

## SZOFTVER RÁDIÓK A KOMMUNIKÁCIÓS FELDERÍTÉSBEN

Az információs hadviselés korunk egyik legújabb és legdinamikusabban fejlődő hadviselési módja, melynek tevékenysége az információs fölény kivívására irányul. Ennek birtokában képes a korszerű vezetés helyes és gyors döntések meghozására, melyek alapvetően befolyásolják sikerességüket.

A jövőben várhatóan végrehajtásra kerülő információs hadviselés fő erő kifejtése az információk (elsősorban a felderítési adatok) megszerzésére, az ellenségénél gyorsabb és hatékonyabb feldolgozására, valamint felhasználására, illetve eredményesebb védelmére irányul. Az információs háborúkat a hagyományos eszközök mellett békeidőben főleg információs-technikai eszközökkel, számítógépekkel, és ezekkel összekapcsolt távközlési-kommunikációs és felderítő berendezésekkel folytatják.

A 21. századi erőket éppen ezért mindenekelőtt a legkorszerűbb információs-távközlési technológia széleskörű alkalmazása fogja jellemezni. A modern vezeték nélküli kommunikáció gyakorlatilag minden formában jelen lesz az élet számos területén, a polgári és katonai alkalmazásokban egyaránt. Éppen ezért feltétlenül ismerni kell a folyamatosan változó elektromágneses környezetet, és az ezt létrehozó technológiai hátteret. Így a különféle létező, és még csak tervezett kommunikációs-távközlési technológiákat, tendenciákat, trendeket kialakulóban lévő szabványokat valamint ezek gyakorlati megvalósítására alkalmas kommunikációs eszközöket.

Cikkemben az utóbbiakkal, azaz a különféle rádió-berendezésekkel valamint az ezekkel kapcsolatos újfajta technológiákkal foglalkozom. E technológiai újdonságok közül jelenleg az egyik legfontosabb az úgynevezett szoftver rádiók témaköre, amely mind a harmadik generációs (3G) polgári rendszerek, mind a jelenlegi és jövőbeli katonai – távközlési és felderítő – rendszerek szempontjából kiemelkedő fontosságúak.

## A SZOFTVER RÁDIÓK KIALAKULÁSA, ALAPFOGALMAI

A szoftver rádiók jelentőségét és kulcsfontosságú szerepét a közeljövő távközlésében, akkor érthetjük meg igazán, ha megvizsgáljuk a távközlésben kialakuló és jelenlévő főbb tendenciákat és trendeket.

Számos szakirodalmi forrás foglalkozik ezzel a kérdéssel, azonban általánosságban megállapítható, hogy jelenleg a modern hírközlő rendszerekre napjainkban és a közeljövőben még inkább jellemző főbb hatások a következők lesznek: [1].

- *Globalizálódás*: világméretű hálózatok és szolgáltatások kialakulása.
- *Digitalizálódás*: a hagyományos analóg átviteli rendszerek felváltása digitális eszközökkel, minden információ “adattá” alakítása.
- *Mobilitás*: a vezeték nélküli technológiák reneszánsza, a hagyományos vezeték nélküli rendszerek mellett az új mozgó távközlési szolgáltatások gyors fejlődése és rohamos terjedése.

- *Integrálódás*: a különböző információk kép, hang, valódi adat közös átvitele egységes technológiával, a valós idejű és késleltethető információk egységes kezelése, a multimédia szolgáltatások terjedése.
- *Konvergencia*: a távközlés informatikai és média technológiai bázisának szolgáltatási infrastruktúrájának egységessé válása, a fix és mobil rendszerek közeledése egymáshoz, közös technológiai platformok kialakulása.

A fentieknek megfelelően a közeljövőbeli 3G rendszerekre a mobilitás fejlettebb támogatása lesz a jellemző. Ez magába foglalja a globális bolyongás lehetőségét, és hívásátadás tetszőleges megvalósítását minden szolgáltatásra, és rendszerre. A többüzemű és többsávú készülékek megjelenése már napjainkban is jellemző, de nagyobb méretű elterjedésükkel a harmadik generációs rendszerek megjelenésével együtt fokozottabban számolni kell. Az ilyen végberendezések univerzális, hálózattól és rendszertől független alkalmazhatóságát az adaptív képességgel rendelkező szoftver rádiók technológiájának megjelenése fogja biztosítani. A jövő egyik ígéretes eszköze a szoftver rádió. A fő kérdés az, hogy mikor és miként fog megjelenni ez az új technológia — a köznapi életben illetve a katonai alkalmazásokban —, nem pedig az, hogy meg fog-e jelenni egyáltalán.

## A hagyományos és a szoftver rádiók funkcionalitása

Először vizsgáljuk meg a hagyományos rádiók felépítését a rádió funkcionalitásának összefüggésében, hogy össze tudjuk hasonlítani őket a szoftver rádiókkal. Ezeket a rádiókat jelenleg diszkrét alkatrészekből és célhardverekből — (általános vagy speciális integrált áramkörökkel ASICs — Application Specific Integrated Circuits) — kiegészítve valósítják meg. A rádió-berendezés funkcionalitását, azaz a különféle rádió-funkciók és működési módok megvalósítását, megváltoztatását, vagy kiegészítését, a rádió fizikai felépítésének szükségszerű módosítása kíséri.

A szoftver rádiók ezzel szemben dinamikusan alkalmazkodni tudnak az RF környezethez, időről időre megvizsgálva azt. A rádió funkcionalitását szoftver határozza meg, szemben a hagyományos adó-vevőkkel, ahol a hardver a funkcionalitás kulcsa. A dedikált hardvert Digital Signal Processor-ra (DSP-re) — vagy valamilyen más programozható eszközre — cserélve lehetővé válik a rádiófunkciók szoftver általi módosítása valós időben.

Szoftver által (át) programozható rádiókat az 1970-es évektől kezdődően kezdték el fejleszteni, így napjainkban már számos digitális szoftver által átkonfigurálható rádió áll szolgálatban, többnyire a katonai alkalmazású területeken, de a távközlés más speciális területein is. A következő generációs szoftver rádiók fő célja a nyitott architektúrával történő alkalmazkodás a jövő rendszereihez.

## A szoftver rádió definíciója

A szoftver rádiók egzakt definíciójának meghatározása még napjainkban sem kiforrott teljesen, és számos egymáshoz hasonló definíciót találhatunk a szakirodalom tanulmányozása során. Nézzünk meg néhány főbb jellemzőt, a különböző definíciókban találhatóak közül: Változtatható adó vevő felépítés, szoftver által vezérelten és programozottan. A jelfeldolgozás során a rádió a funkcionalitását képes változtatni. A rendszer rádiócsatornán keresztüli szoftver letöltés képességével rendelkezik. A többüzemű és többsávú berendezések szoftveres módon történő realizálásának képességével rendelkezik.

Az adó-vevőnél a következők definiáltak szoftver által:

- a frekvencia sáv;
- a rádió csatorna sávszélessége;

- a modulációs és kódolási eljárások;
- a rádiós erőforrásokat és a mobilitás menedzselést végző protokollok;
- a felhasználói alkalmazások.

A fenti paraméterek változtatása történhet a hálózati operátor, a szolgáltatást nyújtó, vagy a végfelhasználó részéről.

A fentiek alapján talán a következő definíció adható meg [4]: “A szoftver rádió egy olyan technológia, amely által képesek lehetünk rugalmas alkalmazkodóképességű rádiórendszereket építeni, amelyek többszolgáltatásúak, többrendszerűek, többsávúak és szoftver által átprogramozhatóak átkonfigurálhatóak,,

Ezek a képességek alkalmassá teszik a szoftver rádiót az összes már létező (szabványosított) és a jövőben kialakuló rendszerben történő működésre, bármely frekvencia sávban.

## A SZOFTVER RÁDIÓK TECHNIKAI HÁTTERE

A szoftver rádiók rugalmasságát és szinte az összes rendszerrel való kompatibilitását a DSP “engine” valós idejű átprogramozhatósága biztosítja.

A DSP-k nagyon fontosak a szoftver rádió koncepcióban, azonban meg kell jegyezni, hogy nem ez az egyetlen lehetséges eszköz a gyakorlati kivitelezés során. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerülnek a modern elektronikus eszközök, például az FPGA-k (Field Programmable Gate Array) amelyek olyan speciális mátrix-elrendezésű kapuáramkörökből felépülő elektronikus eszközök, amelyekben a kapuk közötti kapcsolatok a felhasználástól függően alakíthatók, átprogramozhatók, másodpercenként akár több ezerszer is. Így a belső kapcsolatok változtatásával valós időben átalakítható az eszközből felépített elektronikus kapcsolat és annak működése. A másik lehetséges megoldás a napjainkban már igen gyorsnak számító hagyományos általános célú mikroprocesszorok alkalmazása digitális jelfeldolgozás céljára. Az Intel Pentium III, Pentium 4 processzorok már megfelelő számítási sebességet nyújthatnak ehhez a feladathoz. Mindezekon felül a fentiek kombinációjával tetszőleges bonyolultságú és képességű rendszerek kialakítására nyílhat lehetőség.

Jelenleg a szoftver rádiók fejlesztése eléggé utópisztikus, jó néhány probléma miatt, amelyek többsége jelenleg technikai technológiai jellegű. Így egyszerű és gyors megoldásuk nem könnyű feladat.

A szoftver rádiók kialakítását kitűzendő kutatási és fejlesztési célnak kell tekinteni, amely napjaink ismeretei szerint kb. 2005-2010 között válik ésszerűen kivitelezhető realitássá. A két legfőbb elérendő cél a következő:

- az adó vevőkben a képzeletbeli határvonalnak, amely a digitális jelfeldolgozású és az analóg fokozatok között található, egyre inkább el kell tolnia az antenna (RF részek) felé. Így a közeljövőben megjelenhetnek az olyan *szélessávú analóg-digitális (A/D) és digitális-analóg (D/A) átalakítók*, amelyek már közvetlenül az antennáról illetve az antennára dolgozhatnak.;
- a hagyományos rádiókban, az alkalmazás specifikus ASIC — adott célra készült dedikált célhardver — integrált áramkörök lecserélése DSP-k re, FPGAk-ra, vagy általános célú mikroprocesszorokra. Ezek a dedikált hardverekkel szemben a rádió funkciók teljes szoftveres átprogramozhatóságát biztosíthatják.

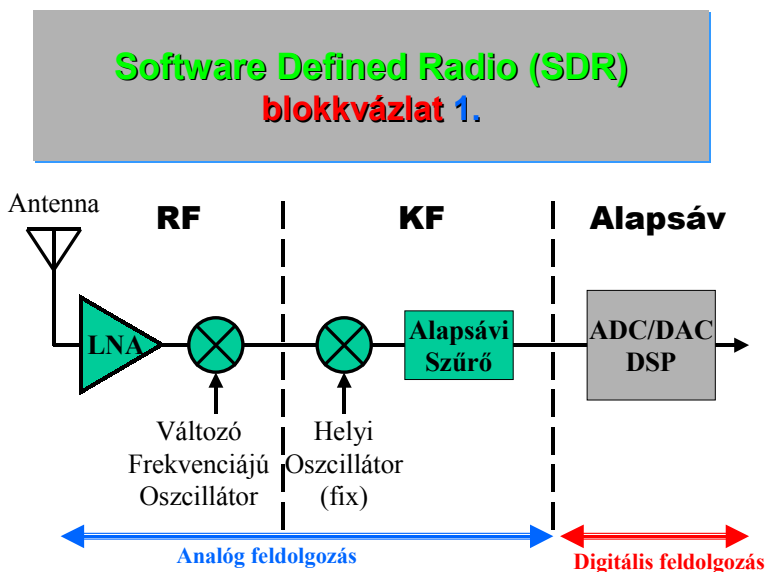
Az elsődleges cél nem kizárólag a teljesen szoftver vezérlésű rádiók kialakítása lehet, hanem átmenetként a különféle *szélessávú vevő realizációk* megalkotása, amelyeknél először a közép-frekvenciák (KF) tartományáig történik a digitális jelfeldolgozás kiterjesztése. A végső cél azonban a teljesen digitális szoftver vezérlésű rádió kialakítása. A célhardverek (ASICs) lecserélése DSP-re (vagy a fentebb említett egyéb eszközökre) a következő előnyöket biztosíthatják:

- az alapsávi vevőfunkciók szoftveres megvalósítását, úgymint a kódolás, moduláció, vételkiegyenlítés valamint az alapsávi jelalak formálás megvalósítását;
- a rendszer átprogramozhatóságát, amely a több üzemmódú működés lehetőségét kínálja szoftveres átprogramozással.

A GSM rendszerben, és néhány UMTS bázisállomás prototípusnál már alkalmazzák a DSP-vel történő alapsávi jelfeldolgozást, azonban ezeknél nem beszélhetünk egyértelműen SW rádióról, hiszen ezek egy adott szabvány szerint működnek, így nincs szükség (és mód) a teljes rendszer szoftveres átprogramozására.

## A szoftver rádió adó-vevője

A jelenlegi adó-vevők amelyeket mobil rendszerekben alkalmaznak, a *hagyományos superheterodin* elv szerint épülnek fel. Ezeknél az RF és a KF részek teljesen analógok, a digitális jelfeldolgozású részek kizárólag az alapsávi (Baseband) feldolgozásnál találhatók, és általában ASIC technológiával épülnek, azaz adott célra készített speciális célhardverek.

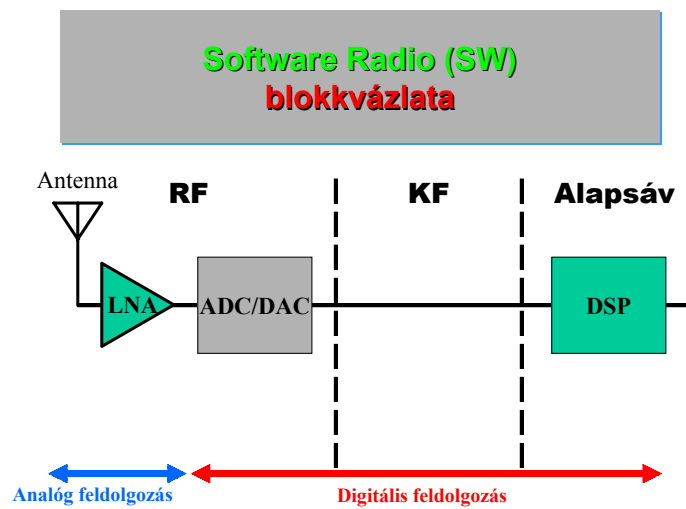


1. ábra. Hagyományos vevő alapsávi DSP feldolgozással

Ennek ellentéte az *ideális szoftver rádió (SWR)*, ahol az analóg részeket a lehető legkisebb mértékűre kell csökkenteni. Ideális esetben ezek csak az antennára, az RF sávszűrőre, és a kiszajó bemenő erősítőre LNA (Low Noise Amplifier) korlátozódnak. Az A/D átalakítás közvetlenül az RF fokozatról történik, majd ezt követően a teljesen digitális és átprogramozható jelfeldolgozó egység alakítja megfelelőre a jeleket. Egy ilyen ideális SWR vevő (2. ábra) megvalósítása néhány technikai technológiai probléma megoldatlansága miatt ma még részben kivitelezhetetlen.

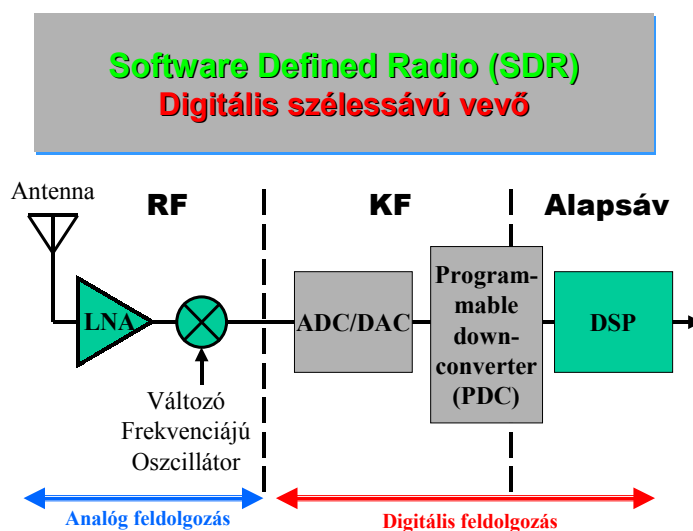
Először is az RF fokozatok szélessávú kivitelezése többsávú rendszerek kiszolgálására, azaz kellőképpen szélessávú antennák, valamint szélessávú kiszajú előerősítők építése a néhányszor 100 MHz-től a néhányszor 10 GHz-es tartományig, jelenleg még nem megoldott. A többsávú működés jelenleg több RF fokozat alkalmazásával valósítható meg, amelyeket a berendezés a venni kívánt sávától függően működtet. Például a 2. generációs 900–1800 MHz-es és a 3. generációs 2 GHz fölötti UMTS sávban.

A második fő probléma az ilyen rádiók realizálásával kapcsolatban a szélessávú A/D átalakítás közvetlenül az RF fokozatok után. A fő probléma itt az A/D fokozat jitter effektusa.



2. ábra. Ideális szoftvervevő

A jelenleg is kivitelezhető kompromisszumos megoldás az úgynevezett digitális rádióvevők építése és alkalmazása, amelyek felépítésükben igen hasonlóak a szélessávú vevőkhöz. Ezeknél az RF fokozat teljesen analóg, a KF részek pedig már majdnem teljesen digitális jelfeldolgozók. Egy ilyen vevőt mutat a 3. ábra blokkvázlata.



3. ábra. Digitális szélessávú vevő

A digitális rádióvevők fejlesztése is jó néhány problémát vet föl napjainkban, így mind az RF az IF és az alapsáv vonatkozásában tartogat néhány technológiai kihívást, illetve az AD/DA konverterek vonatkozásában úgyszintén.

Napjainkban jellemző pld. az 1 Gsample/s mintavételi arány amelyhez kb. 6-8 bites felbontóképesség társul. Ha csökkentjük 100 Msample/s-ra a mintavételi arányt 10 bites felbontóképességet kapunk. 150 ksample/s-hoz már 16 bites felbontás társulhat.

### A DSP-k problémája

Napjaink digitális hírközlő rendszereire (GSM) jellemző jelhullámforma, és a rendszerben jelenlévő dinamika (a GSM-nél tipikusan 100 dB) miatt, legalább 17-20 bites felbontás lenne szükséges a megfelelő minőségű jelfeldolgozáshoz. Az alapsávi feldolgozásnál, az eltérő rendszerek eltérő bonyolultsága miatt az SW rádióknál a valós idejű (real-time) feldolgozáshoz esetleg több DSP párhuzamos alkalmazására is szükség lehet. A DSP feldolgozási sebességét és teljesítményét egy SW rádió esetében a leginkább teljesítmény igényes üzemmódokhoz kell megállapítani. Ilyen lehet például a CDMA hozzáférésű rendszereknél a multi-user detection módszerű demodulálás, illetve adaptív antennák alkalmazása esetén a nyalábformáló algoritmusok kiszámolása, amelyek exponenciálisan megnövelik a szükséges jelfeldolgozási sebességet.

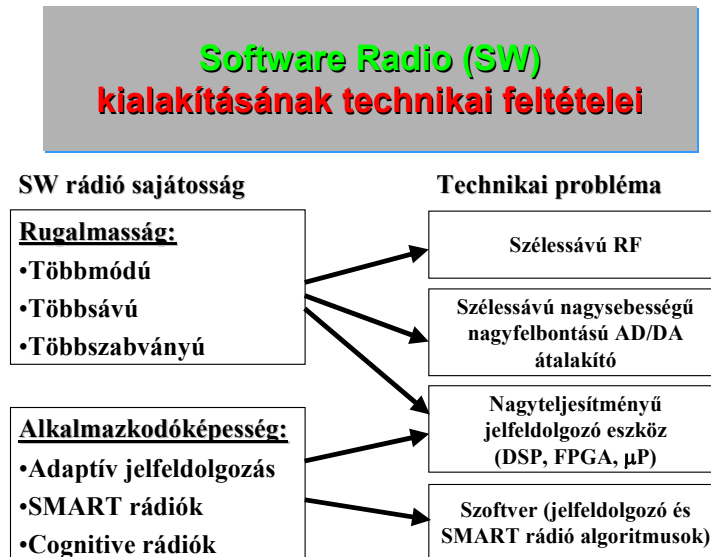
A UMTS rendszereknél mindezeket figyelembe véve, kb. néhányszor 10 GIPS (Gigainstruction/s) jelfeldolgozási sebességre lesz szükség a közeljövőben.

A funkcionalitás tekintetében, a DSP-k un. általános célú GP (General Purpose) és speciális célú SP (Special Purpose) típusokra oszthatók fel. Az általános célúak a forrás és csatornakódolás, a titkosítás és a moduláció megoldására alkalmazhatók, míg az SP típusok olyan speciális komplex valós idejű célfeladatokra is, mint a frekvenciatranszponálás, a digitális szűrés, a spreading és a despreading. Ez utóbbi feladatokhoz szükséges valós idejű számítási teljesítmény 1200-1500 MIPS (Million Instruction per Second) Ezt a teljesítményt jelenleg csak az SP típusok érik el. A GP típusok számítási teljesítménye is évről évre növekszik és nem egy ilyen teljesítménye, már eléri vagy meghaladja az 1000 MIPS-es határt. Önmagában a számítási teljesítmény azonban nem minden, ehhez a teljesítményhez megfelelő adatsebesség is szükséges, amit a DSP I/O (Input/Output – bemeneti/kimeneti) műveleti gyorsasága és bitszélessége határoz meg.

Összehasonlításként egy napjainkban elterjedtnek számító általános célú mikroprocesszor az Intel Celeron 850 MHz-es processzor 1600 MIPS elérésére képes. Első ránézésre ez soknak tűnhet, azonban az általános célú mikroprocesszorok esetében ezt a teljesítményt a PC-k processzorhoz kapcsolódó buszrendszerei nagyságrendekkel lerontják. Így az I/O műveleti sebesség válik szűk keresztmetszetté.

A jövőbeli mobil terminálok oldaláról vizsgálva a kérdést megállapítható, hogy ezekben behatárolt lesz az áramköri komplexitás (a korlátozott méretek, és teljesítményfelvétel miatt), valamint alacsony ár szükséges a tömegszerű elterjedtség érdekében. Ugyanezek a követelmények természetesen a felderítés oldaláról nézve nem teljesen helytállóak illetve nem jelentkeznek egyértelmű szükségességgként. Például a kis méret és az alacsony ár nem mindig alapvetően meghatározó, inkább egy adott cél elérése a fontos.

Az SW rádiók sajátosságait és az ezekkel összefüggő technikai problémákat szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra. Technikai kihívások az SW rádiókkal kapcsolatban

## A SZOFTVER RÁDIÓK MEGVALÓSÍTÁSI MÓDJAI

Az eddigiekben nem esett szó az SW rádiók másik kulcsfontosságú problémájáról, a szoftverről. A szoftver fejlesztése önmagában nem lehetséges, hiszen ezt optimális esetben valamilyen adott hardver eszközre, vagy ezek egy csoportjára készítik és optimalizálják. Éppen ezért fejlesztése általában párhuzamosan folyik a hardverrel. A jelenlegi helyzetben különféle gyártók mind-mind saját hardver platformra fejlesztenek, amelyek általában nem csereszabatosak egymással. Így a szoftverrádió interfésznek hardver függetlennek kell lennie. A szakirodalom szerint ez három lehetséges módon alakíthatja a fejlesztési módozatokat.

Az első megoldásként a saját védjegyzett szoftver minden egyes hardver platformra esete lehetséges. Ez azt jelenti, hogy minden egyes gyártó a másiktól független hw/sw megoldást alkalmaz. Ebben az esetben gyártónként a szoftver az adott hardverre optimalizált.

A második lehetséges út a hardver platformok szabványosítása. Ez a megoldás nem túlzottan kivitelezhető alternatíva, hiszen ebben az esetben nem érvényesülhetnének az egyes gyártók közötti különbségek, és nem jutnának érvényre az egészséges verseny előnyei.

A harmadik és a szakemberek szerint legvalószínűbb fejlesztési mód, az állandó fordító (compiler) és/vagy valós idejű szabványosított operációs rendszer alkalmazása. A fordítóprogram (compiler) elkészíti (generálja) az adott hardverre a rajta futó kódot. Ezt az ún. forráskódból készíti el. Így minden hardver platformon ugyanaz a program futhat. Ez az írd meg egyszer és futtasd mindenhol koncepciója. A forráskód elkészítéséhez jelenleg talán a legalkalmasabb programnyelvnek a Java tűnik.

### A Java szerepe

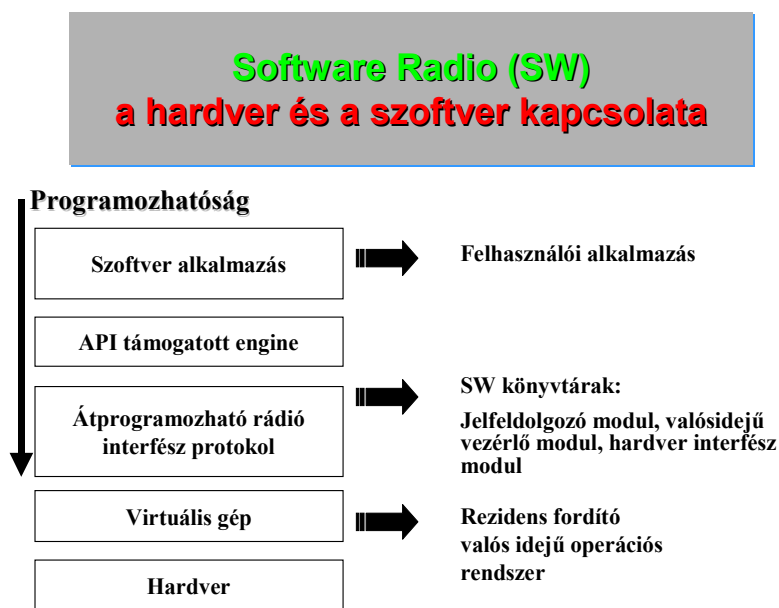
A Java egy objektum orientált programozási nyelv. Nyelvezete (szintaxisa) nagyon hasonlít a C++ programozási nyelvhez. Az egyik legfontosabb alapelve, hogy a Java alkalmazásoknak rezidensen a távoli rendszerben kell tartózkodniuk, ezáltal csökkentve a helyi rendszerben elfoglalt memóriaméretet. Így a Java alkalmazások processzor és operációs rendszer független végrehajtást tesznek lehetővé bármely helyi gépen. Ehhez az ún. "Java-kernell-nek" rezidensen



a helyi rendszerben kell tartózkodnia, mint például az internetes böngészőprogramok esetében. Az Internet explorer esetében ez a rezidens mag az un. “Java Virtual Machine” — azaz Java virtuális gép, amely biztosítja a böngésző programok számára az un. Java kisalkalmazások futtatását a helyi rendszeren.

Maga a folyamat a következő: a Java alkalmazást “előfordítják” az un. “Java byte kóddá”, ami nem egy objektum orientált kód, de egy magasabb szintű kód, ami nagyon tömör és könnyű tárolni valamint letölteni pld. az Interneten vagy esetünkben például a rádiócsatornán keresztül. A letöltött Java byte kód kerül a helyi rendszeren fordításra a Java kernel (Java virtuális gép) által. Így jön létre az adott rendszeren futtatható végrehajtható kód. Így bármely Java alkalmazás hardverfüggetlen futását a Java virtuális gép biztosítja az adott helyi rendszeren.

Az előzőek értelmében megrajzolható az SW rádió rétegzett struktúrája, (5. ábra) amely teljesen szoftver által definiált, az alkalmazási rétegtől a fizikai rétegig.



5. ábra. A hardver és a szoftver kapcsolata egy SW rádiónál

Az ábra értelmében az API (Application Programming Interfaces) szabványosítása alapvetően fontos lesz a rendszer működése szempontjából. Az API tulajdonképpen egy elvont fogalom, nem pedig egy program vagy alkalmazás, hanem a logikai kapcsolatok definíciója a hardver és a szoftver között. A „virtuális gép” vagy jelen esetben „virtuális rádió platform” szabványosítása szintén elengedhetetlenül fontos ahhoz, hogy ugyan az a letöltött program bármely hardver platformon futtatható legyen. Így ebben az értelemben a virtuális rádió platform egy alacsony szintű API-nak tekinthető, amely mintegy elfedi a készülék valóságos hardverét és egy szabványosan programozható felületet biztosít a rádió szoftveres vezérléséhez.

Ebben az esetben elegendő néhány alapvetően fontos hardver paraméter definiálása, mint például a kisugárzott és vett teljesítmény, a DSP MIPS paramétere, valamint a szükséges memória mérete, illetve az AD/DA átalakító fontosabb paraméterei.

Az API és a virtuális gép közötti modul definiálja a tulajdonképpeni rádió interfészt és megvalósítja a berendezés átprogramozhatóságát. Ez a rész funkcióját tekintve 3 részre osztható:

- a *jelfeldolgozó modulra*: ez a szoftver modul valósítja meg az olyan alapvető funkciókat, mint a kódolás és moduláció;



- *a valós idejű szabályozó modulra*, amely ellenőrzi a jelfeldolgozás folyamatának működését és a hardver interfész modult;
- *a hardver interfész modul*: menedzseli a kimenő és bejövő adatok áramlását.

## A szoftver letöltés megvalósítása

A teljesen szoftveresen programozható rádió vezérléséhez mindenképpen definiálni kell a szoftver letöltés módját. Ez mobil rendszerek esetében a hordozható készülékeknél lehet szükséges. Ennek megvalósítására kétféle elgondolás született. Az egyik az ún. Smart Card Loading (intelligens kártyáról való letöltés) pl. SIM-kártyáról. A valóságban ez úgy valósítható meg, hogy valamilyen külső terminálon az abba helyezett intelligens kártya (SIM kártya) átprogramozható, a mobil készülékből kivéve, majd azt oda visszahelyezve az átprogramozás után.

A másik megoldás a rádiócsatornán keresztüli letöltés, amelynek az előző módszerrel szembeni legfőbb előnye, hogy nem igényli a felhasználó közreműködését a folyamatban, ezért az automatikusan is megtörténhet. A hátránya hogy a letöltés külön dedikált csatornát igényel a rendszer részéről, amely ha nem megfelelően szélessávú, akkor a letöltés nagyon lassú és nem mentes az esetleges átviteli problémák okozta bithibáktól.

## ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK

Először nézzük az előnyöket, amik a *gyártók oldaláról* jelentkeznek: ha a szoftver rádiók tömegméretben elterjednek, a rádiók hardver platformja egyszerűsödni fog. A szoftverhibák gyors és olcsó kiküszöbölését fogja nyújtani működés közben. Az ilyen készülékek alkalmazhatóak lesznek többféle szabvány szerint működő rendszerben, így nem csak a közvetlen regionális vagy nemzeti környezetben. Ez a tömeges eladhatóságot fogja biztosítani, ami még olcsóbbá és elterjedtebbé teszi majd ezeket az eszközöket.

*A szolgáltatók oldaláról* nézve az új szolgáltatások gyors tervezése és bevezetése válik lehetővé, valamint ugyan azon a készüléken, (terminálon) lesz lehetséges az összes szolgáltatást nyújtani, eltérő szabványú rendszerek esetén is. Végül pedig lehetővé válik a többszabványú bázisállomások létrehozása.

*A felhasználók szemszögéből* nézve a következők mondhatók. Lehetővé válik ezen eszközök által a barangolás eltérő szolgáltatók eltérő szabványú rendszerei között. Ez világméretű mobilitást és lefedettséget jelent majd a felhasználóknak. A saját készülék tetszőleges konfigurálásának szabadságával ajándékozza meg a felhasználókat. Ezek a felhasználók számára egyértelműen előnyként jelentkező tényezők, a COMINT (Communication Intelligence – Kommunikációs Felderítés) számára jelentős problémát okozhatnak, amire a felderítés oldalán alkalmazott szoftver rádiók alkalmazása adhat megfelelő választ.

Általánosságban elmondható, hogy az SW rádiók növelik a hardver általános élettartamát, mind a bázis állomások mind a végfelhasználói terminálok oldaláról nézve, és csökkentik azok elavulási kockázatát. Ez utóbbi megállapítás a felderítő eszközök szempontjából is igen jelentős, hiszen egy felderítésre szánt SW rádió esetében, a rendszer újraprogramozásával a hardver mindaddig újrahasználható, amíg az újabb generációs hardverek meg nem jelennek.

E megoldások alkalmazása a honvédelem területein is várható, mind hazánkban mind a környező országokban, hiszen napjainkra gyakorlatilag a polgári távközlés fejlettsége sok helyen megközelíti, de nem egy helyen túl is haladja a standard katonai távközlési rendszerek fejlettségét. Így ebben az

értelemben a polgári és katonai rendszerek közötti éles határvonal kezd megszűnni, és egyre inkább eltűnni. Más vonatkozásban pedig a szoftver rádiók alkalmazása egy katonai szövetségben belül a koalíciós partnerek közötti kommunikáció esetén, nagymértékben csökkentheti a felek közötti inkompatibilitásból származó problémákat.

## ÖSSZEGZÉS

Összességében megállapítható hogy a szoftver rádiókkal kapcsolatos kihívások, másfajta feladat elé állítja a szakembereket, mint ezt megelőzően. A rádió-berendezések egyre inkább olyan speciális hardver eszközzé válnak, amelyeket bonyolult szoftver működtet, és a fő hangsúly a szoftveren és nem a hardveren lesz. Ennek megfelelően az ezeket létrehozó műhelyekben, fejlesztő laborokban, egyre nagyobb hangsúlyhoz jut a matematikusok, és programozók szerepe, a megfelelő berendezések kialakításának folyamatában.

A kommunikációs felderítést végző szervezetek napjainkban egyre nehezebben hozzáférhető és egyre bonyolultabb elektromágneses környezettel állnak szemben. A polgári távközlésben lezajlott „digitális forradalom”, aggodalommal tölti el a szakértőket, és sok ma még megválaszolatlan kérdés továbbra is nyitott maradhat a jövőben. Kutatásaim középpontjában e kérdésekre keresem a választ.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr PAP László: Áttörés a rádiókommunikációban. Infokommunikációs Trendek 99 Nemzetközi Konferencia 1999 09. 01. – 10. 01.
- [2] BALOGH Károly: Wireless Data Communications in The 21<sup>st</sup> Century. Korszerű katonai technológiák a XXI. században című nemzetközi konferencia előadás 2000. 05. 16.
- [3] BALOGH Károly: 21<sup>st</sup> Century Comint Possibilities in The Mirror of 3<sup>rd</sup> Generation Mobile Systems. Korszerű katonai technológiák a XXI. században című nemzetközi konferencia előadás 2000. 05. 16. Generation. IEEE Communications Magazine September 2000.
- [4] Enrico BURACCHINI: The Software Radio Concept. IEEE Communications Magazine September 2000.
- [5] Michael PUTTRÉ: A Band For All Reasons (Software radios promise to radically redefine battlefield communications). Journal of Electronic Defense 2001. January vol. 24, no. 1.