การประมวลผลสัญญาณเบสแบนด์ของระบบ WCDMA

พงศ์ภพ ฤดีชื่น และ ทวีศักดิ์ สรรเพชุดา

ฝ่ายวิจัยระบบโทรคมนาคมสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12120โทรศัพท์ 02-564-6900 ต่อ 2526

- Introduction
- Transport channel and Physical channel
  - **Transport Channel**
  - **Physical Channel**
- Baseband processing
  - **Channel coding and multiplexing**
    - -CRC attachment
    - -Concatenate and Segmentation
    - -Channel Coding
    - -Rate Matching
    - -Frame Segmentation
    - -Transport Channel Multiplexing
    - -2nd interleaving
    - -Physical Mapping
  - **Spreading and modulation**
    - -Modulation
    - -Spreading
    - -Scrambling
- Simulation
- Conclusion

Introduction

ระบบ WCDMA คือ มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบไร้สายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่3

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 1 ใช้ระบบ FDMA (Frequency Division Multiple Access)

- ผู้ใช้แต่ละคนจะส่งข้อมูลโดยใช้คนละความถี่

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 2 ใช้ระบบ TDMA และ CDMA เช่น GSM และ IS-95

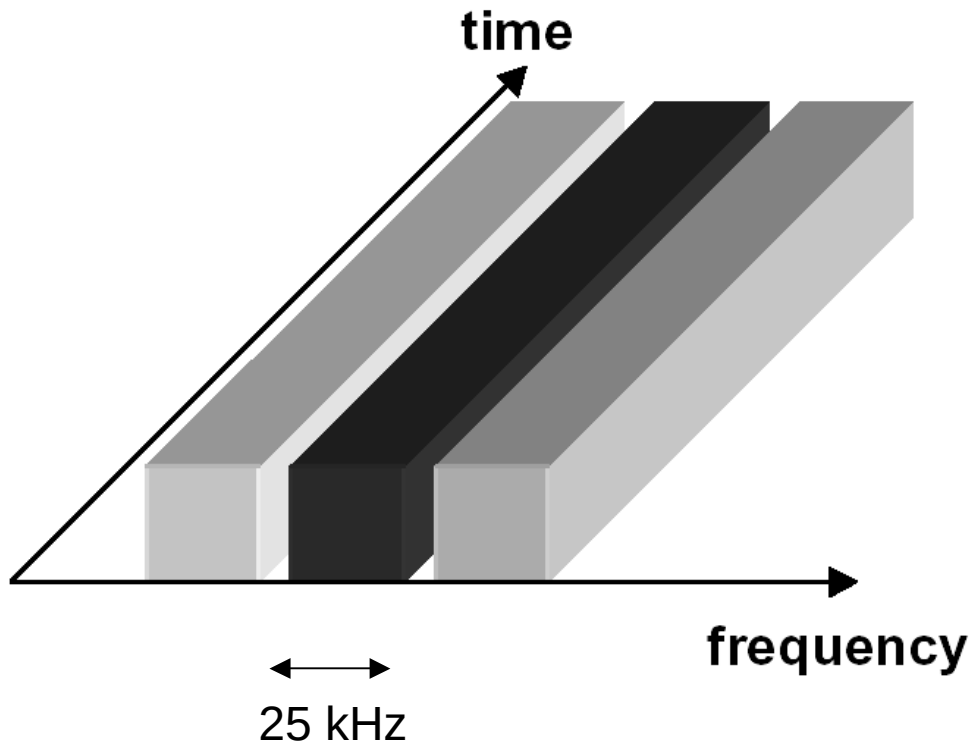
TDMA - ผู้ใช้แต่ละคนใช้ความถี่เดียวกันแต่ส่งกันคนละเวลา

CDMA - ผู้ใช้แต่ละคนใช้ความถี่เดียวกันและส่งข้อมูลพร้อมกันแต่ใช้รหัสต่างกัน

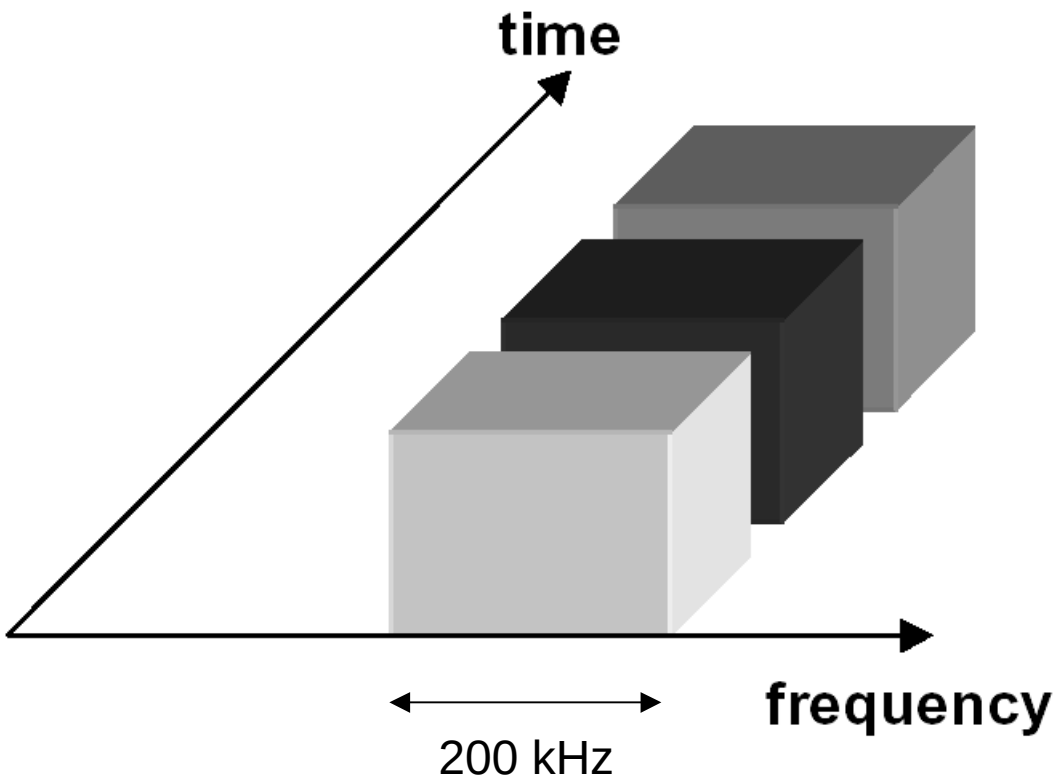
ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ใช้ระบบ WCDMA

- ผู้ใช้แต่ละคนใช้ความถี่เดียวกันและส่งข้อมูลพร้อมกันแต่ใช้รหัสต่างกัน และใช้แบนด์วิทธ์ที่สูงกว่าระบบ CDMA ทำให้ส่งข้อมูลด้วยอัตราข้อมูลที่สูงกว่า

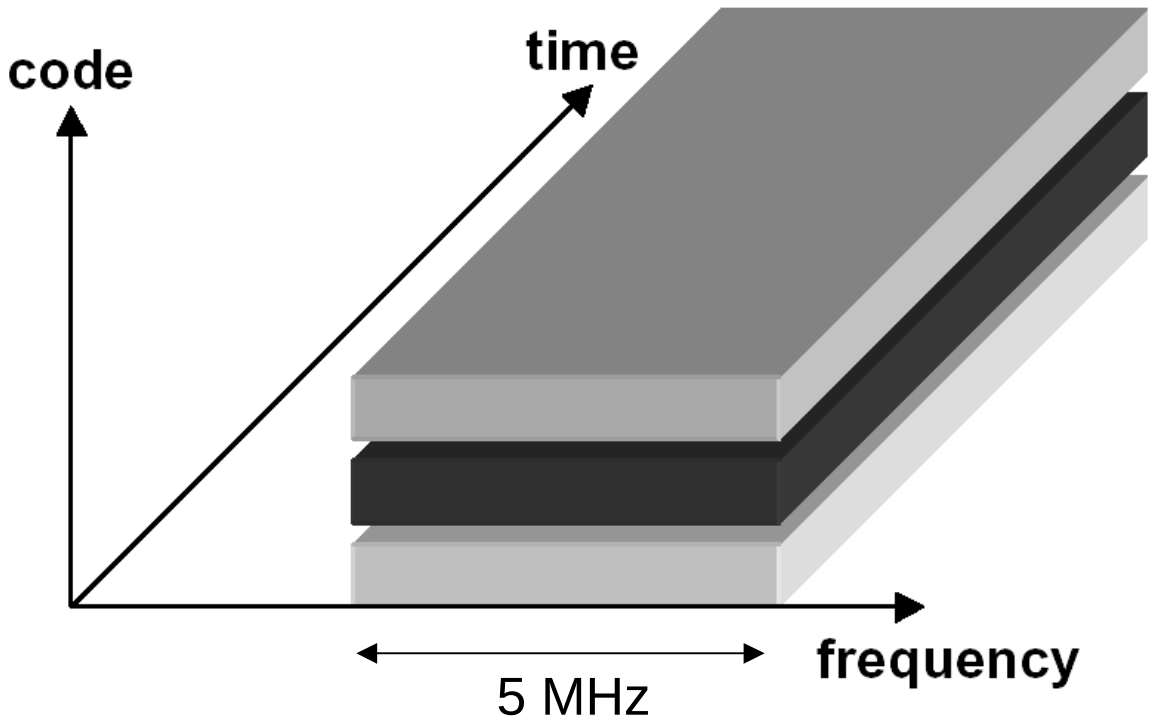
FDMA (Frequency Division Multiple Access)



TDMA (Time Division Multiple Access)



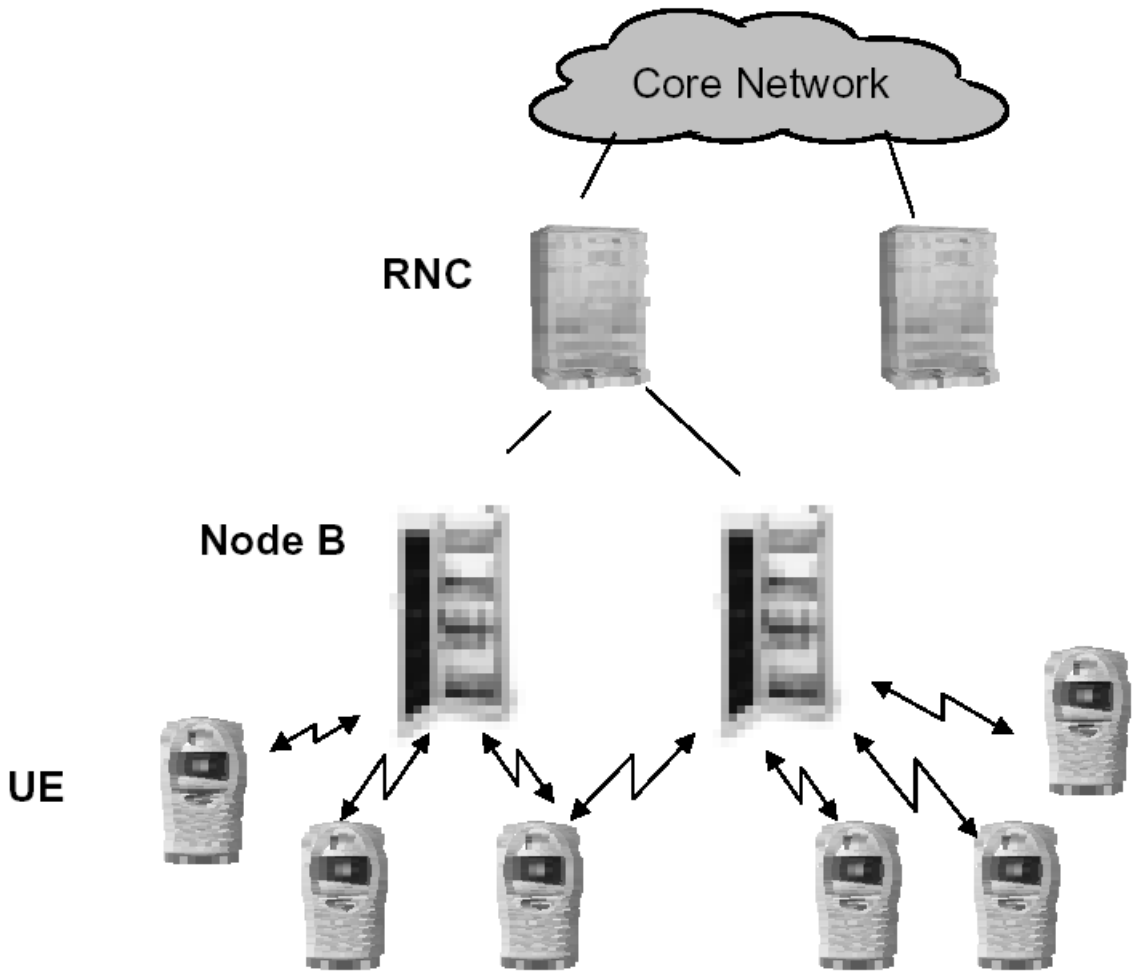
WCDMA (WideBand Code Division Multiple Access)



WCDMA Parameter

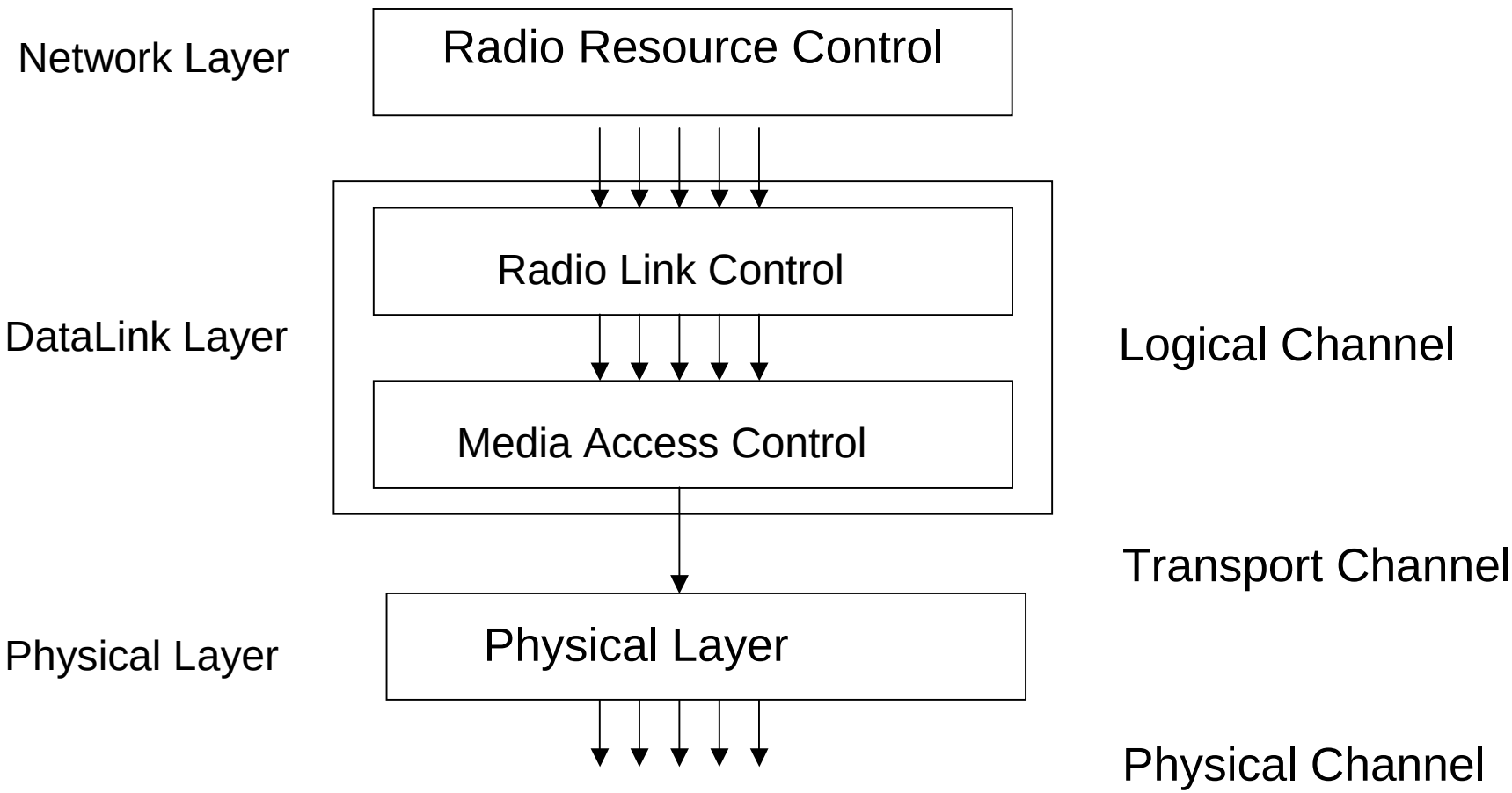
- Bandwidth 5 MHz
- Chip rate 3.84 Mcps
- Frame length 10 ms (38400 Chips)
- No. of slot/frame 15 slots
- No. of chips/slot 2560 chips
- Uplink SF 4-256
- Downlink SF 4-512
- Channel rate 7.5 Kbps to 2 Mbps

UTRAN Architecture



Protocol Architecture

เราสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานในการส่งข้อมูลจาก Higher layer ไปสู่ Physical layer ได้ตามโครงสร้าง OSI 7 layer ดังนี้



Transport Channel

ช่องสัญญาณ Transport Channel มี 2 ชนิดคือ

1. **Dedicated Transport Channel**
   - DCH (Dedicated Channel)

2. **Common Transport Channel**
   - BCH (Broadcast Channel)
   - FACH (Forward Access Channel)
   - PCH(Paging Channel)
   - RACH (Random Access Channel)
   - CPCH (Common Packet Channel)
   - DSCH (Downlink Shared Channel)

BCH(Broadcast channel)

- Downlink transport channel
- ทำหน้าที่ส่งกระจายข่าวข้อมูลจำเพาะของเซล ให้สถานีเคลื่อนที่ทุกเครื่องที่อยู่ในเซลทราบ

FACH (Forward Access Channel)

- Downlink transport channel
- ทำหน้าที่ส่ง control information ให้สถานีเคลื่อนที่ หลังจากสถานีฐานได้รับ message จากช่องสัญญาณ RACH

PCH(Paging Channel))

- Downlink transport channel
- ãèéêëìíîïðñòóôõö÷ Paging procedure (เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อ network ต้องการติดต่อกับสถานีเคลื่อนที่)
- ขบวนการนี้มีผลทำให้สถานีเคลื่อนที่สามารถประหยัดพลังงานโดยใช้ standby mode
- โดยในขณะที่สถานีเคลื่อนที่ไม่ได้ติดต่อกับสถานีฐานมันจะเข้าสู่ Standby mode แล้วคอยรับข้อมูลจาก Paging Channel เท่านั้น

RACH(Random Access Channel)

- Uplink transport channel
- ทำหน้าที่ส่ง control information ให้แก่สถานีฐาน เมื่อสถานีเคลื่อนที่ต้องการสร้างเริ่มการเชื่อมต่อกับสถานีฐาน

CPCH(Common Packet Channel)

- Uplink transport channel
- ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากสถานีเคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน มักใช้คู่กับช่องสัญญาณ FACH
- ช่องสัญญาณนี้ต่างจากช่องสัญญาณ RACH ตรงที่ช่องสัญญาณนี้มีการตรวจจับการชนกันของข้อมูล, ใช้ Fast power control และสามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละหลายเฟรม (RACH ส่งข้อมูลครั้งละ 1 หรือ 2 เฟรม)

– **DSCH**(Downlink Shared Channel)

- Downlink transport channel
- ใช้งานร่วมกับช่องสัญญาณ DCH
- ใช้ส่งข้อมูล user information และ control information

Air interface ของระบบ WCDMA ประกอบด้วย

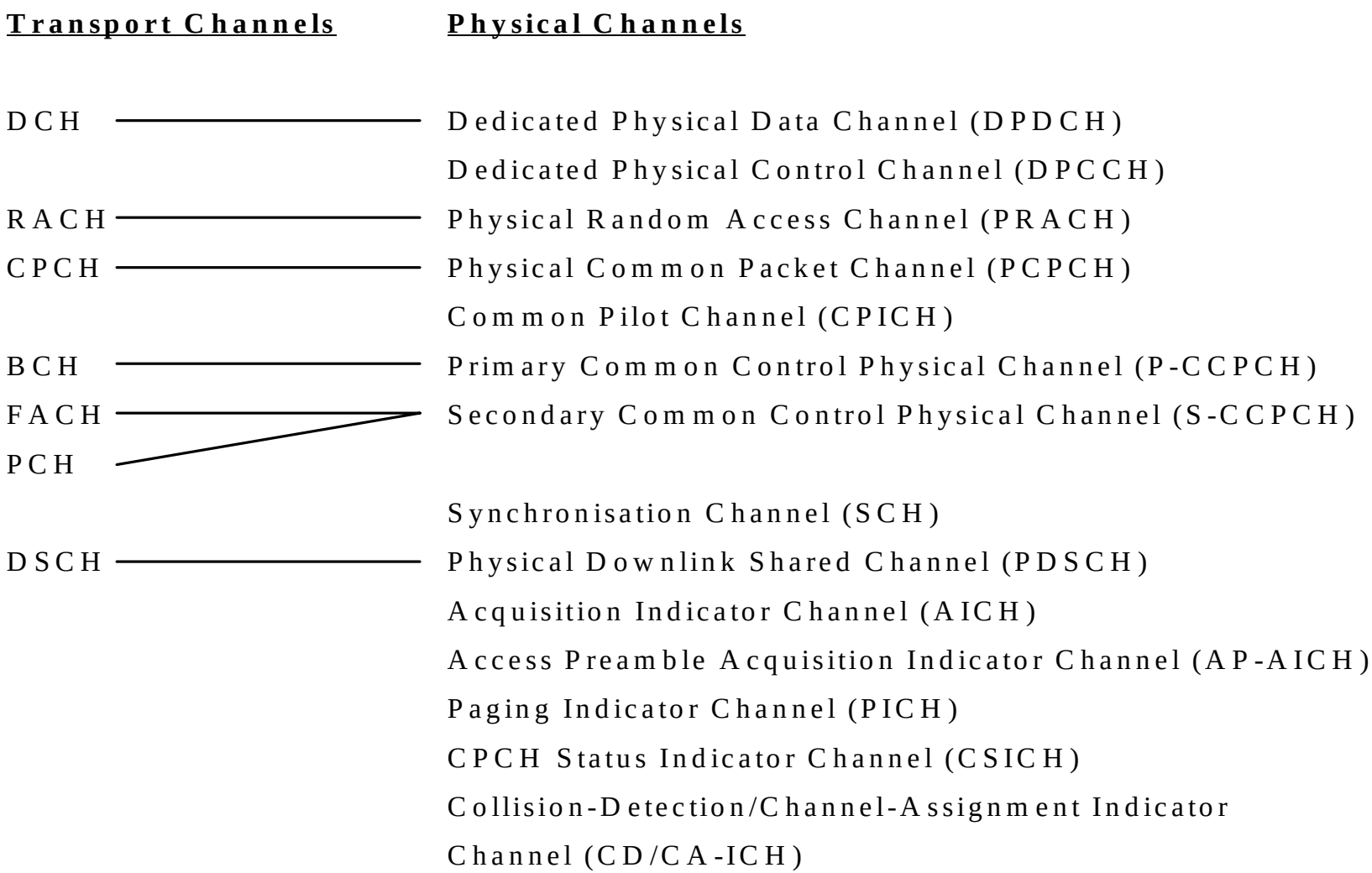
1.ช่องสัญญาณ Physical Channel สำหรับ Downlink

- CPICH (Common Pilot Channel)
- P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel)
- S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel)
- SCH (Synchronous Channel)
- PICH (Page Indicator Channel)
- AICH (Acquisition Indicator Channel)
- DPCH (Dedicated Physical Channel)
- DSCH (Downlink Shared Channel)

2. ช่องสัญญาณ Physical Channel สำหรับ Uplink

- PRACH (Physical Random Access Channel)
- PCPCH (Physical Common Packet Channel)
- DPCH (Dedicated Physical Channel)

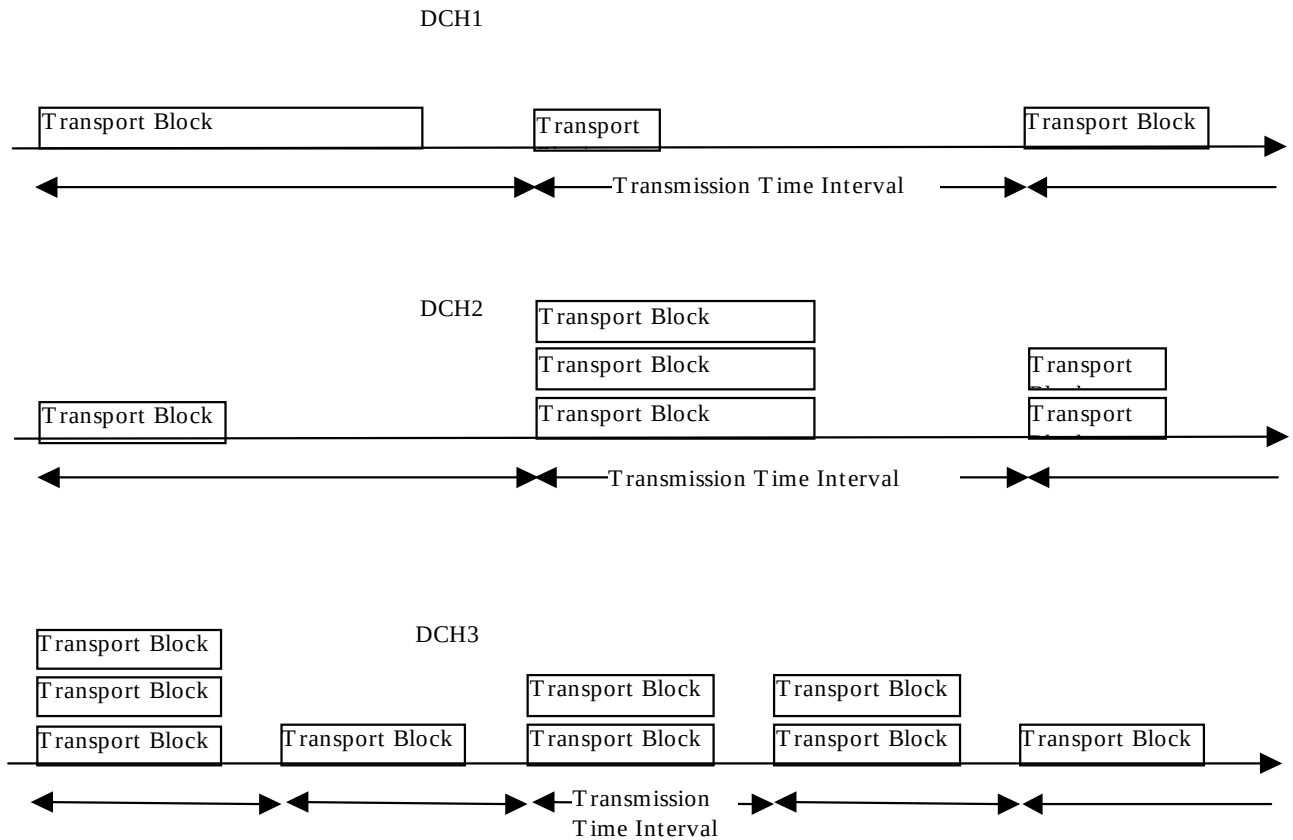
Transport-channel to physical-channel mapping



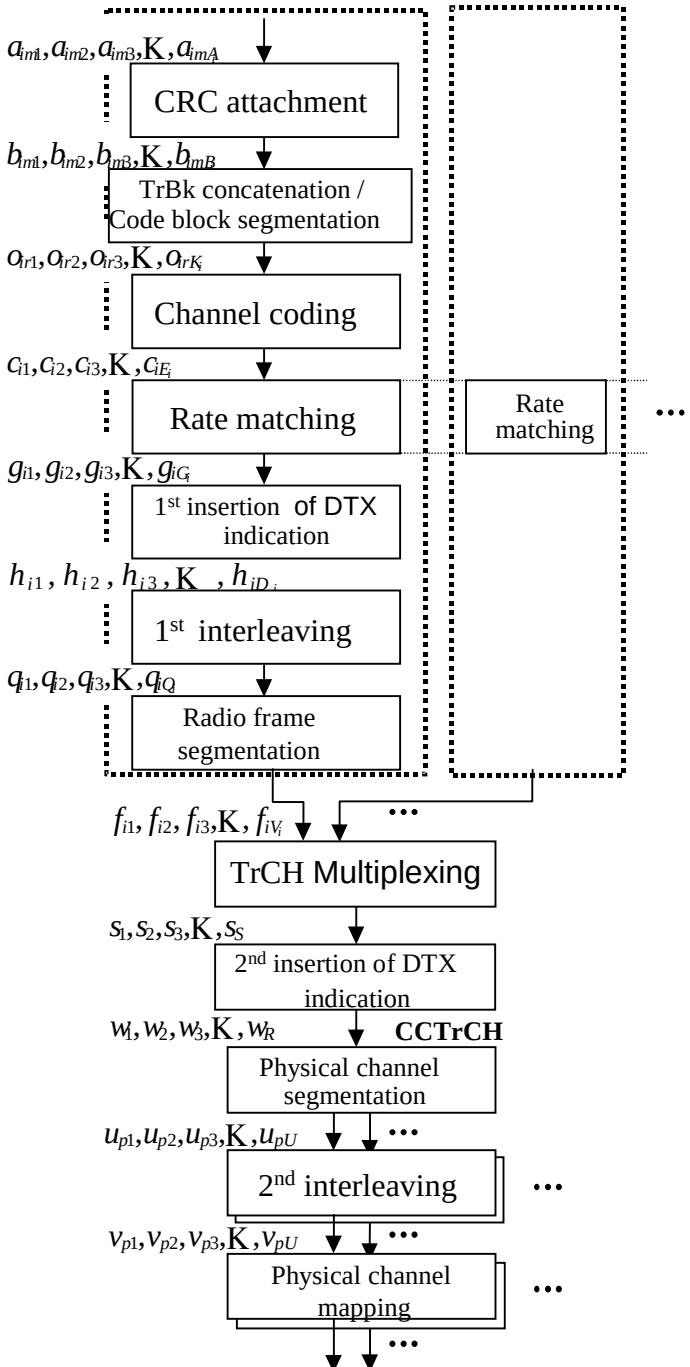
Transport block

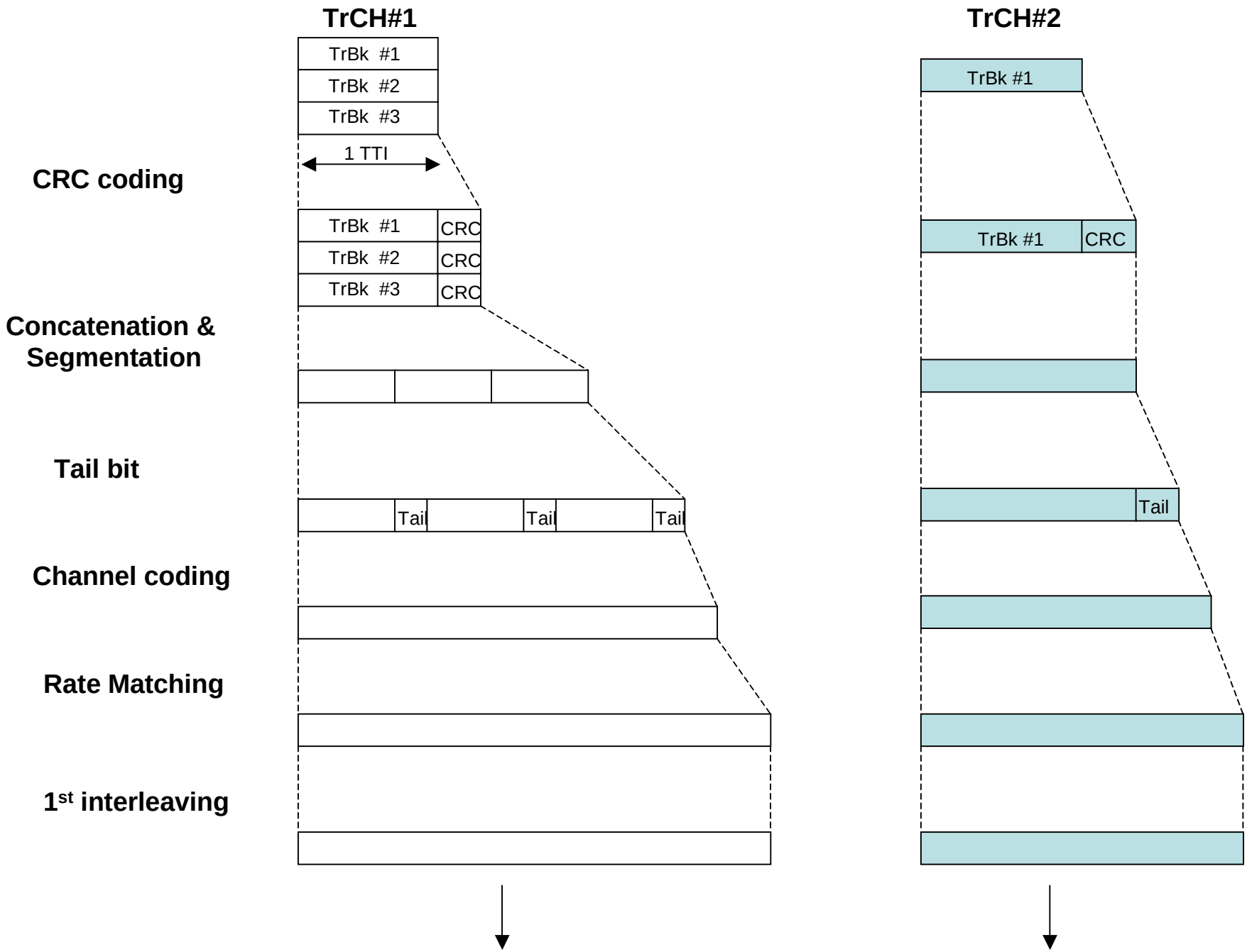
-Transport block มีขนาด 1 TTI

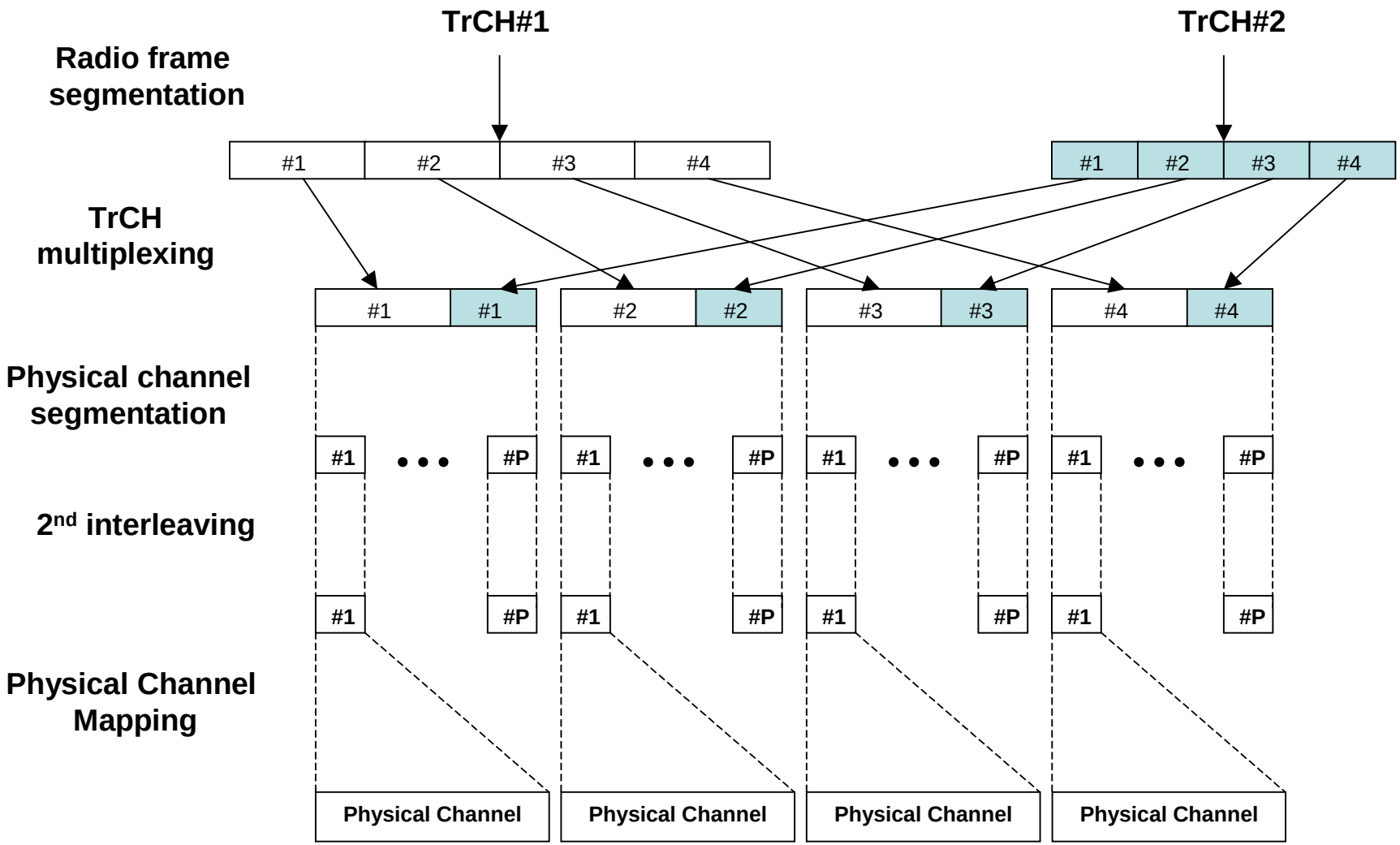
-1 TTI (Transmission Time Interval) มีขนาด 10, 20, 40 และ 80 ms



Baseband processing สำหรับ Downlink




TrCH#1
TrCH#2
CRC coding
Concatenation & Segmentation
Tail bit
Channel coding
Rate Matching
1st interleaving
TrBk #1
TrBk #2
TrBk #3
1 TTI
CRC
Tail


TrCH#1
TrCH#2
Radio frame segmentation
#1
#2
#3
#4
#1
#2
#3
#4
TrCH multiplexing
#1
#1
#2
#2
#3
#3
#4
#4
Physical channel segmentation
#1
#P
#1
#P
#1
#P
#1
#P
2nd interleaving
#1
#P
#1
#P
#1
#P
#1
#P
Physical Channel Mapping
Physical Channel
Physical Channel
Physical Channel
Physical Channel

CRC attachment

- เข้ารหัส CRC ข้อมูลแต่ละ Transport block
- ชนิดของการเข้ารหัส CRC 0, 8, 12, 16, 24 บิต
- ทำหน้าที่ตรวจเช็คความผิดพลาดของข้อมูลแต่ละ Transport block

Concatenation and Segmentation

- ทำหน้าที่เชื่อมต่อข้อมูลแต่ละ Transport block และแบ่งข้อมูลออกเป็น block ที่มีขนาดใหม่ขึ้นอยู่กับชนิดของ channel coding
- convolution coding = 504 บิต
- turbo coding = 5114 บิต
- ทำให้ channel coding ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Usage of channel coding scheme and coding rate

<table>
<tr><th>Type of TrCH</th><th>Coding Scheme</th><th>Coding rate</th></tr>
<tr><td>BCH</td><td rowspan="4">Convolution coding</td><td rowspan="3">1/2</td></tr>
<tr><td>PCH</td></tr>
<tr><td>RACH</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CPCH,DCH,DSCH,FACH</td><td>1/3, 1/2</td></tr>
<tr><td>Turbo coding</td><td>1/3</td></tr>
<tr><td colspan="2">No coding</td></tr>
</table>

Rate Matching

- ·ÓË¹èÒêÃÃ¨Ó¹Ç¹ ûÚ¢ÍÊ¢ÉÂÅáÅÐ block ãËéÊÍ´¤Å¹¡Ñº¹Ç¹ radio frame äé¾Í´Õ
- Repeated, Punctured

1st interleaving

ทำหน้าที่กระจายความผิดพลาดของข้อมูลไปให้ทั่วทั้ง transport block

Frame Segmentation

ทำหน้าที่แบ่งข้อมูลให้มีขนาด 10 ms หรือ 1 radio frame

Transport Channel Multiplexing

ทำหน้าที่รวมTransport channel หลายๆ Transport channel เป็นช่องสัญญาณ CCTrCH (Composite Code Transport Channel)

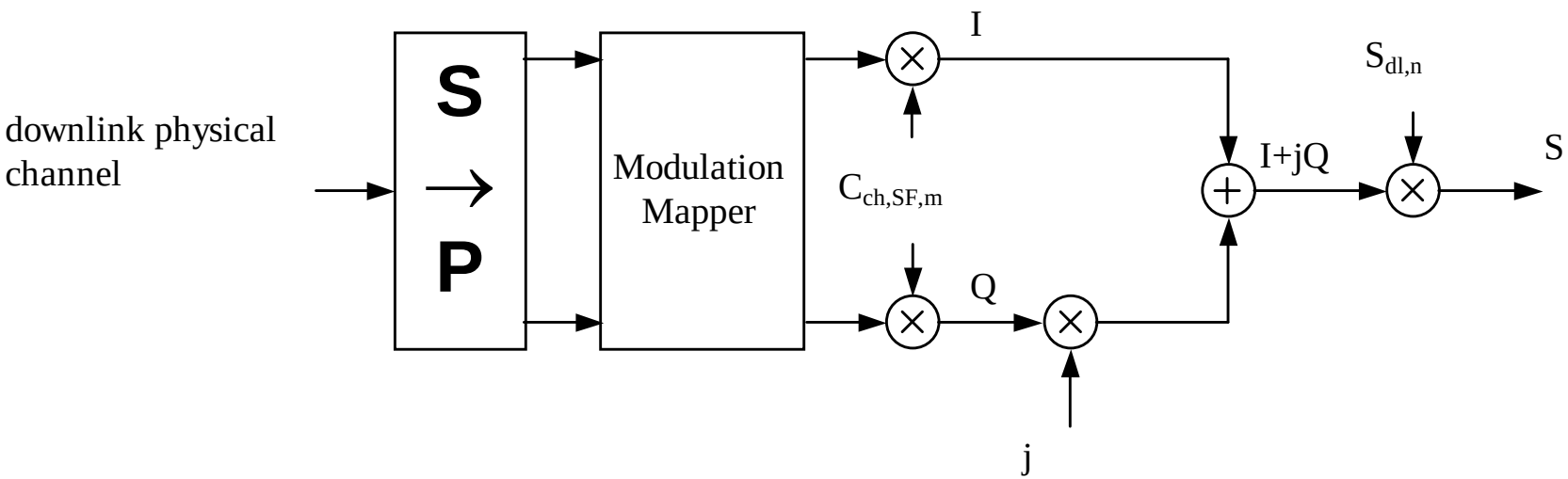
2nd interleaving

ทำหน้าที่กระจายความผิดพลาดของข้อมูลไปให้ทั่วทั้ง radio frame

Physical Channel mapping

ทำหน้าที่จัดข้อมูลให้มี Frame Format ตามชนิดของ Physical Channel

Spreading and Modulation

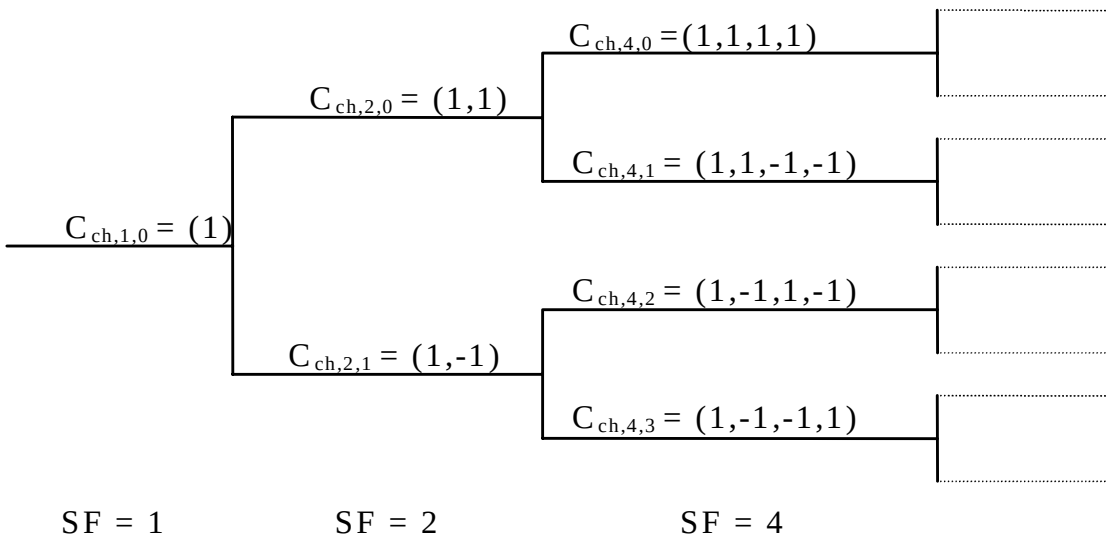


Modulation

- แปลงสัญญาณดิจิตอล ‘0’, ‘1’ ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม
  ‘0’ → ‘1’, ‘1’ → ‘-1’
- Downlink ใช้ QPSK Modulation
- Uplink ใช้ BPSK Modulation

Spreading code

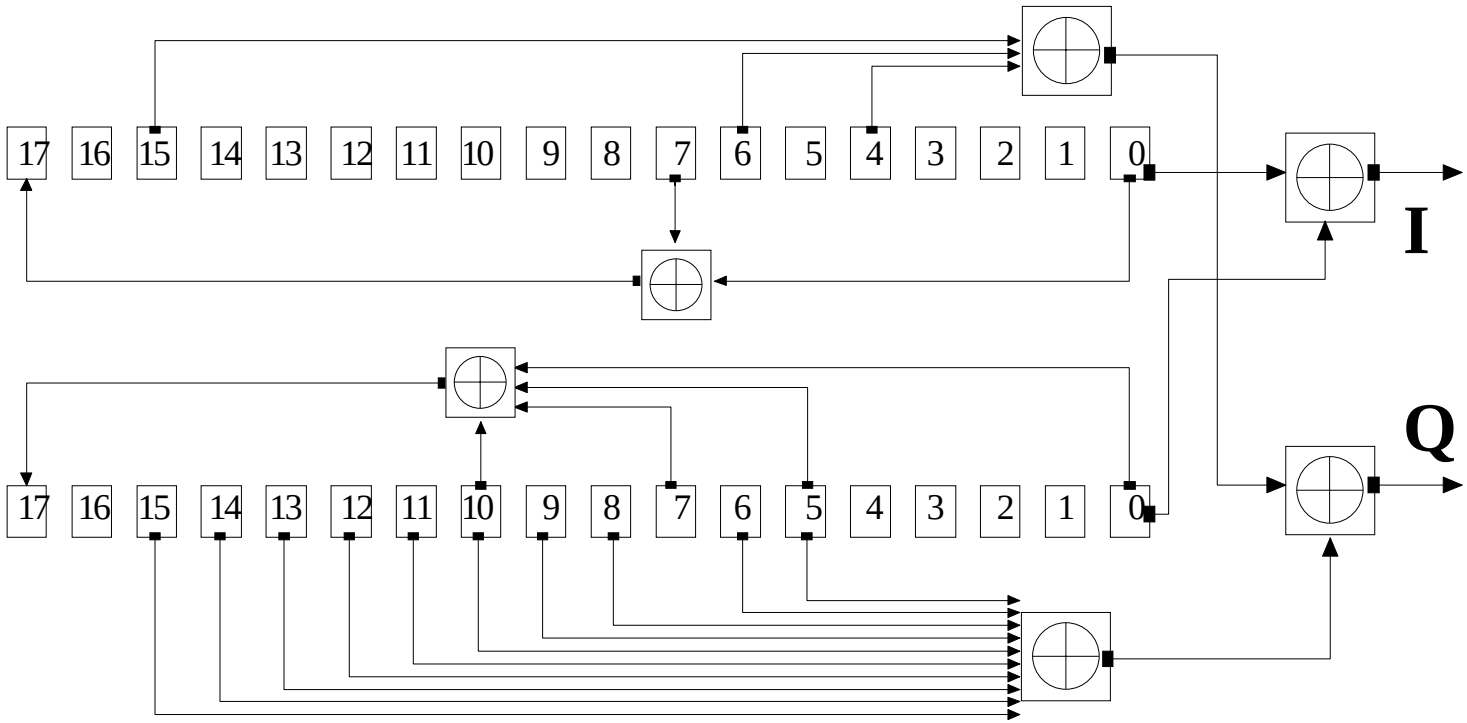
- ใช้รหัส OVSF code
- orthogonal กันทุกรหัส
- มีหลายขนาด, บอกขนาดโดยใช้ Spreading Factor (SF)
- Downlink ใช้ SF=4-512
- Uplink ใช้ SF = 4-256



Scrambling code

- มี 2 ชนิดคือ Downlink Scrambling และ Uplink Scrambling
- ทั้งสองชนิดมีขนาด 10 ms (38400 chips)
- Downlink scrambling code สร้างจาก $2^{18}-1$ Gold code
- Uplink scrambling code สร้างจาก 2^{25} Gold code
- Downlink ใช้ scrambling code สำหรับแยก cell site
- Uplink ใช้ scrambling code สำหรับแยกผู้ใช้แต่ละคน

Downlink scrambling code



Register ตัวบน Generator polynomial $1+x^7+x^{18}$

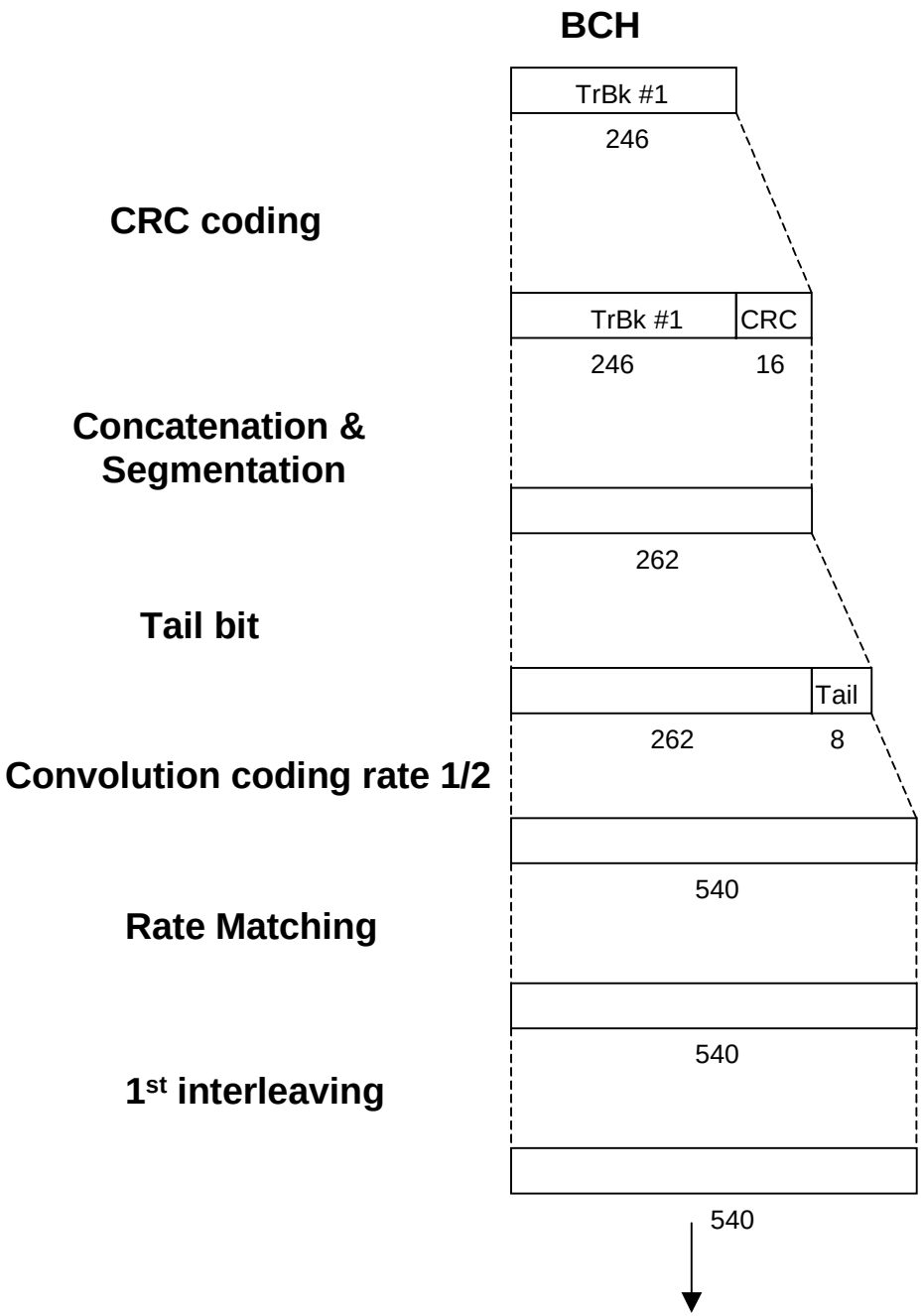
Register ตัวล่าง Generator polynomial $1+x^5+x^7+x^{10}+x^{18}$

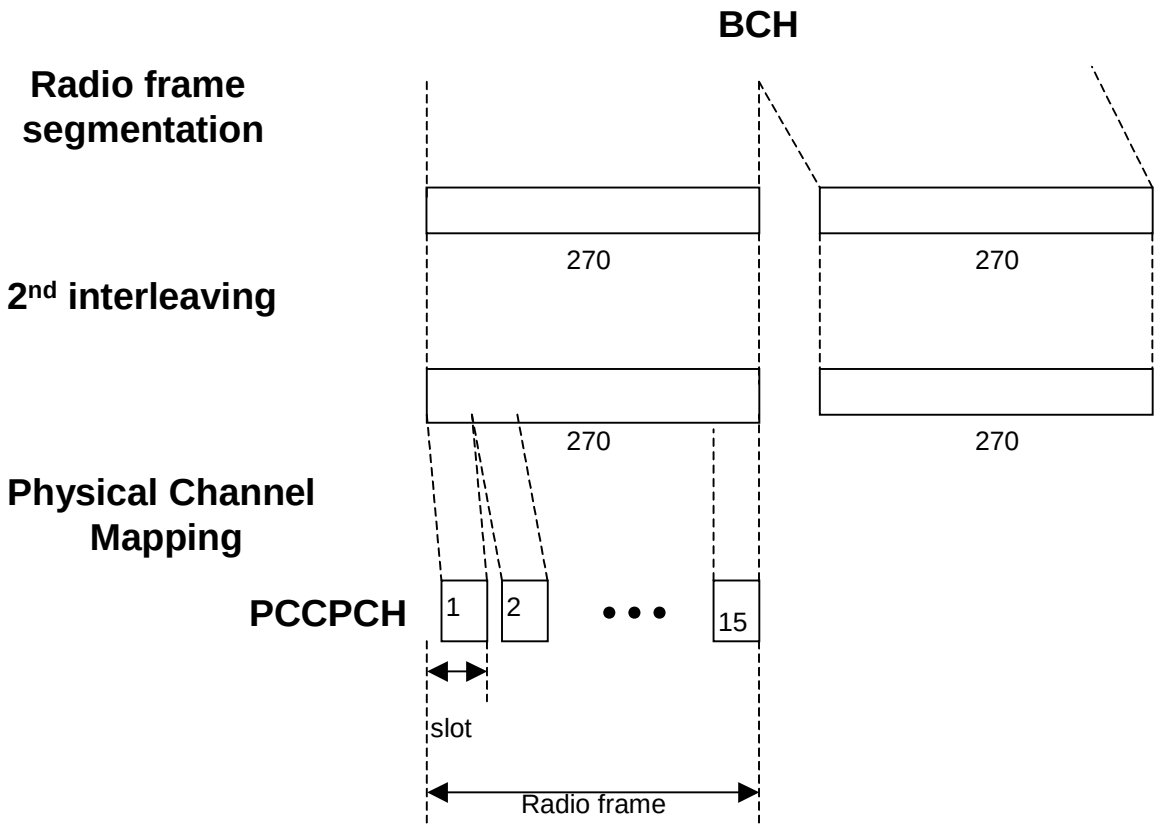
Simulation

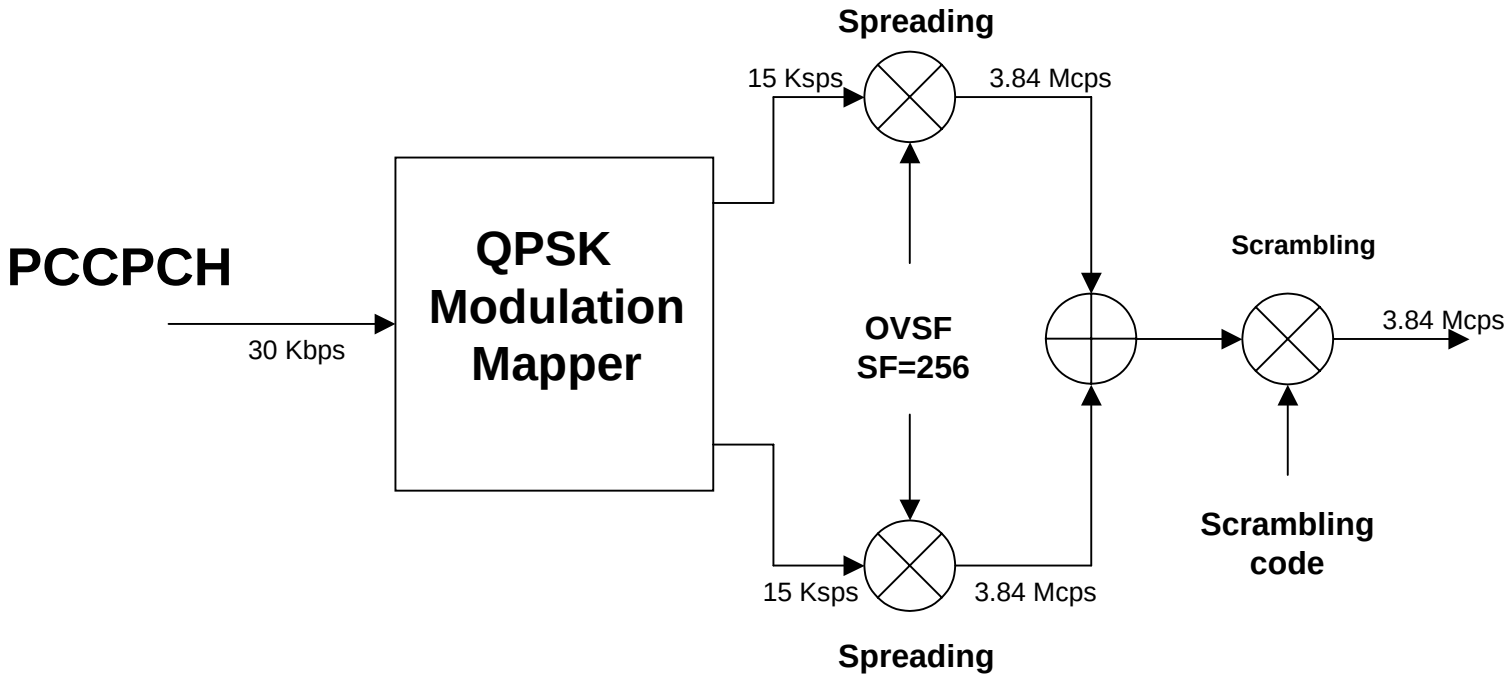
- จำลองช่องสัญญาณ PCCPCH

โดยกำหนด parameter ของ BCH ดังนี้

-Transport block size 246 bit
- CRC 16 bit
- Convolution coding rate ½
- TTI 20 ms
- SF 256


BCH
TrBk #1
246
CRC coding
TrBk #1
CRC
246
16
Concatenation &
Segmentation
262
Tail bit
Tail
262
8
Convolution coding rate 1/2
540
Rate Matching
540
1st interleaving
540


BCH
Radio frame segmentation
270
270
2nd interleaving
270
270
Physical Channel Mapping
PCCPCH
1
2
15
slot
Radio frame


Spreading
15 Ksps
3.84 Mcps
PCCPCH
30 Kbps
QPSK
Modulation
Mapper
OVSF
SF=256
Scrambling
3.84 Mcps
Scrambling
code
15 Ksps
3.84 Mcps
Spreading

ผลการทดสอบ

- ทดสอบสร้าง Transport block จำนวน 100 blocks ส่งผ่านขบวนการ Baseband processing แล้ว detect ข้อมูลกลับที่เครื่องรับปรากฏว่าเครื่องรับสามารถรับข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 100 blocks

- ทดสอบสร้าง bit error ขึ้นระหว่างการส่งแล้วให้เครื่องรับ detect ข้อมูลกลับ ปรากฏว่าเครื่องรับสามารถ detect ข้อมูลกลับมาได้อย่างถูกต้องในกรณีที่ bit error มีค่าน้อย และเครื่องรับสามารถตรวจจับ error ที่เกิดขึ้นได้ในกรณีที่เครื่องรับไม่สามารถแก้ไข bit error นั้นได้

สรุป

- จากผลการทดสอบเราสามารถเข้าใจ specification ของ 3GPP และสามารถเขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของขบวนการ Baseband processing รวมถึงเขียนโปรแกรม detect ข้อมูลย้อนกลับออกมาได้
- ระบบ WCDMA มีกลไกในการแก้ไขข้อมูลที่ส่งมาผิดพลาดและสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดได้ ในกรณีที่แก้ไขไม่ได้
- จากผลการศึกษาพบว่าขบวนการ baseband processing มีขั้นตอนซับซ้อนและต้องการการประมวลผลจาก CPU สูง ดังนั้นในการ implement hardware จึงควรคำนึงถึงความสามารถของ CPU และเวลาที่ใช้ประมวลผลด้วย

ขอบคุณครับ