

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

Comunicații publice

Potențialul uriaș de funcționalitate și flexibilitate pe care îl are clasa echipamentelor radio definite prin program sau virtuale apare mai clar la examinarea detaliată a câtorva exemple de sisteme complexe de comunicații radio.

Conceptul de “echipament radio definit prin program” și-a făcut intrarea în domeniul comercial în perioada anilor '90 ([1]) ca soluție la nevoia de îmbunătățiri (*upgrade*) fără schimbări fizice (*hardware*) costisitoare la stațiile de bază din rețelele radio de telefonie publică mobilă odată cu dezvoltarea arhitecturilor celulare. Noua tehnologie radio a fost recunoscută și a devenit dominantă după anul 2003 când compania Vanu Inc. (www.vanu.com) a prezentat prima stație de bază GSM la care toată prelucrarea de semnal era făcută de o aplicație executată pe un server disponibil comercial, iar aceasta a fost urmată la câțiva ani de prima stație de bază dual-standard GSM/CDMA.

Contextul creat de existența unor standarde diferite de comunicație stimulează în continuare căutarea soluțiilor de unificare a structurilor fizice și transferarea diferențelor funcționale exclusiv în domeniul numeric de prelucrare a semnalelor. În studiul de caz [2], de exemplu, a fost analizată o structură comună pentru tratarea la nivel de frecvență intermediară emisie/recepție (modulare/demodulare) a emisiunilor GSM și EDGE (eng. Enhanced Data rates for GSM Evolution), cu scopul de a oferi stațiilor de bază o platformă fizică comună unui serviciu de voce (GSM) și unuia de date de viteză mare (EDGE). Modulele aplicației scrise în limbaj C pentru asigurarea portabilității între diverse platforme fizice reflectă schemele bloc din figurile 1 la emisie, și 2 la recepție.

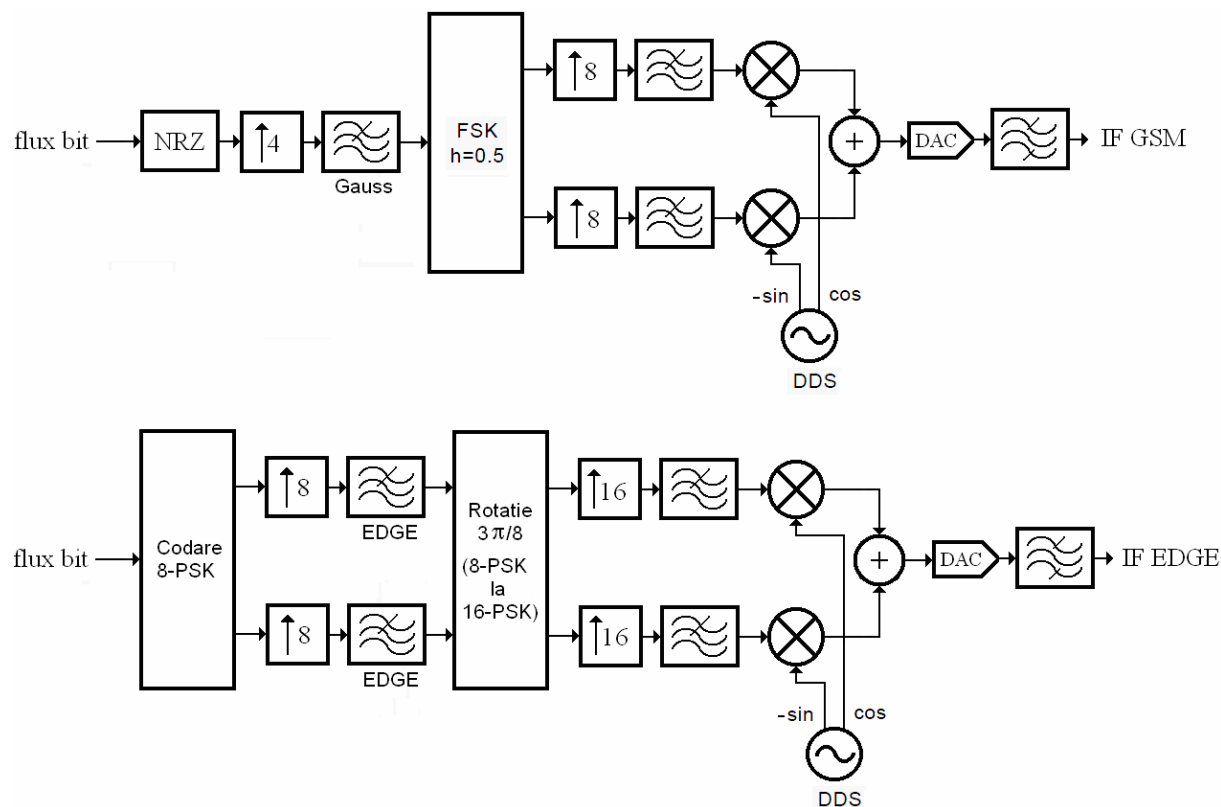


Figura 1

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

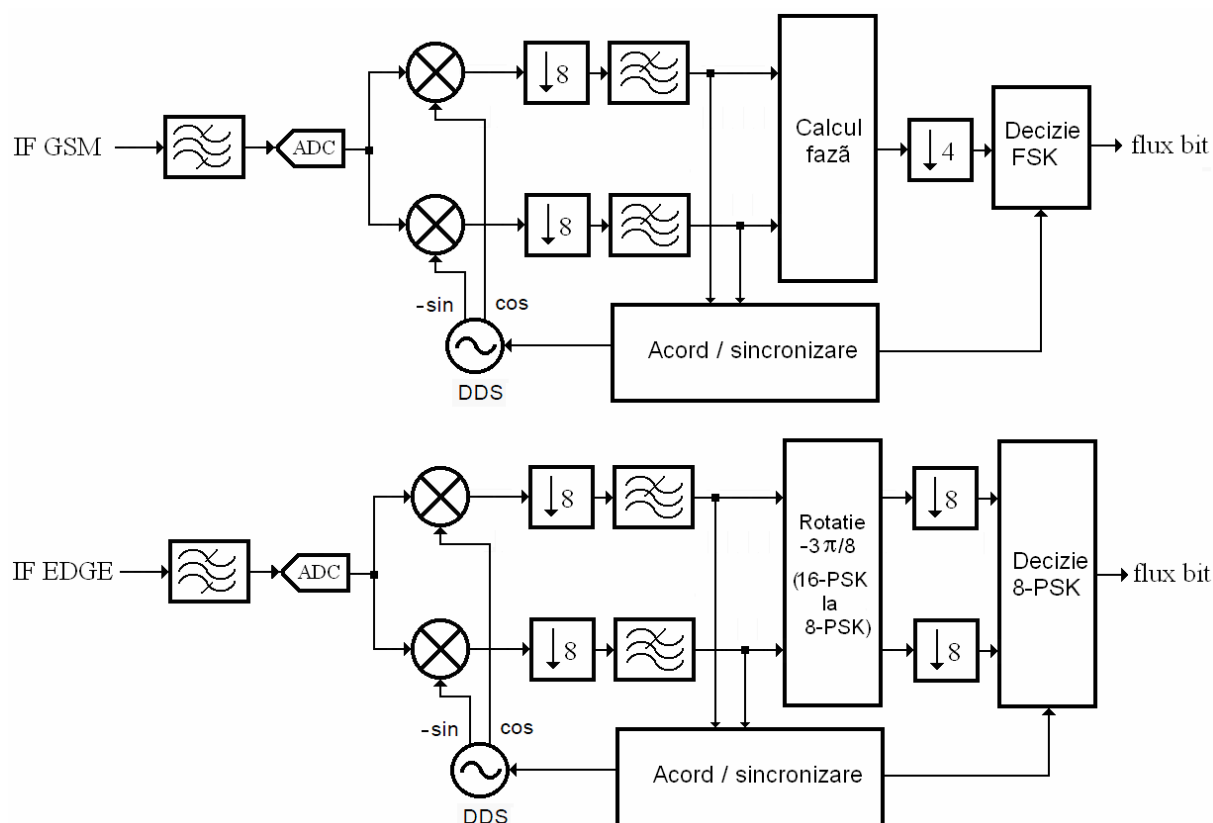


Figura 2

Implementarea în virgulă-fixă a algoritmilor de emisie/recepție necesari asigurării unui singur canal de comunicație (în timp real!) cu un circuit DSP de tip TMS320C6201 cu tact de 200 MHz ([2]) depășește necesarul de capacitate cerut de cele două standarde, și anume pentru GSM la emisie 397,85 kb/s și la recepție 753,56 kb/s față de 270,83 kb/s, iar în cazul EDGE la emisie 3.107,9 kb/s și la recepție 1.520,19 kb/s față de 812,49 kb/s.

Pe aceeași linie de unificare a structurilor fizice a echipamentelor radio se înscrie și preocuparea relativ recentă de proiectare a unor terminale de cost redus capabile de a suporta toate modurile (*mod* = tip modulație&codare în canalul radio) de comunicație utilizate în domeniul siguranței publice, în toate gamele de frecvențe autorizate(!), ca soluție temporară pentru depășirea dificultăților actuale de interoperativitate cauzate de incompatibilitățile echipamentelor, lipsa unui standard de interoperare (integrarea ocazională a rețelelor radio disparate se face prin conectarea “spate-în-spate” a terminalelor specifice pe post de radio-releu!), existența dispartă a sistemelor proprietare și alocarea rigidă (prin administrațiile naționale și regionale) a benzilor de frecvență și a modurilor de lucru. Altfel exprimat este vorba de a trece de la situația existentă descrisă generic de figura 3-(a) la cea din figura 3-(b) ([6], [7]). Un foarte bun exemplu de preocupare în acest sens îl reprezintă proiectul “Chameleonic Radio” dezvoltat în cadrul Virginia Polytechnic Institute & State University (“Virginia Tech”, www.ece.vt.edu/swe/chamrad, cu referire la [3], [4], [5], [6] și [7]), în care conversia directă implementată în circuite integrate comune emițătorului și receptorului este combinată cu preluarea numerică a semnalelor radio în banda de bază pentru înlocuirea echipamentelor analogice/numerice cu structuri standard de tip superheterodină care au dominat piața.

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

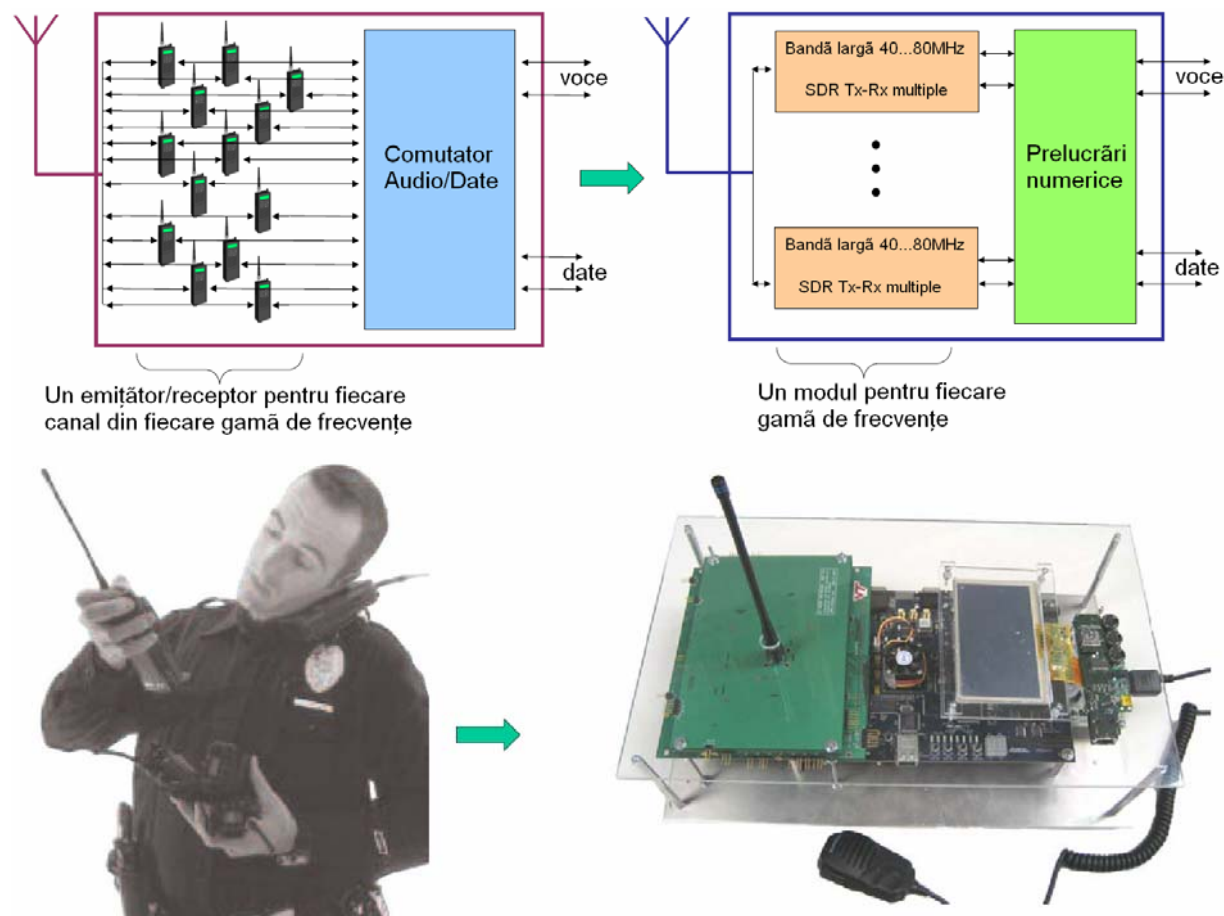


Figura 3

Componenta publică a sistemului de sateliți destinați navigației și poziționării globale (eng. GNSS – Global Navigation Satellite System) este de asemenea beneficiară recentă a tehnologiei echipamentelor radio definite prin program sau virtuale. Terminalele (receptoarele) comerciale GPS, GLONASS și în curând GALILEO, ca exemple de GNSS, își dovedesc disponibilitatea pentru multe aplicații însă în cea mai mare parte sînt construite (în principal din constrîngerii de cost, gabarit și consum) în jurul unor circuite integrate ASIC, fiind lipsite de flexibilitate în modificarea parametrilor de lucru specifici grupurilor de sateliți și algoritmilor de prelucrare a semnalelor primite de la sateliți în vederea experimentării de noi funcții care presupun interfațarea directă cu alte sisteme fizice și aplicații informatice.

Receptoarele GNSS definite prin program sau virtuale preiau semnalul radio provenit de la sateliți amplificat, filtrat și eșantionat (într-un singur circuit integrat), urmînd ca algoritmi de achiziție, urmărire, extragere a datelor de navigare, estimarea poziției terminalului (eventual a direcției și vitezei de deplasare) precum și generare a semnalelor de timp necesare sincronizării proceselor din alte dispozitive/aplicații, să fie executați în circuite de prelucrări numerice generale (FPGA, DSP) ori unități centrale de calculatoare. Există tendința ca același modul de radiofrecvență analogic să poată selecta semnale provenind de la mai multe rețele de sateliți GNSS, distribuite în spectrul radio actualmente așa cum indică figura 4, concomitent cu schimbarea parametrilor/algoritmului în modulul de prelucrări numerice ([8], [9], [10], [11]).

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

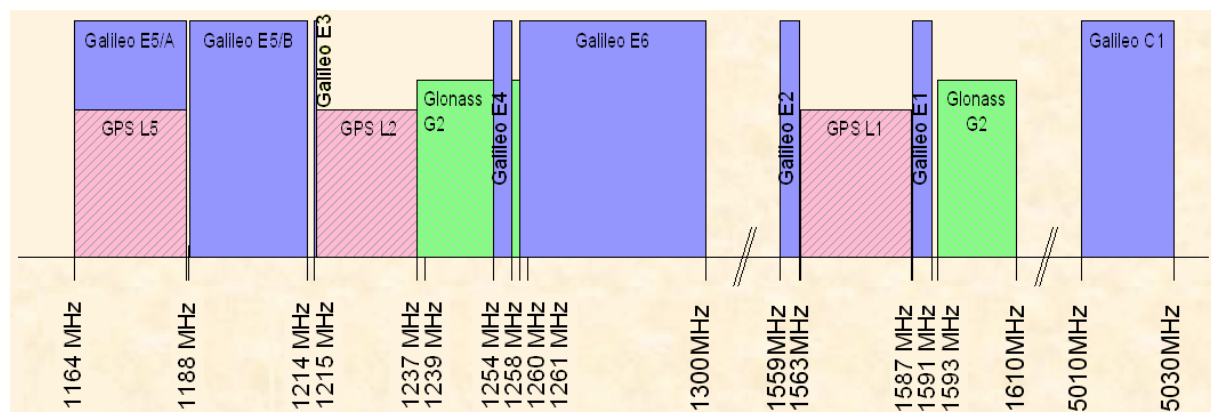


Figura 4

Un bun exemplu de ASIC de radiofrecvență conținând toate etajele necesare este utilizat la proiectul descris în [8] avînd ca obiect studiul unui receptor virtual destinat zonei de serviciu public al GNSS GPS centrat pe frecvența 1575,42 MHz. Circuitul integrat SE4110 produs SiGe Semiconductor Inc. (www.sige.com) conține, așa cum arată schema bloc din figura 5, un amplificator cu zgomot redus ($NF < 2,5$ dB) pentru antene pasive, oscilatorul local cu sinteză PLL, un mixer activ cu rejecția imaginii și filtru de frecvență intermediară integrat Butterworth de ordin 3 cu bandă de 2,2 MHz și frecvență centrală 4,273 MHz, precum și convertorul analog-numeric pe 2 bit (mărimă absolută-semn) asistat de un circuit de reglaj automat al amplificării.

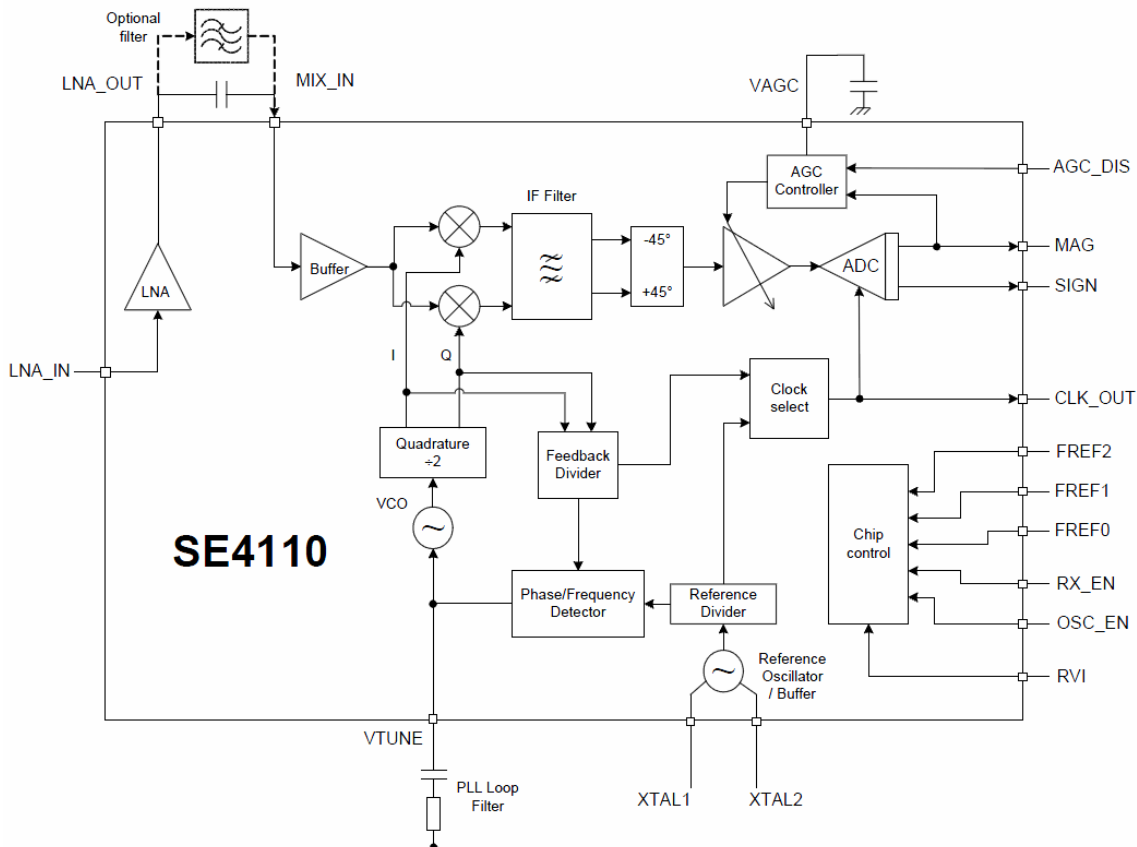


Figura 5

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

Principalul grup de prelucrări la care este supus fluxul de eşantioane furnizat de convertorul analog-numeric al oricărui receptor GNSS, implementat în FPGA/DSP sau ca aplicație PC, are ca scop eliminarea dezacordului față de purtătoarea emisiunii satelitului (atât a componentei naturale datorate impreciziei oscilației de referință din receptor cât și a efectului Doppler în prezența deplasării relative a sateliților și terminalului receptor), sincronizarea cu fluxul de date transmis (achiziția și urmărirea lui) și extragerea datelor de navigație transmise de satelit, pe baza cărora se calculează ulterior poziția receptorului. Schema bloc din figura 6 arată cum este realizat acest grup de prelucrări în proiectul [8] ca două bucle combinate.

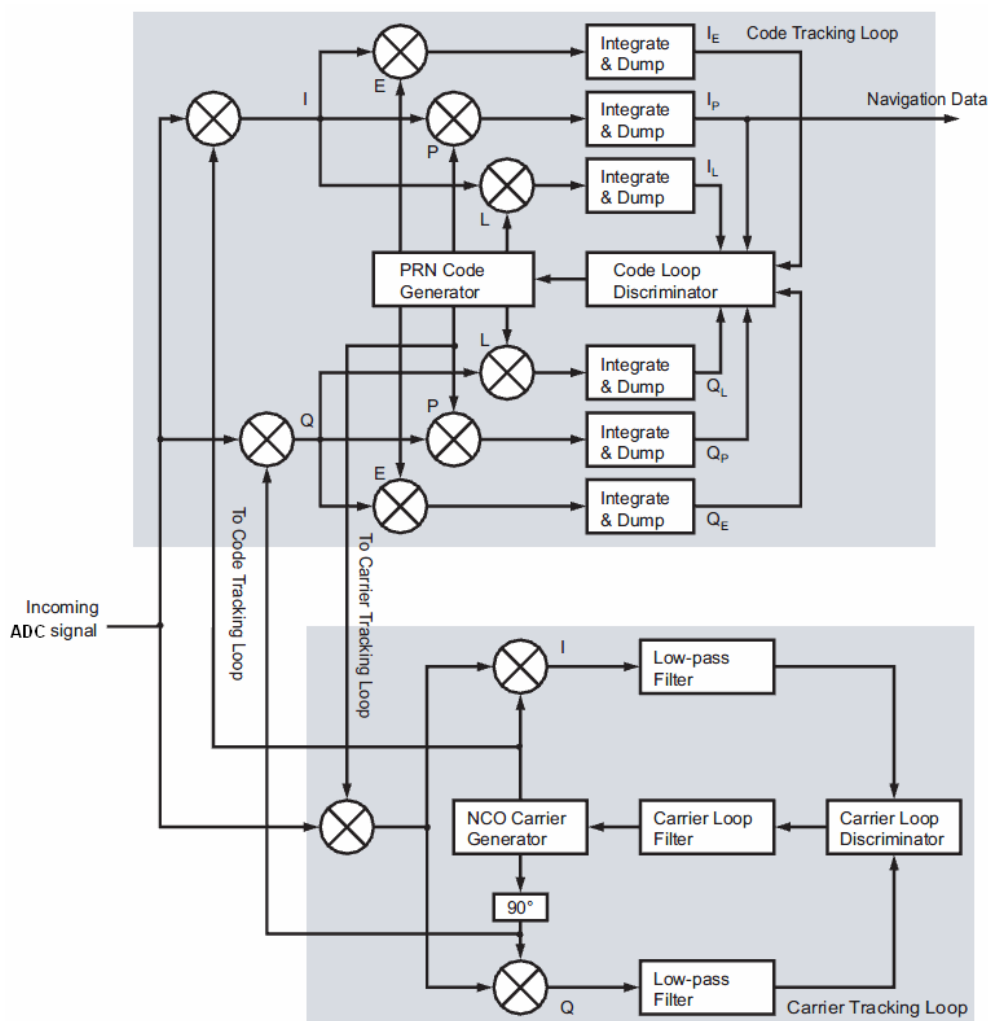


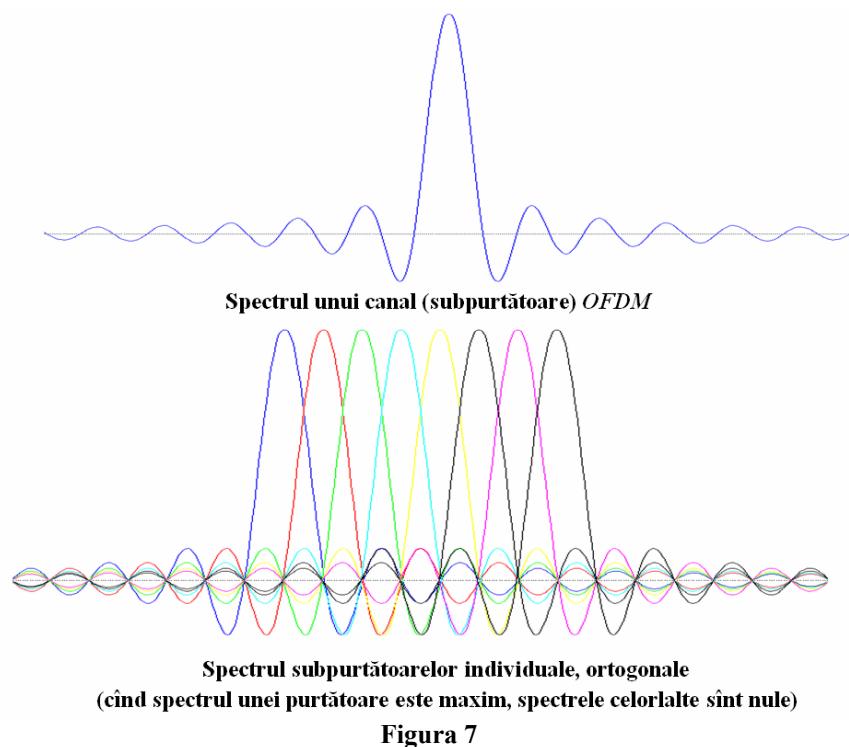
Figura 6 – [8]

Cu aproape o decadă în urmă, echipamentele radio virtuale și-au făcut intrarea și în domeniul radiodifuziunii, ca soluție de implementare a receptoarelor pentru standardele de transmisiune DRM (eng. **D**igital **R**adio **M**ondiale) și DAB (eng. **D**igital **A**udio **B**roadcasting).

Standardul DRM furnizează un sistem universal, ne-proprietar, de transmisiune numerică de bandă îngustă (≤ 20 kHz) destinată să înlocuiască, eventual, transmisiile radio analogice cu modulație sonoră în amplitudine clasice din gamele de unde lungi, medii și scurte. Specificațiile de sistem au fost publicate de ETSI ca TS 101 980 V1.1.1 (2001-09),

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

“*Digital Radio Mondiale (DRM); System Specifications*”, și au făcut subiectul recomandării ITU-R BS1514-1. Similar, standardul DAB de bandă mai largă ($\sim 1,5\text{MHz}$) în gamele VHF/UHF are ca specificații de bază documentul ETSI EN 300 401 V1.3.3 (2001-05), “*Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portables and fixed receivers*”, și recomandările ITU-R BS.774-2 și BO.789-2. Ambele standarde au ca nivel fizic tehnica de transmisiune radio OFDM (eng. **O**rtogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplexing), o formă de modulație cu purtătoare multiple în care diferitele simboluri sînt transmise pe purtătoare diferite a căror spectre se suprapun dar sînt separabile (semnale ortogonale), așa cum se arată figura 7. Figura 8 prezintă o formă a schemei bloc corespunzătoare modelului continuu în timp a lanțului emisie-recepție OFDM, cu detaliile din figura 9 ((a) la emisie și (b) la recepție). În implementările practice formarea semnalelor modulatorie și modularea, iar apoi filtrarea și demodularea purtătoarelor se realizează prin intermediul transformării Fourier discretă, inversă la emisie și directă la recepție.



Existînd o mare doză de paralelism între cele două standarde de radiodifuziune se prezintă în figura 10 numai schema bloc conceptuală a transmisiilor DRM în care s-au folosit notațiile: MSC (eng. **M**ain **S**ervice **C**hannel) – canal de date multiplexate care ocupă cea mai mare parte a transmisiunii și care transportă toate serviciile audio numerice, împreună cu eventualele servicii de suport și date suplimentare; FAC (eng. **F**ast **A**ccess **C**hannel) – canal de date multiplexate care conține informații necesare pentru găsirea serviciilor transmise și începerea decodării semnalului multiplex; SDC (eng. **S**ervice **D**escription **C**hannel) – canal de date multiplexate care oferă informații pentru decodarea serviciilor incluse în canalul MSC și informații care permit receptorului să găsească surse alternative pentru aceleași date. Modulația QAM (cu 4, 16 sau 64 puncte în constelație) este aplicată unui număr de purtătoare (canale) între 88 și 460 ocupîndu-se benzi de 4,5 , 5, 9, 10 (cea mai uzual folosită în prezent așa cum se exemplifică în figura 11 prin emisiuni reale în unde scurte), 18 sau 20 kHz.

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

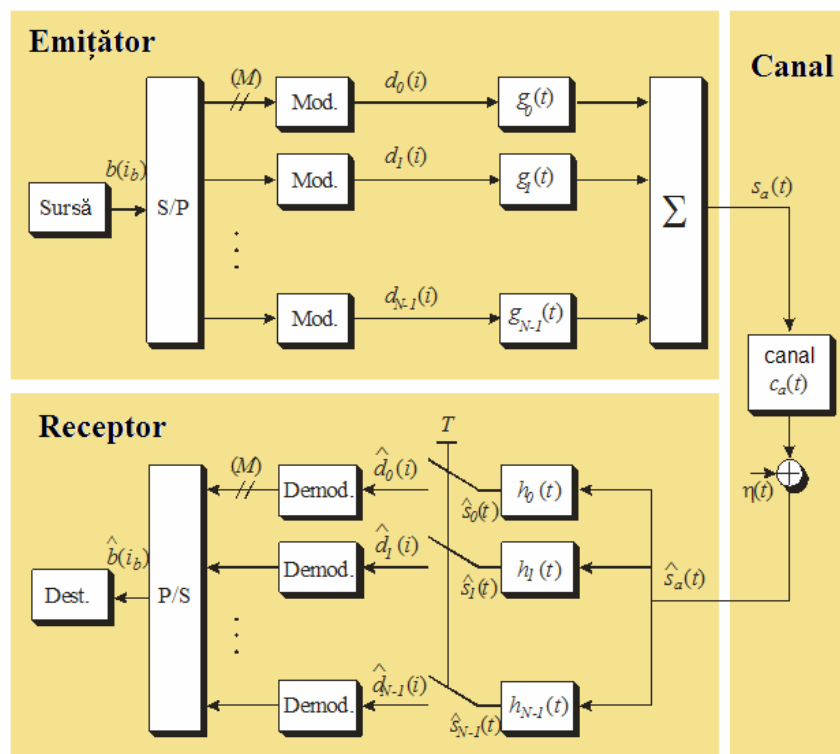


Figura 8

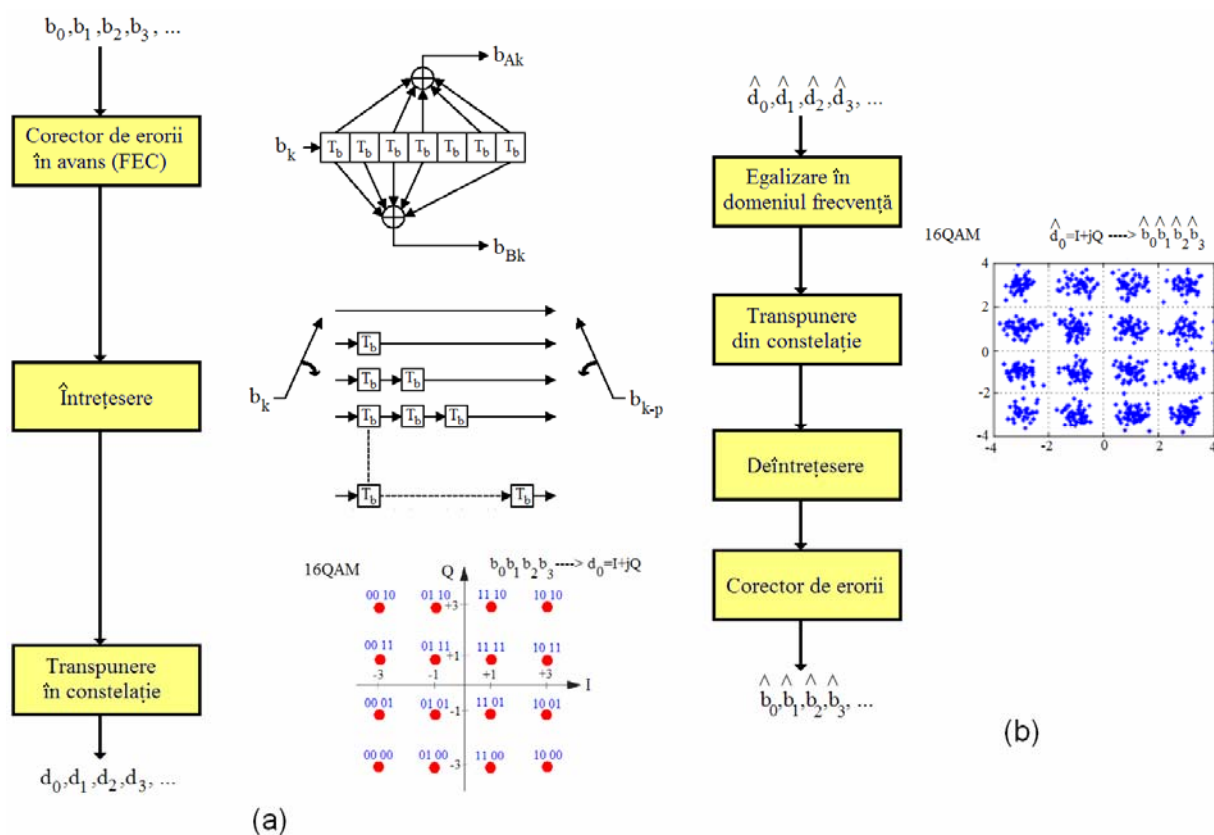


Figura 9

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

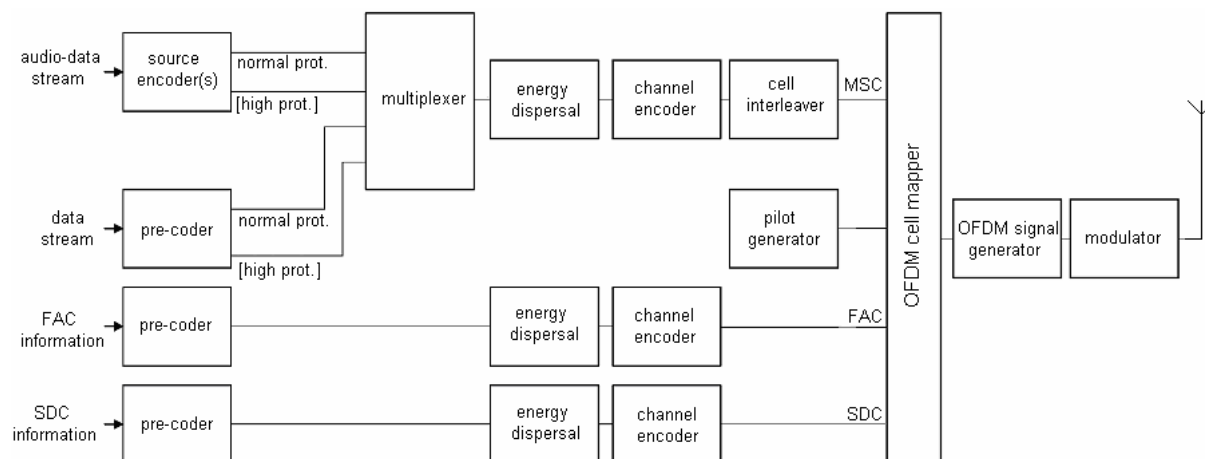


Figura 10

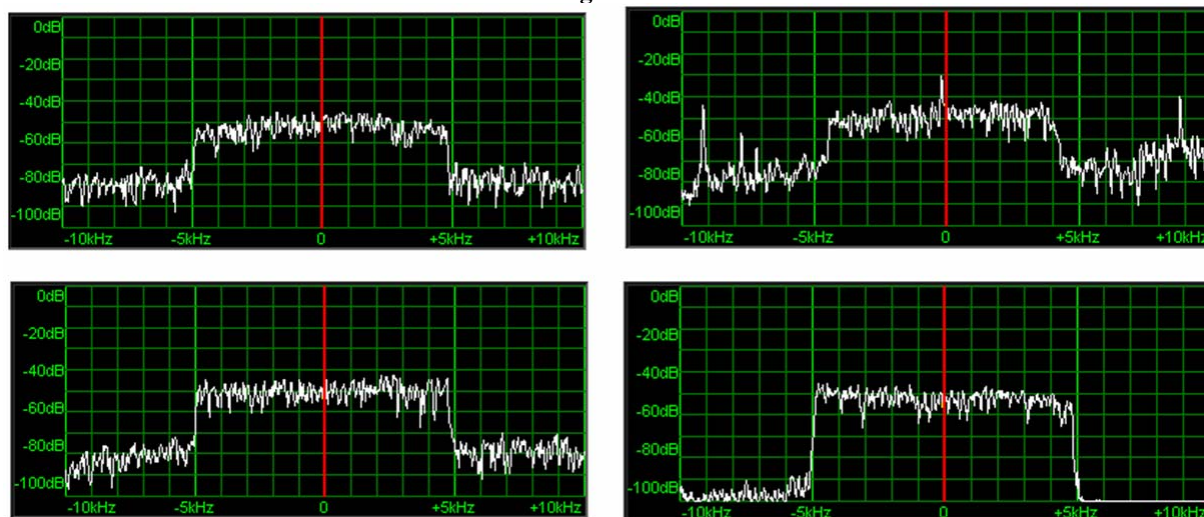


Figura 11

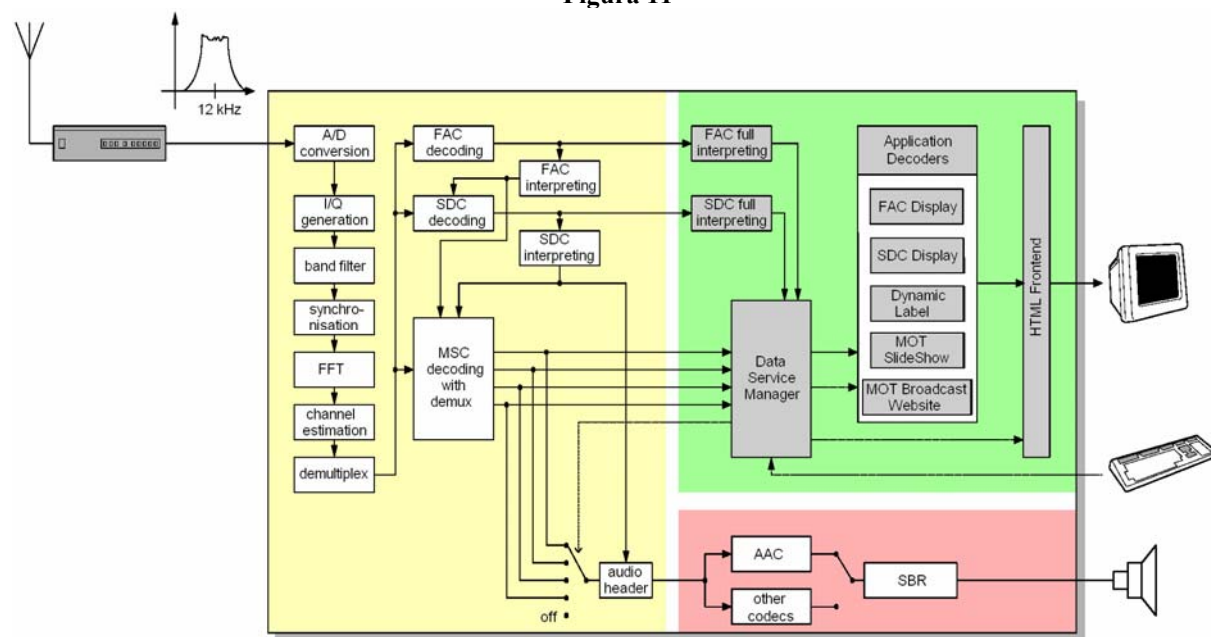


Figura 12

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

Cea mai bună implementare virtuală actuală a unui receptor DRM se consideră a fi cea bazată pe nucleul cu schema bloc din figura 12 dezvoltat de institutul Fraunhofer IIS (www.iis.fraunhofer.de) pentru semnale de frecvență intermediare 12 kHz eşantionate cu 48 kpsps prin intermediul plăcilor de sunet standard din structura PC/Laptop. Figura 13 surprinde un moment al recepției unui emisiuni DRM, avînd un serviciu audio monofonic și un serviciu multimedia (text/imagini statice), cu modulul DRM integrat în aplicația receptorului virtual WinRadio G303 (www.winradio.com).

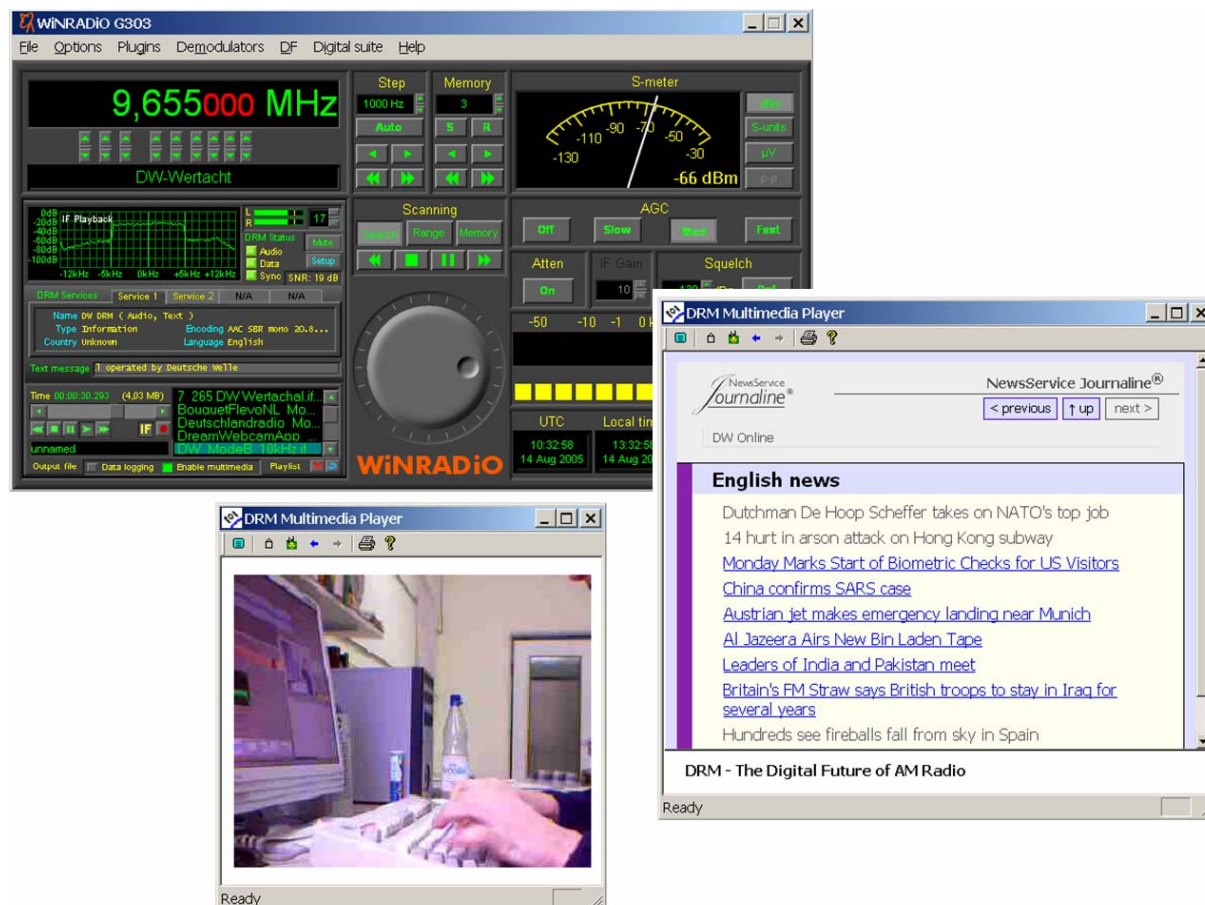


Figura 13

BIBLIOGRAFIE

- [1] – Aditya Kaul, “*Software Defined Radio: The Transition from Defense to Commercial Markets*”, Proceeding of the SDR 07 Technical Conference and Product Exposition, 2007
- [2] – Christophe Moy, Apostolos A. Kountouris, Luc Rambaud, Pascal Le Corre, “*Digital IF Implementation of the GDM and EDGE Modulation/Demodulation Schemes on the same Hardware Platform*”, Mitsubishi Electric ITE
- [3] – Steve Ellingson, S.M. Shajedul Hasan, “*The Rise of All-Band All-Mode Ratio*”, Virginia Polytechnic Institute & State University, 2007

Echipamente Radio Definite prin Program si Virtuale

- [4] – Steve Ellingson, “*Design Techniques for Multiband / Multimode Radios*”, Virginia Polytechnic Institute & State University, 2008
- [5] – Mehmet R. Yuce, Ahmet Tekin, Wentai Liu, “*Design and Performance of a Wideband Sub-Sampling Front-End for Multi-Standard Radios*”, Elsevier, 2007
- [6] – S.M. Shajedul Hasan, S.W. Ellingson, “*A Candidate RF Architecture for a Multiband Public Safety Radio*”, Chameleon Radio Technical Memo no. 10, Virginia Polytechnic Institute & State University, 2006
- [7] - S.M. Shajedul Hasan, S.W. Ellingson, “*Multiband Public Safety Radio Using a Multiband RFIC with an RF Multiplexer-Based Antenna Interface*”, Proceedings of the SDR '08 Technical Conference and Product Exposition, 2008
- [8] – Kai Borre, Dennis M. Akos, ș.a., “*A Software-Defined GPS and GALILEO Receiver*”, Birkhäuser, 2007, e-ISBN-10: 0-8176-4540-3
- [9] – F. Macchi, M.G. Petovello, “*Development of a One Channel Galileo L1 Software Receiver and Testing Using Real Data*”, ION GNSS, 2007
- [10] – S. Abbasian Nik, M.G. Petovello, “*Multichannel Dual Frequency GLONASS Software Receiver*”, ION GNSS 2008
- [11] – Shahin Charkhandeh, “*X86-Based Real Time L1 GPS Software Receiver*”, UCGE Reports Number 20253, 2007
- [12] – Frank Hofmann, Christian Hansen, Wolfgang Schäfer, “*Digital Radio Mondiale (DRM) Digital Sound Broadcasting in the AM Bands*”, IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 49, no. 3, 2003
- [13] – Peter Jackson, “*DRM – Progress on the Receiver Front*”, EBU Technical Review, Ianuarie 2003
- [14] – Thomas Jaumann, ș.a., “*DRM Software Radio – PC Based Software for DRM reception User Manual Version 1.3*”, VT Merlin Communications, 2004
- [15] – Jaehee Cho, ș.a., “*PC-Based Receiver for Eureka-147 Digital Audio Broadcasting*”, IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 47, no. 2, 2001
- [16] – Petro Pesha Ernest, “*DAB Implementation in SDR*”, Thesis Master of Science in Electronic Engineering, University of Stellenbosch – South Africa, 2005
- [17] – Ove Edfors, ș.a., “*An Introduction to Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*”, Research report, Lulea University of Technology, 1996