

February 27, 2018

5G NR TDD における低遅延の 実現について

クアルコムジャパン株式会社



TDDの同期運用とフレーム構成（技術的な一般論）

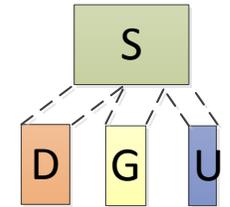
- TDDはトラフィック特性に応じてUL/DLの割合やフレーム構成を柔軟に設定することが可能
- TDDの運用ではUL-DLの干渉を避けるためには、各基地局が同期していることが望ましい
 - 異なる事業者が隣接した帯域でTDDを運用する場合、事業者間でも同期する必要がある
 - 事業者間、またはチャンネル間で非同期運用を行う場合はガードバンドが必要
 - 非同期運用する場合、UL-DLの干渉により周波数利用効率が低下する
- 同期運用する場合はTDDの柔軟性が失われる可能性がある

LTEのTDD UL/DL構成

- LTE ではUL/DLの比率、UL/DLの切替ポイントの異なる7つのTDD UL/DL構成が規定されている
- 5 msごとに1フレームあたり2つのUL/DL切替ポイントのあるConfiguration 2 が一般的に使用されている
 - HARQ ACK/NAK の遅延が最大5 ms

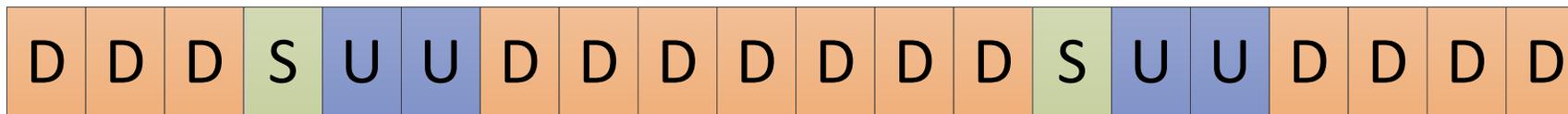


1 subframe=1 ms



D – DL subframe
S – Special subframe (DL-UL switch point)
U – UL subframe
G – Guard period

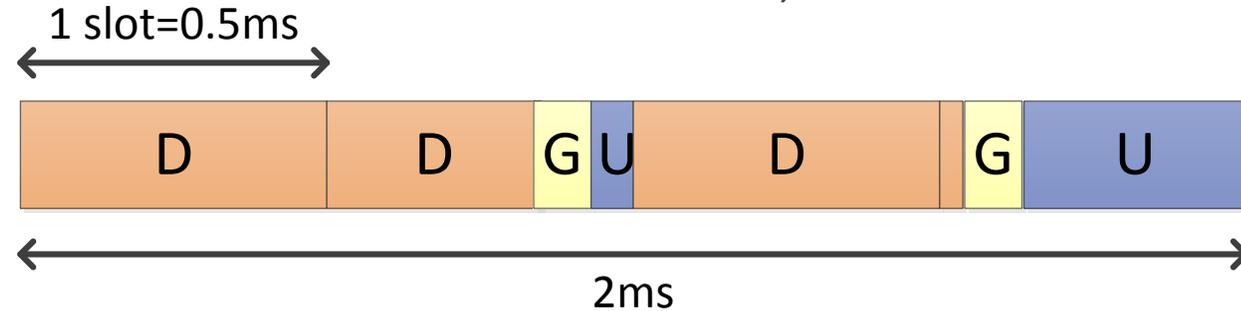
- 5G NRは非常に柔軟に設計されているが、LTEと同期する場合は以下のフレーム構成をとらざるを得ないため、LTEと同様にHARQ ACK/NAK の遅延が最大5 msとなる(30 kHzのサブキャリア間隔を想定)



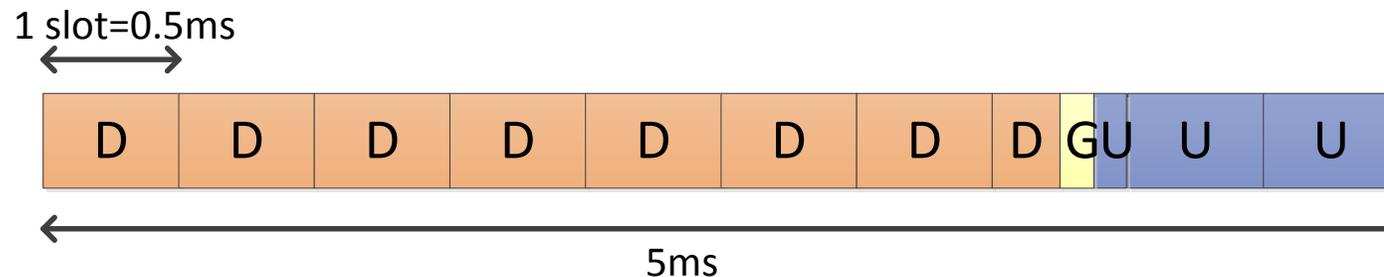
1 slot=0.5ms

低遅延を実現する5G NRのTDD UL/DL構成

- 1 msの低遅延を実現(HARQ ACK/NAKのRTTを最大1 ms)するためには、以下のようなUL/DL構成をとる必要がある (例)
 - DSDU構成 (30 kHz SCS, NR multi-slot structure)



- LTEと同期するUL/DL構成では、HARQ ACK/NAKの遅延が遅延が最大5 msとなる
 - DDDDDDDSUU 構成 (30 kHz SCS, matching LTE TDD Config 2 DSUDD)



D – DL subframe
U – UL subframe
G – Guard time

DSDU構成の特徴

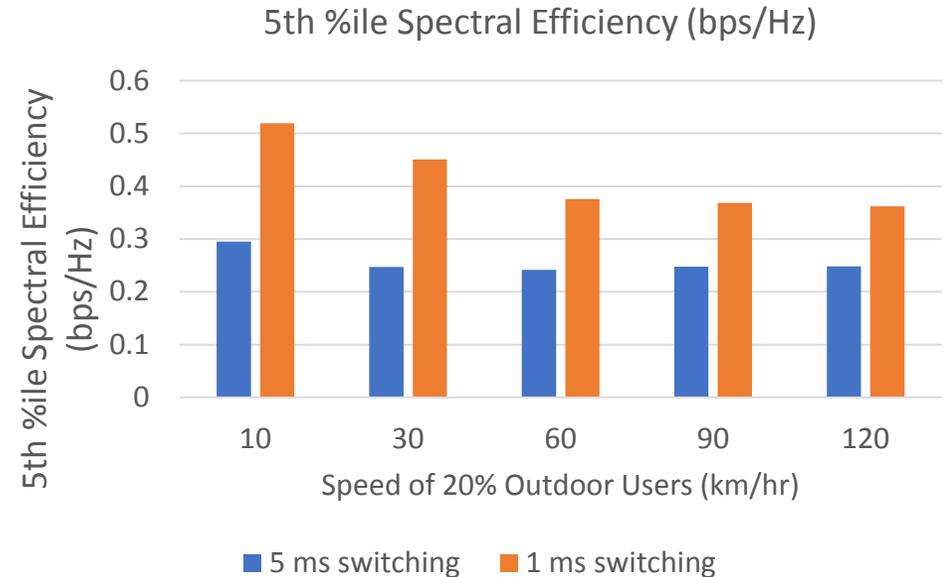
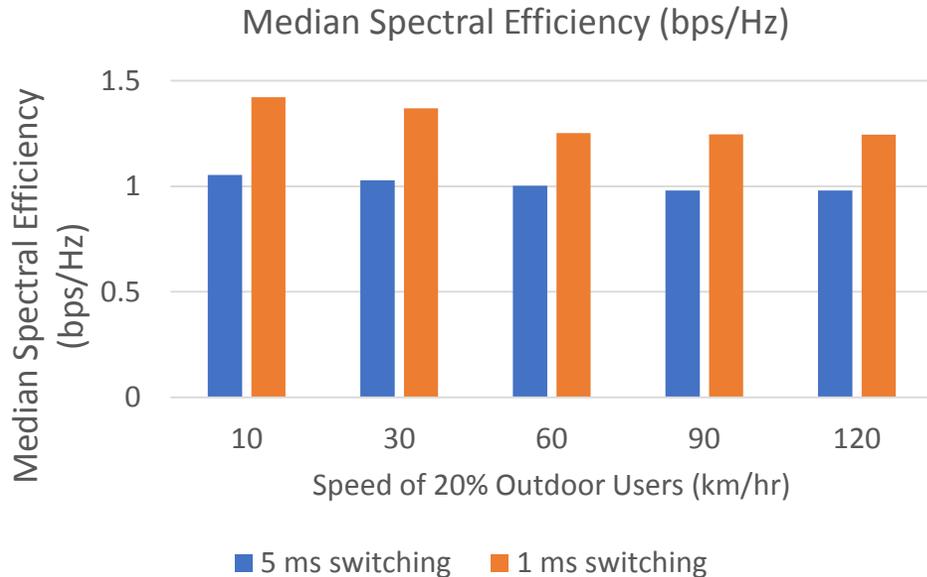
UL/DLの切替が頻繁に起こるスロット構成はLTEの構成に比べて多くの利点がある

- 遅延:
 - UL/DLともにHARQ ACK/NAKの遅延が低減される
 - HARQ ACK/NAKプロセスの低遅延化によりTCP Window Size Adaptationの高速化（ユーザースループット、体感速度の向上）
- フォワードコンパティビリティ:
 - eMBBサービスとURLLCサービスを混在させることが可能
- チャネル推定:
 - 頻繁なULフィードバック (SRS, CQI) により最適なチャネル推定が可能 (P6-7のシミュレーション結果を参照)
 - 正確なDL precodingによるMU-MIMO運用の最適化
 - 適切なリンクアダプテーション（変調方式の選択）
- DL HARQ プロセスの低減（端末）:
 - 頻繁にACKを受信することになるため、多くの受信データをバッファリングする必要がなくなる

システムシミュレーション*結果(1): 周波数利用効率

フルバッファートラヒック

- 頻繁なSRS (Sounding Reference Signal)の送信により周波数利用効率が增加する
 - 5 msのSRS周期を使用するDDDDDDDSUU 構成(LTE Config 2互換)のほうが効率が悪くなる

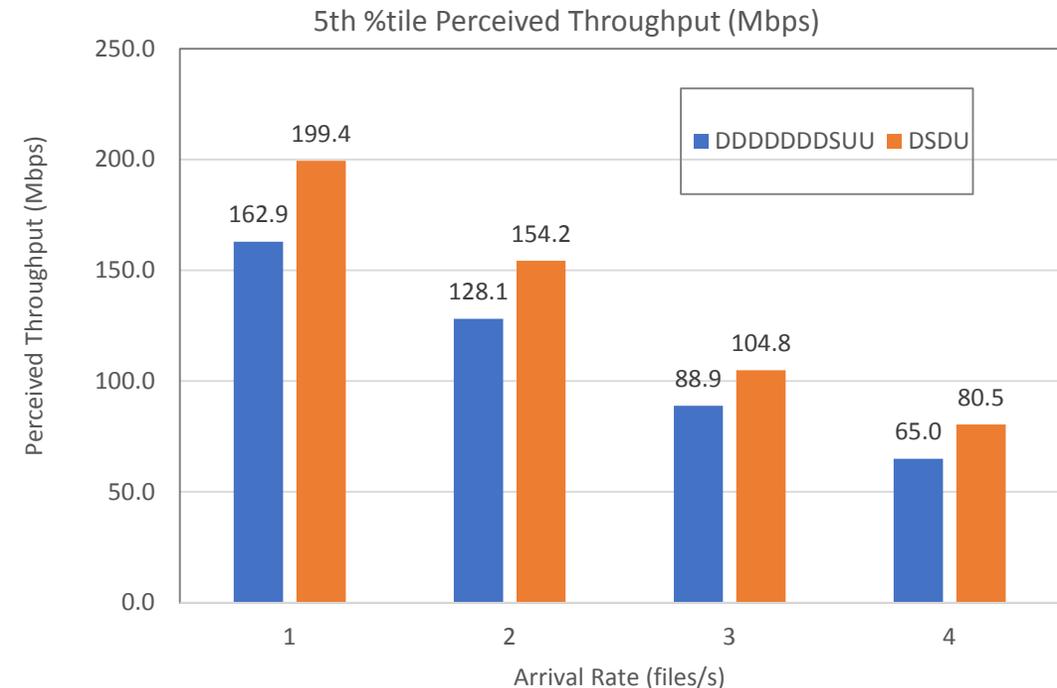
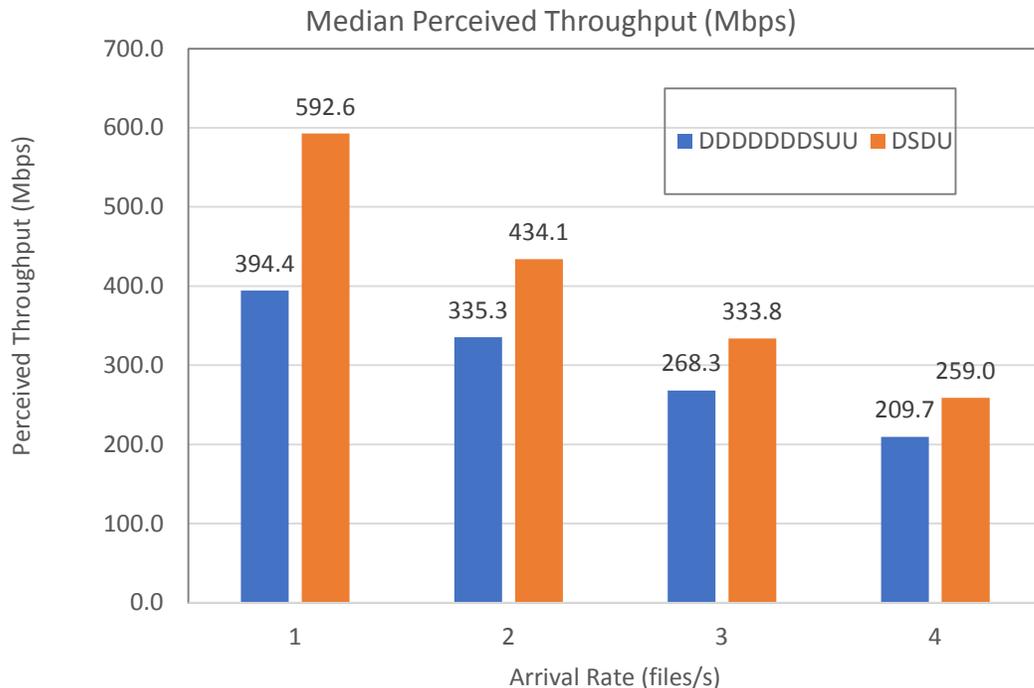


* 3GPP Simulation Model
80% Indoor, 20% Outdoor users

システムシミュレーション結果(1): 体感スループット

バーストラヒック

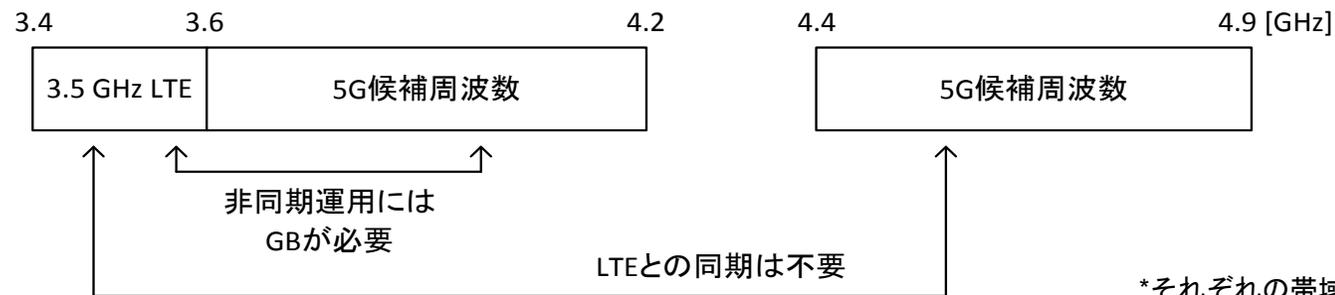
- 短いUL/DL切替間隔によりユーザの体感スループットが増加する



DSDU構成は頻繁なUL/DLの切替で生じるオーバーヘッドの増加があっても、低遅延、フォワードコンパティビリティ、および高い周波数利用効率を実現することが可能である

結論

- **5G NRの低遅延を実現するためには、UL/DLの切替間隔を5 ms未満にする必要がある**
 - 超低遅延を実現するフレーム構成はLTEとの互換性はない
- **5G NRとLTEが隣接したバンドで運用され、低遅延の実現が必要な場合はガードバンドが必要**
 - ガードバンドの帯域幅は条件によるため、詳細検討が必要
 - 4Gで実施した検討を参照(平成25年度 携帯電話等高度化委員会報告,第4世代移動通信システム (IMT-Advanced)の技術的条件)
- **低遅延の実現とガードバンドの必要性のトレードオフについて考慮する必要がある**





Thank you!

Follow us on:   

For more information, visit us at:

www.qualcomm.com & www.qualcomm.com/blog

Nothing in these materials is an offer to sell any of the components or devices referenced herein.

©2018 Qualcomm Technologies, Inc. and/or its affiliated companies. All Rights Reserved.

Qualcomm is a trademark of Qualcomm Incorporated, registered in the United States and other countries. Other products and brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective owners.

References in this presentation to “Qualcomm” may mean Qualcomm Incorporated, Qualcomm Technologies, Inc., and/or other subsidiaries or business units within the Qualcomm corporate structure, as applicable. Qualcomm Incorporated includes Qualcomm’s licensing business, QTL, and the vast majority of its patent portfolio. Qualcomm Technologies, Inc., a wholly-owned subsidiary of Qualcomm Incorporated, operates, along with its subsidiaries, substantially all of Qualcomm’s engineering, research and development functions, and substantially all of its product and services businesses, including its semiconductor business, QCT.

Backup Slides

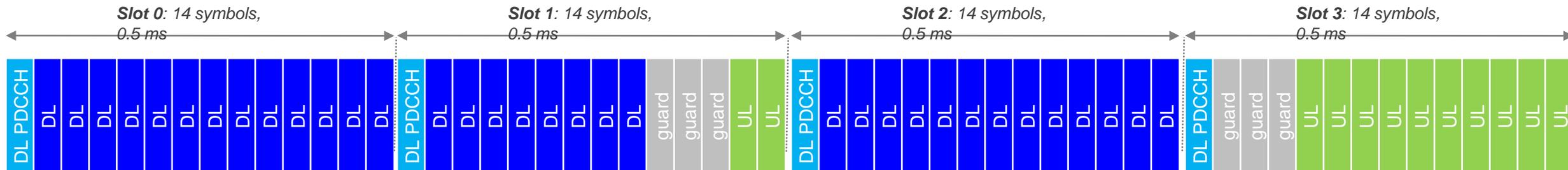
IMT-2020における低遅延の要求条件

- IMT-2020 の要求条件では、遅延に対する以下の要求条件が規定されている
 - 4 ms (eMBB)
 - 1 ms (URLLC)

[参照] ITU-R M.2410 Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface

3:1 UL/DL config which also enables very low latency opportunity

- For **sub-6**: 1 UL/DL switch per 1ms => 5x faster than LTE
 - The picture illustrates “DSDU” equivalent TDD configuration with periodicity of 2ms (30kHz SCS)
 - The 2nd DL slot contains limited UL opportunity enabling very fast turnaround when desired/necessary
 - Bulk of UL traffic goes on 4th slot



DL reference signals (DL DMRS) & UL Reference + Sounding (UL DSMR, SRS) not showed for simplicity

These UL symbols can also carry TCP ACKs, thus enabling very low latency traffic

These UL data symbols can carry the “latency insensitive” UL traffic

3GPP System Simulation Assumptions

Scenario	UMi, ISD = 200 m
Layout	57 cells w/wraparound, 10 UEs/cell
# Antenna Elements, # TXRU	BS : (M, N, Mg, Ng, P) = (8, 8, 1, 1, 2) with 64 TXRU (2 V elems combined) (X-4 Rx at UE (X-pol)
Outdoor UEs	20%
Carrier Frequency	3.5 GHz
Bandwidth	Sys BW = 100 MHz, Sim BW = 10 MHz
Numerology	30 KHz SCS, 0.5 ms slot
BS Antenna down tilt	14 degrees
BS Antenna spacing	$d_H = 0.5 \lambda$, $d_V = 0.8 \lambda$
Antenna Gain	BS : 8 dBi per element; UE : 0 dBi
Max Tx Power (over 100 MHz)	BS : 44 dBm ; UE : 26 dBm
Noise Figure	BS : 5 dB ; UE : 9 dB
Processing Gain for SRS	Based on Link-Sim
UE Antenna spacing	0.5λ linear array (X-pol)
Doppler	3 kmph (Indoor), {10,30,60,90,120} kmph (Outdoor)
Penetration Loss	According to 38.901 (low-loss model)
Guard Band Overhead	10% (Useful BW : 25 RBs of 360 KHz each over 10 MHz)
UL SRS Power Control	Targets -5 dB UL SNR
Traffic model	Full Buffer and Bursty FTP model 3, 0.5 MB file size
Scheduler	MU MIMO + subband p-fair scheduling (5 sub-bands)
Channel Estimation	Realistic