

Számítógépek és híradástechnika: az emberiség új kommunikációs korszaka

I. Rész: A kommunikáció fejlődése és a jelek új világa

Benczúr András

Bevezetés

A hírközlés matematikai elmélete – C.E. Shannon - és a számítógépek jelenleg is domináló, formális elve, a Neumann-elv szinte egy időben, alig 60 éve indult útjára. A 60 év még mindig gyorsuló fejlődése új kommunikációs korszakot indított el az emberiség történelmében, amit az informatikai forradalom, a tudásalapú információs társadalom kibontakozása jellemez.

A hírközlés Shannon-féle matematikai elmélete alapvetően a véletlen jelenségek elméletére épít. Ezzel ellentétben a számítógépek világa a kiszámíthatóságon alapul. A két világ, a véletlenek világa és a kiszámítható jelenségek világa szinte egymás komplementere, ahogy azt a születésének centenáriumát szintén ebben az évben ünneplő A.N. Kolmogorov utolsó, Uszpenszkijvel közös [5] dolgozatában kifejti. Két entrópia fogalom, a Shannon entrópia és a Kolmogorov entrópia jellemzi a két világ információmennyiségét. Maga a kommunikáció tulajdonképpen a véletlen miatt szükséges. A kommunikáció meghajtója alapvetően a véletlen, az új digitalizált világ viszont a kiszámíthatóságra épül. A Shannon entrópia a jövő véletlen lehetőségeinek várhatóértékben legtömörebb leírására irányul, míg a Kolmogorov entrópia a múlt tényeinek, adatainak legtömörebb jellemzését méri. Gyakorlati szerepük kizárólag a nagy teljesítményű számítások révén, és csak közelítőleg nyer értelemet. A két világot, filozófikusan fogalmazva a jövőt és a múltat, a kiszámítás köti össze számunkra.

Az új korszakkal a jelek szinte korlátlan világába léptünk. A matematika kiterjedés nélküli jelekkel, vagyis 0 téridő térfogatú jelekkel gazdálkodik, míg az informatika alulról korlátozott téridő granulátumú jelekkel. A granulátum méretének csökkentése a lehetőségek növelésének legfontosabb tényezője. Miben játszik szerepet a granulátum mérete: a tárolás, átalakítás, elérés, továbbítás téridő és energia igényének csökkenésében, az idealizált matematikai modellek közelítésében, az élmények egyre inkább valóság-hű reprodukálásában, a megismerés folyamatában. A múlt tényeinek nagyobb tömege válik kezelhetővé, ami a számításokkal több törvény megtalálásához és a jövőre vonatkozó kihasználásához vezet. A nagy kihívás: a jelekkel való korrekt, realizálható számítások feltárása és összekapcsolása a múlt adatain való értelmes jelentésű, hasznos modellekre épülő valós számításokkal. A számítások lehetséges világa messze meghaladja összetettségében a jelenlegi számításokra vonatkozó (programozási) módszereink szintjét, még messze vagyunk az élet számítási folyamatainak komplexitásától. Neumann János számítása szerint egy emberi élet összes észleléseinek adatmennyisége, az agy tárolási kapacitása $2,8 \cdot 10^{20}$ bit, ami 35000 Petabyte. Ma a háttértárolók már a Petabájt tartományt ostromolják, s Moore törvénye szerint 30 év múlva lesz mindennapivá ekkora adatmennyiség tárolása. Az agy minőségét elérő feldolgozottságát ekkora adatmennyiségnek addigra megoldjuk-e, az erősen kérdéses.

Dolgozatom első részében az emberi kommunikáció jellemző formális modelljeire, az elemi kommunikáció modelljére valamint az információs rendszer modelljére építve jellemzem a kommunikáció fejlődési folyamatát, és ebben helyezem el a jelenkor új kommunikációs világát. A formális modell lehetőséget ad matematikai jellemzésekre, amelynek részletei majd következő részben szerepelnek. Rámutatok benne a korlátokra és a lehetőségekre, ugyanakkor hangsúlyozom, hogy a megoldásokra nincs általános recept, kimeríthetetlen feladatrendszer előtt állunk. A kiszámítható világ nem helyettesítheti a valóságot, csak korlátozott méretékben modellezheti, segíthet megismerésében, a jövő előrejelzésében. A dolgozat második része majd ennek matematikai hátterébe is betekintést nyújt.

Az informatika fogalmához sokféle úton közelíthetünk, nincs közmegegyezéses meghatározása. Számomra a meghatározó élmények közé a valószínűség-számításba és az információelméletbe Rényi Alfréd-től kapott bevezetés, majd a sztochasztikus folyamatok elméletében Arató Mátyással végzett közös munkánk, s végül az adatbázisok, információs rendszerek építésének feladatai tartoznak. Saját informatikai képem ebből táplálkozik. Kifejtését már több dolgozatban publikáltam: [1], [2], és [3]. Kiindulásomat [1]-ből idézem:

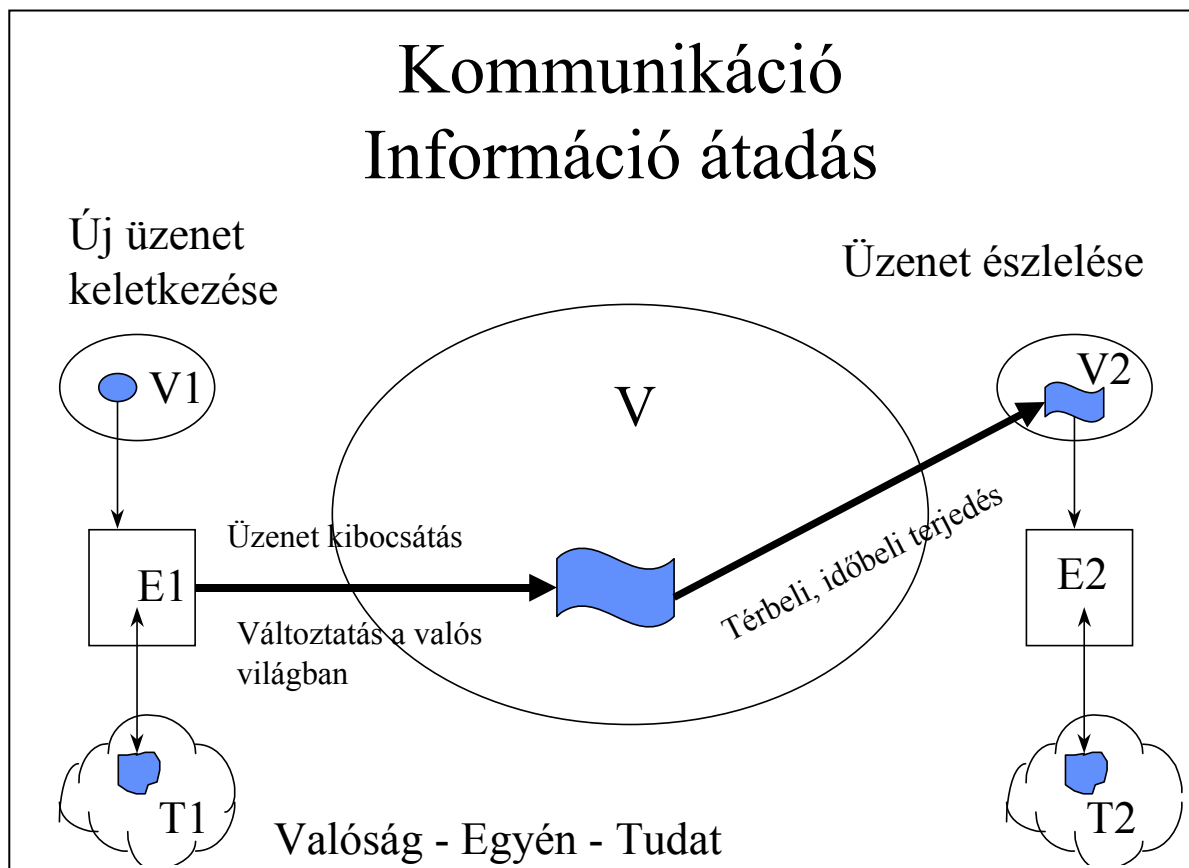
„Az informatikát az emberiség legáltalánosabb értelemben vett kommunikációjával foglalkozó szak- és tudományterületnek tekintem. Az informatika feladatának jellemzését a kommunikáció és az információ fogalmának tisztázásával kezdem. Az információt az informatika szempontjából mindenképpen emberi kommunikációval összefüggésben próbálom meghatározni. Ehhez a kommunikációs folyamat kezdetét és befejezését veszem kiindulásnak.

A kezdet egy emberi tudat által kibocsátott vagy kiváltott üzenet (nem feltétlenül tudatosan kommunikációs céllal), ami emberi lény által észlelhető. Mind a kibocsátás, s mind az észlelés történhet eszköz közvetítésével.

A befejezés pedig egy emberi lény által észlelt üzenet, amely valaha létező emberi lények üzeneteiből "alakult" ki. A folyamat eleje a hozzáadott, vagy forrás-információ, a vége pedig a kinyert, vagy tudatosult információ. Az információ fogalmát – legalább is ebben a tárgyalásban - ezzel korlátozom az interhumán információra.”

1. A kommunikáció alapvető működési modelljei.

Emberi tudatok kölcsönhatása kizárólag érzékszerveink segítségével történik. Ez azt jelenti, hogy ha hatni akarunk valakire, akkor olyasmit kell tennünk, ami a célszemély érzékszerveivel érzékelhető változásban nyilvánul meg. Az 1. Ábra ezt szimbolizálja.

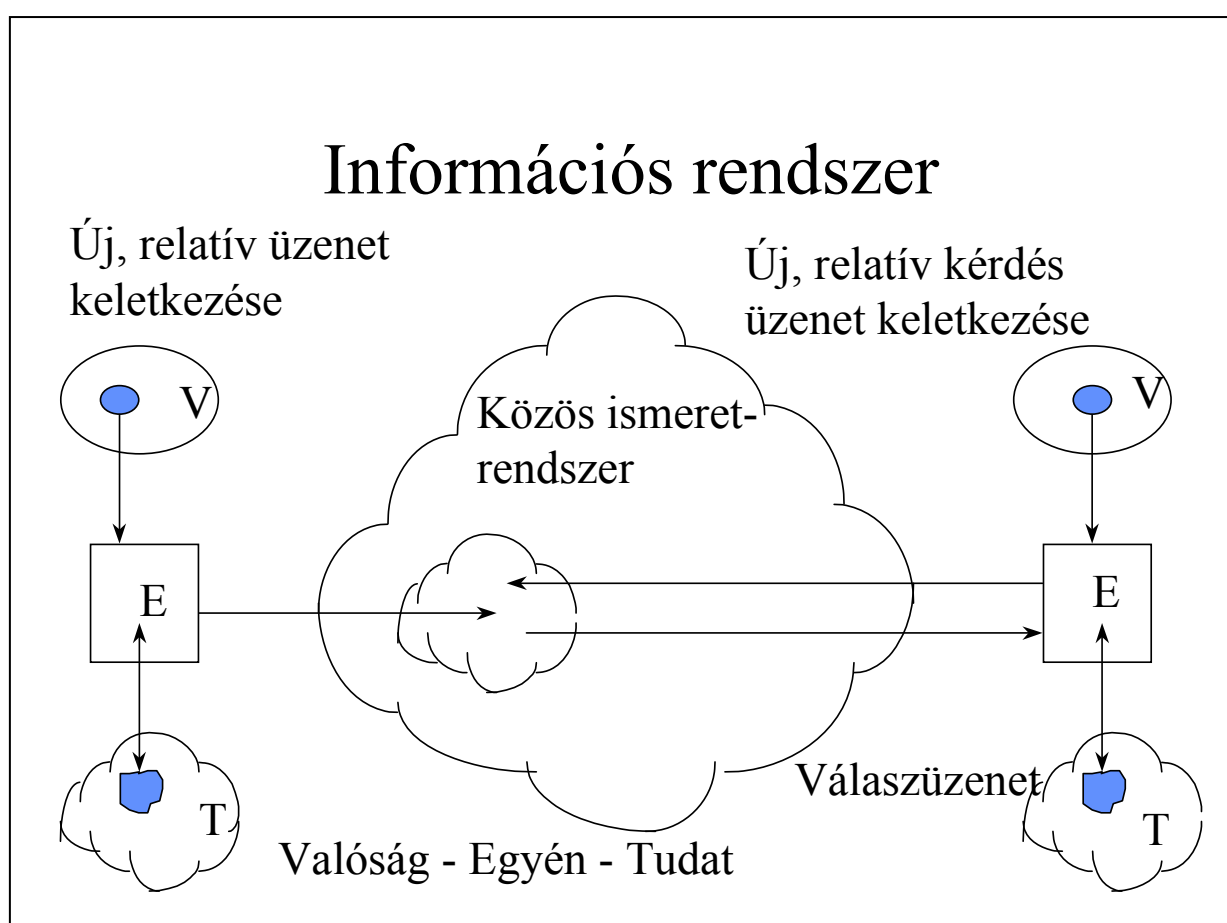


1. Ábra

A hatást kezdeményező személy, a forrás, üzenetet választ, amivel el akar érni valamilyen hatást egy másik személynél. A választást többféle véletlen is befolyásolja, amelyek mind a külső valós világ észlelésében, mind belső tudati, pszichés folyamataiban jelen vannak. A

következő lépés, hogy az üzenetnek megfelelő változást hozzon létre a fizikai valós világban, amely észlelhetővé válik a célszemély, másként rendeltetési hely számára. A fizikai változás, nevezzük jelnek, térben, időben haladva, véletlen torzulásokat is elszenvedve, a rendeltetési hely észlelhető valós világába kerül. Észlelése a célszemély tudati tevékenységével az üzenet tudatosulásához vezet. **A kommunikáció működőképességének alapvető feltétele, hogy különböző üzenethez olyan különböző változtatás legyen létrehozható a valós világban, amit az észlelő is különbözőnek tud felismerni.**

A kommunikációnak ez az elemi lépése önmagában nem lenne elég hatékony, ha nem venné figyelembe a résztvevőkben az előzetes kommunikációk során megőrződő emlékeket, és nem alapulhatna az érzékszerveink által történő észleléseink gyakorlati szempontból való erős hasonlóságán, a közös észleléseken, a közös élményeken. Az előző üzenetekből emberi közösségekben kialakuló közös ismeretre építve a kommunikációnak lényegesen összetettebb kollektív rendszerei alakulnak ki, amit információs rendszer jellegű kommunikációnak nevezek. Ennek három elemi lépését mutatja be vázlatosan a 2. Ábra.



2. Ábra

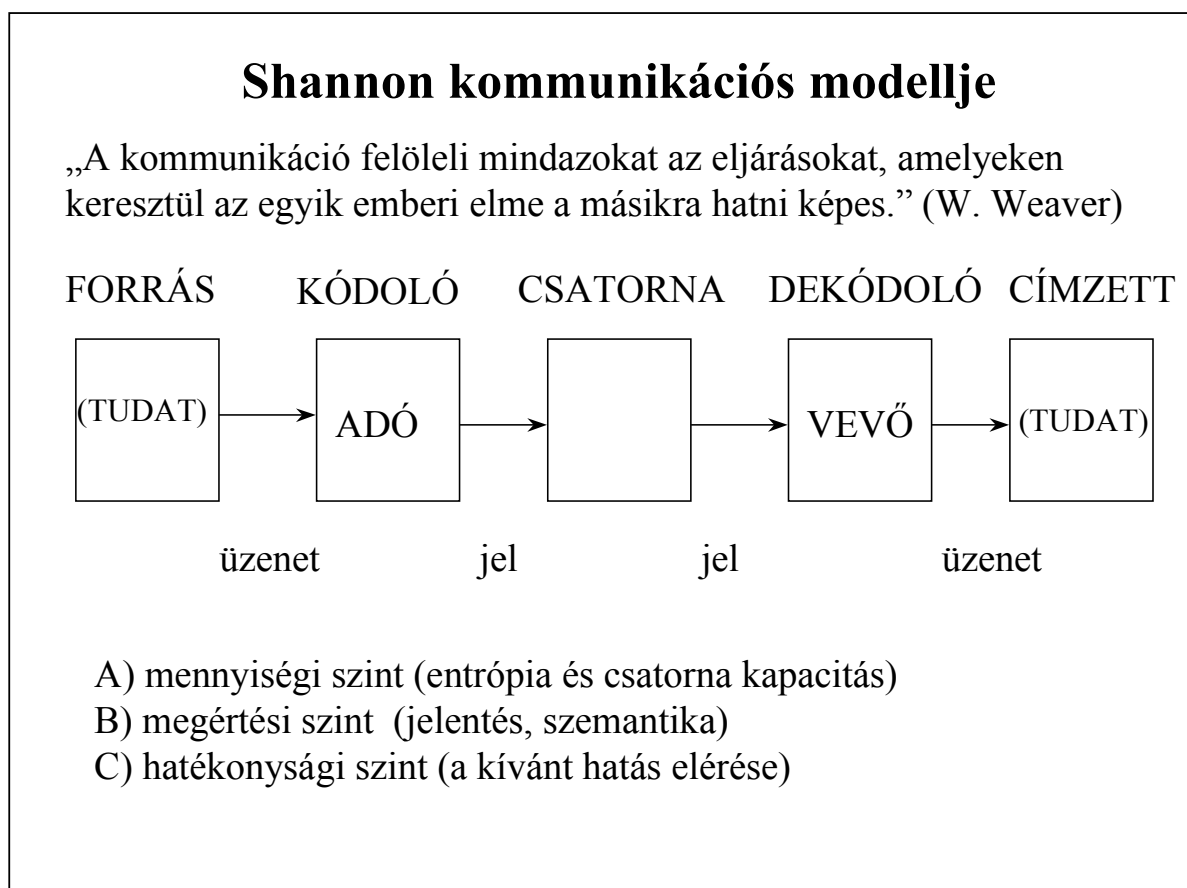
Az előző kommunikációk során a közösségben egy közös ismeretrendszer alakul ki. Az új forrásüzenetek egy része erre hivatkozik, ehhez viszonyított üzenetet jelent, ráakódik, továbbfejleszti. Az üzeneteknek gyakran nincs közvetlen rendeltetési helye, címzettje. Az információ-kinyerést a rendszerből kezdeményezéssel, kérdésüzenettel, kereséssel lehet kiváltani. Természetesen az új üzenet - ami lehet kérdés is - keletkezésének első lépése az elemi kommunikáció szerint emberi cselekvéssel történik, és a befejező lépése, az üzenet fogadása is a célszemély érzékszervei által észlelhető fizikailag létező jel alapján történik. Fontos részét képezhetik a közös ismeretrendszernek az egyeztetett közös észlelések,

különösen akkor, ha az észlelés közel azonosan megismételhető. A közösségi kommunikációnak ez a formája a közös ismeret fenntartására, őrzésére, hozzáférésére, titkosítására, stb. sajátos intézményrendszert igényel.

Az írásbeliséghez jött létre az első műszaki támogatás, gépesítés a kommunikáció világában: a nyomtatás, ami a Gutenberg Galaxis kialakulásához, a Gutenberg korszakhoz vezetett. Az emberiség kommunikációjának fejlődésében a beszéd majd az írás korszaka után most új állomásnál vagyunk. A jelenlegi technikai fejlődés kihatása mára felülmúlta a nyomtatás által kiváltott kulturális, társadalmi hatást, és még nem látjuk a fejlődés végét. A számítástechnika, elektronika, távközlés, multimédia, Internet, World Wide Web, mobil kommunikációs rendszerek, és még sorolni lehetne az új info-kommunikációs technológiák összetevőit, új közeget hoznak létre a kommunikáció számára. A tér és időkorlátok feloldódnak, az adatok **tárolási, elérési és feldolgozási lehetőségei** exponenciális ütemben növekednek, **intelligens szolgáltatásokat nyújtó közeg** épül az ember-ember és ember-természet interakció közé.

2. A kommunikáció formális sémái

A spontán alakuló kommunikációs rendszerek még a nyomtatás megjelenése idején sem igényeltek műszaki tervezéshez, matematikai jellemzéshez szükséges modelleket.

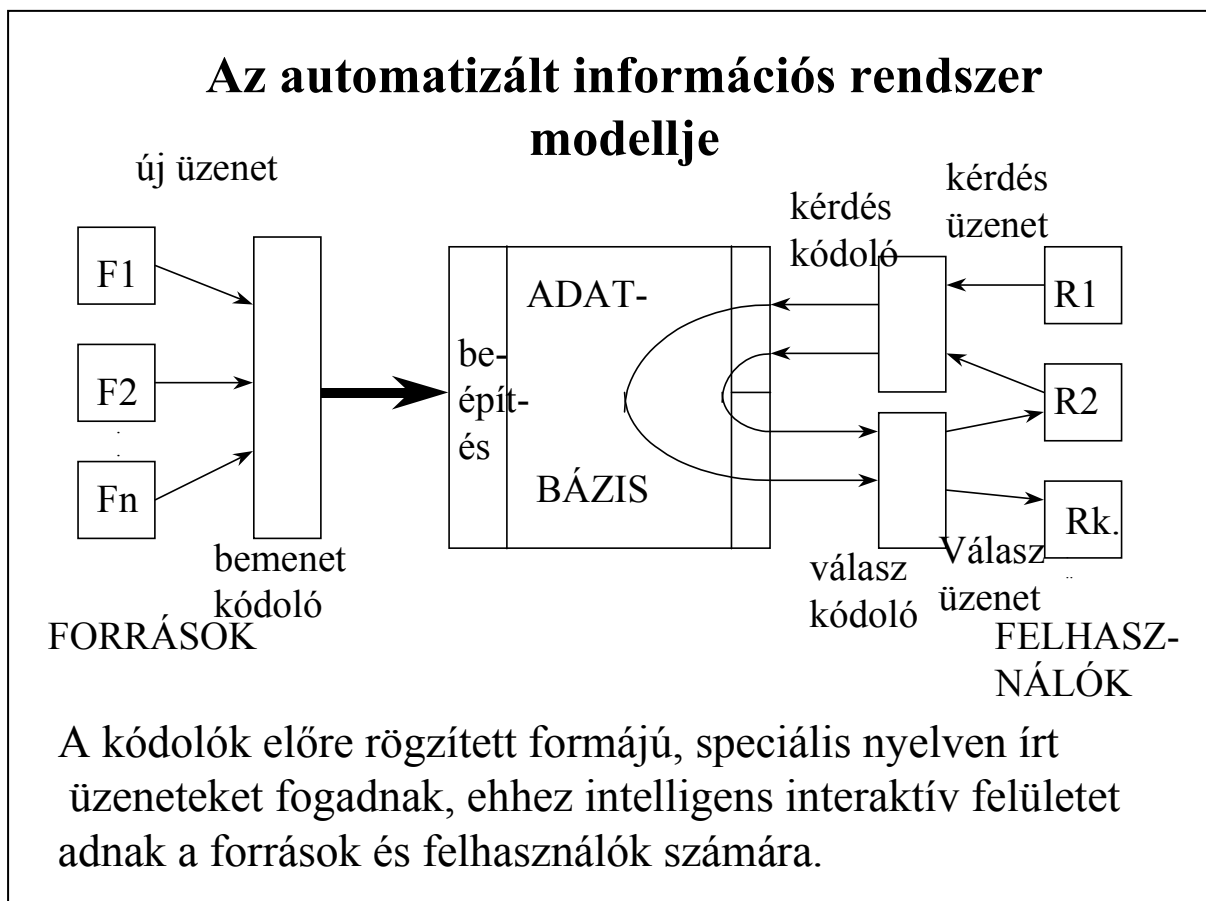


3. Ábra

Először a 20. század közepére a kibontakozó távközlési technikák tették elkerülhetetlenné az elméleti háttér kidolgozását. A nyomtatás az elemi kommunikációba nem hozott be új közeget, új fizikai lehetőséget az üzenet észlehetővé tételéhez, „csupán” felgyorsította az

írásban, képből megjelenő üzenet többszörözését, és ezzel elsősorban az információs rendszer jellegű kommunikációra volt forradalmi hatással. A távíró, telefon, rádiófrekvenciás műsorszórás és adatátvitel olyan fizikai jelenségeket iktatott a kommunikáció folyamatába, amelyek közvetlen emberi tevékenységgel nem alakíthatók és érdemben nem észlelhetők. Shannon [7] közismert modellje, amelyet a 3. ábra kis módosítással mutat, ennek a mesterséges közeget használó elemi üzenetátvitelnek formális sémáját adja. A séma magába foglalja az elemi kommunikáció természetes formáit is, valamint a mesterséges, művi rendszerek közötti adatátvitelt. Utal a kommunikáció három, egymásra épülő szintjére: A) a mennyiségi, vagyis reprodukálhatósági szint, B) a szemantikai, vagyis megértési szint, és végül C) az igazi célt jelentő hatékonysági, vagyis a kívánt hatást elérő szint. A modell lehetővé tette, hogy a mesterséges átviteli közeg, a csatorna használatára épülő hírközlési rendszer mennyiségi szinten tervezhető legyen, és Shannon ennek matematikai magyarázatát is megadta.

Az automatizált információs rendszerre épülő kommunikáció formális modellje ebből még nem vezethető le, és nem is volt még időszerű az 1940-es években. Milyen egyéb újdonságok jelentek meg, és mi hiányzott még akkor? Egyik fontos előrelépési terület a kép, hang, mozgókép rögzítése, többszörözése, átvitele, műsorszórásban való szétosztása, alapvetően analóg technológiákkal. (Rádió, televízió, magnetofon, stb.) Mindez az információs rendszer jellegű kommunikáció szempontjából nézve elsősorban a közös észlelés, élmény sokszorozása, megismételhetősége területén nyitott új lehetőségeket.



4. Ábra

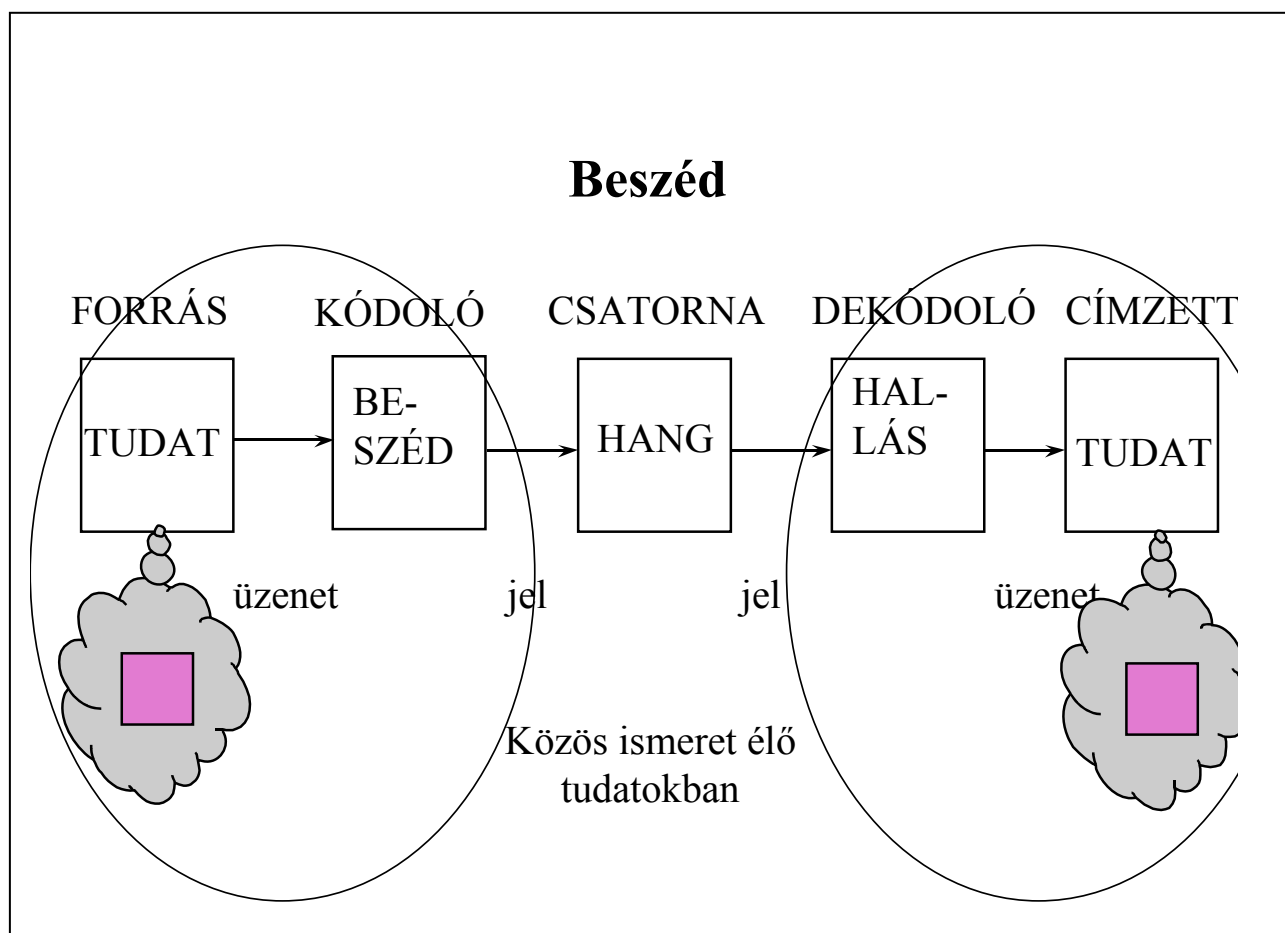
Másik nagy újdonság: megjelentek az elektronikus, digitális számítógépek. Neumann János munkássága ebben ugyanolyan korszakos jelentőségű, mint Shannoné az információelméletben. Neumannt elsősorban a gépek működése, a számítások világa

érdekelte, jóllehet az adatfeldolgozás a numerikus számítási feladatokkal egy időben vált a számítógépek másik domináló felhasználási területévé. 1957-ben készült utolsó műve [6], a magyar fordításban „A számológép és az agy” címen megjelent könyve, a kommunikáció világában bekövetkező változásokat még egyáltalán nem jelzi. Még nem volt érzékelhető a számítógépeknek a kommunikációban betöltött szerepe.

A történeti fejlődés jellemzéséhez Shannon 5 komponensből álló sémájának mintájára az automatizált információs rendszer sémáját a 4. Ábrán mutatom be. A leglényegesebb kiindulópontja a sematikus rendszernek a közös ismeretkészlet számítógépeken tárolt része, ami a csatorna komponensnek helyén, mint adatbázis jelenik meg. A továbbiakban erre a két alapsémára alapozva nézzük végig az emberiség kommunikációs fejlődésének fő állomásait.

Utána, amikor elértünk a jelenkor bemutatásához, térünk majd vissza a modellek formális elemzéséhez és a matematikai háttér felvázolásához.

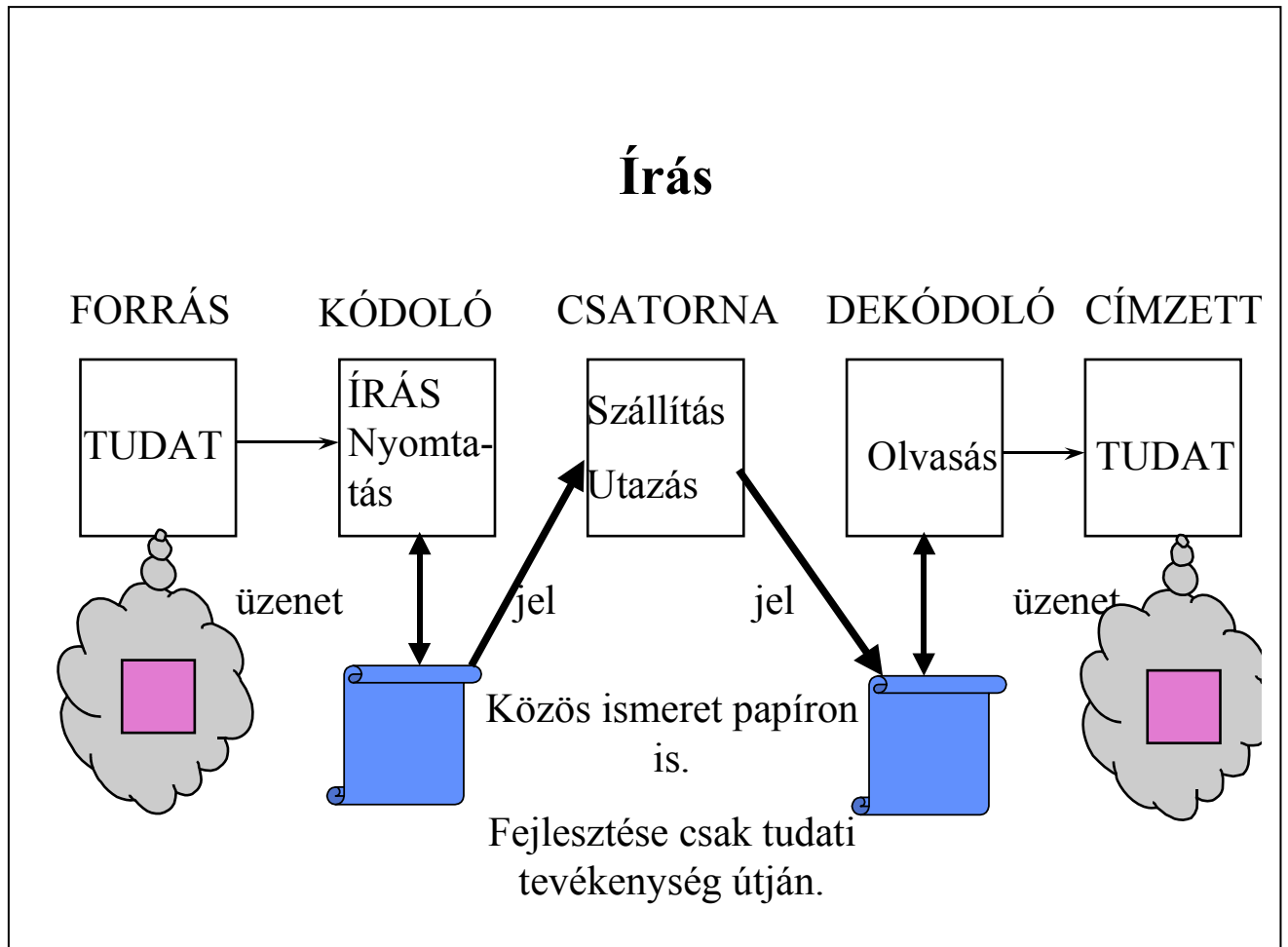
Az 5. ábrán a Shannon séma szerint bemutatott beszéd jellegzetessége a biológiailag adott kódoló-adó és vevő-dekódoló berendezésünk.



5. ábra

A csupán beszéd alapú kommunikációnál is fontos felhívni a figyelmet a kommunikáló felek közös tudásának szerepére, amely a közel azonos észlelések és az eddigi egymással, a közösség tagjaival való kommunikáció során alakult ki. (Az ábrán ezt a tudatok tartalmát szimbolizáló szürke állományon belüli sötétebb négyzet jelöli.) Nagymértékben ettől függ a 3. Ábrán használt jelöléssel a kommunikáció megértési B) és hatékonysági, hatáskiváltási C) szintjének minősége. Az információs rendszer jellegű kommunikáció szemszögéből nézve, a közös ismeret készletezését a beszédre korlátozottan csupán az élő tudatokban tudja a közösség realizálni. (Ilyen volt a történelem előtti kommunikáció világa.)

Az írásbeliség ezen a korláton változtat, lehetővé teszi a jelen ismertek, üzeneteinek feljegyzését a jövő számára. Működésének vázlatát a Shannon modell szerint a 6. ábrán látható.



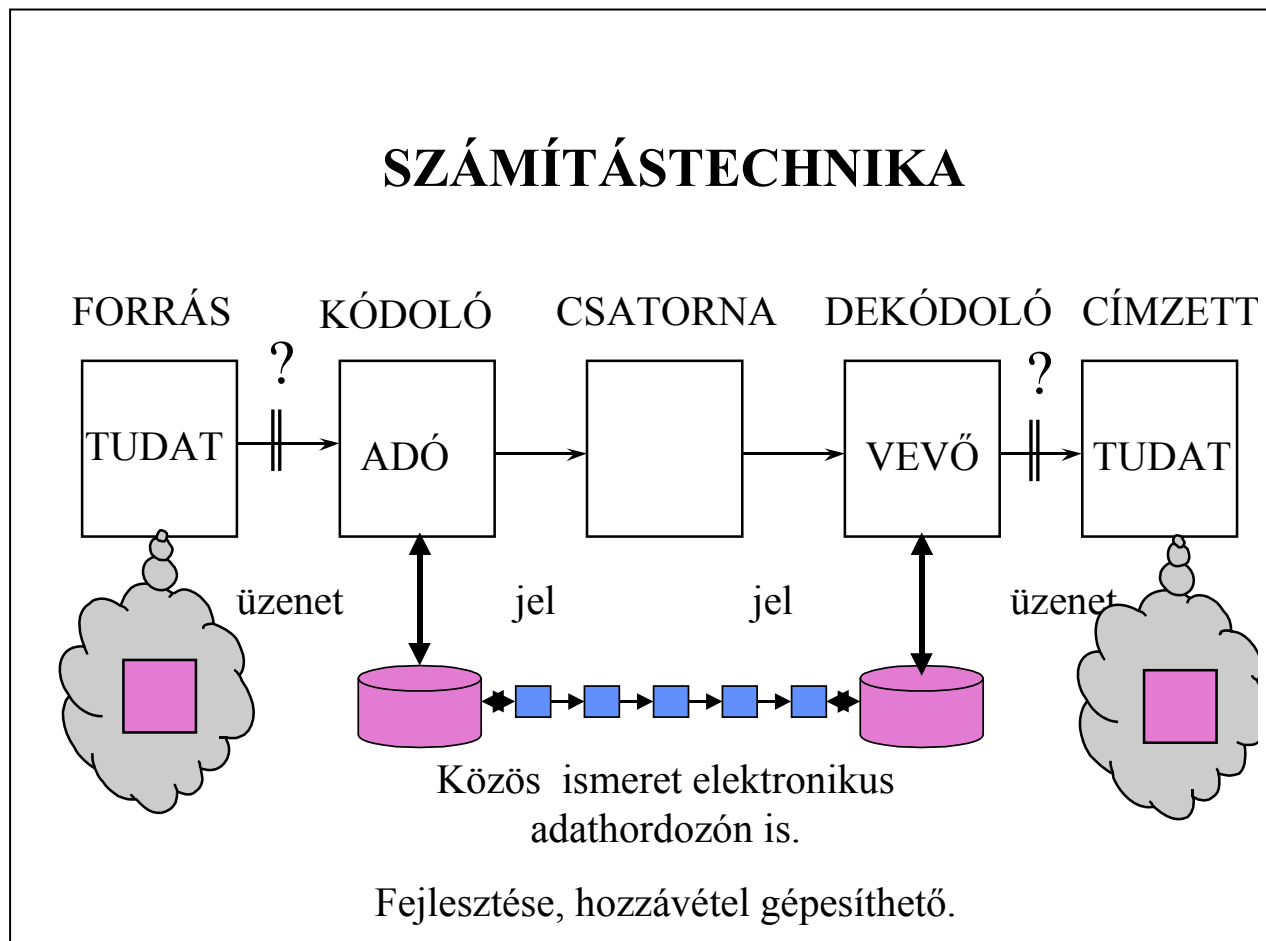
6. ábra

Az íráshoz a térbeli és időbeli terjedést biztosító új, mesterséges közegre volt szükség, valamint másik érzékszervünk, a látás vált az üzenet észlelőjévé. Fontos állomás volt az írásbeliség és a közösségi kommunikáció fejlődésében a nyomtatás, ami az információs rendszer jellegű kommunikációra való kihatásként lehetővé tette a közös ismeretkészlet sokszorozását és széles körben való elérhetőségét, ami egyben személytelenné is tette a forrással való kapcsolatot. Automatizált információs rendszer még mindig nem jöhetett létre, minthogy az írás egyik fontos jellemzője és korlátja, hogy minden új írás (ami nem sokszorosítás) egyben új üzenet, azaz tudati feldolgozást igényel. Sokféle kommunikációs feladat, működési rendszer megfogalmazható, elemezhető az írásbeliséghez kapcsolódóan, de matematikai modellezést még nem igényelt.

Lépünk most át a fejlődés részleteinek kihagyásával a jelenkor jellemző kommunikációs megoldására, a számítógépek és hálózatok világába. A következő, 7. ábra a két személy közötti új, tipikussá vált elemi kommunikációt mutatja be. Ez az ábra már érdemi magyarázatra szorul, amit a rajta látható kérdőjelek is jeleznek.

Képzeld el, ahogy a forrás és a címzett is a számítógépe előtt ülve, vagy maroktelefont szorongatva kommunikálnak. A kódoló-adó és dekódoló-vevő dobozok tehát számítógépek, és a csatorna a közöttük adatátvitelt megvalósító számítógépes adatátviteli hálózat. (Ma ez teljesen természetes, pedig 1970-ben az ARPANET még csak 11 számítógépközpontot kötött

össze, 1980-ban vált a TCP/IP hálózati protokoll az egyetemi világ szabad hálózati protokolljává. Még 1995-ben is a jól ismert Moore-törvény mellett, amely szerint az integrált áramkörök sűrűsége 18 hónaponként megduplázódik, Andrew Grove törvényét fogadták el az adatátviteli sávszélesség növekedési ütemére: a sávszélesség csak 100 évenként kétszereződik meg. A fejlődés erre alaposan rácsafolt. Továbbra is csak lineáris tempóban növekszik azonban a háttértárolókon az adatelérési idő.)

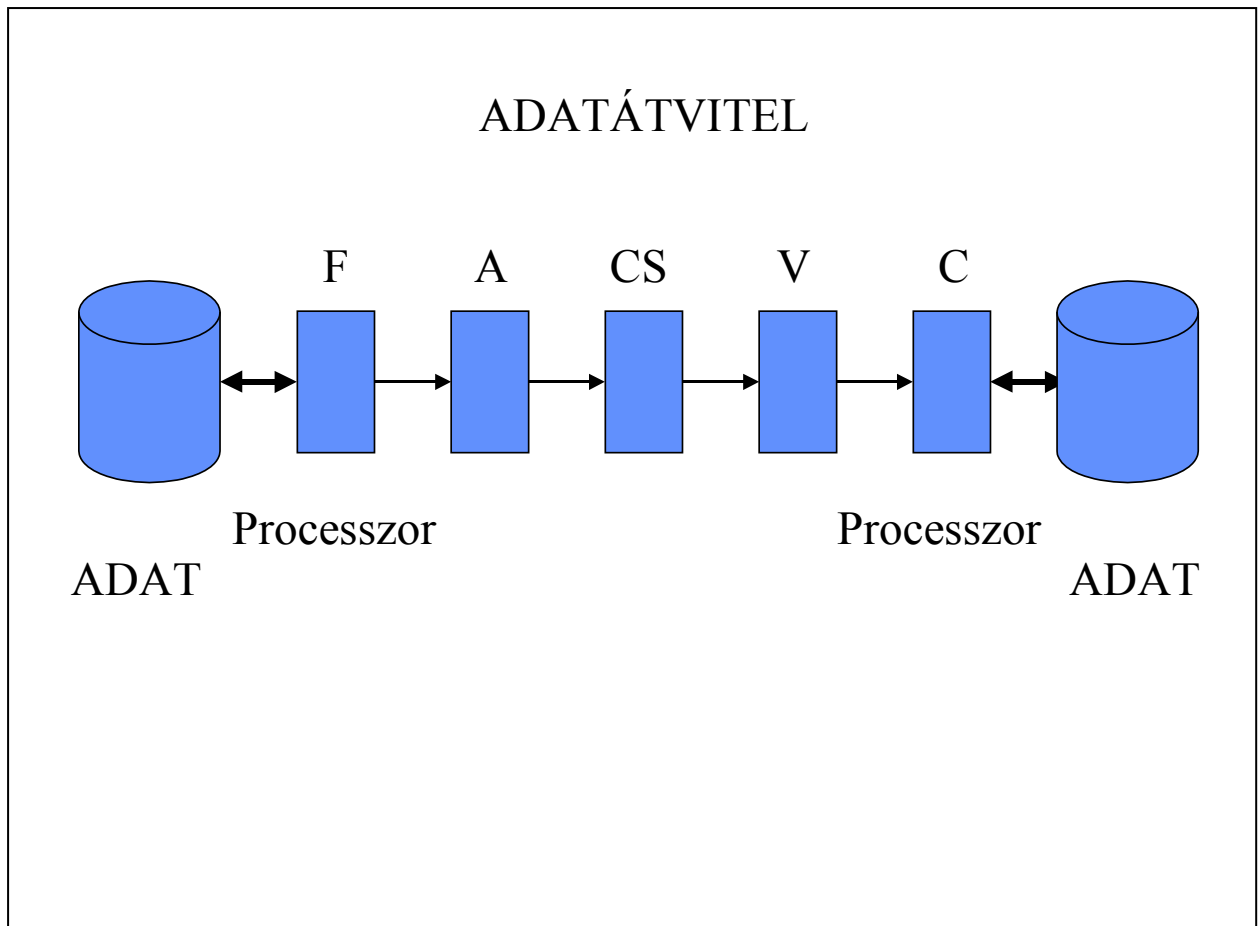


7. Ábra

A forrás üzenetét most először egy számítógépbe juttatja el. Az üzenetet tehát számítógéppel kezelhető jellé kell alakítani, amihez emberi tevékenységgel, jelenleg kizárólag mozgással – a hangadást, szemmozgást is ide értve - kezelhető közvetítő berendezéseket kell használni, akár többet is egy időben. Ez az üzenet elsődleges jellé alakítási folyamata. A kérdőjellel jelzett megszakítás ezt érzékelteti, s azt is kifejezi, hogy az elsődleges jellé alakítás után a jelek már emberi észlelésre nem alkalmasak. Bekerültek a számítógépek belső világába. Ettől kezdve az átviteli folyamat több lépcsőben, egymáshoz csatlakozó adatátviteli szakaszokon keresztül eljuttatja az üzenetet egyértelműen hordozó jelsorozatot a címzett által használt számítógépbe. A címzett számára a kérdőjeles kapcsolatot jelentő felületeken a számítógép a vett jelsorozatot „felnagyítja” emberi érzékszervekkel jól megfigyelhető fizikai jelenségekké. Ez a folyamat valamivel több, mint a dekódolás, nem más, mint az elsődleges jellé alakítás fordított irányú párja. Talán helytálló, ha tárgyasításnak nevezem, hiszen a téridőben valós kiterjedésű, emberileg észlelhető „tárgy” keletkezik.

Miután megnéztük a séma működését a forrás és a címzett szemszögéből, nézzük meg lehetőségeit a hírközlési rendszer szemszögéből. A kódolás és dekódolás különféle feladatai –

forráskódolás, csatornakódolás, hibajavítás, tömörítés, rejtjelezés, stb. – megvalósíthatatlanok lennének számítási teljesítmény igénybevétele nélkül. A digitális adatátvitel természeténél fogva számítógépes processzorok között folyik. Érdekességként érdemes megjegyezni, hogy az IBM által elsőként bevezetett I/O csatorna külön kis számítógép volt. Majd a tranzisztorokat a feltaláló Bell Laboratories az 50-es évek elején polgári célra kizárólag telefonkapcsolókban és erősítőkben használhatta. A második generációs, tranzisztoros számítógépek korszaka csak 1960-ban kezdődött. (Forrás C.E. Ceruzzi [4].) Mindez még csak az átvihető mennyiségekre jelent rendkívüli növekedést, de nem hoz be önmagában új minőséget. Az újdonság abban rejlik, hogy az elsődleges jellé alakítás után a jelek a számítógépek, processzorok adattároló eszközein hosszabb-rövidebb ideig, sőt gyakorlatilag korlátlan ideig megőrizhetők. Ezt szimbolizálja az adó és vevő dobozok alá kapcsolt tárolót ábrázoló két henger. A tárolt adatok között automatizáltan, emberi beavatkozás nélkül is folyhat adatcsere, ami Shannon sémája szerint épül fel. Ezt már nem nevezem kommunikációnak, csak adatcsere, hiszen itt már az elsődleges jellé alakítás után keletkezett jelek alapján történik minden, a kezdeményezők és fogadók mindig processzorok. A világháló az emberi kapcsolódást biztosító interakciós felületek, az elsődleges jellé alakító és tárgyiasító berendezések közé épülő processzor-processzor közötti elemi adatátviteli szakaszokból áll össze szinte egyetlen összefüggő hálóvá. A 8. Ábra egy ilyen elemi átvitel sémáját mutatja be.



8. Ábra

Ne feledkezzünk meg arról, hogy a kommunikáció során a közös élményeknek is igen nagy szerepe van. Már említettem, hogy a múlt század közepére a médiumrendszerek fejlődése ezen a téren milyen előrelépést hozott. Erre a technikai fejlődésre is alapozva a mai digitális multimédia rendszerek az észlelések, élmények világát is jelekké alakítva beviszik a

számítógépek, a világháló világába. Az elsődleges jelle alakítás folyamatát nem csak emberi cselekvés válthatja ki, hanem a különféle, egyre nagyobb arányban digitális, hang- és képrögzítő berendezések, érzékelők, műszerek adatai is számítógépes feldolgozásra, tárolásra alkalmasak. Átvihetők, feldolgozhatók és igény esetén tárgyasíthatók lettek, ahol a tárgyasítás során emberi észlelésre, vagy valós folyamatba való visszacsatolásra alkalmassá tehetők. Folyik a múlt rögzített élményeinek: írásoknak, képeknek, művészeti alkotásoknak, hangfelvételeknek, filmfelvételeknek újra rögzítése, és digitális formában való elérhetővé tétele. Míg ez a kulturális életre fejt ki rendkívüli hatást, addig a műszerek, beépített rendszerek fejlődése a természettel való kölcsönhatást – beleértve a gyógyítást is - és a természet megismerését helyezi új alapokra. A korszerű nagyműszerek döntő többsége digitális adattá alakítja a rendkívül nagy sáv szélességű érzékelési folyamatát, és csak számítógép segítségével teszi értelmezhetővé. Nagyteljesítményű hálózatra kötve a műszer mérése távolról, több helyről is követhetővé válik. Másik példa, hogy a mobil kommunikációról se feledkezzünk meg: a beépített rendszerek processzorjai ma már kiegészíthetők miniatűr rádiófrekvenciás adó-vevővel, s ezen keresztül rácsatlakozhatnak a számítógépes hálózatra. A rendkívül nagy hálózati teljesítményt a jövőben nem az elsődleges jelek emberi bevitele fogja igényelni – egyidejű billentyűzethasználat esetén a teljes emberiség másodpercenként 10 leütést végezve nem érné el az egy Terabit/sec teljesítményt, ami néhány éven belül az Ethernet hálózat sáv szélessége lesz. A nagy hálózati teljesítményt a műszerek adatainak, az észleléseknek, élményeknek továbbítása igényli.

Most érkezünk el arra a pontra, ahol az automatizált információs rendszer 4. Ábra szerinti sémája alapján az informatika leglényegesebb újdonsága mutatható be: a számítógépre került jelek világa bármilyen algoritmikus kiszámításnak alávethető, feldolgozható, összeépíthető, visszakereshető. Az elsődleges jelle alakítás után tehát bármi beépíthető adatbázisba. Építhetővé válik az adatbázisokban reprezentált közös ismeretkészlet. A kezdeti kötegelt feldolgozásra alapuló automatizált információs rendszerek izolált, sornyomtatós kimentre épülő első rendszereit több fejlődési szakasz után felváltja az Interneten, a világhálón intelligens interakciós felületeken keresztül elérhető adatbázisokra épülő szolgáltatások világa, az e-kereskedelem, s bizonyára az e-kultúra. Visszatérve a 4. ábra sémájára, [3] írásomból idézem a hozzá fűzött magyarázatot.

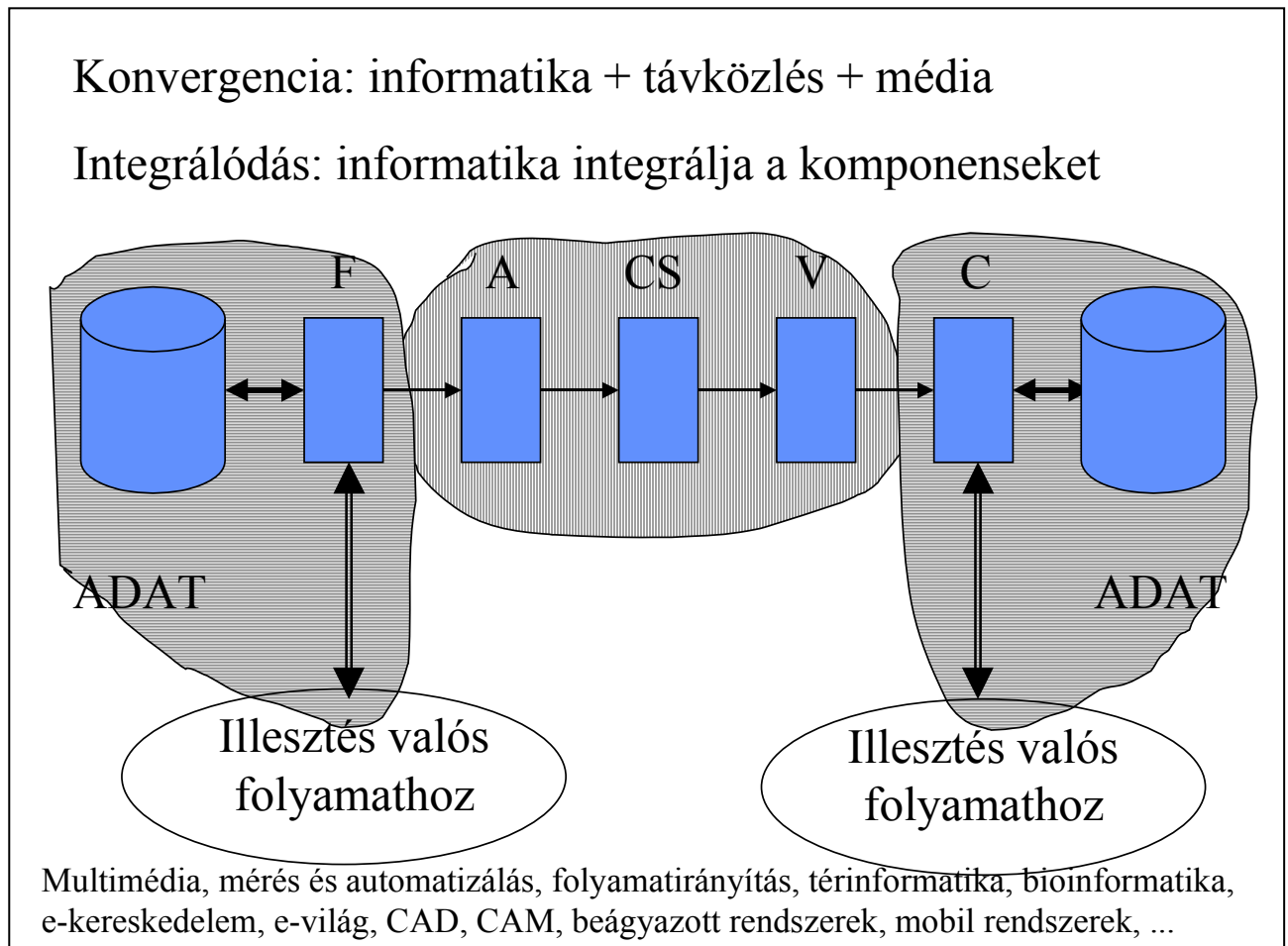
„A közös ismeretrendszer adatbázisban való tárolása lehetőségeket és korlátokat is jelent egyszerre. A lehetőségek a tárolás, visszakeresés, feldolgozás, összeépítés, rendkívüli teljesítőképességében jelennek meg, a korlátok pedig a tárolt adatokra érvényes formális, algoritmikus világ törvényei miatt következnek be. Az üzenetek kiválasztásának ehhez alkalmazkodnia kell, az új üzenet, a kérdésüzenet, és a válaszüzenet csak valamilyen előre rögzített, a természetes nyelvnél kötöttebb, formális szabályok szerint fogalmazható meg. A fejlődés során azonban ezek a korlátok az intelligens interakciós felületek közbeépülésével egyre jobban feloldódnak, sőt, a grafikus, vizuális és távjelentéses felületek még komplexebb nyelv kialakulásához vezethetnek.

A jelek világa azonban új veszélyeket is rejt magába: *Azt követően, hogy az üzenetek először adattá válnak, a jelek önálló életre kelhetnek. Bármilyen kiszámításnak alávetetők. Azonban a számítás eredményének visszafejtése valós jelentéssé, üzenetté sok veszélyt rejt magában. Az emberi gondolkodásban is benne van a kiszámítás, a számlálás, a rendezés, s ezzel eltér a természeti folyamatoktól. A számítógépek ezt felértékelték, és felfokozták. A jelekkel való kódolás és ennek alapján a kódokon értelmezett kiszámítás bevezethetősége olyasmit vihet be a kódolt jelenségbe, ami eredetileg nem volt benne.*

Kódoljuk például az almát 1-gyel, a körtét 2-vel, a barackot 3-mal. Az adatok között az összeadás művelete és az eredmény dekódolása alapján arra következtethetünk, hogy alma meg körte az barack. (A hiba ebben az esetben az, hogy a műveletünk nem generikus, vagyis nem invariáns a kódok permutációjára nézve.)”

A kommunikáció B) és C) szintjei egyre közelebb kerülnek a kommunikáció valódi elvárásaihoz, és egyre kevésbé kezelhetők matematikai, formális modellekkel, ugyanakkor egyre nagyobb mértékben nyernek formális, algoritmikus támogatást az új információs technológiák segítségével.

Az első rész lezárásaként még egy, a 9. Ábra alapján nézzük meg a processzor szemszögéből az informatika világát.



9. Ábra

Az ábrán a processzor, számítógép három kapcsolódását láthatjuk. A vízszintes vonalkázású területek a számítógépes adat- és információfeldolgozást fedik le, amit általában az informatika területeként szoktak emlegetni. A két processzor között a távközlés rendszerei helyezkednek el a vízszintes vonalkázású területen. A processzorok tényleges feladatát a valós folyamatokhoz, tehát emberi kommunikációs és természeti interakciós folyamatokhoz való illesztés adja. Természetesen egy processzor a három feladat közül nem mindháromhoz kapcsolódik szükségszerűen. Kiemelt figyelmet kapott napjainkban a valós folyamatokból a tömegkommunikációval, a média rendszerekkel való összeépülés, mint nagy tömeghatású új lehetőség. Talán ez a magyarázata a divatos konvergencia elvnek, ami az informatika, a távközlés és a média összeépülése. Saját megközelítem alapján ez csak egy fontos állomás, és olyan jellemzés, ami a számítógépet, a processzort helyezi központi szerepbe. Az informatika ebben a felfogásban szűkebb az általam tekintett területnél, és háttérben marad a kommunikáció szerepe. Ahogy a bevezetésben megfogalmaztam saját informatika felfogásomat, számomra rokonszenvesebb az ábra második felirata: az informatika integrálja a technológiai összetevőket. Waevert idézve [7]-ből: a kommunikáció „felöleli mindazokat az eljárásokat, amelyeken keresztül egyik emberi elme a másikra hatni képes.” Ezt helyezve az

informatika feladatrendszerének középpontjába, a konvergencia helyett helyesebbnek tartom az informatika integráló szerepének kiemelését.

Az informatikának a tárolt adatok és ehhez kapcsolódó processzorok világára, esetleg még az interakciós felületek technológiáira való leszűkítése éppen a feladat lényegét, a kommunikációt helyezi az informatikán kívülre.

Befejezés

Eddigiekben áttekintettük, hogy a jelekkel való gazdálkodás milyen állomásokon keresztül jutott el a mai lehetőségekig, és erre alapozva hogyan épül az emberiség új kommunikációs rendszere.

A bevezetőben és a tárgyalás során utaltunk arra, hogy a formális modellek matematikai elemzésekre, és alapvető matematikai törvények feltárására adnak lehetőséget. Ezek a lehetőségek és korlátok az üzenetek, észlelések minél rövidebb leírására vonatkoznak. Adott véges jelkészlet esetén a rögzített hosszánál rövidebb leírások száma jól meghatározott véges mennyiség, és ez korlátozza az ilyen röviden kódolható üzenetek, vagy észlelések számát. A Shannon-entrópiára alapuló tételkör a jövő véletlenségét modellezve a lehetséges üzenetek, jelenségek mindegyikét mintegy előre kódolva a kódhossz várhatóértékét igyekszik minimalizálni. A Kolmogorov-entrópia eszköztára hosszú jelsorozatok tömöríthetőségével foglalkozik, elméletben minden véges (bináris) jelsorozathoz hozzárendel egy egyértelmű hosszúságú legrövidebb bináris kódot. Ezzel inkább a múlt észleléseinek egyszerűbb, tömörebb magyarázatát kereshetjük, amihez hasonló jelenségek bekövetkezésére számíthatunk a jövőben.

Míg a Shannon entrópia alkalmazásának fő problémája, hogy a jövő véletlenszerűségét kellene pontosan előre jelezni, addig a Kolmogorov entrópia problémája, hogy az említett legrövidebb leírásokat nem lehet véges idő alatt megtalálni, s ha meg is találánk, nem tudjuk, milyen hosszú számítással lehet belőlük a visszafejtést elvégezni.

Mindezek ellenére a két entrópia-fogalom meghatározó fontosságú a diszkrét jelekkel való gazdálkodás világában, s a rájuk épülő lehetőségeket és korlátokat a következő részben, mint a kommunikáció matematikai hátterét mutatom majd be.

Hivatkozások:

[1] Benczúr András, Informatika, információs társadalom és információs forradalom, Természet Világa, 1998. Június, 242-246., és a „Hivatás és hitvallás” szerk. ifj. Fasang Árpád és Fodor András, Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, Budapest, 1998., 230-242.

[2] Benczúr András, Informatika – oktatás – informatikaoktatás, Természet Világa, 2000, Informatika különszám, 30-36.

[3] Benczúr András, Az emberiség kommunikációjának fejlődése és az információs forradalom matematikai szemléltetésben, „A magyar államiság ezer éve” (A millenniumi év alkalmából az Eötvös Loránd Tudományegyetemen 2000. November 23-án és 24-én rendezett tudományos ülészek előadásai.) szerk: Gergely Jenő, Izsák Lajos. ELTE Eötvös Kiadó, 2001. 301-325.

[4] Paul E. Ceruzzi: A History of Modern Computing, MIT Press, 1998.

[5] Kolmogorov. A.N. – Uspenskii V.A., Algorithms and randomness. SIAM J. Theory of Probability and Applications, 32 (1987) 389-412.

[6] Neumann János, A számológép és az agy, GONDOLAT 1964

[7] Claude E. Shannon – Warren Waever, A kommunikáció matematikai elmélete (az információelmélet születése és távlatai), OMIKK, Budapest, 1986.

