esetén hatékony, vagyis amikor egy adott IP címtartomány több egyedét is rövid időközön belül támadás éri ugyanarról az IP címről.



4-1. ábra: Az érzékelt támadások típus szerint csoportosítva.

[26] Whetten et al. 2001; Roca 2012
[27] Moore et al. 2003: 33-39

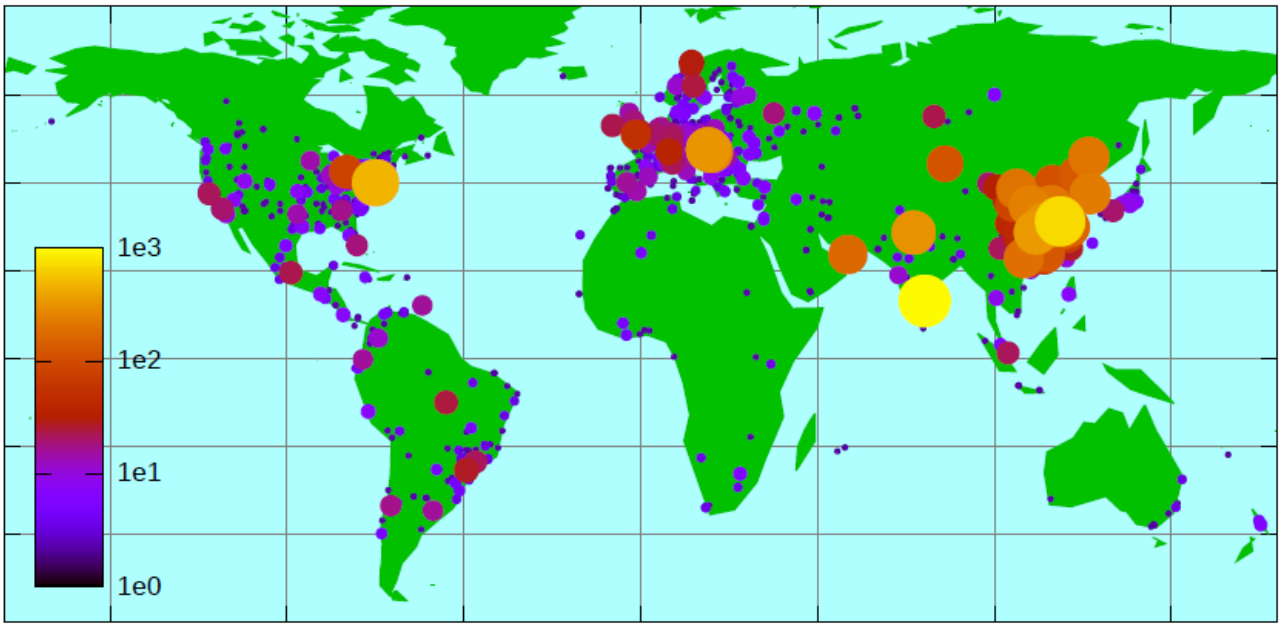
A támadások IP címek szerinti eloszlását mutatja be a *4-2. ábra*. Látható, hogy az IP címek kiosztottsága, ill. intenzív használata korrelált a P2P átfedő által érzékelt események gyakoriságával.



4-2. ábra: Az IPv4 címtartomány a Hilbert térkitöltő görbe segítségével rendezve.[28] Egy-egy négyzet 16,8 millió (2^{24}) IP címet tartalmaz. A bal oldali ábra az IP címek kiosztását mutatja (2006-os állapot), a sötét területek nem kerültek kiosztásra. A jobb oldali ábra a megvalósult P2P alapú behatolásérzékelő átfedő által azonosított támadásokat jelöl.

A támadások forrásául szolgáló IP címekből gyakran következtetni lehet a támadás forrásának földrajzi helyére is. A *4-3. ábra* bemutatja a támadások földrajzi eloszlását, az adatok 3 év alatt kerültek összegyűjtésre, a P2P átfedő hálózat elemeinek száma 7…10 volt a vizsgálat idején.

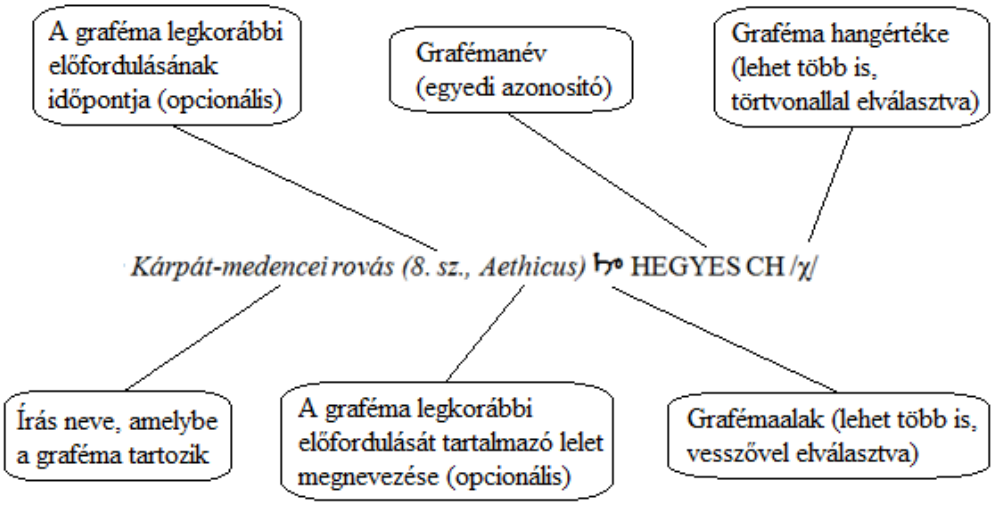
[28] Hilbert 1891: 459-460



4-3. ábra: Az implementált behatolásérzékelési rendszer által gyűjtött behatolási kísérletek forrásainak IP címekből kikövetkeztetett földrajzi eloszlása.

A magzati szívhangok vizsgálata körében javasolt P2P alapú elosztott adatbázis új lehetőséget ad az igen ritka magzati szívzörejek detektálására és tulajdonságainak megismerésére. A vizsgálatok során felismertem egy különlegesen ritka magzati szívzörejt, amelynek a gyakorisága jelenleg nem ismert, és annak eldöntése is további vizsgálatok tárgyát képezi, hogy egy veleszületett szívbetegség, vagy esetleg csak egy ártalmatlan fiziológiás elváltozás okozta-e a felfedezett új szívzörejt. Az a tény azonban, hogy az akusztikus magzati szívhangfelvételek elemzésére használt módszerrel kétféle szívzörejt lehetett megkülönböztetni és azonosítani ugyanazon felvételen, igazolta a módszer szelektivitását.

A számítógépes paleográfia területén elért eredmények a jelenleg ismert több millió eddig megfejtetlen írásemlék által hordozott információ egy részének felderítéséhez alkalmazható, továbbá lehetőséget teremt az írások fejlődésének az eddigi módszereknél alaposabb, algoritmikus meghatározására. Az általam végzett számítógépes paleográfiai kutatások eredményeképpen a nemzetközi paleográfiai szakirodalomban még ismeretlen finomságú leszármazási láncokat sikerült meghatározni, elsősorban az eurázsiai steppén élt lovas nomád népek által, valamint a Kárpát-medencében használt rovásírások területén. A kutatásaim eredményeképpen világossá vált, hogy a rovásgrafémák túlnyomó többsége a föníciai betűkből származik. A kutatások során kialakítottam egy jelölési rendszert a grafémák azonosítására, amit a *4-4. ábra* mutat be. Ez a jelölési rendszer tartalmazza az összes rendszertani adatot, ami a grafémák algoritmikus feldolgozásához szükséges.



4-4. ábra: A grafémák általam bevezetett egyetemes jelölési rendszere.

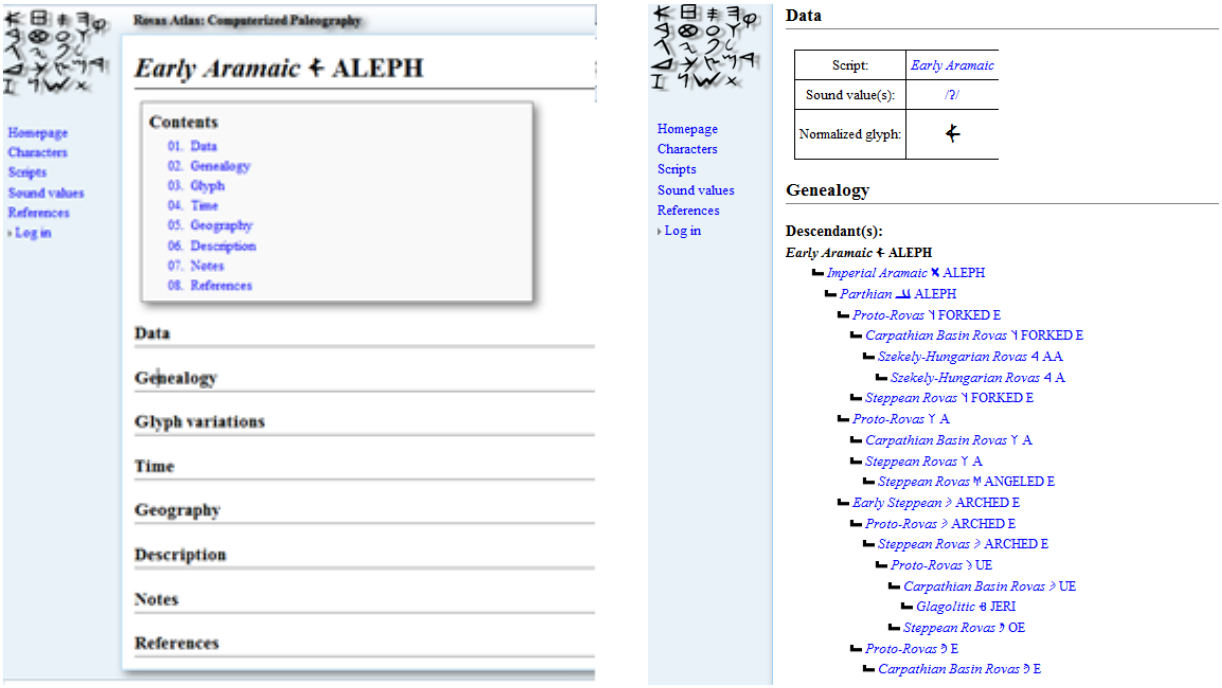
A graféma-leszármazási kutatások eredményének egy részletét mutatja be a *4-6. ábra*, amelyek egy föníciai betű (a MÉM) rekonstruált leszármazási viszonyait mutatja be. Megjegyzendő, hogy a föníciai betűknek egyéb, az ábrán nem szereplő írásokra is volt hatása, de azok nem tartoztak az elvégzett vizsgálatok körébe.

Föníciai **MÉM /m/**
> *Korai görög* M /m/
> *Etruszk* EM /m/
> *Latin* M M /m/
> *Görög* M MŰ /m/
> *Lüdiai (Kr. e. 700 – Kr. e. 200)* M /m/
> *Protorovás (8-9. sz.)* , * NYITOTT M /m/
> *Korai steppei rovás (5. sz.)* , NYITOTT M /m/
> *Kárpát-medencei rovás (8. sz.)* , * NYITOTT M /m/
> *Székely-magyar rovás (12. sz.)* M /m/
> *Székely-magyar rovás (14. sz.)* M /m/
> *Steppei rovás (8. sz.)* , *(9. sz.)* NYITOTT M /m/
> *Korai arám* MÉM /m/
> *Birodalmi arám* , MÉM /m/
> *Feliratos pehlevi* , MÉM /m/
> *Korai steppei rovás (Kr. u. 900 körül)* *, VILLÁS M /m/
> *Türk (orkhoni)* > *(jenyiszeji)* M /m/
> *Türk (talaszi)* , *(orkhoni)* M /m/
> *Károsi* MA /ma/
> *Korai steppei rovás* * /*m/
> *Protorovás (8-10. sz.)* KEREK M /m/
> *Türk (talaszi)* EM /m/

4-6. ábra: A hierarchikus grafémarokonsági modell egy részlete: a föníciai MÉM graféma leszármazottai.

Az általam elméleti úton kialakított adatbázis informatikai alkalmazásként is megvalósult MySQL és PHP szoftvereszközök felhasználásával, webes felülettel, amint ezt a *4-7. ábra* bemutatja. Az így kialakított rendszer a grafémák előfordulásainak földrajzi eloszlásának ábrázolására és további adatfeldolgozó

szoftvereken (pl. MATLAB) futó klaszteranalízis vizsgálatokhoz bemeneti adatok generálására is alkalmazásra került.



4-7. ábra: A webes felületű graféma-leszármazási adatbázis.

5. Tíz válogatott publikáció

[1] Czirkos, Z. & **Hosszú, G.**: Solution of the Broadcasting in the Kademlia Peer-to-Peer Overlay. *Computer Networks*. 57 (2013) pp. 1853-1862. Published by Elsevier. IF: 1.200

[2] Czirkos, Z., Rencz, M. & **Hosszú, G.**: A distributed hash table assisted intrusion detection system. *IARIA International Journal on Advances in Security*, Vol. 5., N. 3&4, 2012, pp. 134-143

[3] Fodor, G., Balogh, Á.T., **Hosszú, G.** & Kovács, F.: Screening for Congenital Heart Diseases by Murmurs Using Telemedical Phonocardiography. In: *EMBC 2012, 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, San Diego, California, USA, August 28 – September 1, 2012, pp. 6100-6103.

[4] Kovács, F., Horváth, Cs., Balogh, Á.T. & **Hosszú, G.**: Extended Noninvasive Fetal Monitoring by Detailed Analysis of Data Measured With Phonocardiography. *IEEE Trans. on Biomedical Engineering* Vol. 58, No. 1, January 2011, ISSN: 0018-9294, pp. 64-70

[5] **Hosszú, G.**: *Heritage of Scribes*. 2011: First Edition. 2012: Second, Extended Edition, 2013: Third, Revised and Extended Edition. Budapest: Rovas Foundation, ISBN 978-963-88437-4-6.

[6] Horváth, Cs., Fodor, G., **Kovács, F.**, & **Hosszú, G.** (2010): A Proposed Scalable Environment for Medical Data Processing and Evaluation. Chapter in book. *Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine: Technological and Social Perspectives*, Editors: M. Manuela Cunha, Antonio Tavares and Ricardo Simoes, *Medical Information Science Reference*, Hershey: USA, pp. 603-613.

[7] Kovács, F., Kersner, N., Kádár, K. & **Hosszú, G.**: Computer method for perinatal screening of cardiac murmur using fetal phonocardiography, *Computers in Biology and Medicine* 39 (2009) 1130-1136, published by Elsevier Ltd.

[8] Kósa, E., Horváth, Cs., Kersner, N., Kádár, K., Kovács, F., Török, M. & **Hosszú, G.**: "Experiences with Fetal Phonocardiographic Telemonitoring and Future Possibilities," (2008), 30th Annual International IEEE EMBS Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008, pp. 5859-5862.

[9] Orosz, M., Tegze, D., **Hosszú, G.** & Kovács, F.: NETRIC: A Proposed System for Synthesis of Multicast Transport Protocols. Chapter in book, *Encyclopedia of Information Communication Technology*, Second edition, Editors: Antonio Cartelli and Marco Palma, p. 926, Information Science Reference, Hershey, USA, 2008, ISBN: 978-1-59904-651-8, pp. 584-591.

[10] **Hosszú G.**: *Az internetes kommunikáció informatikai alapjai*. Budapest: Novella Kiadó, 2005, 640 oldal, ISBN 963 9442 51 8.

6. További kapcsolódó publikációk

[11] Ferenc Kovács, Gábor Fodor, **Gábor Hosszú**: A Proposed Novel Method for CHD Screening by Fetal Heart Murmur Detection using Phonocardiography. In: *Conf. EFMI STC Data and Knowledge for Medical Decision Support*, Prague, Czech Republic, Publisher: IOS Press BV, Amsterdam, 17-19 April 2013, 160-164.

[12] Zoltán Czirkos, György Bognár, **Gábor Hosszú**: Pseudo Reliable Broadcast in the Kademlia P2P System. In: *Computer Science and Communication Devices: Proceedings of International Conference* on *EDC 2012, CSA 2012, SPC 2012, ACE 2012*. (Advances in Computer Engineering). Amsterdam, Hollandia, 2012.06.07-2012.06.08, Paper 6, pp. 7-12. ISBN 978-90-819067-8-4. In Search DL: http://doi.searchdl.org/02.ACE.2012.3.6

[13] Zoltán Czirkos, Márta Rencz, **Gábor Hosszú**: Improving Attack Aggregation Methods Using Distributed Hash Tables, In: *The Seventh International Conference on Internet Monitoring and Protection - ICIMP 2012*. IARIA (International Academy, Research and Industry Association) Stuttgart, Németország, 2012.05.27-2012.06.01, Paper 30046. ISBN 978-1-61208-201-1

[14] Zoltán Czirkos, **Gábor Hosszú**: Enhancing Collaborative Intrusion Detection Methods Using a Kademlia Overlay Network, In: *18th EUNICE Conference on Information and Communications Technologies*, August 29-31, 2012, Budapest, Hungary, co-sponsored by IFIP WG 6.2 and IFIP WG 6.6 with Springer IFIP-LNCS Proceedings, Ser.: Information and Communication Technologies Lecture Notes in Computer Science Volume 7479, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 52-63.

[15] Mihály Orosz; **Gábor Hosszú**: Responsible Source Multicasting, *18th EUNICE Conference on Information and Communications Technologies*, August 29-31, 2012, Budapest, Hungary, co-sponsored by IFIP WG 6.2 and IFIP WG 6.6 with Springer IFIP-LNCS Proceedings, Ser.: Information and Communication Technologies Lecture Notes in Computer Science Volume 7479, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 204-214.

[16] Kovács, F., Horváth, Cs., Balogh, Á.T. & **Hosszú, G.**: Fetal phonocardiography – Past and future possibilities, *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 104(1) 2011 Oct., 19-25, published by Elsevier Ltd. ISSN 0169-2607.

[17] Gábor Fodor, **Gábor Hosszú**, & Ferenc Kovács, "Model Improvement and Cluster Analysis of the Fetal First Heart Sounds. In: Ákos Jobbágy (ed.), 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, Budapest, 14-18 September, 2011. Springer, ISBN 978-3-642-23507-8. pp. 279–282. Paper P055.

[18] Z. Czirkos, **G. Hosszú**: "Usage of Broadcast Messaging in a Distributed Hash Table for Intrusion Detection" chapter in book, *Privacy, Intrusion Detection, and Response: Technologies for Protecting Networks*, First edition, Editor: Dr. Peyman Kabiri, publisher: IGI Global, Information Science Reference, 2011, pp. 77-93. ISBN: 1609608364.

[19] Kovács, F., Török, M., Horváth, Cs., Balogh, A.T., Zsedrovits, T. & **Hosszú, G.** (2010): A new, phonocardiography-based telemetric fetal home monitoring system. *Telemedicine and e-Health* 16(8): 878-882.

[20] Czirkos, Z., **Hosszú, G.**: „Peer-to-peer based Intrusion Detection", *Infocommunications Journal, Selected papers, LXIV. évf. 2009/1., pp. 3-10.*

[21] L.L. Tóth, Z. Czirkos, **G. Hosszú**, F. Kovács: "Novel Applications of the Peer-to-peer Communication Methodology", *Journal on Information Technologies and Communications (JITC), ISSN 0866-7039,* Vol. E-1, No. 1(5), 06. 2009, pp. 59-70.

[22] R. Pardede, Cs. Horváth, **G. Hosszú**, F. Kovács: "A proposed novel thematic-based approach to the group communication," *13th Int. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium,*

Networks 2008, Budapest, Hungary, September 28-October 2, 2008, Pendrive Proceedings of Networks 2008, IEEE Catalog Number CFP08568-USB, ISBN 978-963-8111-68-5.

[23] G. Richly, **G. Hosszú**, F. Kovács: "Sound excerpt based similarity search in P2P applications," *13th Int. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium, Networks 2008*, Budapest, Hungary, September 28-October 2, 2008, Pendrive Proceedings of Networks 2008, IEEE Catalog Number CFP08568-USB, ISBN 978-963-8111-68-5.

[24] Czirkos Z., **Hosszú G.** (2008): Peer-to-peer alapú betörésérzékelés. *Híradástechnika* LXIII(8): 29-36. (*Pollák Virág díj. Budapest, 2009. május 21.*)

[25] Dávid Tegze & **Gábor Hosszú**: "The Transport-Level Requirements of the Internet-Based Streaming" chapter in book, *Encyclopedia of Information Communication Technology*, Second edition, p. 926, Editors: Antonio Cartelli and Marco Palma, Information Science Reference, Hershey, USA, 2008, ISBN: 978-1-59904-651-8, pp. 775-781.

[26] D. Tegze, **G. Hosszú**: "Analysis of TCP-Friendly Protocols for Media Streaming" chapter in book, Encyclopedia of Internet Technologies and Applications, Editors: Mário Freire and Manuela Pereira, p. 716, *Information Science Reference*, Hershey, USA, 2008, ISBN: 978-1-59140-993-9, pp 59-65.

[27] D. Tegze, M. Orosz, **G. Hosszú**, F. Kovács: "An Approach to Optimize Multicast Transport Protocols" chapter in book, Encyclopedia of Information Science and Technology, Second edition, Editor: Mehdi Khosrow-Pour, *Information Science Reference*, Hershey, New York, USA, 2008, ISBN 978-1-60566-026-4, Vol. I, pp. 206-211.

[28] Cs. Horváth, B. Üveges, F. Kovács, **G. Hosszú**, "Application of the matching Pursuit method in Fetal Phonocardiographic Telemedicine System," (2007) *IEEE Proc. Eng. Med. Biol. Soc. EMBC'07*, Lyon, France, 23 Aug. -26 Aug., 2007, pp. 1892-1895.

[29] Kovács, F, Horváth, Cs., Török, M., **Hosszú, G.**, "Fetal Breathing Transmission in Phonocardiographic Monitoring Telemedicine Systems," (2006) *Proc. Ann. Intern. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Soc. EMBC'06*, New York, USA, Aug. 30-Sept. 3, 2006, pp. 5226-5229.

[30] **Gábor Hosszú**: "Mediacommunication Based on Application-Layer Multicast" chapter in book, *Encyclopedia of Virtual Communities and Technologies*, Editor: Subhasish Dasgupta, Idea Group Reference, Hershey, USA, 2006, ISBN: 1-59140-563-7, pp. 302-307.

[31] Kovács, F., Horváth, C., Török, M., **Hosszú, G.**, "Long-Term Phonocardiographic Fetal Home Monitoring for Telemedicine Systems" (2005) *Proc. 27th Ann. Intern. Conf. IEEE Engineering in Medicine and Biology Soc., EMBC'05, Shanghai, 1-4*, Sept., pp. 3946-3949.

[32] **Gábor Hosszú**: "Reliability Issues of the Multicast-Based Mediacommunication" chapter in book, *Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking*, Editor: Margherita Pagani, Idea Group Reference, Hershey, USA, 2005, ISBN: 1-59140-561-0, pp. 875-881.

[33] **Gábor Hosszú**: "Current Multicast Technology" chapter in book, Encyclopedia of Information Science and Information Technology, Vol. I-V., Editor: Mehdi Khosrow-Pour, *Idea Group Reference*, Hershey, USA, 2005, ISBN: 1-59140-553-X, pp. 660-667.

[34] G. Richly, R. Kozma, **G. Hosszú**, F. Kovács: "A Proposed Method for Improved Sound-Print Selection for Identification Purposes," *Advances in Scientific Computing, Computational Intelligence and Applications* (Editors: N. Mastorakis, V. Mladenov, B. Suter, L. J. Wang), *WSES Press (www.press.com), Danvers, USA, 2001,* ISBN: 96-8052-36-X, pp. 455-458.

[35] **Gábor Hosszú**: "Introduction to Multicast Technology" chapter in book, Multimedia Networking: Technology, Management & Applications, Editor: Syed Mahbubur Rahman, *Idea Group Publishing*, Hershey, USA, 2001, ISBN: 1-930708-14-9, pp. 369-411.

[36] **Hosszú Gábor**: *Rovásatlasz*. Budapest: Milani, 2013, ISBN 978-963-08-5812-0, 160 oldal.

[37] **Hosszú Gábor**: „A grafémák leszármazási elemzése", *ASZPK 2012, Alkalmazott Számítógépes*

Paleográfiai Konferencia, 2012. december 1., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, *megjelenés alatt.*

[38] Gergely Endre Tóth, Gábor Fodor, Raymond Pardede, Loránd Lehel Tóth, György András Jeney, & **Gábor Hosszú**: Survey of the clustering methods. *Informatika*. Vol. XIV. No. 2. Jun. 2012, pp. 45-48.

[39] Tóth Loránd; Pardede, Raymond; **Hosszú Gábor**: Grafémaanalízis kanonikus összetevők alapján. *IKT 2012 Informatika Korszerű Technikái Konferencia*, 2012. november 16-17., Dunaújváros, *megjelenés alatt.*

[40] **Hosszú Gábor** (2010): *A székely jog megjelenése egy rovásemlékben*, Diplomamunka, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Jog- és Államtudományi Kar, Budapest.

7. Hivatkozások

Adamson, B., Roca, V. & Asaeda, H. (2013): *Security and Reliable Multicast Transport Protocols: Discussion and Guidelines.* IETF RMT Internet-Draft. Expires: June 3, 2013, *work in progress.*

Alahdal, T., Alsaqour, R., Abdelhaq, M., Saeed, R. & Alsaqour, O. (2013): Reliable Buffering Management Algorithm Support for Multicast Protocol in Mobile Ad-hoc Networks. *Journal of Communications* 8(2): 136-150

Baek, J. & Paris, J.F. (2005): A heuristic buffer management and retransmission control scheme for tree-based reliable multicast. *International Journal of Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) Journal*, vol. 27, 1-12.

Floyd, S., Jacobson, V., Liu, C., McCanne, S. & Zhang, L. (1995): A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing. *IEEE/ACM Transactions on Networking* 5 (6): 784-803

Frommelt, M.A. (2004): Differential diagnosis and approach to a heart murmur in term infants. *Pediatr. Clin. North Am.* 51 (4): 1023-1032.

Hamming, R.W. (1950): Error Detecting and Error Correcting Codes. *Bell System Tech. J.* 29(2): 147-160.

Handley, M., Whetten, B., Kermode, R., Floyd, S., Vicisano, L. & Luby, M. (2000): *The Reliable Multicast Design Space for Bulk Data Transfer*, Internet Draft RFC 2887, August 2000.

Hilbert, D. (1891): Über die stetige Abbildung einer Linie auf ein Flächenstück. *Mathematische Annalen* 38.

Hoffman, J.I. & Kaplan, S. (1995): The Incidence of Congenital Heart Disease, II. Perinatal Incidence. *Pediatric Cardiology*. 16 (1995): 155-165.

Horváth Zs. & Ablonczy L. (2012): Rezidens Szalon: kardiológia. *Orvostovábbképző Szemle.* 2012. november, 225-228. o.

Jagannathan, S. & Almeroth, K. (2001): Using tree topology for multicast congestion control, *Int. Conf. on Parallel Processing*, Valencia, Spain, Sept. 2001.

Jawandhiya, P.M., Husain, S.F., Parate, M.R., Ali, M.S. & Deshpande, J.S. (2010): Reliable Multicast Transport Protocol: RMTP. *Int. J. of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)* 1(5): 74-80.

Kermode, R. & Vicisano, L. (2002): *Author Guidelines for Reliable Multicast Transport (RMT) Building Blocks and Protocol Instantiation documents*, Internet Draft RFC 3269, April 2002.

Koutsonikolas, D. & Hu, Y.C. (2007): The Case for FEC-Based Reliable Multicast in Wireless Mesh Networks. In *37th Annual IEEE/IFIP Int. Conf. on Dependable Systems and Networks, 2007. DSN'07*, 491-501.

Koutsonikolas, D., Hu, Y.C. & Wang, C.-C. (2012): Pacifier: High-Throughput, Reliable Multicast Without "Crying Babies" in Wireless Mesh Networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking* 20(5), 1375-1388.

Kovács, F., Török, M. & Hábermajer, I. (2000): A rule-based phonocardiographic model for long-term fetal heart rate monitoring. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 47 (1): 225-230.

Luby, M. & Goyal, V. (2004): *Wave and Equation Based Rate Control (WEBRC) Building Block*. IETF RMT WG, RFC 3738, April 2004.

Malhotra, N., Ranjan, S., Bagchi, S (2005): LRRM: A Randomized Reliable Multicast Protocol for Optimizing Receiver Latency and Buffer Utilization. *24th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems*, pp. 215-225, 2005.

Maymounkov, P. & Mazières, D. (2002): Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric. In *Proc. of IPTPS'02 First Int. Workshop on Peer-to-Peer Systems*, Cambridge, USA, March 2002, London: Springer-Verlag, pp. 53-65.

Moore, D., Paxson, V., Savage, S., Shannon, C., Staniford, S. & Weaver, N. (2003): Inside the Slammer Worm. *IEEE Security and Privacy* July/August 2003: 33-39.

MVSP (szoftver, 2012): *A MultiVariate Statistical Package, Version 3.1*. Kovach Computing Services. Pentraeth, Wales, U.K.

Noponen, A.-L., Lukkarinnen, S., Angerla, A. & Sepponen, R. (2007): Phono-spectographic analysis of heart murmur in children. *Bio-Med Central Pediatrics* 7 (23).

Razavi, N. & Meybodi, M.R. (2011): Fair and reliable multicast routing for wireless mesh networks. *IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI)*, 605-610.

Reyes, N., Mahnke, J., Miloucheva, I. & Jonas, K. (2006): Multicast Retransmission Strategies for Content Delivery in Heterogeneous Mobile Internet Environments. *International Review on Computers and Software (IRECOS)* 2 (7).

Roca, V. (2012): *Simple Authentication Schemes for the Asynchronous Layered Coding (ALC) and NACK-Oriented Reliable Multicast (NORM) Protocols*. RFC 6584, April 2012.

Sobeih, A., Baraka, H. & Fahmy, A. (2004): ReMHoc: a reliable multicast protocol for wireless mobile multihop ad hoc networks. In *First IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2004*, 5-8 Jan., 146-151.

Sokal, R.R. & Michener, C.D. (1958): A Statistical Method for Evaluating Systematic Relationships. *The University of Kansas Scientific Bulletin* 38: 1409-1438.

Watson, M., Luby, M. & Vicisano, L. (2007): *Forward Error Correction (FEC) Building Block*. RFC 5052, August 2007.

Widmer, J. & Handley, M. (2006): *TCP-Friendly Multicast Congestion Control (TFMCC): Protocol Specification*. RFC 4654, August 2006.

Yamamoto, K., Yoshitsugu, S., Yamamoto, M. & Ikeda, H. (2001): Performance evaluation of ACK-based and NAK-based flow control mechanisms for reliable multicast communications. *IEICE Transactions on Communications*, vol. 84, pp. 2313-2316.