

Németh András mk. hadnagy

ADAPTÍV ANTENNARENDSZER HARDVERÉNEK REALIZÁCIÓJA

THE HARDWARE OF ADAPTIVE ANTENNA SYSTEM REALIZATION

A cellás frekvenciagazdálkodás elvén működő telekommunikációs rendszerek kapacitását alapvetően meghatározza a több utas terjedésből, illetve egyéb zavaró forrásokból származó zaj és interferencia, valamint a hasznos jel teljesítményének aránya. A bázisállomásokon adaptív algoritmusokat alkalmazó, fázisvezérelt antennarendszerek felhasználásával a hálózat kapacitása akár meg is duplázható. Ennek magyarázata, hogy az ilyen antennarendszerek iránykarakterisztikája automatikusan alkalmazkodni képes az aktuális elektromágneses környezethez és a pillanatnyi rádiófrekvenciás forgalomhoz. Ha egy ilyen bázisállomás tűnyalábokkal követi a forgalmat bonyolító készülékeket, jelentősen csökken az interferenciát okozó rádiófrekvenciás sugárzás, továbbá sokkal kisebb teljesítmény is elegendő azonos minőségű összeköttetések megvalósításához. Cikkemben egy ilyen kísérleti antennarendszer hardverének felépítése és működése kerül ismertetésre.

In the principle cell frequency management working capacity of telecommunication systems specify (determine) from the more way extent, respectively from other disordering source; deriving noise and interferential, as well as the ratio of the serviceable indication achievement. On the base stations the adaptive algorithmic applying, with the phase controlled antenna systems use the capacity of network quite like could be doubled. Its explanation that the direction characteristic of such antenna systems automatically can adjust for the actual electromagnetic environment and momentary radiofrequency trade. If this kind of basic station follows the trade complicating sets with needle bundle, then the interferential causing radio frequently radiation farley decrease, moreover the much smaller achievement fairly too for the same quality connections realization. In my article I demonstrate the structure and function of this kind of hardware of attempting antenna system.

Bevezető

A XX. században soha nem látott ütemű technikai, technológiai és tudományos fejlődés ment végbe a világon, amely jelentősen előremozdította a telekommunikáció, majd később az informatika fejlődését.

Bell első telefonja és Puskás telefonközpontja óta megszámlálhatatlan újítás, szabadalom segítette az emberiséget, hogy minél gyorsabban, egyszerűbben jussanak egyre nagyobb mennyiségű és jobb minőségű információhoz a Világ bármely pontján. Mára másodpercek alatt összeköttetést tudunk létesíteni akár több tízezer kilométer távolságban is, melyen keresztül már nem csak beszédet tudunk közvetíteni, hanem hozzáférhetünk könyvtáryi mennyiségű információhoz, adathoz, zenéhez, videóhoz, vagy akár irányíthatjuk háztartási berendezéseinket, ellenőrizhetjük otthonunk biztonságát, sőt precíziós orvosi robotok segítségével műtétet végezhetünk a Világ bármely kórházában. Ezen vívmányok eléréséhez elengedhetetlen feltétel volt a telekommunikáció és informatika nagyfokú integrációja (telematika), a mérnöki gondolkodásmód fogyasztói igényekhez történő alkalmazkodása.

Problémafelvetés

A fokozott intenzitású fejlődésre a legjobb példa talán a mobiltelefonia viharosan gyors, alig egy évtizedes karrierje. A kezdetek táskaméretű, kizárólag hangtovábbításra alkalmas készülékeket mára felváltották a néhány tízgrammos maroktelefonok, melyek már multimédiás szolgáltatások széles palettáját is kínálják. A hang, adat rövid szöveges üzenet mellett, képet, zenét, videót továbbíthatunk, egyre nagyobb sávszélességgel kapcsolódhatunk az Internetre, újságot olvashatunk, TV közvetítéseket nézhetünk. Röviden összefoglalva jelen pillanatban a mobiltelefon az a kommunikációs eszköz és hírforrás, melynek segítségével a leggyorsabban juthatunk a számunkra fontos információkhoz. A fentiek iránt folyamatosan növekvő kereslet természetesen megköveteli a háttérrel biztosító hálózatok átviteli kapacitásának jelentős mértékű fejlesztését, a szolgáltatások minőségromlásának elkerülése érdekében. A kapacitás növelésének kérdései nagy kihívást jelentenek mind az informatikus, mind a hardverfejlesztő mérnököknek, hiszen a megfelelő információ áteresztő képességet a rendszer minden szintjén biztosítani kell. Nincs ez másként a bázisállomások és felhasználók készülékei közötti rádiócsatorna esetében sem, ahol a legnagyobb problémát az igen szennyezett (zajos) rádiófrekvenciás környezet, a többutas terjedésből adódó, és az azonos frekvenciákat alkalmazó cellákból érkező interferencia okozza, amely jelentősen korlátozza egy rendszer átviteli kapacitását.

Az interferencia csökkenthető, ha a bázisállomásokon körsugárzó antennák helyett szektorsugárzókat alkalmaznak, melyek energiájuk döntő részét egy meghatározott térszögbe sugároznak (120° , 60°), ezáltal csökkentve az interferenciát okozó irányok számát, javítva a jel/interferencia viszonyt. Adott rendszeren belül a frekvenciagazdálkodás hatékonysága tovább növelhető, ha a bázisállomás antennájának főnyalábját tovább szűkítjük, és úgy irányítjuk, hogy az mindig a forgalmat bonyolító készülék irányába mutasson. Ez az elgondolás adaptív antennarendszerek alkalmazásával realizálható.

Adaptív antennarendszerek jelentősége

Az adaptív antennarendszerek működésük során képesek arra, hogy iránykarakteristikájukat az aktuális forgalomnak és az elektromágneses környezetnek megfelelően folyamatosan módosítsák. Ez cellás mobiltelefon rendszerek esetében annyit jelent, hogy a bázisállomás egy-egy tűnyalábbal követi a forgalmazó készülékeket, míg az egyes interferencia irányokra nullhelyeket illeszt. Ezáltal a rendszer minőségi paraméterei drasztikusan megnőnek, így lehetőség nyílik az átvihető információ mennyiségének jelentős növelésére. Ezek az előnyök elsősorban sűrűn lakott nagyvárosokban, nagy forgalmú objektumok környékén (stadion, koncert, repülőtér, nagy létszámú hadgyakorlat stb.), speciális igények esetén (szélessávú Internet), vagy rendkívüli helyzetekben (földrengés, árvíz sújtotta területeken) aknázhatók ki igazán, de „átlagos” területeken alkalmazva lehetőséget kínálnak nagybiztonságú, kiváló minőségű, energiatakarékos összeköttetések megvalósítására. Az adaptív antennarendszereket előnyös tulajdonságaik azonban nem csak polgári, hanem katonai alkalmazásokra is alkalmassá teszik mind a rádióelektronikai felderítés, mind a híradás területén. Felhasználásuk lehetővé teszi a zavaró rádióadók bemérését, hatásuk kiküszöbölését, növeli a felderítés elleni biztonságot stb., továbbá más technológiákkal és módszerekkel rendszerben alkalmazva növeli azok hatékonyságát, és szélesíti alkalmazhatósági körét. A megváltozott euró-atlanti és globális biztonsági környezet, az új típusú kihívások (pl.: nemzetközi terrorizmus) megjelenésének hatására jelenleg is tart az Egyesült Államok a NATO és az Európai Unió haderőinek reformja, melynek egyik alappillére a modernizáció, ezen belül pedig az infokommunikációs és más elektronikai rendszerek korszerűsítése.

Remélhetőleg a fenti műszaki megoldások jelentőségét felismerve a jövőben széleskörűen fogják alkalmazni az intelligens antennarendszereket a különböző technikai rendszerekben.

Kísérleti fázisvezérelt antennarendszer felépítése, működése

A kísérleti rendszer működése során az elektromágneses tér mintavételezést a 900MHz-es sávban egy négyelemű, egyenlő távolságú antennasor végzi, melynek elemtávolsága $\lambda/2$. (A Shannon-féle mintavételi tétel térbeli adaptációjának megfelelően, ez az a maximális távolság, amely esetén a spektrumban nem jön létre átlapolódás). A rendszer blokkvázlata az 1. ábrán látható.

1. ábra A rendszer blokkvázlata

Az első blokk tartalmazza a hardvert, melynek kimentén a mintavételi frekvenciának megfelelő időközönként rendelkezésre állnak az antennarendszer által vett vektorok.

Ezek soros porton keresztül jutnak a PC-be, ahol a szoftver a feldolgozás után grafikusan megjeleníti az eredményt. Az ábrán szürkével jelölt részek szoftveres úton kerültek megvalósításra.

A program alkalmas iránymeghatározást végezni számítási modellek, szimuláció, valamint valós mérések alapján (a hardver által előállított adatok fogadása, feldolgozása, megjelenítése). Az antennarendszerek elméletének megfelelően egy N -elemű sor iránytényezője felírható egy $(N-1)$ -ed fokú polinommal, ami $N-1$ nullhelyet jelent a függvényben. Ebből következőleg a négyelemű sor maximálisan három irány becslésére alkalmas. A fázisközéppont, az antennarendszer geometriai közepe, míg a mért irányt, az ebbe a pontba állított merőlegeshez képesti szögeltérés adja 2. ábra.

2. ábra Az antennasor orientációja

A vizsgált forrás(ok) megfelelő távolsága esetén, adott mintavételi időpontban az egyes antennák kimenetein megjelenő jelek között csak úthossz-különbségből adódó fáziseltérés tapasztalható, ami a szomszédos elemek viszonyában állandó. Az így kialakuló progresszív fáziseloszlásból bonyolult matematikai műveletek és transzformációk után meghatározható a vizsgált forrás(ok) iránya. (A matematikai formulákat és levezetését mellőzve a számítás módja a következő: az egyes antennák mintáiból képzett komplex vektorból előállítjuk az autokorrelációs mátrixot, amelyet a különböző adaptív iránybecslő algoritmusok használnak bemeneti paraméterként, meghatározva a vizsgált forrás(ok) relatív irányát.) A mérést terhelő fázishiba átlagolással ejthető ki (egymás után többször veszünk mintákat, majd a kapott eredményt átlagoljuk).

A mintaszám növelésének a folyamat változási sebessége szab határt, hiszen a mérés hitelességének feltétele, hogy az stacioner, vagy legalább a mérés alatt stacionernek tekinthető, azaz kvázi stacioner legyen.

A hardver felépítése

A kísérleti rendszer hardverének felépítése a 3. ábrán látható, melynek feladata, hogy a vizsgált elektromágneses teret mintavételezze és a mért adatokat a számítógép számára feldolgozható információkká alakítsa. Tartalmaz 4db, az antennákhoz csatlakozó I-Q vevőt, egy nagyfrekvenciás szintézert, egy középfrekvenciás oszcillátor és lokáljel szétosztó, továbbá egy digitális interfész áramkört.

3. ábra A hardver felépítése

A hardver működése leegyszerűsítve a következőképpen írható le: a különböző vizsgált források által előállított elektromágneses tér valamilyen amplitúdó és fázisképet hoz létre a négyelemű, lineáris struktúrájú antennarendszer mentén. Ezen eloszlás által az egyes elemekben indukált jeleket I-Q vevők erősítik, keverik, szűrik, majd előállítják az I és Q csatornákat, melyeket a digitális interfész mintavételez és továbbít a feldolgozó egységnek. A számítógép a hardvertől kapott minták átlagolása után meghatározza a sugárforrások irányát.

A rendszer alapeleme tehát, az I-Q vevő, melynek elméleti felépítése a 4. ábrán, az I és Q jelek jelentése az 5. ábrán látható.

4. ábra I-Q vevő elvi felépítése 5. ábra I és Q jelek értelmezése

A kimeneten megjelenő I és Q értékek által meghatározott vektor eredőjének hossza a tér nagyságával lesz arányos, míg az I tengellyel bezárt szöge a tér adott pontbeli fázisát jelenti a lokál oszcillátorhoz képest. (Ez a vektor hordozza a sugárforrás irányára vonatkozó információt.) A keverést a valóságban, két fokozatban érdemes megoldani, hiszen közép-frekvencián a csatornaszűrés és erősítésszabályozás egyszerűbben megvalósítható, továbbá így nyílhat lehetőség RF szintézer segítségével a sáv különböző vivőire történő hangolásra. A második fokozat a jelet az alapsávba keveri a digitalizáló áramkör számára. A digitális interfész végzi a nyolc csatorna egyidejű mintavételezését és az adatok továbbítását soros porton keresztül a számítógépnek. Az adatok különböző adaptív algoritmusok segítségével történő feldolgozását és az eredmények megjelenítését egy szoftver végzi, azonban ennek részletes ismertetése meghaladja ezen írásmű kereteit.

Konklúzió

A fentiekben vázolt rendszer megvalósítását a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szélessávú Hírközlő Rendszerek Tanszékén Folkmann Viktorral közösen végeztük a Bonn Magyarország Kft. támogatásával. A teljes rendszer kiválóan alkalmas különböző vizsgálatok elvégzésére, új algoritmusok kidolgozására, hatékonyságuk tesztelésére, korlátaik behatárolására, több ilyen rendszer esetén pedig, azok együttműködésének vizsgálatára. A valós felhasználási lehetőségeket tekintve, az adaptivitásból adódóan, ilyen antennarendszereket az elektronika és híradástechnika számos területén lehetne eredményesen alkalmazni. Technikai korlátként jelentkezhet az egyes algoritmusok számításigényének jelentős növekedése az alkalmazott antenna elemszám függvényében, továbbá hogy az adaptív antennasorok csak $\Theta = \pm 60^\circ$ -os tartományban (a szinusz függvény kvázi lineáris tartományában) adnak helyes becslést, ezáltal a teljes 360° -os tartomány lefedéséhez három ilyen (pl. mikrosztrip kivitelű) antenasorra lenne szükség. A számításigény növekedése kiváltképp akkor válik jelentőssé, ha a lineáris antennarendszerek mellett elkezdünk foglalkozni a kettő-, netán háromdimenziós elrendezések alkalmazásának lehetőségével. Összefoglalásként megállapítható, számtalan olyan terület van, ahol sikerrel lehetne alkalmazni ilyen antennarendszereket, illetve az ezekből felépülő komplexumokat például mobil bázisállomásként, vagy különböző rádióelektronikai felderítő eszközökben. A fenti megállapításokat figyelembe véve, a témában még hosszú, folyamatos kutatásra és intenzív fejlesztésre van szükség a lehetőségek maximális kiaknázásának érdekében.

Irodalomjegyzék

- [1.] Alfonso Farina: Antenna-Based Signal Processing Techniques for Systems Artech House, Norwood, 1992.
- [2.] Istvánffy Edvin: Tápvonalak, antennák és hullámterjedés Műegyetemi kiadó 1997.
- [3.] Németh András: Adaptív Antennarendszer szimulációja Kommunikáció 2003. Nemzetközi szakmai tudományos konferencia ZMNE, 2003. (245-253. p.)
- [4.] Simonyi Károly, Zombori László: Elméleti villamosságtan Műszaki Könyvkiadó 2000.
- [5.] Szekeres Béla, Nagy Lajos, Petre Péter: Antennák és hullámterjedés jegyzet (BME)
- [6.] Varga Zoltán: Rádió iránymérés (Diplomaterv) Budapesti Műszaki Egyetem 1999.