

Empfang von LTE-Signalen in GNU Radio

Johannes Demel

Communications Engineering Lab
Prof. Dr.rer.nat. Friedrich K. Jondral



Übersicht

- Motivation
- Vorstellung der LTE-Luftschnittstelle
 - Framestruktur
 - Synchronisationssymbole
 - Relevante Broadcast-Kanäle
- Implementierung in GNU Radio
 - Übersicht Flowgraph
 - Synchronisation
 - Datenverarbeitung in den Broadcast-Kanälen
- Messergebnisse
- Ausblick



Motivation

- Long Term Evolution (LTE)
 - Der kommende Mobilfunkstandard
 - Hohe Performance
- GNU Radio
 - Open Source SDR Framework
 - Flexibilität
 - Modularität



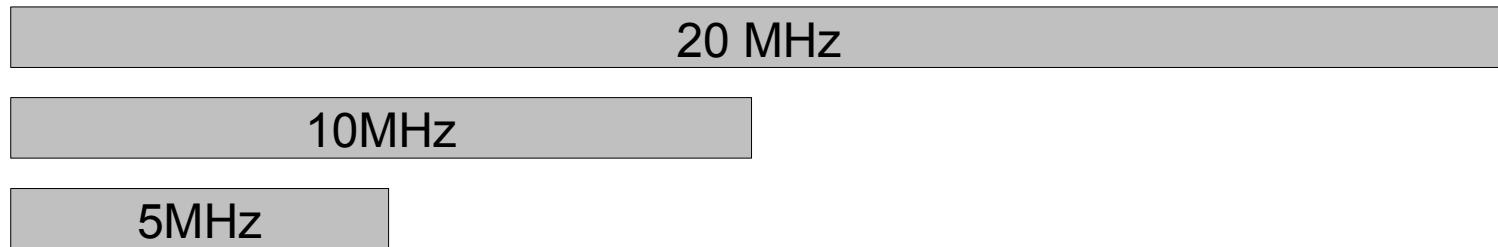
Erste LTE-Implementierung in GNU Radio

- Grundlage für Verständnis
- Test neuer Algorithmen
- Leicht erweiterbar

LTE-Luftschnittstelle

■ Grundlagen

- Einsatz von OFDM (15kHz Unterträgerabstand)
- MIMO-fähig
- Viele verschiedene Modi
 - Variable Bandbreite (1,4-20MHz)
 - Verschiedene Antennenkonfigurationen (bis zu 4x4 MIMO)



→ Zu dekodierende Parameter

- Bandbreite
- Antennenkonfiguration

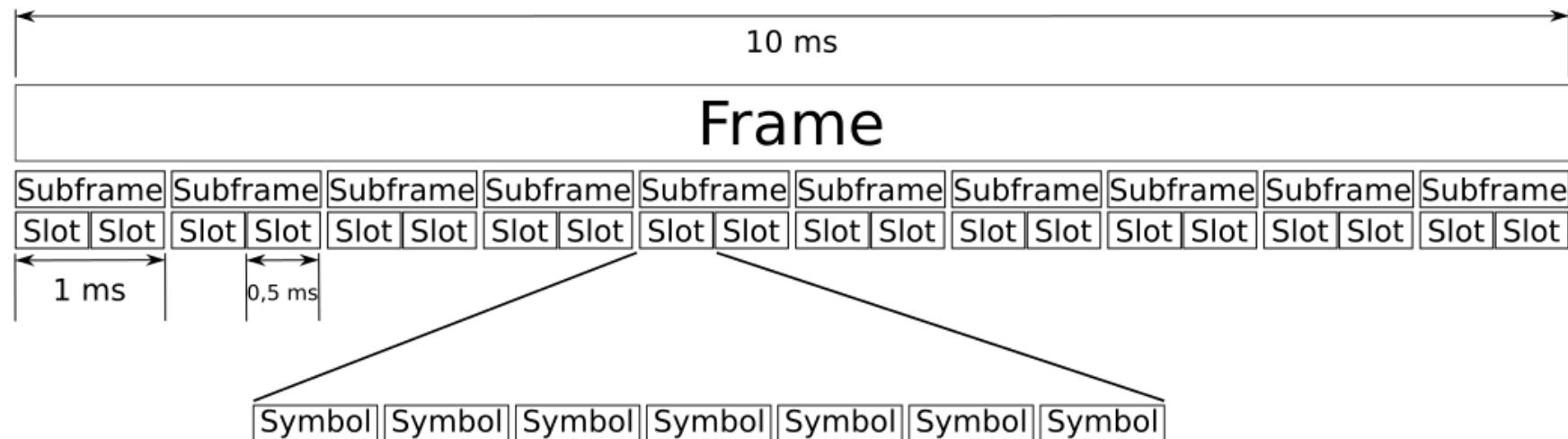
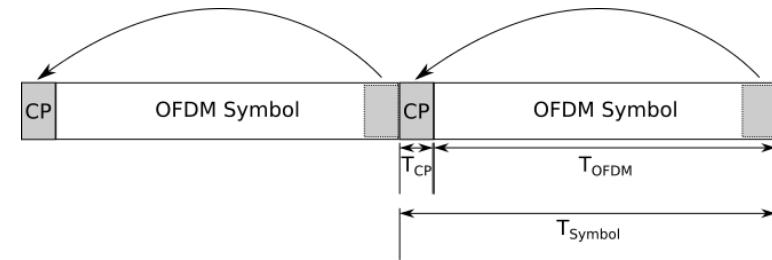
LTE-Luftschnittstelle - Framestruktur

■ Framestruktur

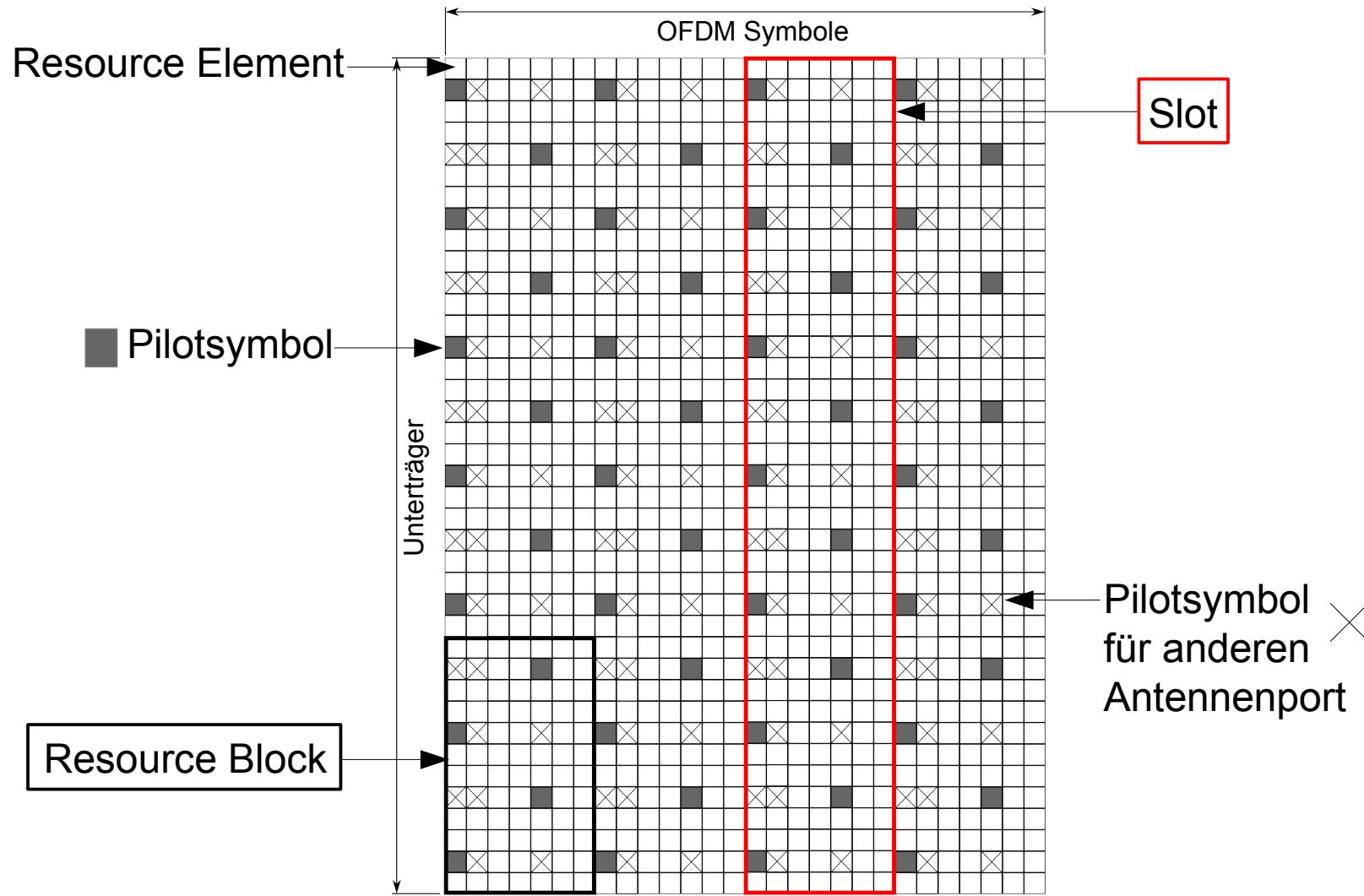
■ Frame (10ms)

- 10 Subframes
- $10 * 2$ Slots
- $10 * 2 * 7$ Symbole

■ System Frame Number (SFN)



LTE-Luftschnittstelle - Framestruktur

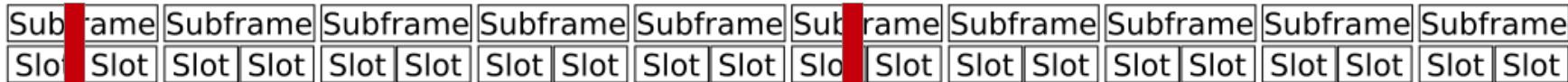


LTE-Luftschnittstelle - Synchronisationssymbole

- Synchronisationssymbole in Slot 0 und 10
- Tragen Information über die Cell ID
 - Primary Synchronization Symbol (PSS)
 - letztes Symbol
 - Zadoff-Chu-Sequenzen (eine von 3)
 - Secondary Synchronization Symbol (SSS)
 - vorletztes Symbol
 - Interleaved m-Sequenzen

Cell ID =
$$3 * (\text{Cell ID group}) + (\text{Cell ID number})$$

Frame

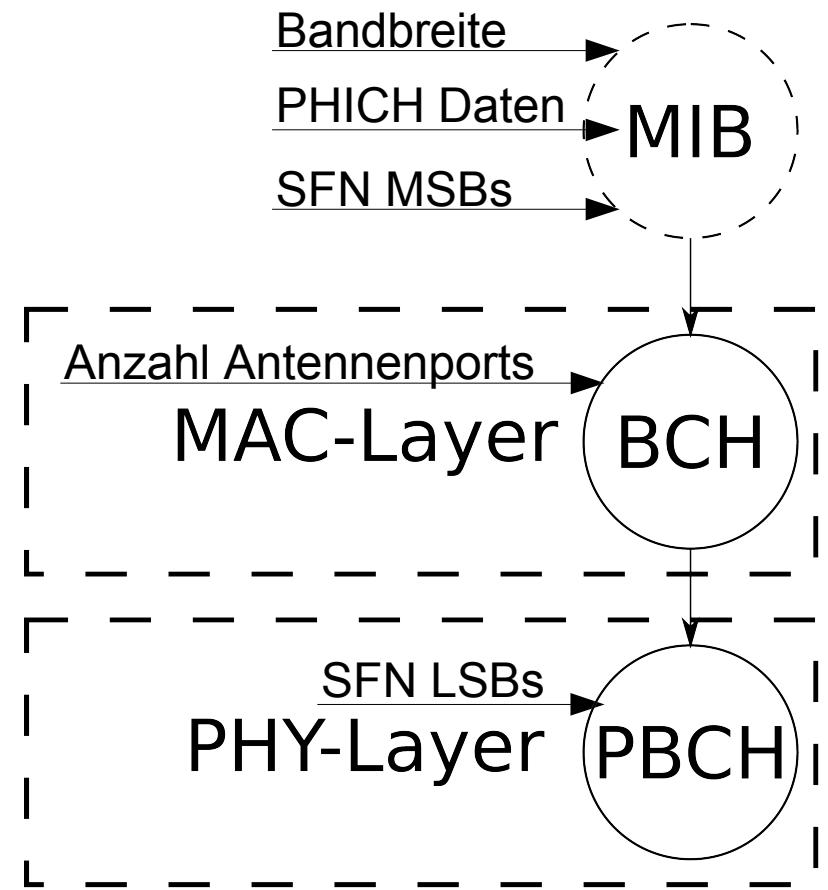


→ Zu extrahierende Parameter

- Framestart
- Cell ID

LTE-Luftschnittstelle – Broadcast Kanäle

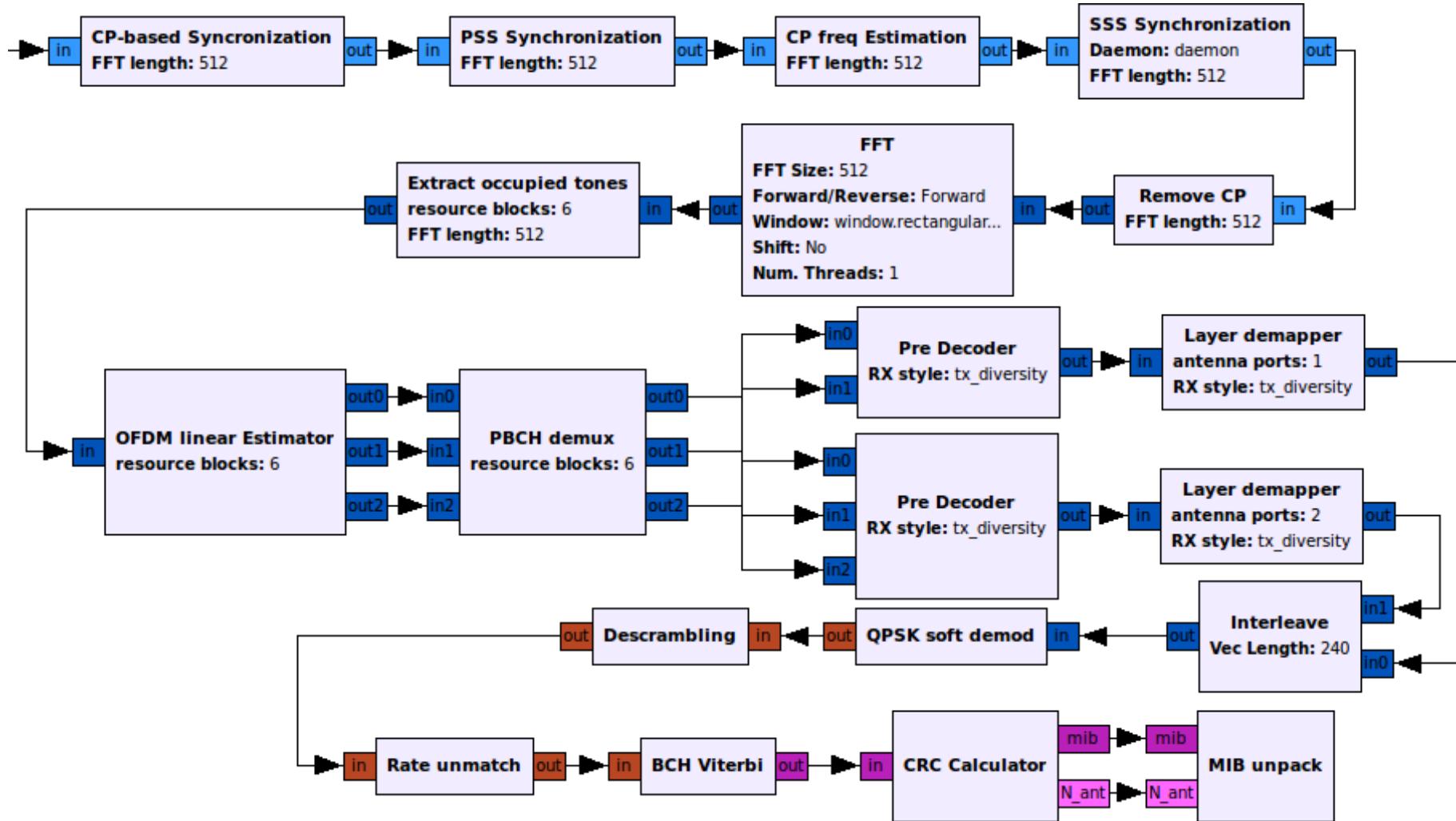
- Master Information Block (MIB)
 - Bandbreite
 - Physical hybrid-ARQ Indicator Channel (PHICH)
 - Resources
 - Duration
 - System Frame Number (SFN) MSBs
- Broadcast Channel (BCH)
 - Anzahl Antennenports
- Physical Broadcast Channel (PBCH)
 - SFN LSBs



Übersicht

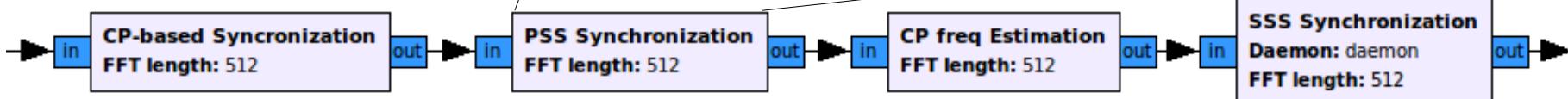
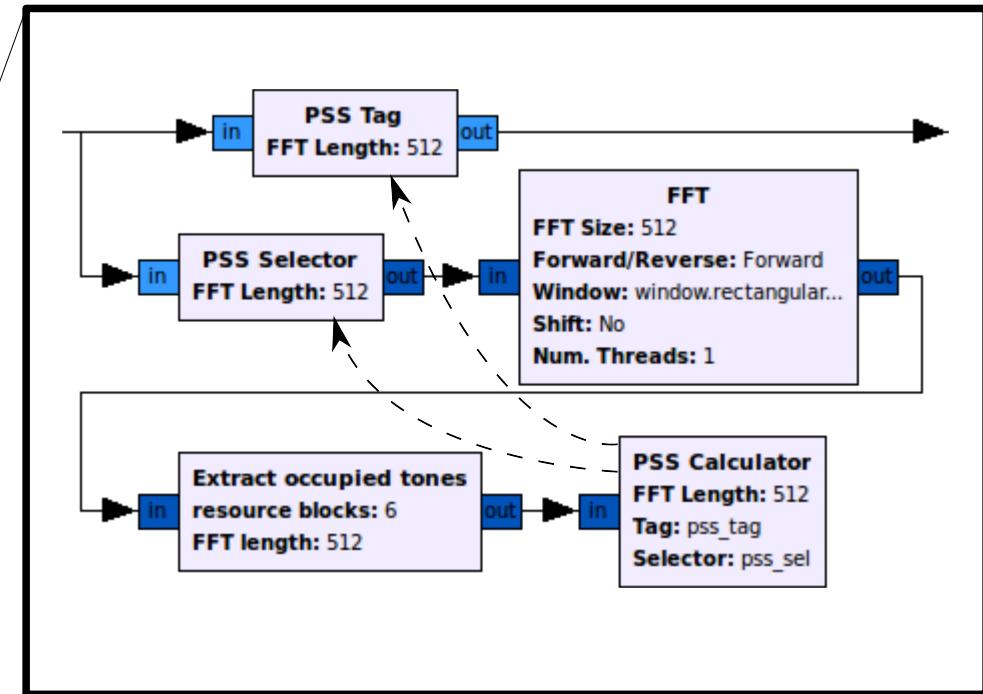
- Motivation
- Vorstellung der LTE-Luftschnittstelle
 - Framestruktur
 - Synchronisationssymbole
 - Kanäle
- Implementierung in GNU Radio
 - Übersicht Flowgraph
 - Synchronisation
 - Datenverarbeitung in den Kanälen
- Messergebnisse
- Ausblick

Implementierung



Implementierung

- Synchronisation
 - CP-basierte Synchronisation
 - Tags: Symboltakt
 - PSS Synchronisation
 - Tags: Halbframetakt
 - Frequenzsynchronisation
 - FFO
 - SSS Synchronisation
 - Tags: Frametakt
 - Cell ID

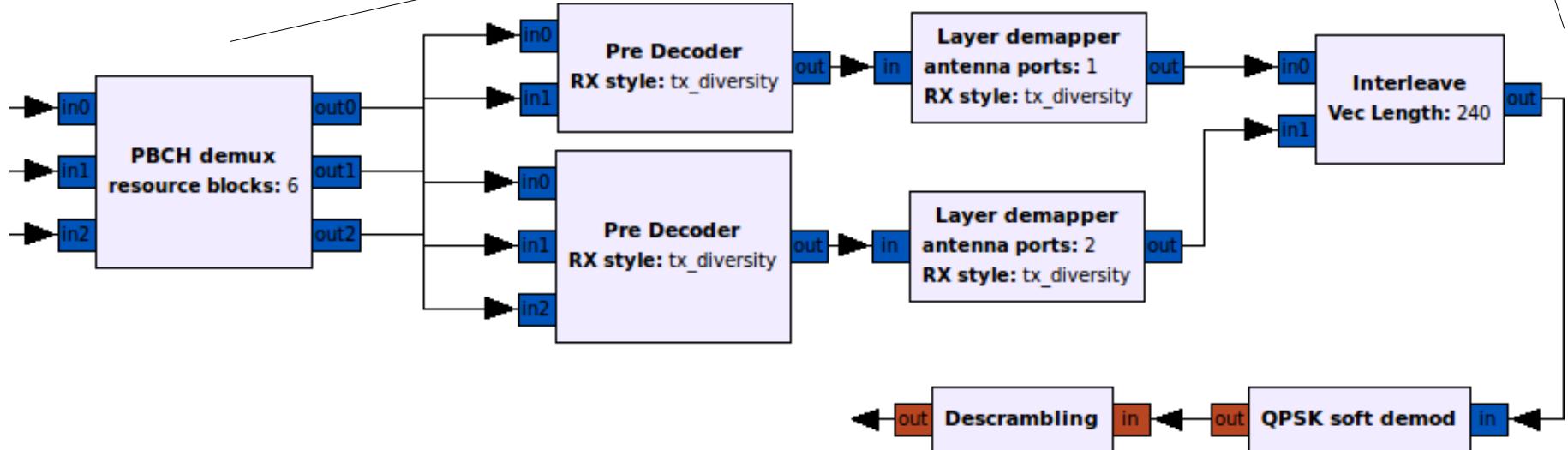


→ $\text{Cell ID} = 3 * (\text{Cell ID group}) + (\text{Cell ID number})$

Implementierung

Physical Broadcast Channel (PBCH)

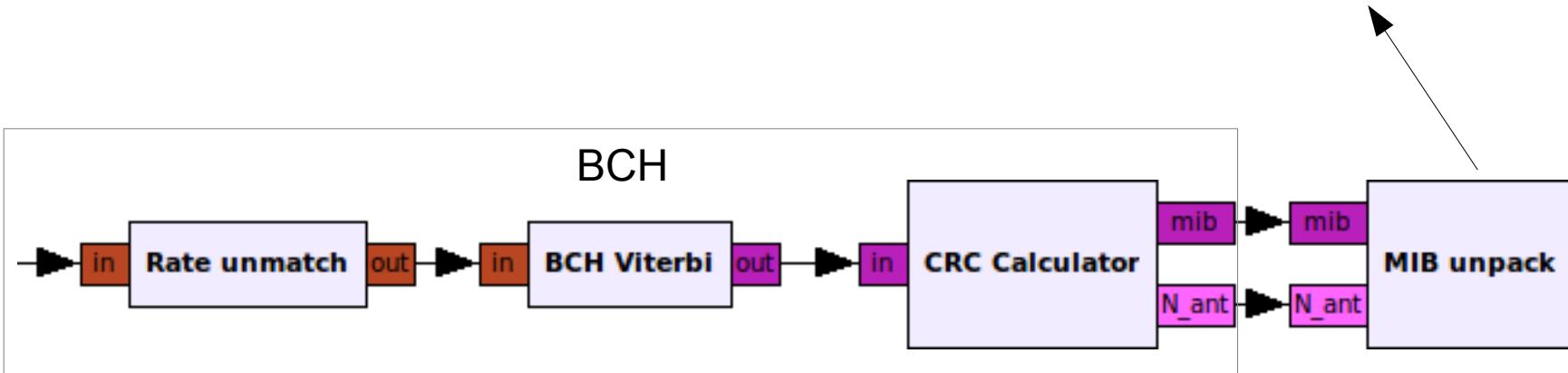
- Demultiplexing
- Predecoding
- Layer Demapping
- QPSK Soft Demodulation
- Descrambling
 - 4 Teile
 - SFN LSBs



Implementierung

- Broadcast Channel (BCH)
 - Rate Unmatching
 - Deinterleaving
 - Viterbi-Decoding
 - CRC-Check
 - Für verschiedene Antennenports
- Master Information Block (MIB)

Konsole			
Decoded 411	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 2
Decoded 413	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 2
Decoded 419	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 6
Decoded 422	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 3
Decoded 425	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 3
Decoded 426	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 1
Decoded 429	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 3
Decoded 431	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 2
Decoded 433	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 2
Decoded 434	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 1
Decoded 435	N_ant = 2	N_rb_dl = 50	diff = 1



Übersicht

- Motivation
- Vorstellung der LTE-Luftschnittstelle
 - Framestruktur
 - Synchronisationssymbole
 - Kanäle
- Implementierung in GNU Radio
 - Übersicht Flowgraph
 - Synchronisation
 - Datenverarbeitung in den Kanälen
- Messergebnisse
- Ausblick

Messung

Gondelsheim



Cell ID	124
Anzahl Antennen	2
Bandbreite	10 MHz (50 RBs)
PHICH Duration	normal
PHICH Resources	1

Dekodierte SFNs

584

585

586

587

590

591

593

605

613

621

629

633

634

Zusammenfassung und Ausblick

- Grundlagen für den Empfang von LTE-Signalen werden bereitgestellt
 - Synchronisation
 - Kanalschätzung
 - Extraktion der Systemparameter
- Zukünftige Möglichkeiten für Erweiterungen
 - Dekodierung weiterer Kanäle
 - Implementierung in GNU Radio
 - Optimierungen
 - der Synchronisation
 - des Kanalschätzers
 - Einsatz von Message Passing
- Einsatzbeispiel
 - Belegungsmessungen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Communications Engineering Lab
Prof. Dr.rer.nat. Friedrich K. Jondral

