

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

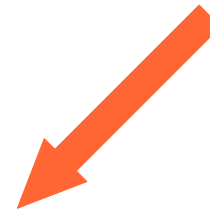
Motivation

■ Long Term Evolution (LTE)

- Der kommende Mobilfunkstandard
- Hohe Performance

■ GNU Radio

- Open Source SDR Framework
 - Flexibilität
- Modularität



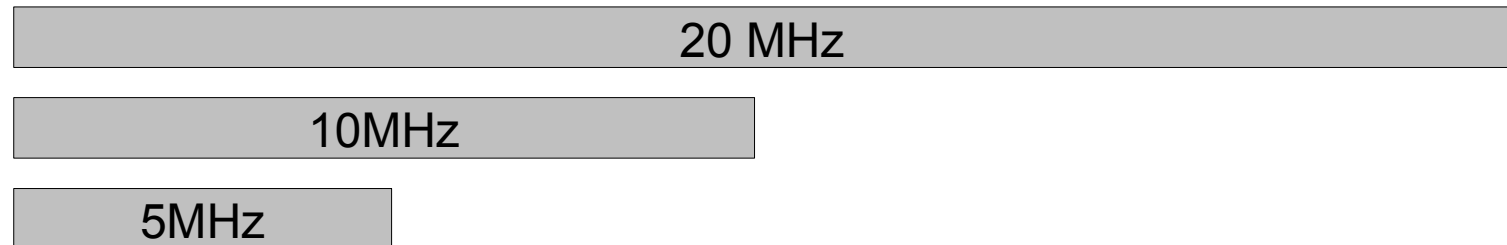
Erste LTE-Implementierung in GNU Radio

- 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

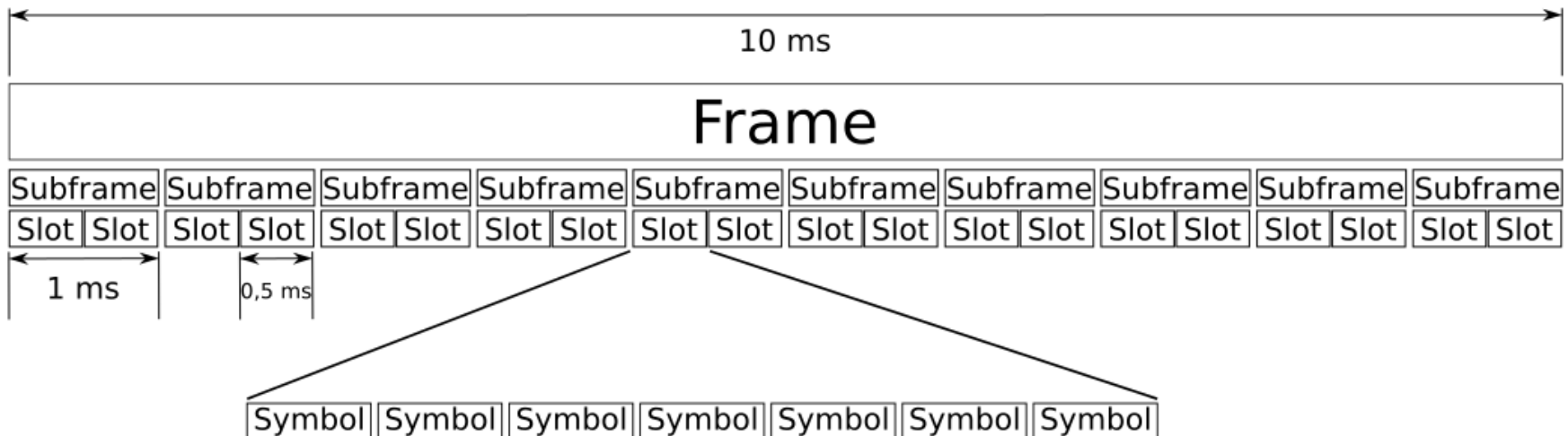
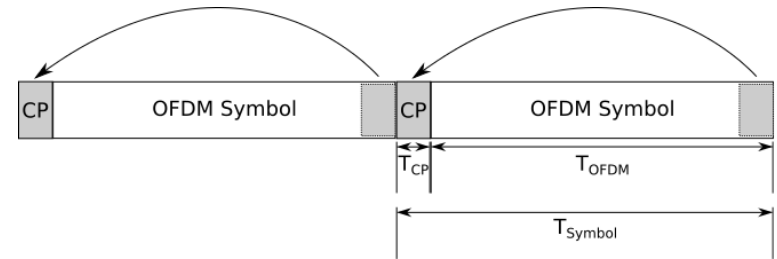
LTE-Luftschnittstelle - Framestruktur

■ Framestruktur

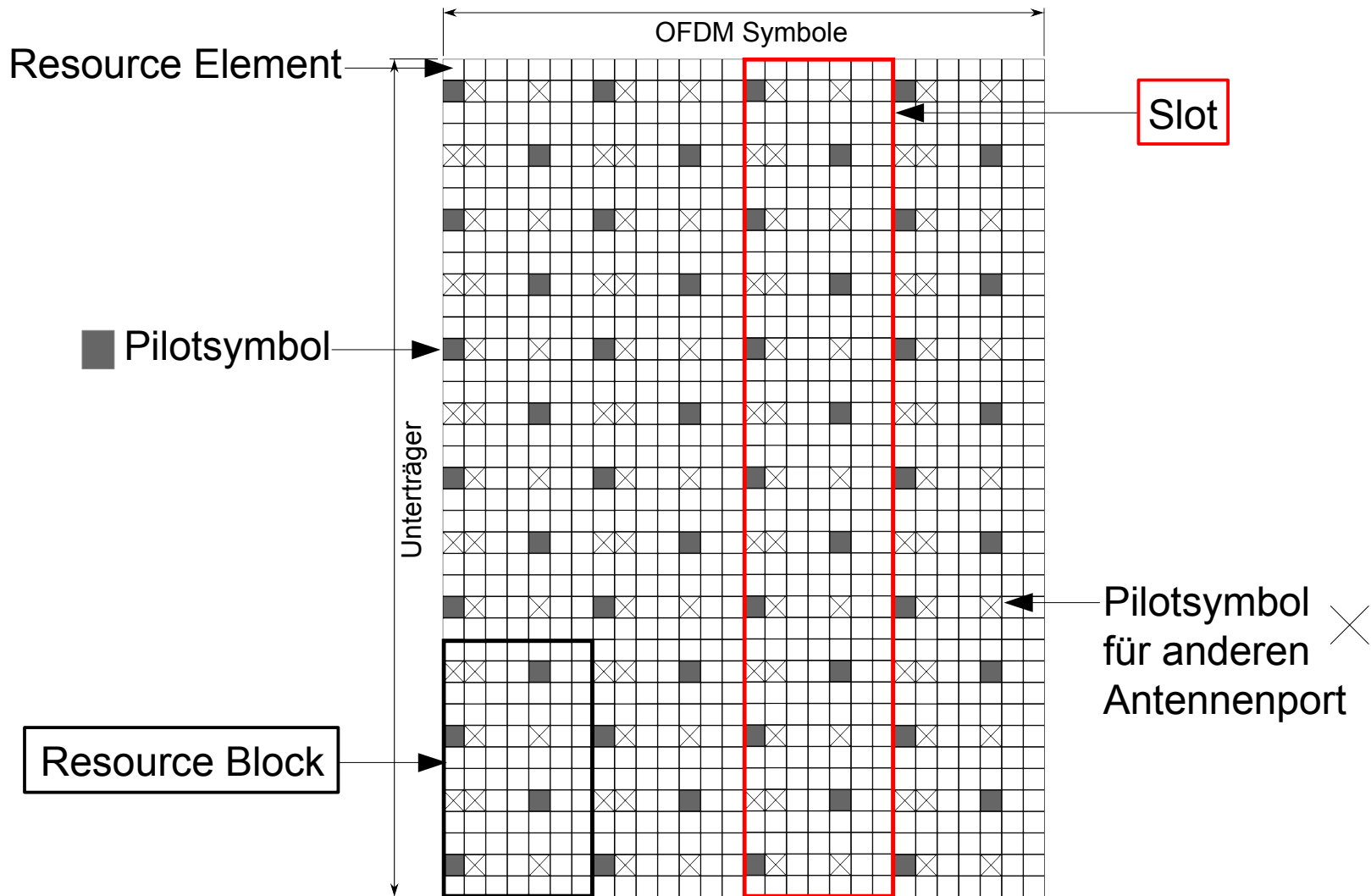
■ Frame (10ms)

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

■ System Frame Number (SFN)



LTE-Luftschnittstelle - Framestruktur

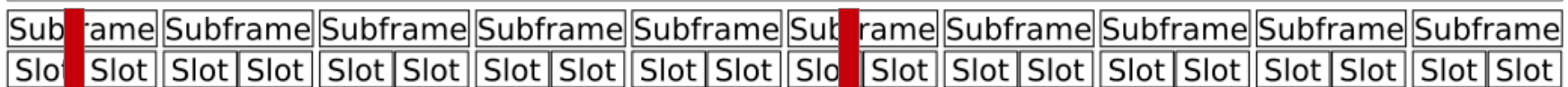


LTE-Luftschnittstelle - Synchronisationssymbole

- 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

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

Frame



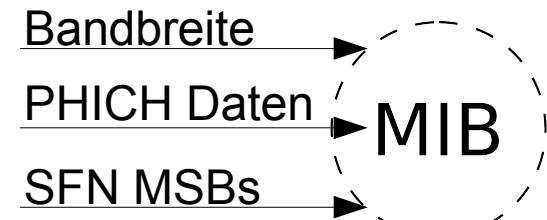
➔ Zu extrahierende Parameter

- 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



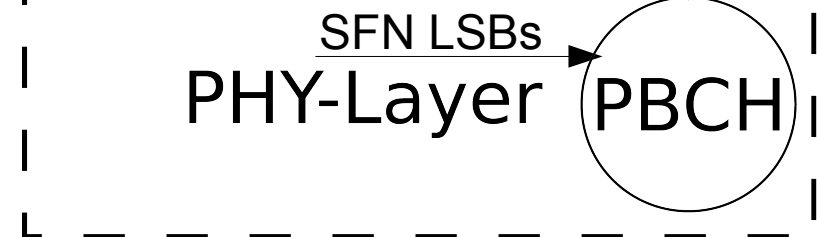
■ Broadcast Channel (BCH)

- Anzahl Antennenports



■ Physical Broadcast Channel (PBCH)

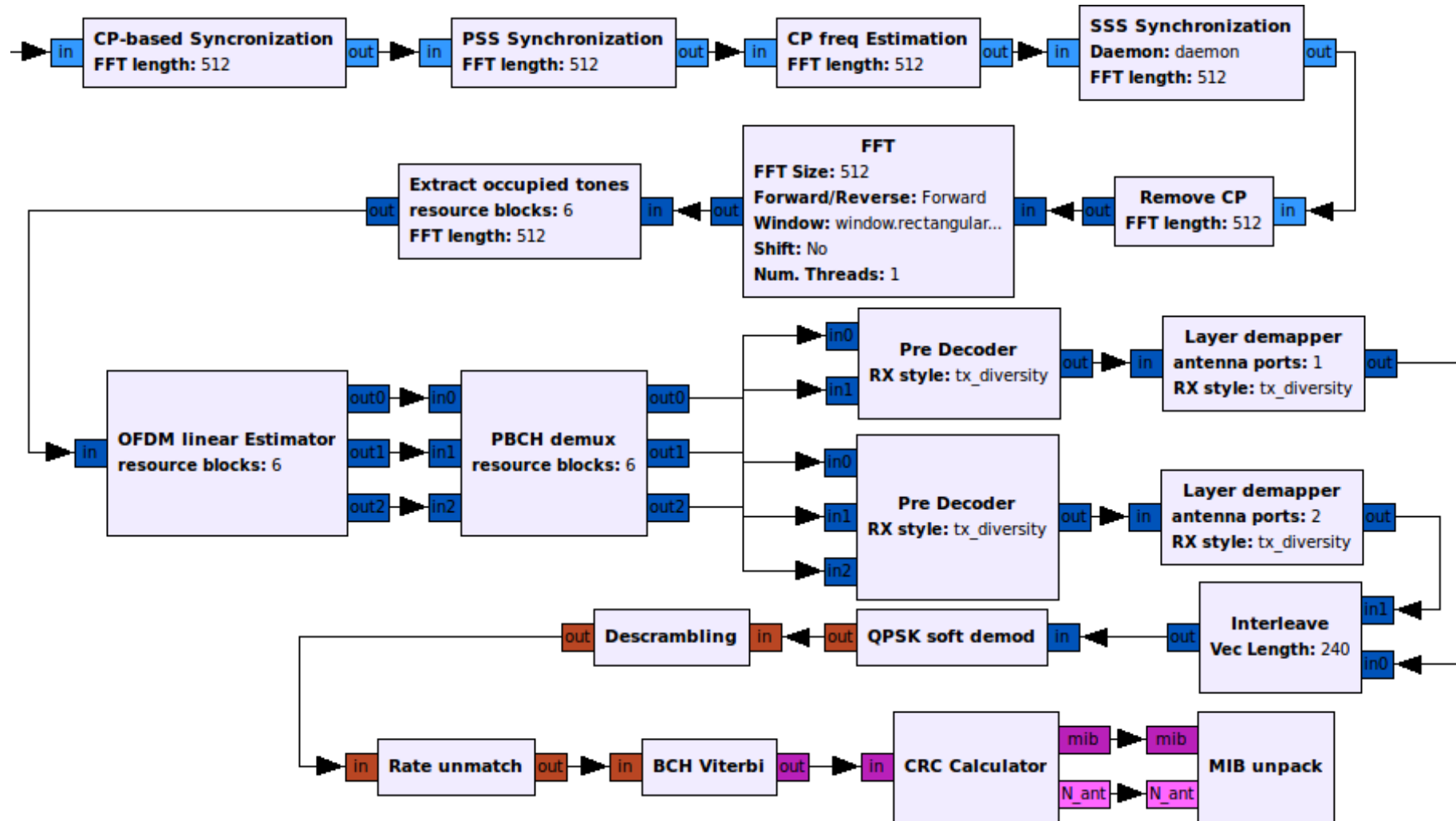
- SFN LSBs



Übersicht

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

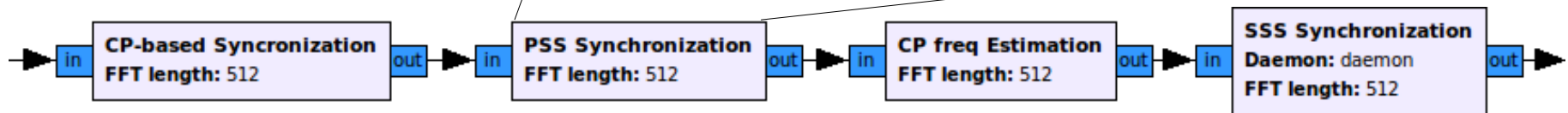
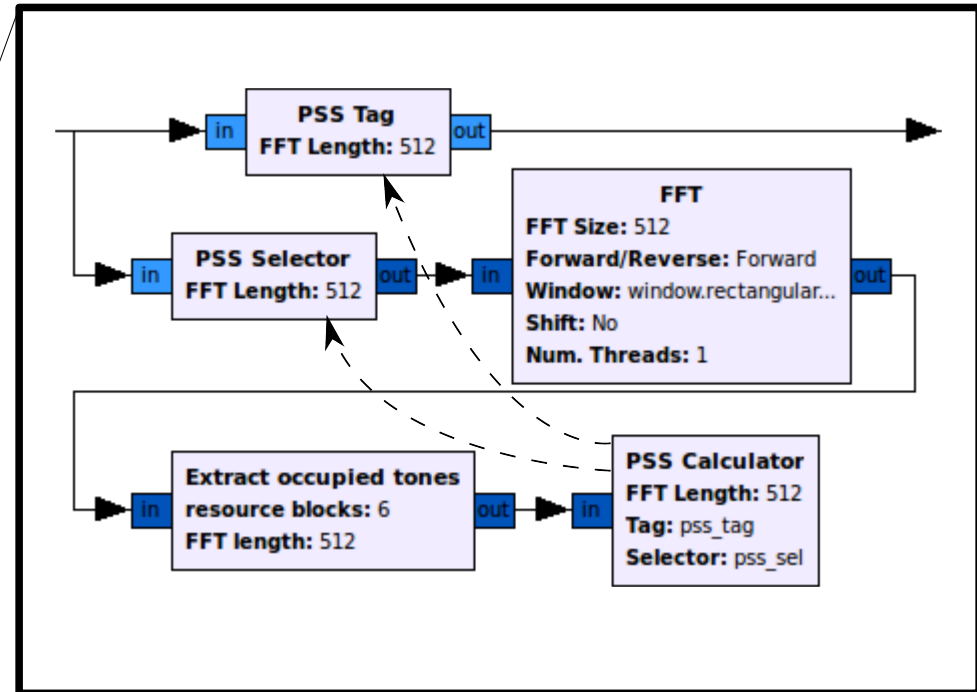
Implementierung



Implementierung

■ Synchronisation

- CP-basierte Synchronisation
 - Tags: Symboltakt
- PSS Synchronisation
 - Tags: Halbframetak
- Frequenzsynchronisation
 - FFO
- SSS Synchronisation
 - Tags: Frametak
 - Cell ID



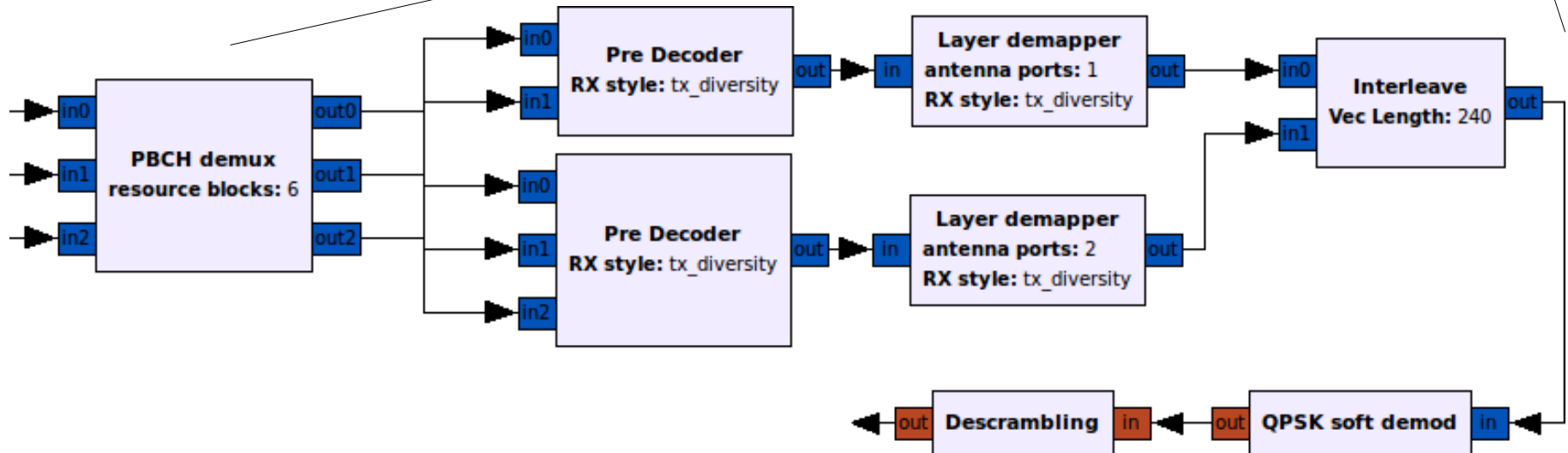
$$\text{Cell ID} = 3 * (\text{Cell ID group}) + (\text{Cell ID number})$$

Implementierung

Physical Broadcast Channel (PBCH)

- Demultiplexing
- Predecoding
- Layer Demapping
- QPSK Soft Demodulation
- Descrambling

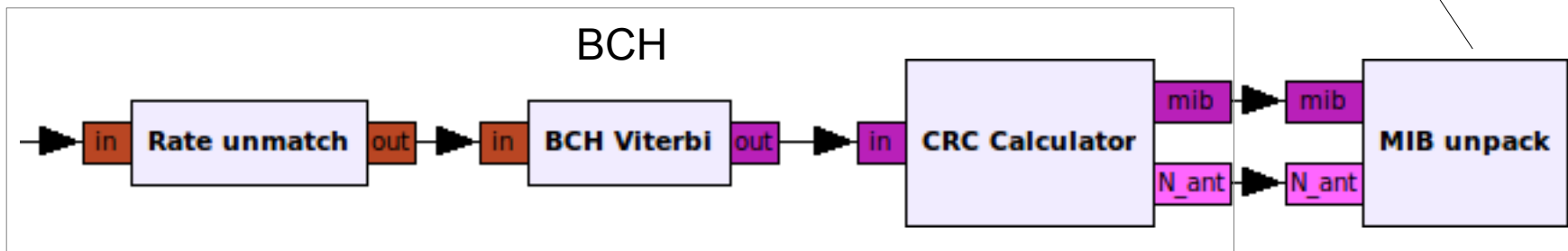
- 4 Teile
- SFN LSBs



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

