

# TDD-LTE

คืออะไร?เร็วแค่ไหน?ทำงานอย่างไร?ต่างจากFDDยังไง?

มาดูกันเลย!!!



ก่อนอื่น...เราต้องรู้ความแตกต่าง  
ระหว่าง FDD/TDD กันก่อน...

เรามาเริ่มจาก FDD กันก่อนดีกว่า...เพราะอันนี้เข้าใจง่ายสุด

# FDD ย่อมาจาก....

## FDD

Frequency  
แปลว่าคลื่นความถี่...

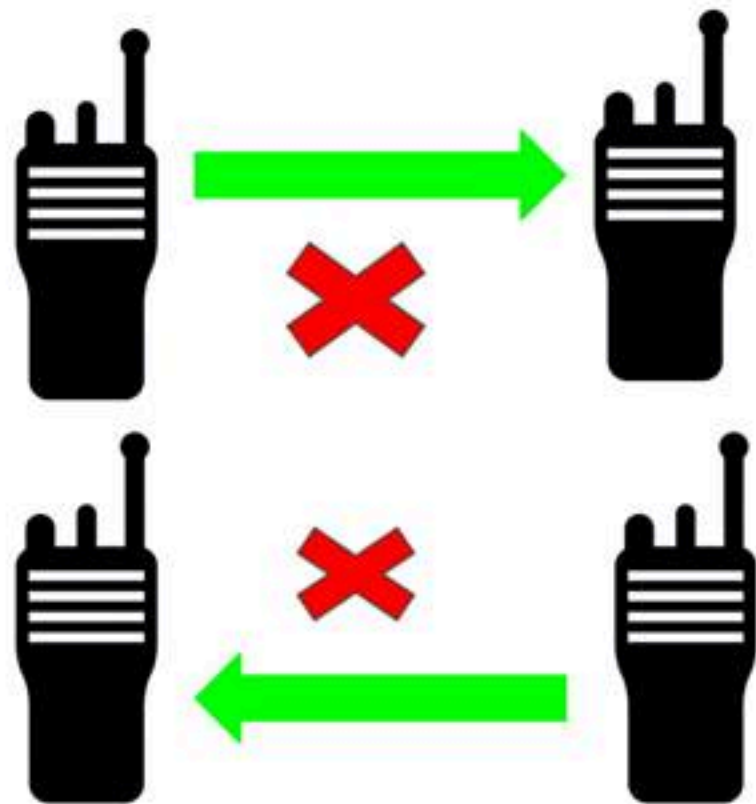
Division  
การแบ่งแยก...

Duplex  
การรับ/ส่ง

สรุป FDD แปลว่า "แยกคลื่นการรับ/ส่ง" เมื่อแปลภาษาไทย

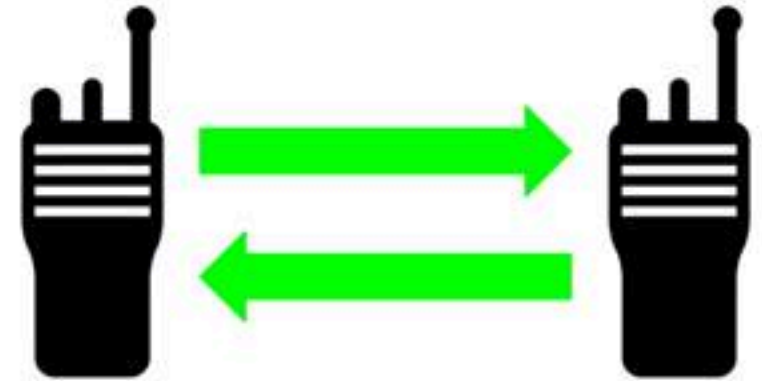
# อะไรคือ DUPLEX? (ดูเพล็กซ์)

“DUPLEX” คือการสื่อสารสองทาง(รับ-ส่ง)ระหว่าง 2 อุปกรณ์ มันจะมี 2 แบบได้แก่...



## HALF DUPLEX

จะมี "ผู้ฟัง" กับ "ผู้ส่ง" เสมอ  
สื่อสารแบบสองทางแต่  
พร้อมกันไม่ได้...  
ยกตัวอย่างเช่นพวก  
walkie-talkie ที่มีปุ่ม  
"Push-to-talk" เก่าๆ



## FULL DUPLEX

สามารถรับส่งพร้อมๆกันได้  
ในเวลาเดียวกันยกตัวอย่าง  
เช่น

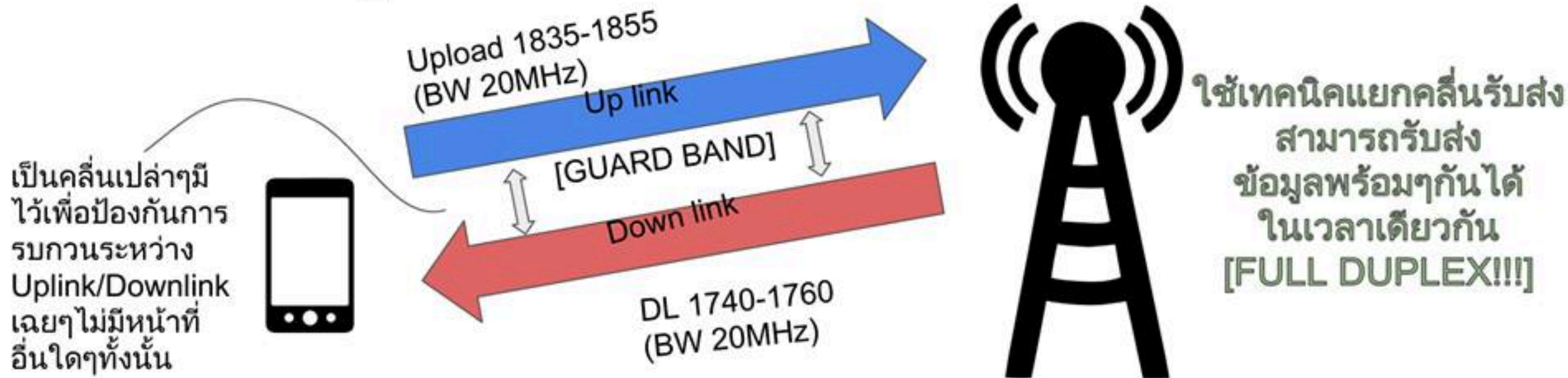
- FDD LTE
- 2-way radio ต่างๆ



ก็เพราะระบบ FDD-LTE จำเป็นต้องมีคู่คลื่น  
คลื่นรับ(ดาว์นโหลด)กับคลื่นส่ง(อัปโหลด)จำเป็นต้องแยกกัน...

**FDD จึงได้เป็นระบบ FULL DUPLEX!**

ปัจจุบัน 4G ที่พวกเราใช้กันอยู่ทุกวันนี้เป็นแบบ FDD ทั้งหมด (4G คลื่น 900[8] 1800[3] 2100[1] มีเฉพาะ FDD เท่านั้น) ยกตัวอย่าง...บน Dtac 4G 1800MHz...ดาว์นโหลดกับอัปโหลดจะแยกกันเป็นคนละชุดโดยที่ดาว์นโหลดจะอยู่ช่วง **1740MHz-1760Mhz** (กว้าง 20MHz) ส่วนอัปโหลดจะอยู่ที่ **1835MHz-1855MHz** (กว้าง 20MHz เช่นกัน) จึงสามารถรับ/ส่งพร้อมๆกันได้ **รวมกันทั้งหมดเป็น BW 40MHz** แต่เราจะเรียกแบบขาคือ "20 MHz FDD" เพราะขา UL/DL จะกว้างเท่ากันเสมอในระบบ FDD LTE จะได้เรียกง่ายๆ ;)



# ข้อดีของ FDD-LTE



เป็นที่นิยมและมีเครื่องรองรับ เยอะ



เป็น FULL DUPLEX ดีเลจน้อยกว่า



Bandwidth UL/DL มาเต็มๆ



รองรับ Low band เช่น 900 MHz, 850 MHz, 700 MHz ฯลฯ



# ข้อเสีย FDD-LTE

■ ติดตั้งยากเพราะต้องมี  
DIPLEXER (ตัวรับกับตัวส่ง  
แยกอีกต่างหาก)

■ กินที่ช่องสัญญาณเพราะต้องมีคู่  
DL-UL แถม GUARD BAND  
อีกด้วย...เปลืองมากกกก

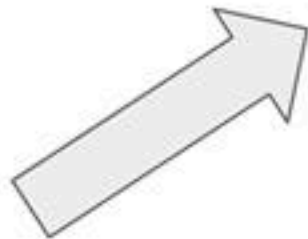
■ มักมีปัญหาค่ลี้นรบกวนเยอะ  
(SINR ไม่ดี) พวกเทคโนโลยี  
4x4 MIMO, 256QAM จะ  
เกาะยากกว่า TDD

■ ไม่สามารถปรับเปลี่ยน BW  
UL/DL เพื่อตอบสนองความ  
ต้องการของแต่ละพื้นที่ได้

ที่นี่เรามาดู TDD กันดีกว่า...

TDD

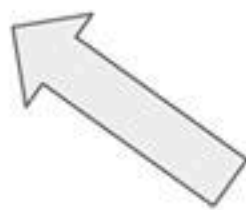
Time  
เวลา...



Division  
การแบ่งแยก...



Duplex  
การรับ/ส่ง



= TDD แปลว่า "แบ่งเวลาในการรับ-ส่ง"



ในระบบ TDD-LTE...

อัพโหลดกับดาวน์โหลดจะอยู่บนช่องเดียวกัน ไม่มีการแยกใดๆ  
เพราะระบบ TDD เป็นระบบคลื่นเดียวที่ใช้เทคนิคในการสลับ UL/DL ตลอดเวลา  
จึงเป็น HALF DUPLEX!

อีกไม่นานเราก็จะได้เห็นบริการ TDD-LTE บนคลื่น 2300MHz โดย Dtac/TOT ผมเลยอยากให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้สำหรับฐานสมาชิกที่กำลังสงสัยอยู่...ระบบ TDD-LTE จะเลียนแบบอารมณ์การทำงานของ FULL DUPLEX ด้วยเทคนิคสลับการรับ-ส่งข้อมูลแบบเร็วๆ ตลอดเวลา

การรับ-ส่งจะเกิดขึ้น  
บนคลื่นเดียวกัน  
ด้วยวิธีแบ่งเวลาสลับ

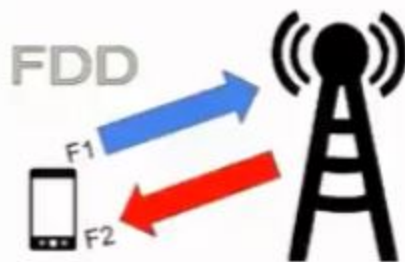


ไม่มีคู่

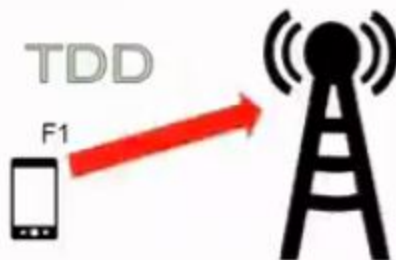


ไม่สามารถรับ-ส่ง  
ข้อมูลพร้อมๆกันได้  
ในเวลาเดียวกันจึงเป็น  
[HALF DUPLEX!!]

ผมทำแอนิเมชั่นให้ดูจะได้เห็นภาพชัดๆ



จะมีการสลับ  
Uplink/Downlink  
500+ ครั้งต่อวินาที  
!!!



# ข้อดีของ TDD-LTE



ไม่กินที่ช่องสัญญาณเหมือน FDD เพราะไม่ต้องมีคู่กับไม่มี guard band



ต้นทุนต่ำกว่าเพราะใช้ตัวรับส่งแค่ตัวเดียว



สามารถปรับเปลี่ยน timing UL/DL เพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละพื้นที่ได้



มีการรบกวนน้อยกว่า FDD ทำให้พวกเทคโนโลยี 4x4 MIMO, 256QAM, BEAMFORMING เสถียรกว่า



# ข้อเสีย TDD-LTE

■ เครื่องรองรับน้อย....มักมีแต่รุ่นแพงๆ

■ มักจะช้ากว่า FDD

■ มีแต่ HIGH แบนด์เช่น 2300MHz, 2600MHz, 3500MHz (จริงๆ Low Band มีแค่อันเดียว (700MHz TDD) แต่ไม่ควรใช้เป็นอย่างยิ่ง!!!! >\_<)

■ ไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ชนบท เพราะระยะส่งมักไม่ไกล



สรุป TDD กับ FDD ก็มีข้อดีและข้อเสียของมัน  
ความเหมาะสมขึ้นอยู่กับ  
สถานการณ์กับพื้นที่ให้บริการ...ทางที่ดีควรมีทั้งคู่  
แบบ hybrid!!!

## **PART 2: การทำงานของ TDD-LTE**

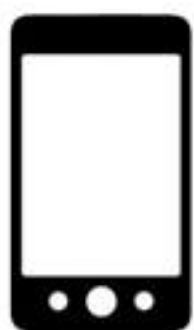
Physical layer, OFDM, Frame, Sub-frame, Sub-frame พิเศษ, bandwidth ฯลฯ

ไม่ต้องกลัวนะครับ!!! ผมจะค่อยๆอธิบาย :D

# Part 1: Physical Layer

# มาทำความรู้จักกับ LTE FRAME!

LTE จะใช้รูปแบบของ frame ในการส่งข้อมูล....

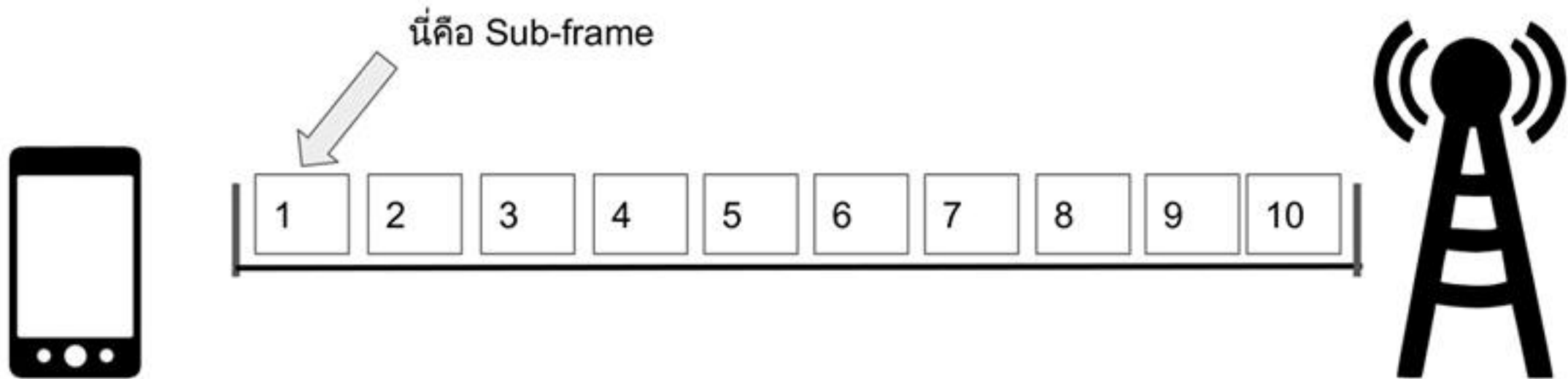


>นี่คือหนึ่ง Frame<





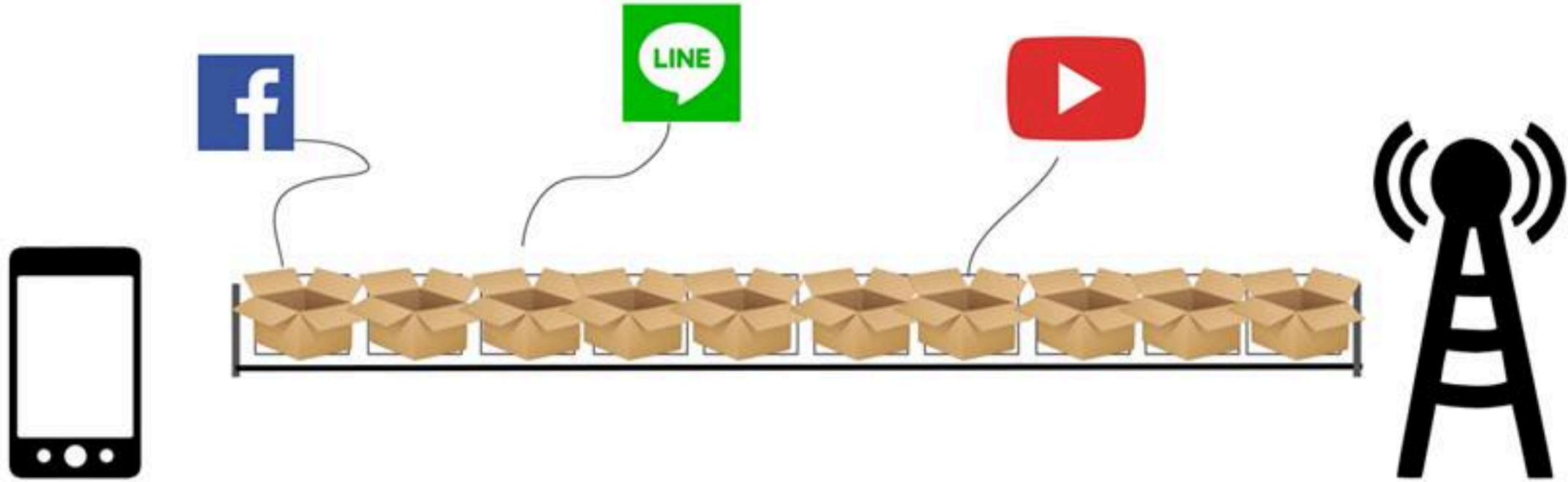
# ข้างใน Frame จะมี 10 Sub-frame



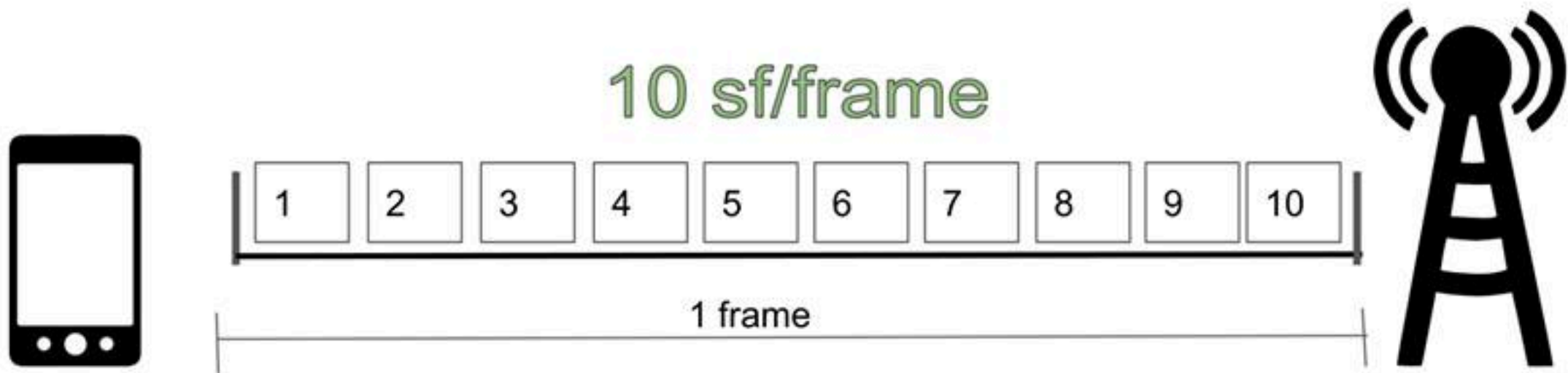
เพื่อที่จะให้เห็นภาพชัดเจนจินตนาการว่า  
Sub-Frame พวกนี้เป็นกล่องเอานะครับ



ข้างในกล่องจะเป็นข้อมูลตัวของคุณ...



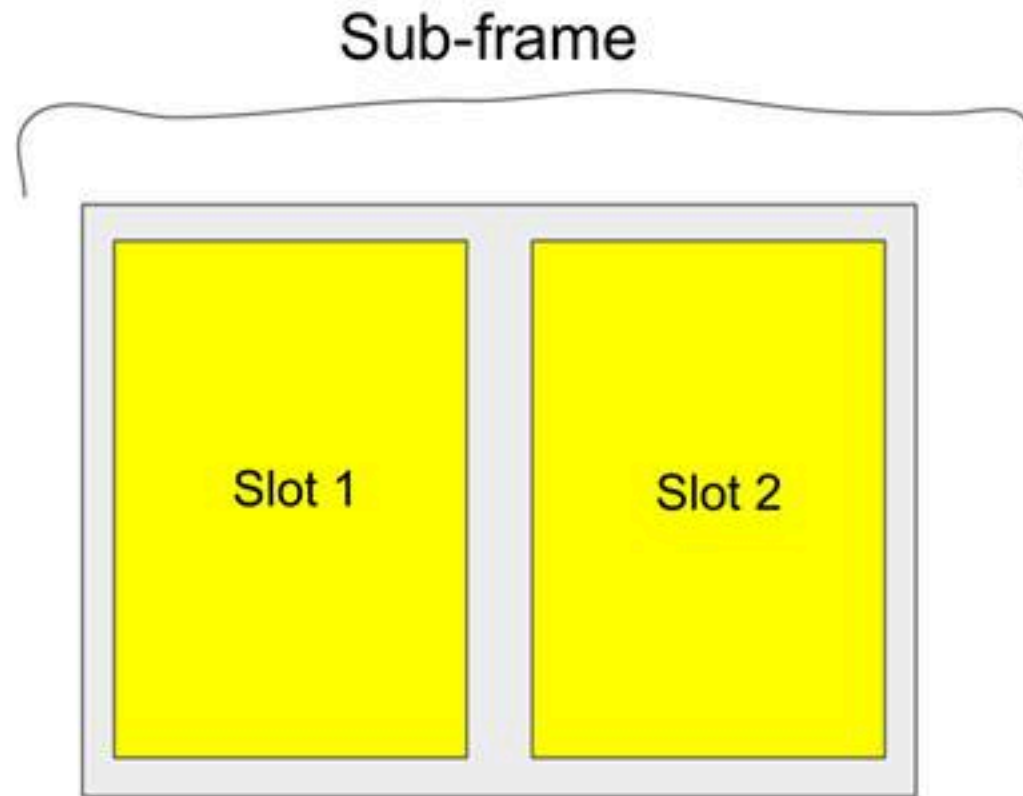
ได้เวลาคิดนอกกล่องแล้วครับ (ออิ) พอเข้าใจ  
แล้ว...ก็กลับมาสู่ Sub-frames ธรรมดาๆดีกว่า





# มาดูข้างใน Sub-frame...

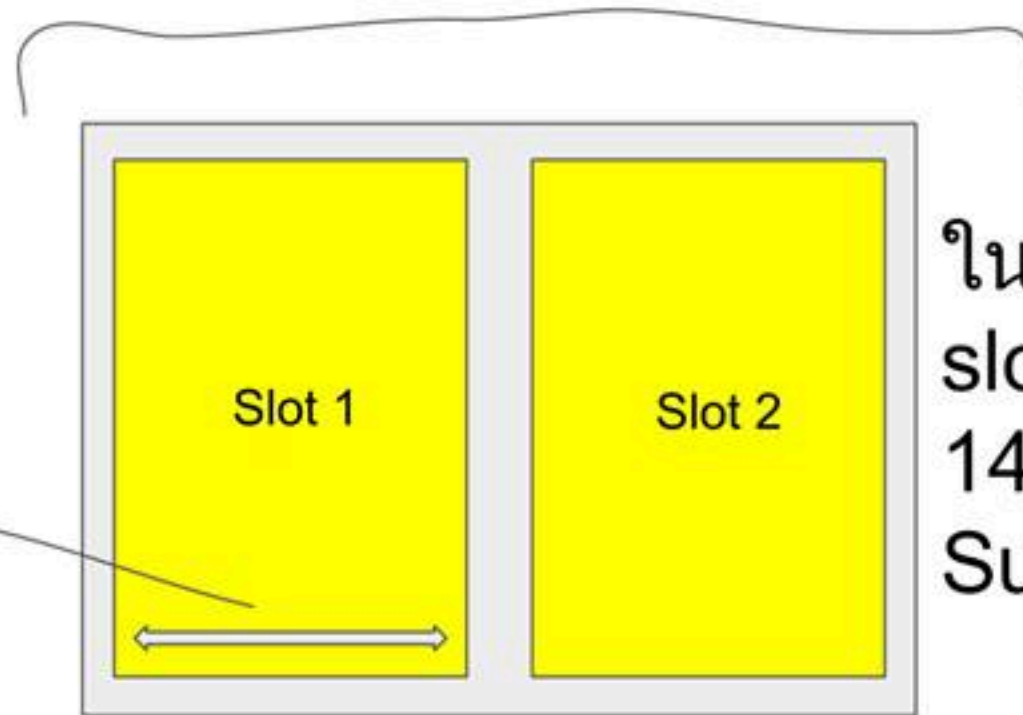
ใน Sub-frame จะ  
มี 2 slot (สล็อต) ข้าง  
ใน



Sub-frame

ใน slot (สล็อต) มี  
7 symbols

กว้าง 7  
symbols!

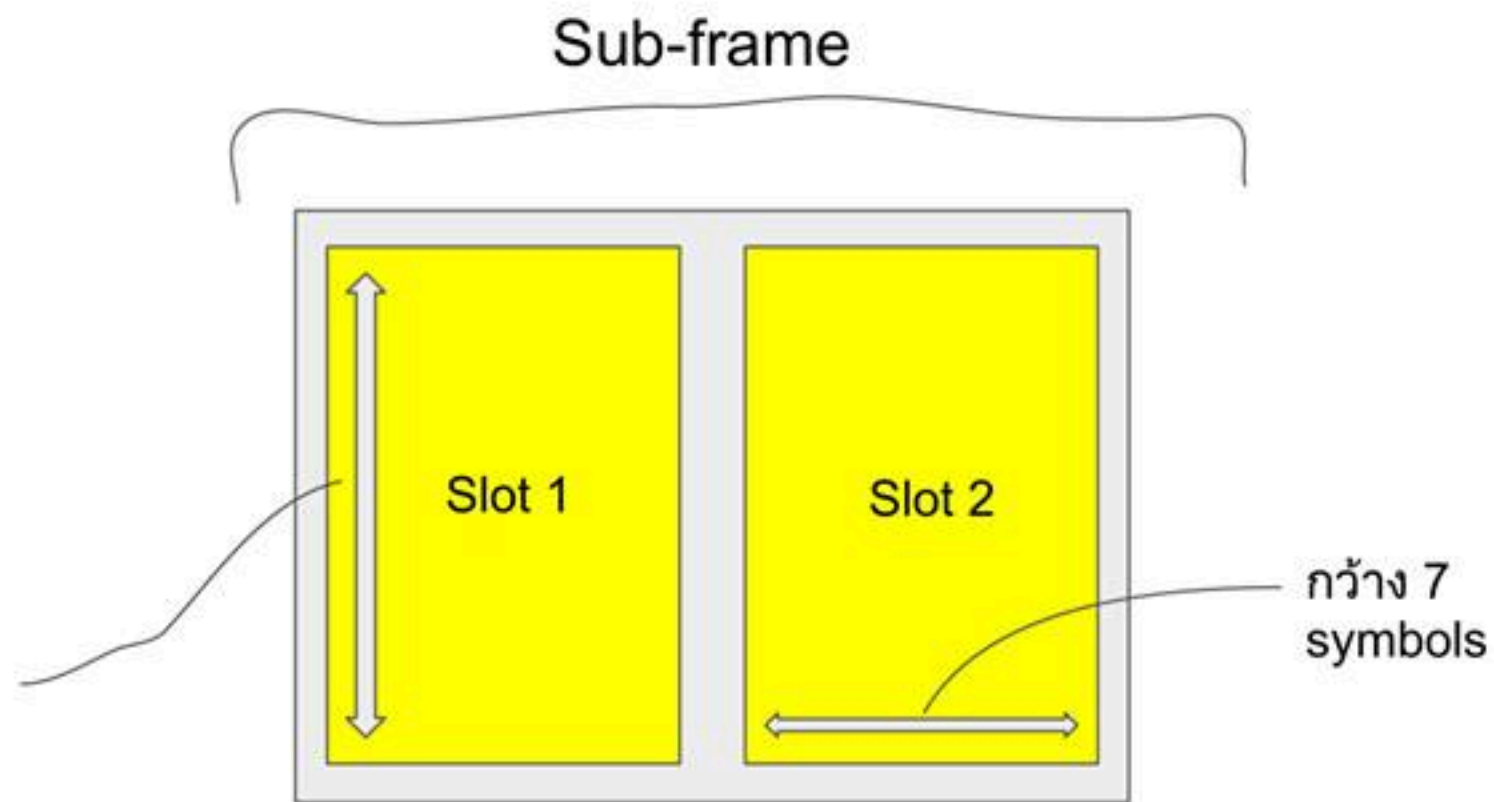


ใน subframe มี 2  
slots...รวมเป็น  
14 symbols ต่อ  
Sub-frame!!!

# ยังไม่หมด...

และก็ยาว 12  
sub-carriers

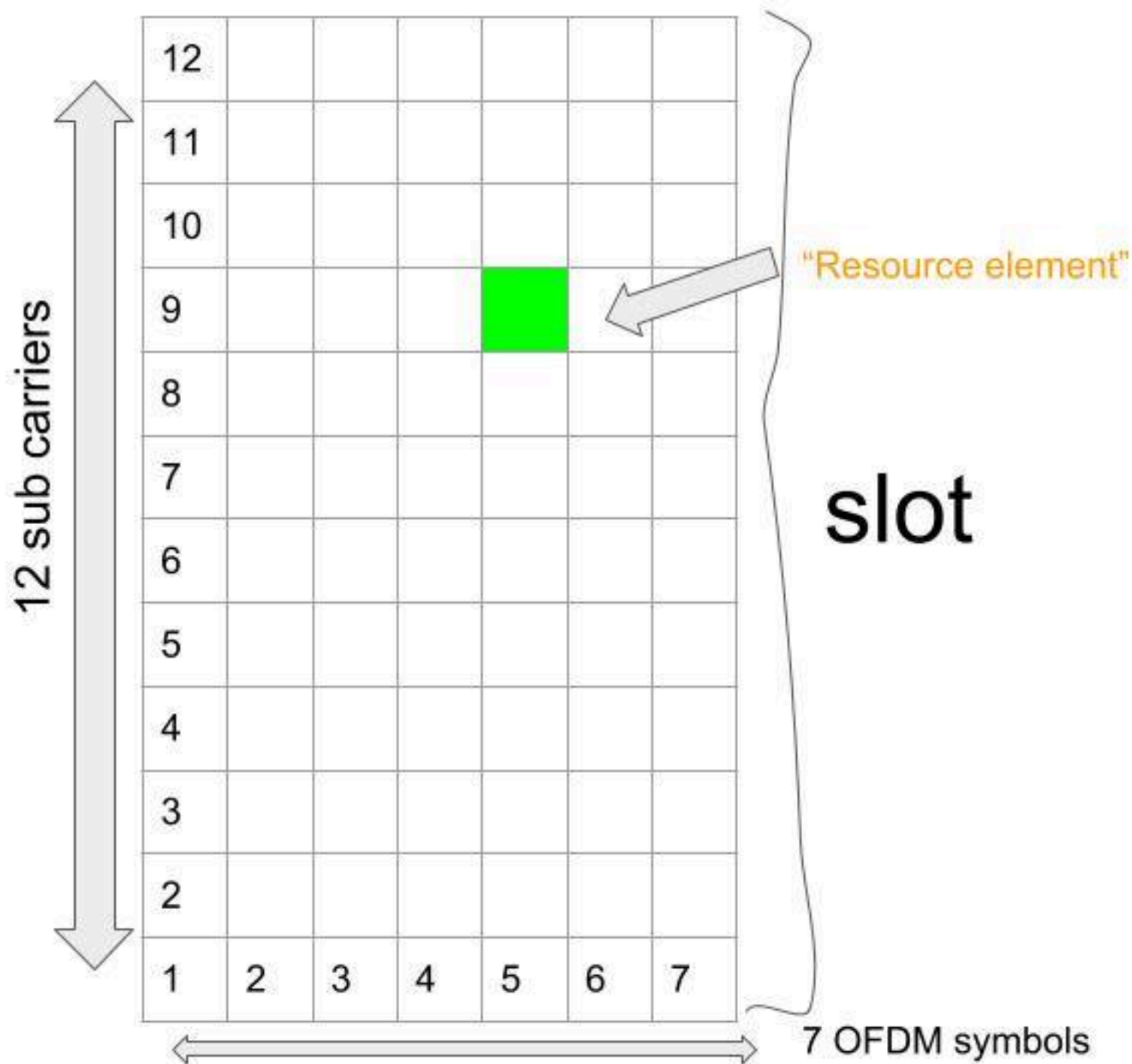
12 sub-carriers



ดังนั้น...

1 slot มีทั้งหมด 84  
“Resource elements”

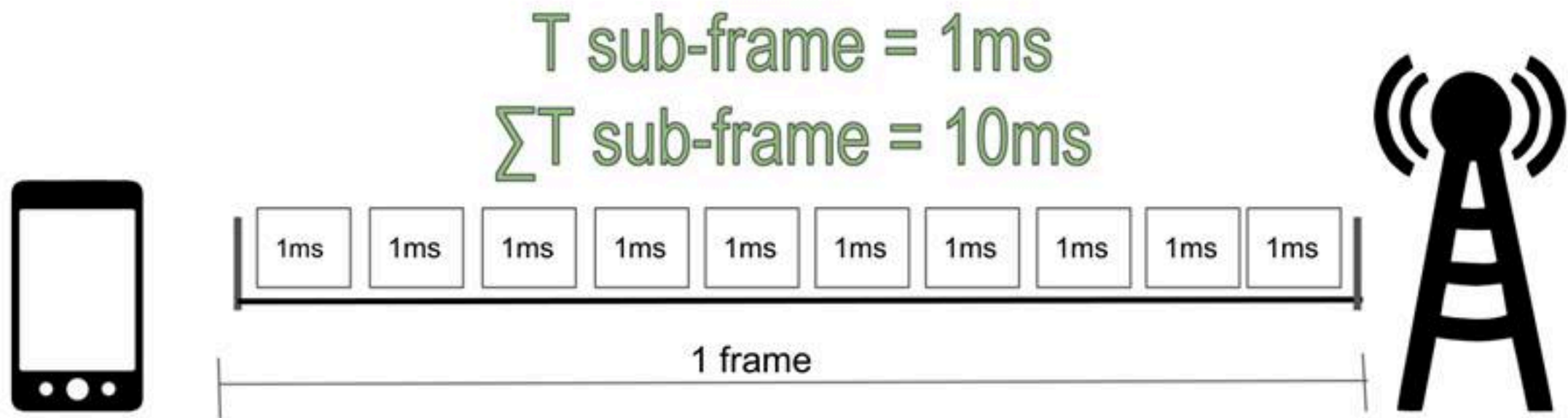
7 symbol x 12 sub  
carriers = 84  
resource elements  
2 slot =  $84 \times 2 = 168$   
elements/subframe



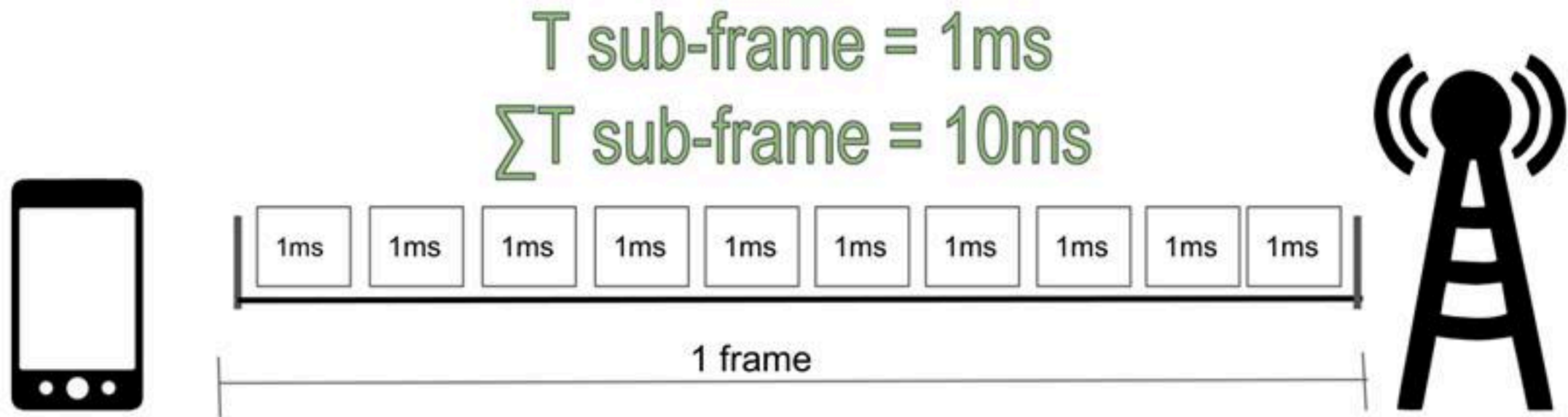


## Part 2 หน่วยเวลาที่ใช้ใน LTE

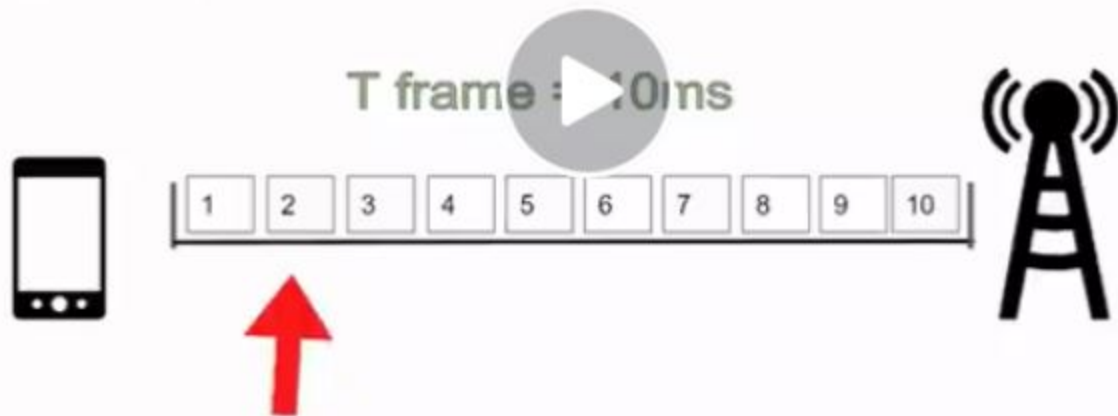
T frame = 10ms ใน frame มีทั้งหมด 10 sub-frame...ดังนั้น Tsub-frame = 1ms !



T frame = 10ms ใน frame มีทั้งหมด 10 sub-frame...ดังนั้น Tsub-frame = 1ms !



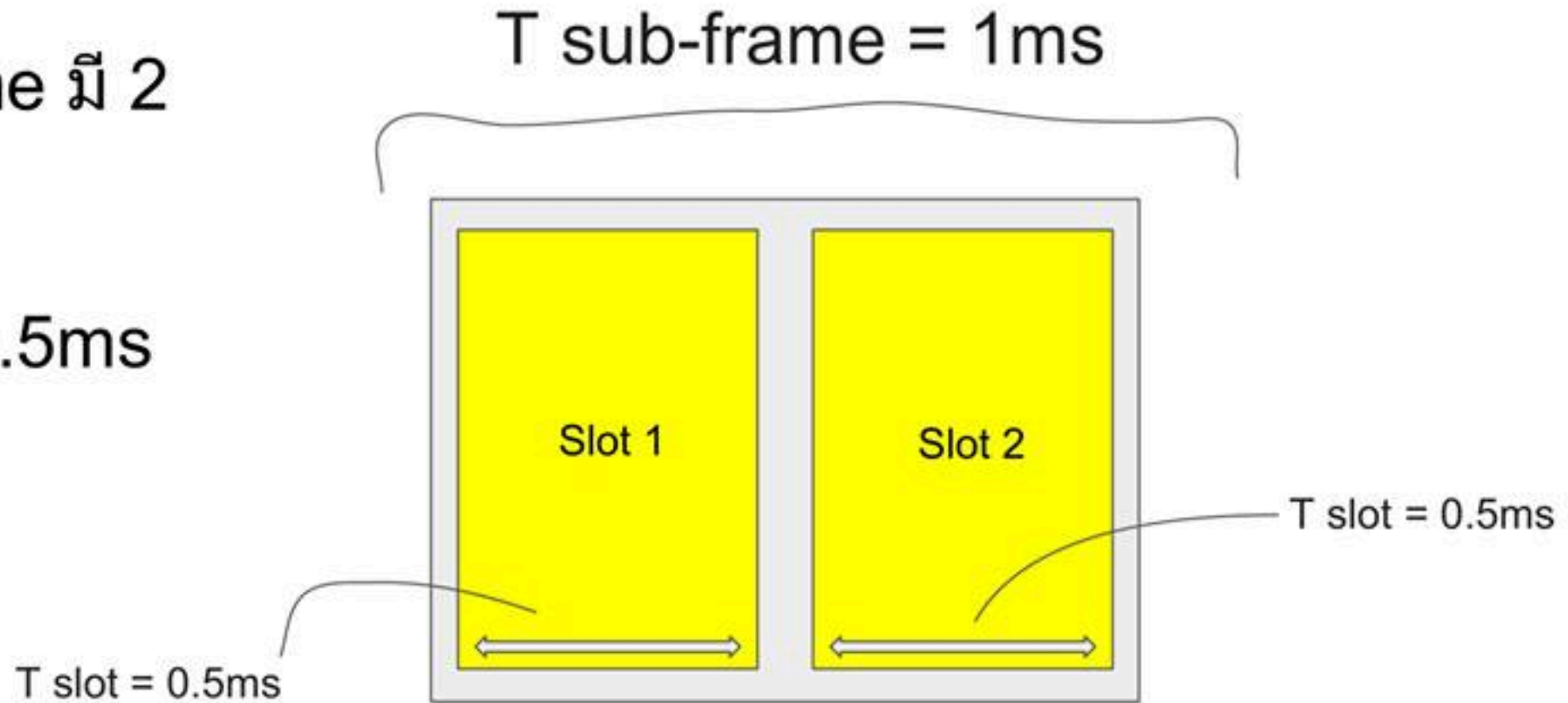
1 frame จะวน/รีสตาร์ททุก 10ms หรือ 0.01 วินาที



# Timing ใน slot

sub-frame มี 2 slot...

1 slot = 0.5ms



# สรุปหน่วยเวลาใน LTE

$T_{\text{frame}} = 10\text{ms}$

$T_{\text{Sub-frame}} = 1\text{ms}$

$T_{\text{slot}} = 0.5\text{ms}$

$T_{\text{symbols}} = 0.5\text{ms}/7$  (1 slot = 7 symbols)



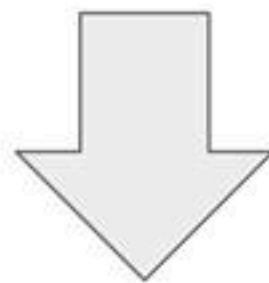
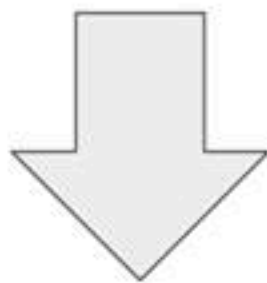
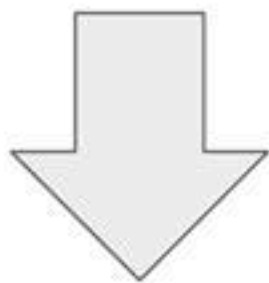


# Part 3 Sub-frame + special sub-frame config!

อย่างที่บอกกันนะครับ

Sub-frame พุดง่ายๆก็คือ block ข้อมูลครับ

Sub-frame จะมี 3 แบบ...





Download sub-frame  
ข้อมูลส่งเข้า

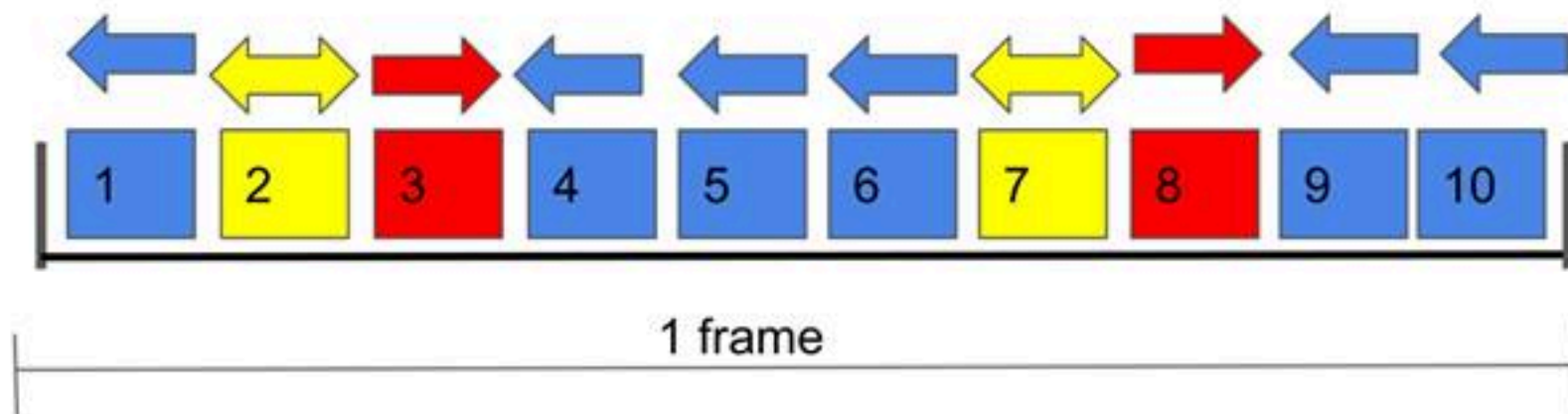
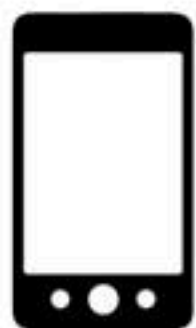


Upload sub-frame  
ข้อมูลส่งออก



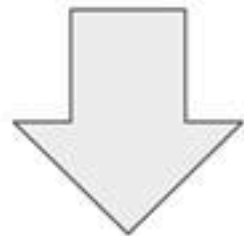
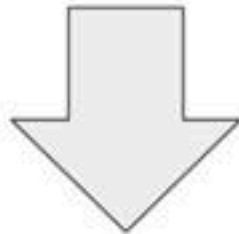
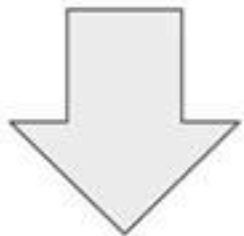
Sub-frame พิเศษ (ssf)  
เดี่ยวผมอธิบายทีหลัง

ทุก 1 frame จะมีการสลับ UL ไป DL หรือ DL ไป UL  
อย่างน้อยหนึ่งครั้ง เราสามารถปรับเปลี่ยนอัตราส่วน  
ชนิด sub-frames ด้วย sub-frame config



Sub-frame config (sf\_config) มีอะไรบ้าง?

TDD-LTE จะใช้ sub-frame config 7 แบบ  
ได้แก่...



**Config 0**

DL : 2ms (20%)  
UL : 2ms (20%)  
SSF: 6ms (60%)

**Config 2**

DL : 6ms (60%)  
UL : 2ms (20%)  
SSF: 2ms (20%)

**Config 4**

DL : 7ms (60%)  
UL : 2ms (20%)  
SSF: 1ms (10%)

**Config 1**

DL : 4ms (40%)  
UL : 2ms (20%)  
SSF: 4ms (40%)

**Config 3**

DL : 6ms (60%)  
UL : 1ms (10%)  
SSF: 3ms (30%)

**Config 5**

DL : 8ms (80%)  
UL : 1ms (10%)  
SSF: 1ms (10%)

**Config 6**

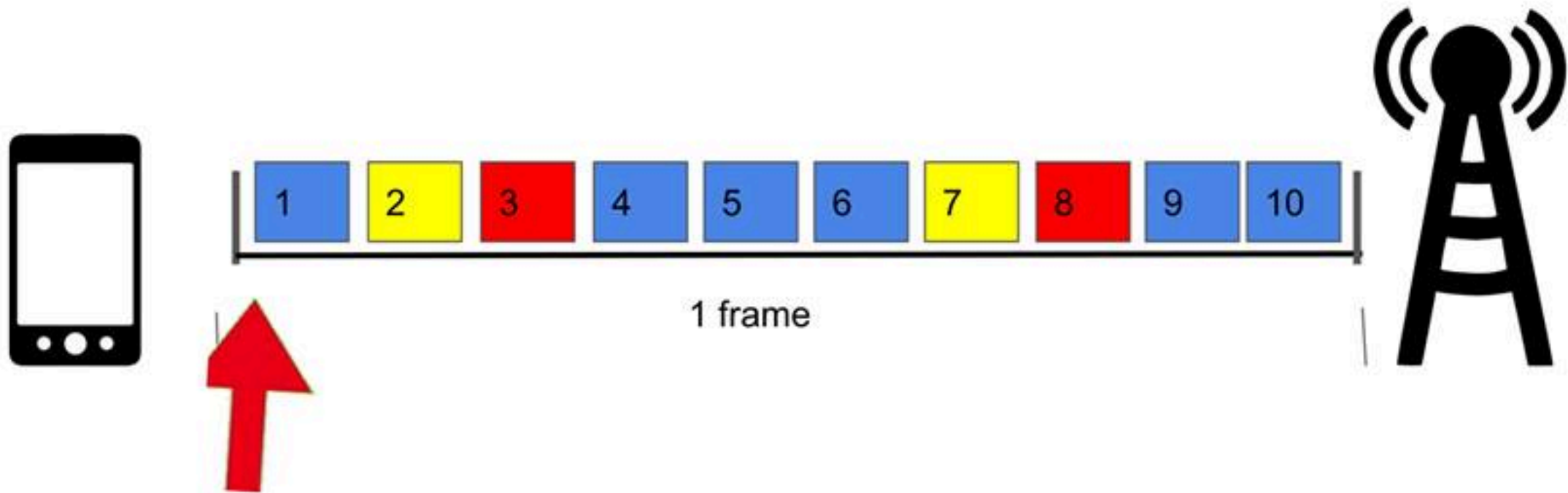
DL : 6ms (30%)  
UL : 2ms (50%)  
SSF: 2ms (20%)

SSF : sub-frame พิเศษ

จะสังเกตว่าทุก config จะรวมทั้งหมด 10 ms...



# แอนิเมชัน config 2





# Sub-frame พิเศษคืออะไร?

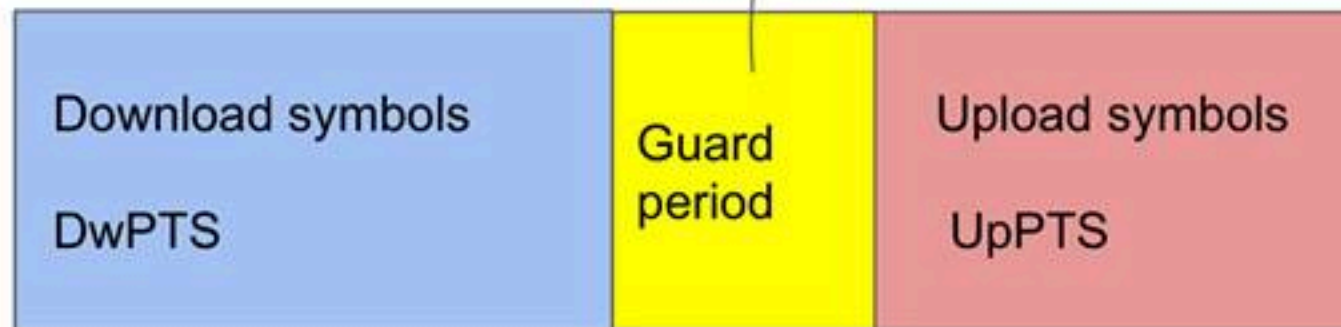
Sub-frame พิเศษคือ sub-frame "รวมมิตร"

เพราะมันรวมหน้าที่ทั้งหมด 3 อย่าง

เข้ามาอยู่ใน sub-frame เดียว : Download symbol + Upload symbol และที่สำคัญ...guard period  
เพราะจุดประสงค์หลักของมันคือเตรียมการสลับของ Uplink-Downlink

ในช่วงเวลานี้คือการ "pause" ครั้นจะไม่มีอะไร  
เกิดขึ้นในเวลาของ guard period เพราะ  
หน้าที่ของ guard period คือการทำให้เวลา  
UL/DL ห่างกันเพียงพอจะได้ไม่เกิดการทับกัน  
ตอนได้เวลาสลับ (เดียวจะเกิดการรบกวน!!!)

จะมี 14 symbols เหมือน  
sub-frame ทั่วไป... แต่ผสม



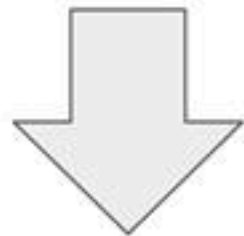
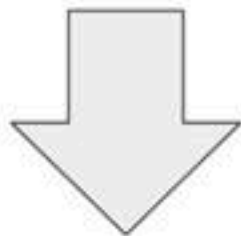
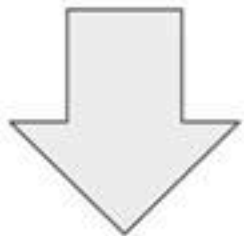
$T = 1\text{ms}$

Special sub-frame (sub-frame พิเศษ) config (ssf\_config) ก็มี!!!

เพราะเราก็สามารถปรับอัตราส่วน DwPTS : guard : UpPTS ด้วย config ได้เช่นกัน

TDD-LTE จะมี special sub-frame config 9 แบบ  
ได้แก่...

จริงๆแล้วมี 18 แต่อีก 9 จะเป็นแบบ CP6 ซึ่งไม่นิยมผมก็เลยข้าม



**SSF Config 0**

DwPTS : 3 symbols  
Guard : 10 symbols  
UpPTS: 1 symbol

**SSF Config 1**

DwPTS : 9 symbols  
Guard : 4 symbols  
UpPTS: 1 symbol

**SSF Config 2**

DwPTS : 10 symbols  
Guard : 3 symbols  
UpPTS: 1 symbol

**SSF Config 3**

DwPTS : 11 symbols  
Guard : 2 symbols  
UpPTS: 1 symbol

**SSF Config 4**

DwPTS : 12 symbols  
Guard : 1 symbol  
UpPTS: 1 symbol

**SSF Config 5**

DwPTS : 3 symbols  
Guard : 9 symbols  
UpPTS: 2 symbols

**SSF Config 6**

DwPTS : 9 symbols  
Guard : 3 symbols  
UpPTS: 2 symbol

**SSF Config 7**

DwPTS : 10 symbols  
Guard : 2 symbols  
UpPTS: 2 symbol

**SSF Config 8**

DwPTS : 11 symbols  
Guard : 1 symbol  
UpPTS: 2 symbol

อย่าลืมนะครับว่า 1 sub-frame จะมี 14 symbols (CP7 only)  
จะสังเกตนะครับว่า ทุก config จะ รวมได้ 14 symbols หมดทุกอัน...



และที่ทุกคนรอคอย....ด้าน FINAL BOSS...

# Part สุดท้าย : วิธีคำนวณความเร็ว สูงสุดของ TDD LTE!!!

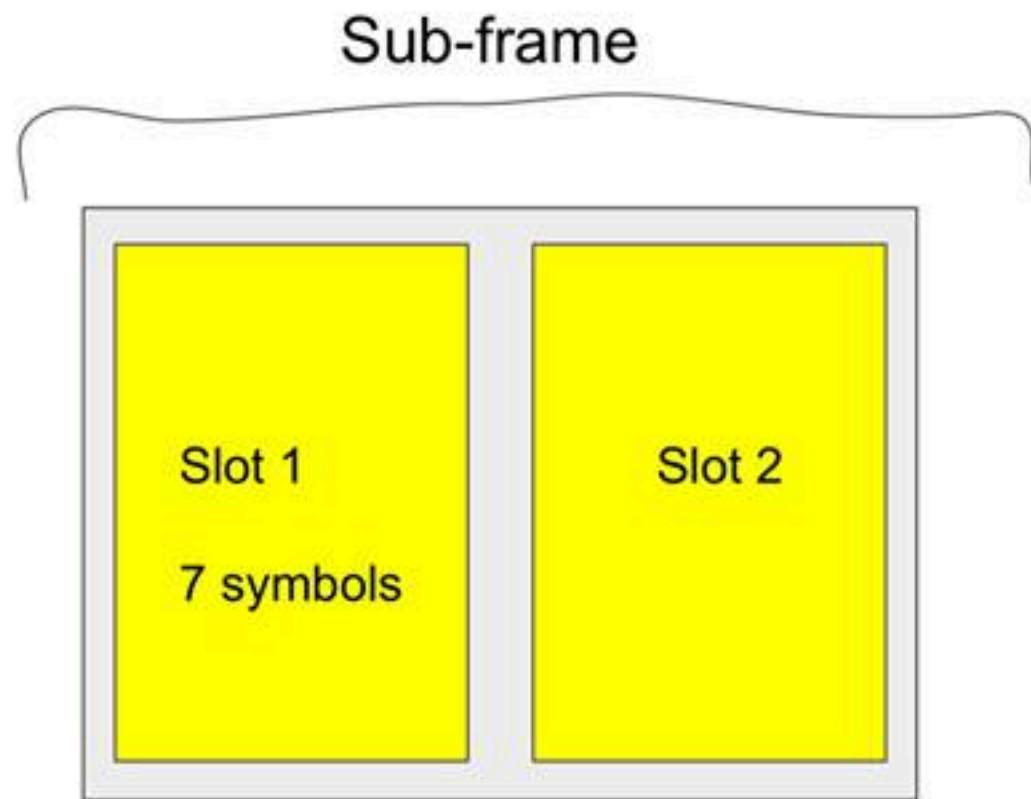
ตอนนี้เราพร้อมแล้วนะครับ...หยิบเครื่องคิดเลขลุยกันได้เลย!!!!

เริ่มจาก download กันดีกว่า...



# ชุมกลับเข้ามาใหม่... เริ่มจาก Sub-frame

ใน Sub-frame จะ  
มี 2 slots...slot หนึ่งมี 7  
symbols...ใน Sub-frame  
มีทั้งหมด **14 symbols**  
(sub carriers ค่อยใส่  
ทีหลังดีกว่า)



# Step 2 : Sub frame config อะไร???

สำหรับคนที่ใช้ iphone  
7/7+ 8/8+ intel

สามารถกด

\*3001#12345#\* โทร

ออก ดู TDD config ได้  
เลยครับ เข้าไปที่ LTE >

Serving Cell Info (สัมผัส

ชุง \*#0011# ไม่มี

network signal guru

ไม่ คอนเฟิร์ม

เราจะใช้ตัวอย่าง  
TDD-LTE  
2500MHz ของ  
Softbank นะครับ  
screenshot จาก  
iphone 7+ intel

"tdd\_sf\_assignment = 2"  
= CONFIG 2!!!!



Phone	4G	23:24	88%
< Back			
phy_cell_id	273		
ul_freq	40340		
sel_plmn_mcc	440		
dl_freq	40340		
num_mnc_digits	2		
freq_band_ind	41		
sel_plmn_mnc	20		
tdd_ssf_patterns	7		
dl_bw	100		
timestamp	2561-02-18 23:23:25 GMT+9		
tdd_sf_assignment	2		
ul_bw	100		

มองหาค่านี้ครับ



# Config 2 มีอะไรบ้าง?

## Config 2

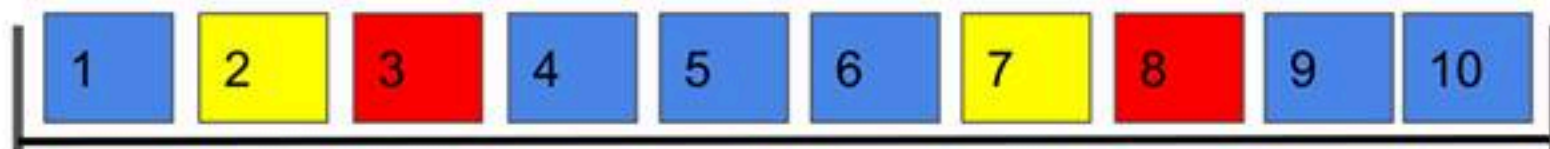
DL : 6ms (60%)

UL : 2ms (20%)

SSF: 2ms (20%)

Subframe DL มี 6 อัน...1 Subframe มี 14 symbols ที่เราเอามาคูณกัน

14 symbols x 6 DL subframes = 84 DL symbols



# Step 3 : Sub-frame พิเศษ config อะไร???

## SSF Config 7

DwPTS : 10 symbols

Guard : 2 symbols

UpPTS: 2 symbol

"tdd\_ssf\_patterns = 7"

= special subframe  
CONFIG 7!!!!

ssf\_config 7 มี download symbols 10 อันใน sub-frame พิเศษ...subframe config 2 มี sub-frame พิเศษ 2 อันต่อ 1 frame...

**84 DL symbols + (10 DwPTS x 2)  
= 104 DL symbols w/DwPTS**



Phone	4G	23:24	88%
< Back			
phy_cell_id	273		
ul_freq	40340		
sel_plmn_mcc	440		
dl_freq	40340		
num_mnc_digits	2		
freq_band_ind	41		
sel_plmn_mnc	20		
tdd_ssf_patterns	7		
dl_bw	100		
timestamp	2561-02-18 23:23:25 GMT+9		
tdd_sf_assignment	2		
ul_bw	100		

มองหาค่าที่นี้นะครับ

Step 4 : Ok...ใส่ 12 subcarriers  
ได้แล้ว  
(ควรรหา DwPTS ก่อนทุกครั้ง)

104 DL symbols w/DwPTS x 12 subcarriers  
= 1,248 DL symbols !!!

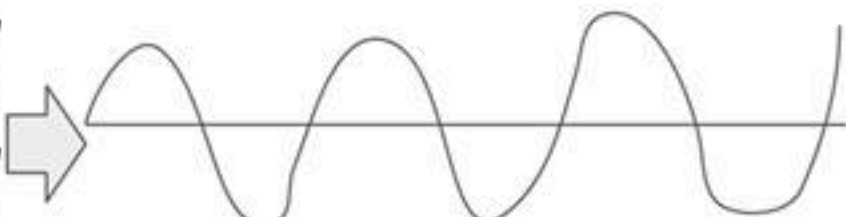
# Step 5 : Modulation

Modulation ก็คือขั้นตอนแปลภาษานั้นเอง  
ครับเราต้องเอา symbols กับ frame พวกนี้  
มาแปลเป็นภาษาที่มีมือถือกับเสาสัญญาณ  
เข้าใจ เราต้องแปล symbols กับ frame มา  
อยู่ในรูปแบบของคลื่นนั่นเองครับ!

จากแบบนี้

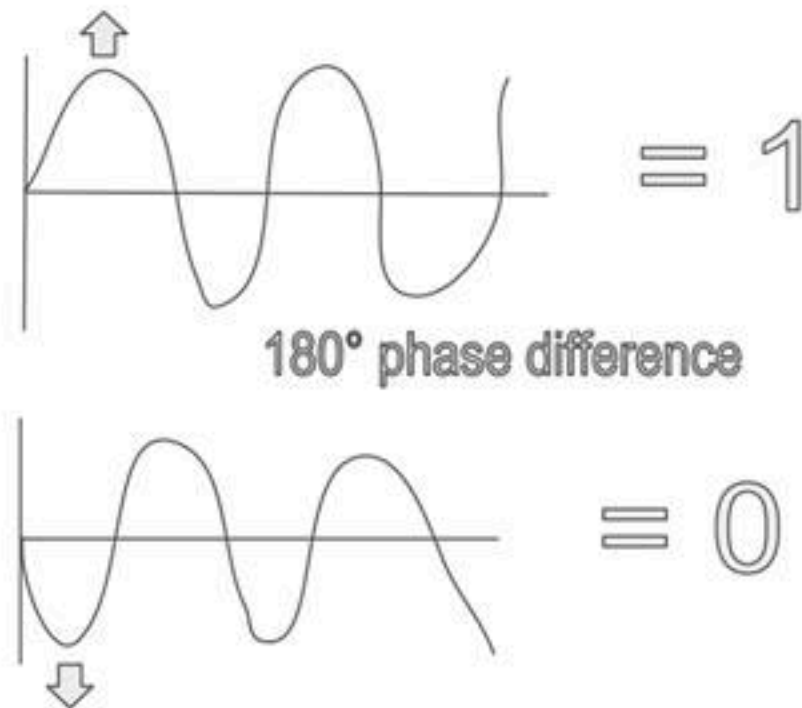
10010101  
10101011

...มาเป็นแบบนี้



เราสามารถใช่เทคนิคการเปลี่ยน phase difference (ความต่างเฟส) ของคลื่นเพื่อแสดงข้อมูลได้ครับ นอกจากนี้แล้วเราก็สามารถแสดงข้อมูลมากกว่าเดิมได้อีกด้วยเทคนิคเปลี่ยนแอมพลิจูดด้วยเช่นกัน!!! นี่เรียกว่า "QAM" *quadrature amplitude modulation*.

ยกตัวอย่าง modulation ระดับ 1 bit "BPSK"





# ระดับ modulation ใน LTE

**QPSK ( $90^\circ$ ) = 2 bit**

**16QAM ( $90^\circ$  + แอมพลิจูด) = 4 bit**

**64QAM ( $90^\circ$  + 2แอมพลิจูด) = 6 bit**

**256QAM ( $90^\circ$  + 3แอมพลิจูด) = 8 bit**

กลับมาคำนวณความเร็วต่อ...

ตอนนั้นผมไม่มีเครื่องที่สามารถเช็ค  
ระดับ modulation ได้  
(\*3001#12345#\* ดูไม่ได้?! แต่  
samsung \*#0011# ดูได้นะครับ)  
งั้นเดาว่าเป็น 64QAM ละกัน...

$1,248 \text{ symbols} \times 6 \text{ (64 QAM)} = 7488 = 748.8 \text{ kbps}$

หลังใส่ modulation เขาไปแล้วเราก็สามารถเปลี่ยนเป็นหน่วยdata kbps ได้!!!

## Step 6 : Resource blocks

ตอนนี้เรากำลังคำนวณแค่ 1 resource block นะ  
ครับ.....SURPRISE!!! resource block จริงๆแล้ว ก็คือ slot  
นั่นเองครับ...แต่พอเราใส่ bandwidth เขาไป เราจะเรียกมันว่า  
"resource block" แทนที่เป็น slot แบบ 3 มิติ...1 resource block  
จะกว้าง(ใช้ bandwidth) 180KHz...สมมติว่าเรามี bandwidth  
ทั้งหมด 20MHz นะครับดังนั้น... $20\text{MHz} / (180\text{KHz} \times 10^{-3}) =$   
 $111 \text{ resource blocks}$  แต่ใช้ได้จริงแค่ 100 เอง :( bandwidth  
20 MHz = 100RB



## Resource block ที่ใช้ได้จริงใน LTE ตาม bandwidth

$20\text{MHz} = 100\text{ RB}$

$15\text{MHz} = 75\text{ RB}$

$10\text{MHz} = 50\text{ RB}$

$5\text{MHz} = 25\text{ RB}$

$3\text{MHz} = 15\text{ RB}$

$1.4\text{MHz} = 6\text{ RB}$

เรามีทั้งหมด 100 RB....

$748.8\text{kbps} \times 100 = 74.88\text{ mbps}!!!$

Phone 4G 23:24 88%

[< Back](#)

phy\_cell\_id 273

ul\_freq 40340

sel\_plmn\_mcc 440

dl\_freq 40340

BW 20MHz !!!

num\_mnc\_digits 2

freq\_band\_ind 41

sel\_plmn\_mnc 20

tdd\_ssf\_patterns 7

dl\_bw 100

timestamp 2561-02-18 23:23:25 GMT+9

tdd\_sf\_assignment 2

ul\_bw 100

# Control channel...

อันนี้ผมขอข้ามรายละเอียดนะครับ...มันซับซ้อนและจะทำให้ทุกคนปวดหัวแน่ๆ พุดง่ายๆพวก PBCH, PCFICH, PDCCH, PHICH มีหน้าที่ควบคุม data traffic พวกนี้จำเป็นต้องเกาะ resource blocks 25% ของที่เรามีตั้งนั้นจริงๆแล้วเราใช้ได้จริงแค่ 75 RB สำหรับ data...

$$74.88 \times 0.75 = 56.16\text{mbps}$$



# Last step : จำนวนของเสา!

ลืมน screenshot อีกหน้าครับต้องขออภัยแต่จำได้ว่าในหน้า "serving cell measurements" มี SINR สองค่าแสดงว่าเป็น 2x2 MIMO ครับ (ส่งข้อมูลผ่าน 2 เสา)

$$56.16 \times 2 = 112.32 \text{ mbps!!!}$$

เสร็จแล้ว!!! :D

# สำหรับ upload ขั้นตอนไม่ต่างกันเลย...ทำใหม่อีกรอบแบบ Express!!!

1. CP7 = 14 symbols/subframe
2. Config 2 = 2 UL subframe =  $14 \times 2 = 28$  UL symbols
3. SSF config 7 = 2 UpPTS symbols/subframe...config 2 มี subframe พิเศษ 2 อัน... =  $2 \text{UpPTS} \times 2 = 4$  upPTS
4.  $28 + 4 \text{UpPTS} = 32$  UL symbols
5. 16QAM มี 4bit =  $32 \times 4 = 12.8$  kbps
6.  $12.8 \text{ kbps} \times 12 \text{ subcarriers} = 153.2 \text{ kbps}$
7.  $20 \text{ MHz} = 100 \text{ RB} = 15.32 \text{ mbps}$
8.  $15.32 \text{ mbps} \times 0.75 = 11.49 \text{ mbps}$
9.  $1 \times 1 \text{ SISO} = 11.49 \text{ mbps} \times 1 = 11.49 \text{ mbps}!!!$  (UL ไม่มี MIMO)



# สรุป

ความเร็วสูงสุดของ TDD-LTE  
config sf/sff (2/7) 20MHz 2x2 MIMO 64/16QAM ก็คือ...

112.32/11.49 mbps

