

Softwareradio

– Software Defined Radio (SDR) –

Andreas Romeyke

`andreas.romeyke@web.de`

Leipzig, 12. Juni 2002

Zusammenfassung

Der Vortrag richtet sich an Studierende der Fachrichtungen Informatik und Nachrichtentechnik und gibt einen Überblick über das Konzept von SDR.

Es werden Grundkenntnisse in der Signalverarbeitung und in Mobilfunktechniken vorausgesetzt.

Der Vortrag wurde eigenständig erarbeitet.

Inhaltsverzeichnis

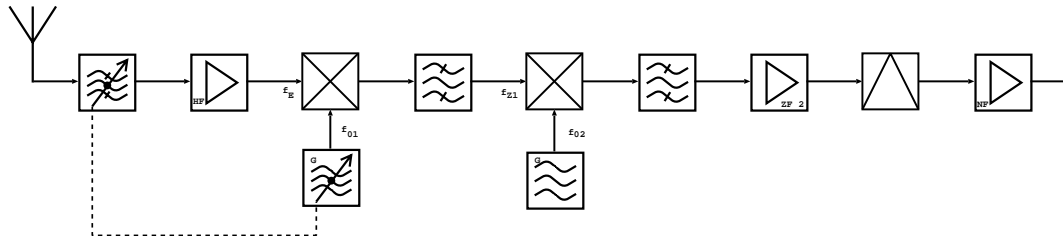
1	Einführung	5
1.1	Komponenten analoges 'Radio' .	5
1.2	Was ist SDR?	6
1.3	Vereinfachter Aufbau SDR	7
2	Digitale Funktionen	8
2.1	Quellencodierung	8
2.1.1	Sprach/Audio-CODECs .	8
2.1.2	Sonstige CODECs	9
2.2	Kanalkodierung	10
2.2.1	Filter	10
2.2.2	Mischer, ZF, Bitratenanpassung	11
2.2.3	Modulation	13
2.2.4	Demodulation, nichtlinea- re Kennlinie	13
2.2.5	Fehlerschutzverfahren . .	13

2.3	Zugriffskodierung	15
2.4	Interferenzunterdrückung	16
2.5	Updatemöglichkeit	17
2.6	Fehlermonitoring, Netzmanagement	17
3	Architektur	18
3.1	Software-Komponenten	18
3.2	Hardware	19
3.3	Kosten-, Aufwandsschätzung	20
4	Konkretes	23
4.1	Standards/Arbeitsgruppen	23
4.2	fertige Produkte	23
4.3	lieferbare Komponenten	25
4.4	Open Core Projekt?	26
5	Zukünftiges	27
6	Vor- und Nachteile	28

6.1	Nachteile	28
6.2	Vorteile	29
7	Was im Vortrag...	30

1 Einführung

1.1 Komponenten analoges 'Radio'



1.2 Was ist SDR?

SDR ist ein Konzept:

- welches die analoge Signalverarbeitung durch digitale ersetzt
- welches die Komponenten und Funktionalität eines Funkgerätes in Software definiert
- indem die Wellenform über Software geformt wird
- daß Digitaltechnik so nahe wie möglich an die Antenne bringt

SDR ist nicht:

- digitales Radio
- eine Utopie

1.3 Vereinfachter Aufbau SDR

2 Digitale Funktionen

2.1 Quellencodierung

2.1.1 Sprach/Audio-CODECs

Aufwand:

- CELP
- RPE-LTP
- MPEG Layer 3, AAC
- Ogg Vorbis

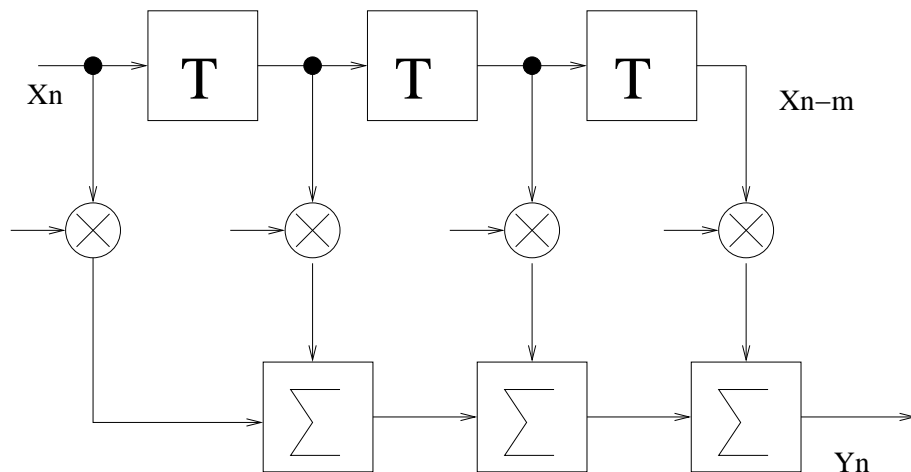
2.1.2 Sonstige CODECs

- Fax, basiert auf RLE
- Video, CODECs sind H.xxx, MPEG 1/2/4/7, MJPG. Techniken: Wavelet, FFT, DCT, Differenzbilder, Bewegungsabschätzung
- Daten, komprimiert mit LZW, PPM, BWT

2.2 Kanalkodierung

2.2.1 Filter

- IIR (kaum Bedeutung)
- FIR
 - linearer Phasengang
 - stabil



2.2.2 Mischer, ZF, Bitratenanpassung

Mischung an nichtlinearer Kennlinie:

$$\begin{aligned}x(t) &= \cos(\omega_1 t) * \cos(\omega_2 t) \\ &= \frac{\cos[(\omega_1 + \omega_2)t] + \cos[(\omega_1 - \omega_2)t]}{2}\end{aligned}$$

Bei Multiplikation gilt Verschiebungssatz:

$$\begin{aligned}c(t) &\iff C(f) \\ e^{j2\pi f_0 t} * c(t) &\iff C(f - f_0)\end{aligned}$$

- ‘Herunterziehen’ der Trägerfrequenz auf Zwischenfrequenz
- ‘Hochschieben’ der Zwischenfrequenz auf Trägerfrequenz
- Mischung auf ZF \implies
Amplitudenmodulation + Filter

Bitratenanpassung:

- Nyquist-Theorem muß erfüllt bleiben:
 $r_{Bit} \geq ld(s) * f_a$
- Bandbreite muß gewährleistet bleiben:
 $B = \frac{1}{2} * r_{Bit}, B_{prakt} \approx 0,75 * \frac{1}{2} * r_{Bit}$
- Einfügen/Löschen von Bits in Datenstrom
- Abtastrate nicht mehr von
Verarbeitungskette abhängig

2.2.3 Modulation

$$S_T(t) = \hat{S}_T \cos(\omega_T t),$$

$$S_M(t) = \hat{S}_M \cos(\omega_M t) :$$

$$S_T \otimes S_M$$

- AM ($S_{AM} = [\hat{S}_T + \hat{S}_M \cos(\omega_M t)] \cos(\omega_T t)$)
- FM
($S_{FM} = \hat{S}_T \cos[\omega_T t + \alpha_F \int S_M \cos(\omega_M t) dt]$)
- PM ($S_{PM} = \hat{S}_T \cos[\omega_T t + \alpha_P \hat{S}_M \cos(\omega_M t)]$,
 $\frac{d\phi}{dt} = \omega_t$)
- QAM
- BPSK
- QPSK
- DQPSK
- OQPSK
- GMSK
- MFSK

2.2.4 Demodulation, nichtlineare Kennlinie

2.2.5 Fehlerschutzverfahren

- Blockcodes (CRC)
- Faltungscodes (Turbocoder Viterbi ,Reed Solomon)
- Interleaving
- Spreiztechniken

2.3 Zugriffskodierung

- TDMA
- FDMA
- CDMA

2.4 Interferenzunterdrückung

- Echokompensation
- adaptive Antennen
- CDMA

2.5 Updatemöglichkeit

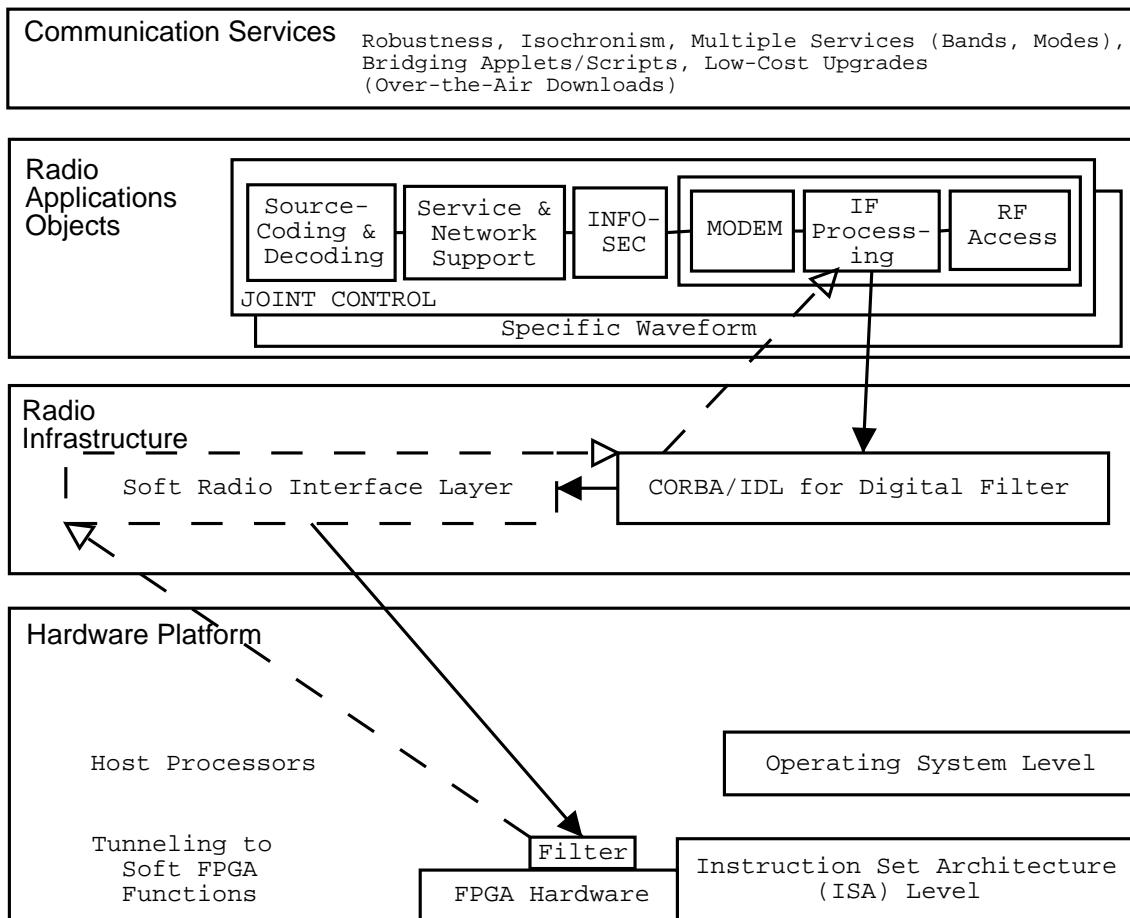
- Datenbank
- Flash, ROM, SIM
- Luftschnittstelle

2.6 Fehlermonitoring, Netzmanagement

- Kanalgröße
- QoS-Dienste

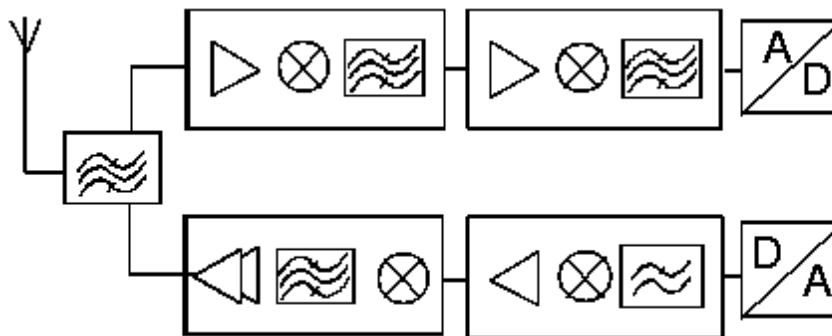
3 Architektur

3.1 Software-Komponenten



- CORBA [12]
- Bibliothek [4]
- FORTH

3.2 Hardware



- Breitbandantenne
- Antialias-Filter
- Breitband ADC/DAC
- Mischer (PLL, DCO)
- DSP/FPGA (PACT, SIMD)

3.3 Kosten-, Aufwandsschätzung

- Kosten pro Algorithmus (geschätzt)
- Kosten Hardware
- Kosten Software

Basisfkt.	Zeilen	Bytes
allg. FIR	285	7657
allg. IIR	123	3510
Dezimation	116	3977
Interpolation	114	3755
Mischer	78	2524
Reed-Solomon	1001	26235

Komplexfkt.	Zeilen	Bytes
GSM-Vocoder	8291	240366
AM-Modulator	156	4420
AM-Demod.	109	2586
FM-Demod.	995	26235
FSK-Modulator	117	3147
FSK-Demod.	200	4664
QAM-Demod.	76	2022
TV-Demod.	673	23543

Beispiele	Zeilen	Bytes
AM/FM-Receiver	441	10302
CB-Funk	280	6691
TV-Receiver	370	7642

4 Konkretes

4.1 Standards/Arbeitsgruppen

- J. Mitola III [1]: SDR forum
- EURECOM [10]
- IBMS-2
- SORBAS der DLR [11]
- ITU-R Taskgroup 8/1
- SDR Forum [9]
- Software Common Architecture (SCA) [12]

4.2 fertige Produkte

- Ja
 - SDR-3000
(<http://spectrumsignal.com>)
- Nein
 - Mobilfunkstationen

4.3 lieferbare Komponenten

- Vielleicht?
- ADC/DAC
 - Analog Devices
 - National Semiconductor
 - Texas Instruments
 - Infineon
- FPGA
 - Xilinx
- DSPs/CPUs
 - Texas Instruments
 - Infineon
 - PACT
 - Motorola Inc.

4.4 Open Core Projekt?

Ja, es gibt das GNU Radio Project[4].
Entstanden aus MIT-Projekt[8] zur
Entwicklung eines SDR für Workstation.

5 Zukünftiges

- ein Gerät für alles
- Standardschnittstellen

6 Vor- und Nachteile

6.1 Nachteile

- erhöhter Energiebedarf
- Sicherheitsprobleme durch 'security by obscurity'
- ev. Instabilität durch unzureichende Qualitätssicherung in der Softwareentwicklung

6.2 Vorteile

- erhöhte Flexibilität durch erhöhte Programmierbarkeit
- ein Gerät-/Chip-lösung für alle Technologien (Handy, Schnurlostelephone, Satellitennavigation; ev. gar Radio, Fernsehen etc.
- multiband multimode equalization
- adaptive Kanalqualität
- 'soft handover' zwischen verschiedenen Basisstationen aber auch versch. Netzen
- zukunftsfähig durch Softwareupdate
- preiswertere Hardware (Software ist kostenfrei reproduzierbar, Hardware nicht)
- einfaches Test-und Entwicklungssystem realisierbar, Prototyping für neue Technologien

7 Was im Vortrag...

...nicht behandelt wurde, Details:

- zu Quellenkodierung
- zur Kanalverzerrung, Fehlererkennung, Mehrwegeausbreitung
- zur Leistungsregelung
- zu Netzmanagement
- zur Software Common Architecture

Weiterhin wurde nicht eingegangen auf:

- GSM, GPRS, UMTS und Co.
- Buzzwords der Mobilfunk-Industrie
- die Programme L^AT_EX, TGIF, DIA, nEdit

Literaturhinweise

Literatur

- [1] Joseph Mitola III: *Software Radio Architecture – Object-Oriented Approaches to Wireless Systems Engineering*.
Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc. 2000
- [2] Peter Hatzold: *Digitale Kommunikation über Funk*. Funkschau Technik, Franzis' Verlag GmbH 1999
- [3] P.Gerdsen, P.Kröger: *Digitale Signalverarbeitung in der Nachrichtenübertragung*. Springer Verlag, 1993
- [4] <http://www.gnu.org/software/gnuradio/gnuradio.htm>
- [5] J. Mark Steber: *PSK-Demodulation Part 1*. Watkins-Johnsons Company, The

- Communications Edge™, Vol. 11 No. 2
March/April 1984, reprinted WJ
Communications, Inc. 2001
- [6] J. Mark Steber: *PSK-Demodulation Part 2*.
Watkins-Johnsons Company, The
Communications Edge™, Vol. 11 No. 2
March/April 1984, reprinted WJ
Communications, Inc. 2001
- [7] Kurt Steudler: *Übertragungstechnik –
Modulation*. Hochschule für Technik und
Architektur Bern, 2002
- [8] Vanu Bose, Mike Ismert, Matt Welborn,
John Gutttag: *Virtual Radios*. Software
Device and Systems Group, Laboratory
for Computer Science, Massachusetts
Institute of Technology, 1998
- [9] SDR Forum:
<http://www.sdrforum.org>
- [10] EURECOM:
<http://www.eurecom.fr/SRadio>

[11] [http://www.dlr.de/IT/KT/
MobiKom/sorbas.pdf](http://www.dlr.de/IT/KT/MobiKom/sorbas.pdf)

[12] <http://www.jtrs.saalt.army.mil>

ENDE!