

Analiza i symulacje wydajności sieci bezprzewodowych w zastosowaniach wewnętrzzbudynkowych: 5G vs Wi-Fi

01.12.2017

Grzegorz Domeradski

grzegorz.domeradski@nokia.com

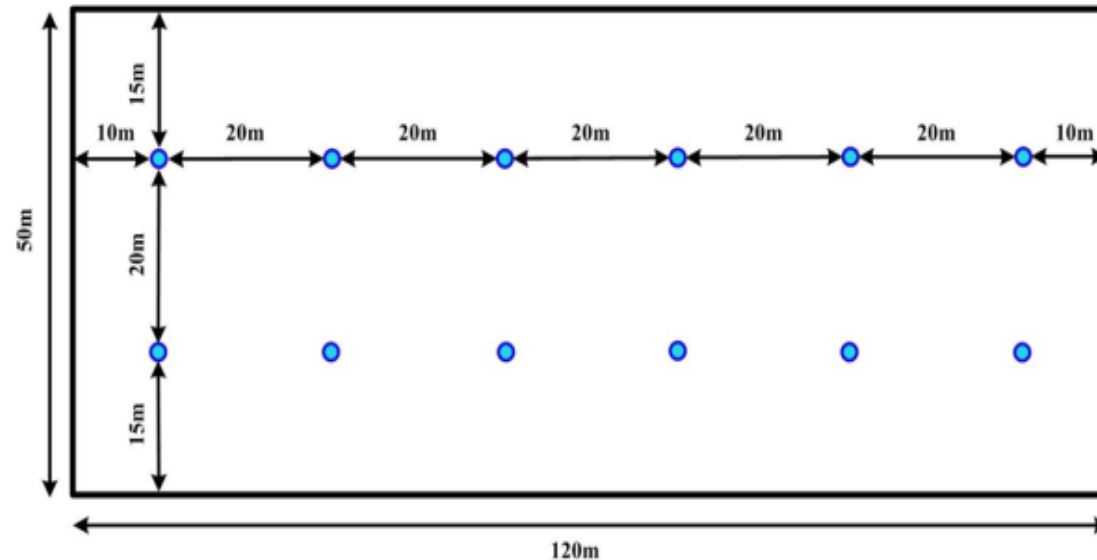
Wstęp

- Badania miały na celu porównać sieć 5G z siecią Wi-Fi w zdefiniowanym przez 3GPP środowisku wewnątrzbudynkowym
- Wszystkie badania zostały przeprowadzone za pomocą symulatorów utrzymywanych i rozwijanych przez Nokia Bell Labs
- Podczas symulacji użyto takiego samego środowiska testowego, aby dokładnie wskazać różnice pomiędzy dwoma technologiami

Scenariusz symulacji

Ustawienia środowiska

Nazwa	Wartość
Środowisko	3GPP Indoor
Ilość punktów dostępowych/stacji bazowych	12
Model ruchu terminali	Statyczny
Wybór lokalizacji terminali	Losowy



Scenariusz symulacji

Modele ruchu sieciowego

Kierunek/Charakterystyka	FTP	CBR
DL - downlink	20 MB plik do pobrania przez użytkownika	8 Mbps stream pobierany przez użytkownika
UL – uplink	20 MB plik do wysłania przez użytkownika	8 Mbps stream generowany przez użytkownika
Asymmetric (DL 80%/UL 20%)	16 MB plik do pobrania i 4 MB plik do wysłania przez użytkownika	6.4 Mbps stream pobierany 1.6 Mbps stream generowany przez użytkownika

- Wielkość ruchu sieciowego jest kontrolowana przez ilość aktywnych użytkowników
 - FTP: sesja jest inicjalizowana raz i trwa dopóki plik nie zostanie całkowicie przesłany
 - CBR: sesja inicjalizowana jest raz na początku i trwa przez cały czas symulacji

Wi-Fi configuration

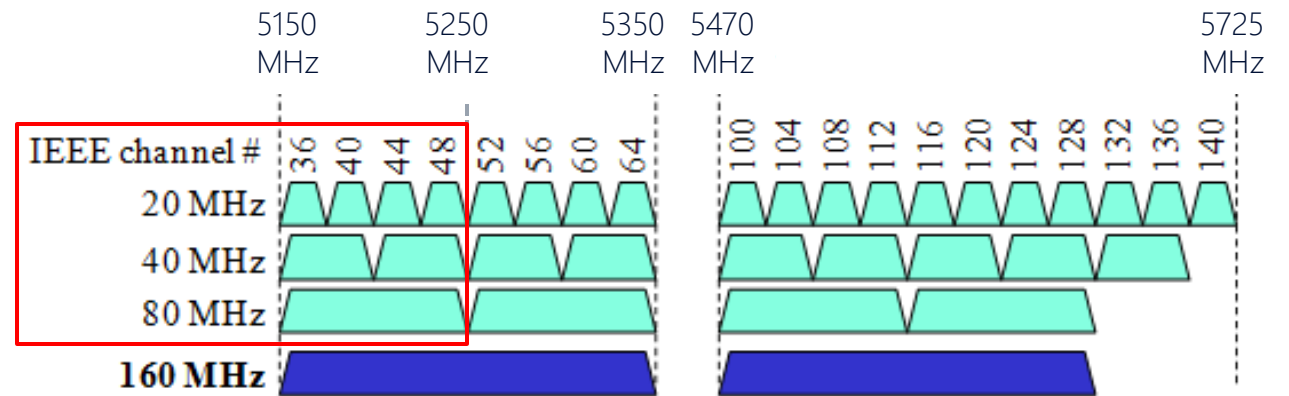
Wi-Fi oparte na standardzie 802.11ax	
Downlink & Asymmetric	Uplink traffic
Szerokość pasma zależna od scenariusza	
Pasma 5GHz	
SU-MIMO 4x4	
QoS: Best Effort	
Agregacja pakietów	
Czas trwania symbolu OFDM 16 μ s	
Maksymalny, dostępny MCS: 1024QAM 5/6	
Adaptacja łącza oparta na ACK	
Brak OFDMA	OFDMA z round robin
RTS/CTS	Brak MU-RTS/CTS

Konfiguracja 5G

5G		
Downlink	Asymmetric	Uplink
Szerokość pasma zależna od scenariusza		
Pasma 3.5GHz/28GHz		
SU-MIMO 4x4 (3.5GHz i 28GHz), 64x16 (28 GHz); DL 2 kanały, UL 1 kanał		
Modelowanie kanału zgodnie z 3GPP TR 38.901		
200 μ s TTI z 14 symbolami na TTI		
TDD radio frame: (D=DL, S=Special, U=UL)		
DSUDDDDDDD	USUUDUDDDD	DSUUUUUUUU
Adaptacja łącza oparta na raportach CQI, wspierana modulacja dla DL: 256QAM		

Szerokość pasma 80MHz

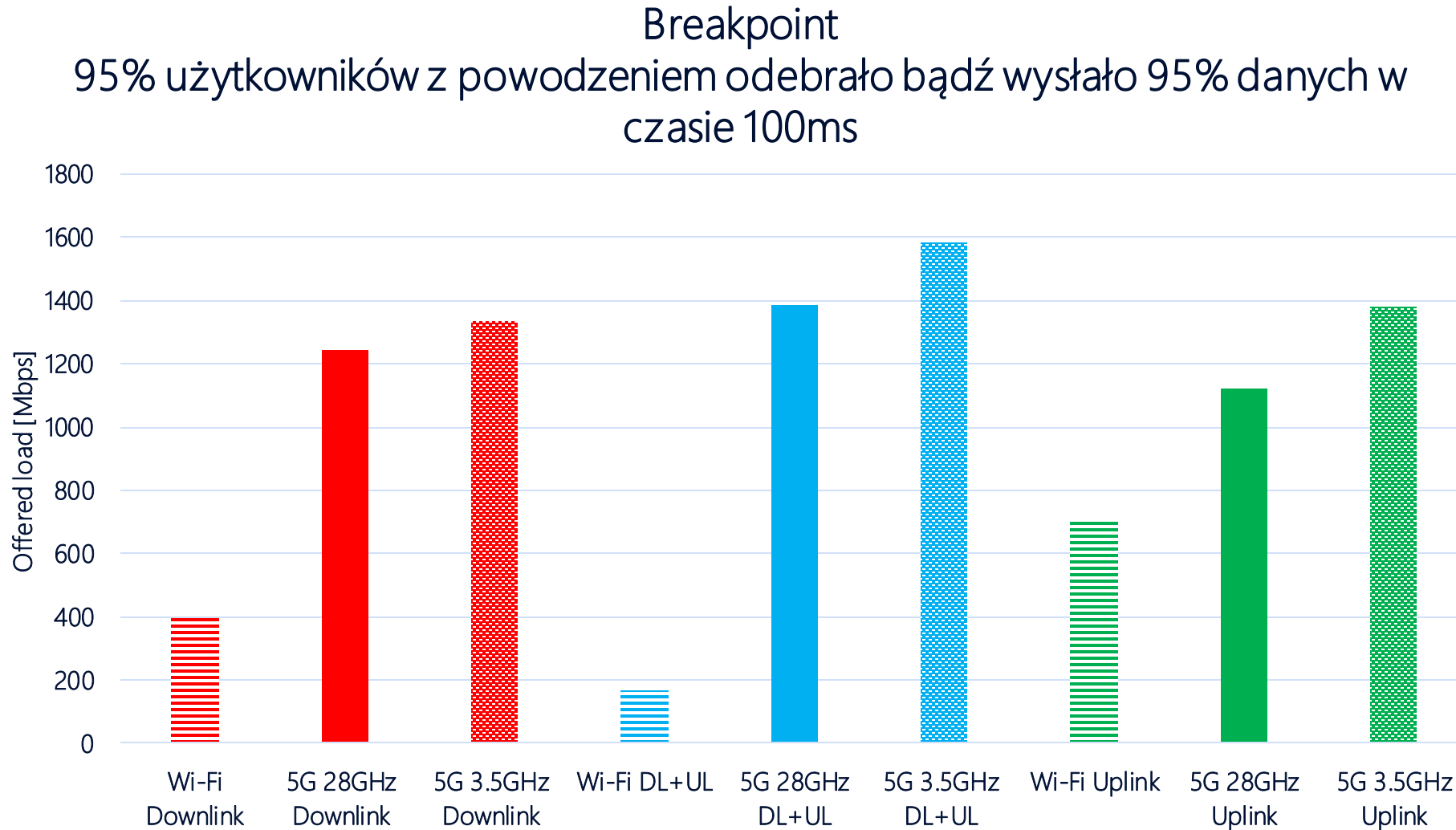
- Dla Wi-Fi oznacza to przypadek, w którym sieć działa w zakresie pasma 5150 – 5250 MHz natomiast kanały zostały dobrane w zależności od wydajności sieci dla wybranego scenariusza



- Dla 5G oznacza, że każdy gNB działa z tym samą częstotliwością z kanałem o szerokości 80MHz

Wyniki

Model ruchu sieciowego - CBR

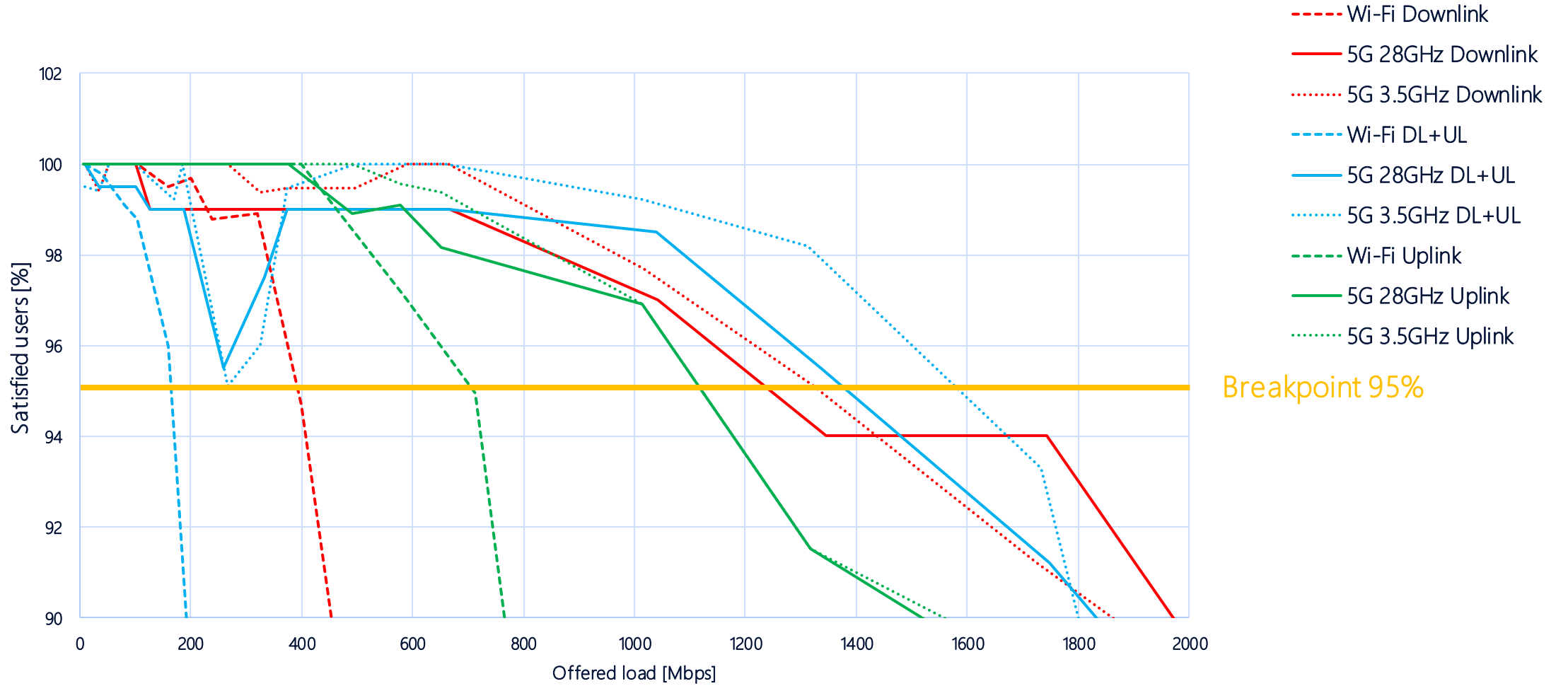


Uwagi:

- Różnice pomiędzy DL i UL w przypadku Wi-Fi wynikają z dostępności OFDMA dla UL
- Brak dobrze działającej funkcjonalności MU-RTS/CTS spowodowało słabe wyniki Wi-Fi w ruchu asymetrycznym

Wyniki

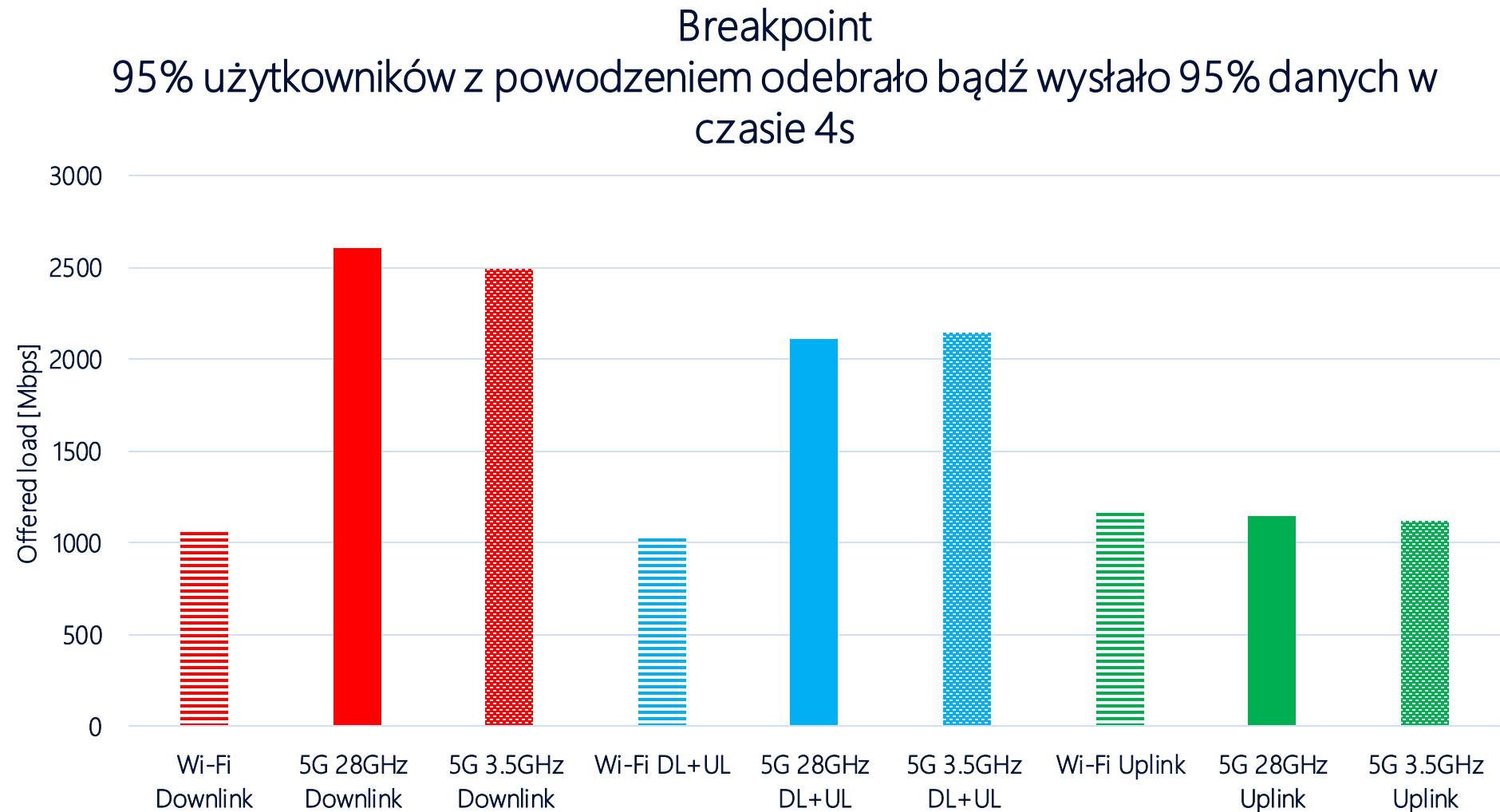
Model ruchu sieciowego - CBR



Breakpoint 95%

Wyniki

Model ruchu sieciowego - FTP

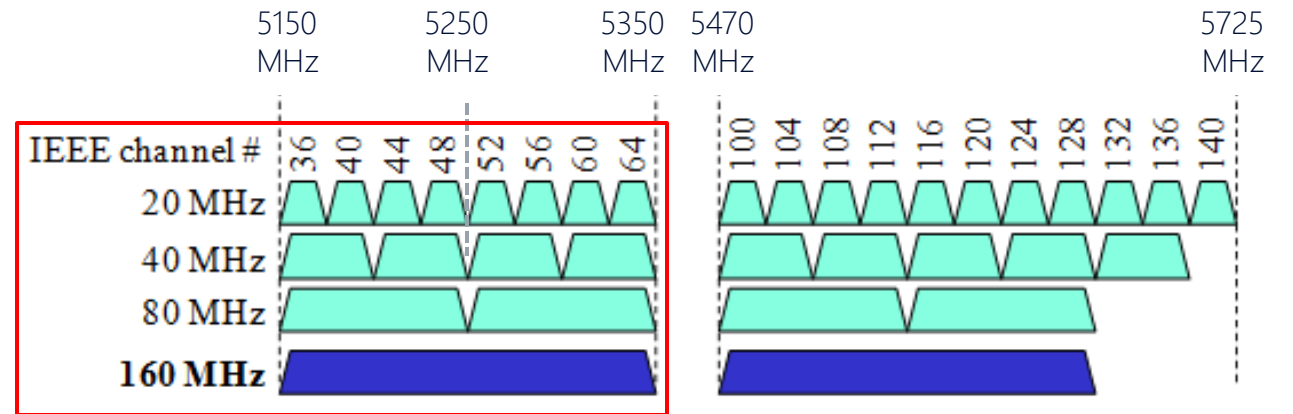


Uwagi:

- Podczas wysyłania dużej ilości danych za jednym razem, relatywna wydajność Wi-Fi jest lepsza niż w przypadku CBR w szczególności dla UL
- Dla transmisji dużych plików Wi-Fi może całkowicie wykorzystać agregację pakietów
- Różnice pomiędzy DL i UL dla 5G wynikają z większej ilości kanałów dla DL

Szerokość pasma 160MHz

- Dla Wi-Fi oznacza to przypadek, w którym sieć działa w zakresie pasma 5150 – 5350 MHz natomiast kanały zostały dobrane w zależności o wydajności sieci dla wybranego scenariusza

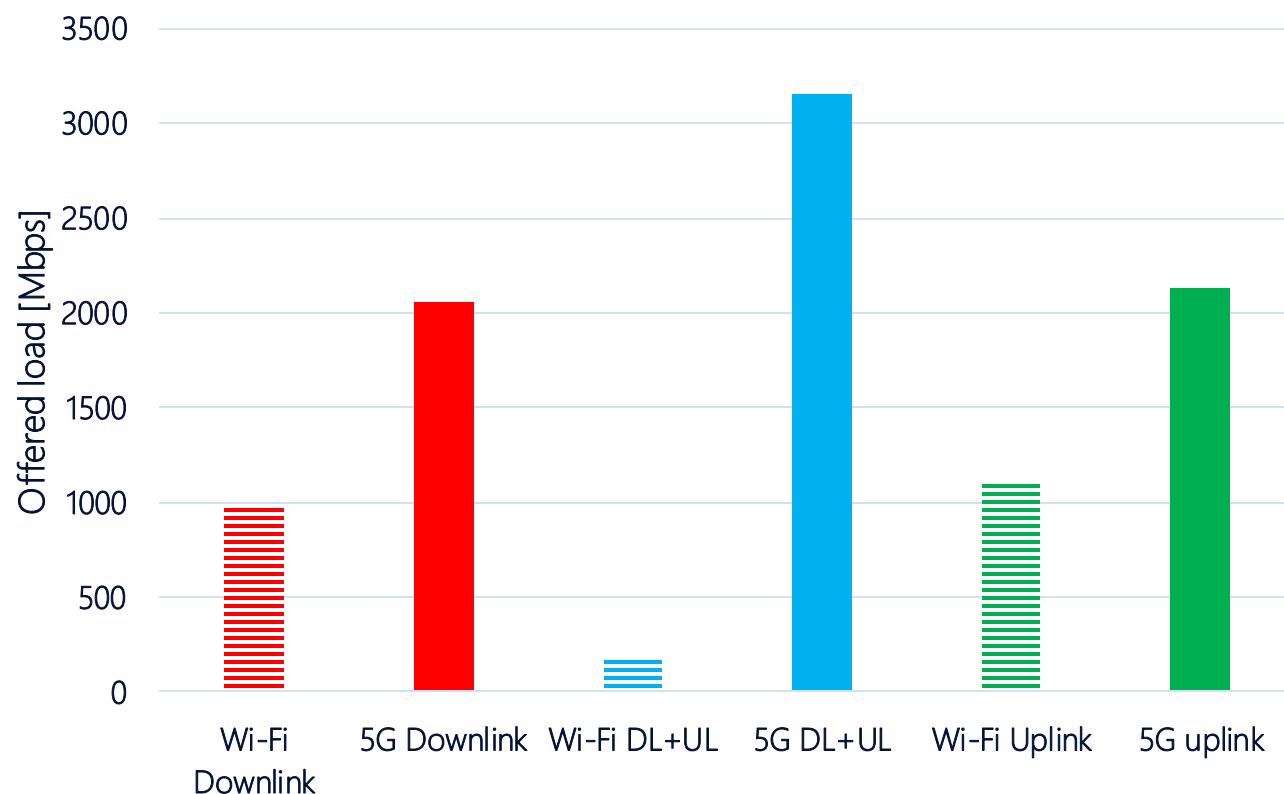


- Dla 5G oznacza, że każdy gNB działa z tym samą częstotliwością z kanałem o szerokości 160 MHz

Wyniki

Model ruchu sieciowego - CBR

Breakpoint
95% użytkowników z powodzeniem odebrało bądź wysłało
95% danych w czasie 100ms

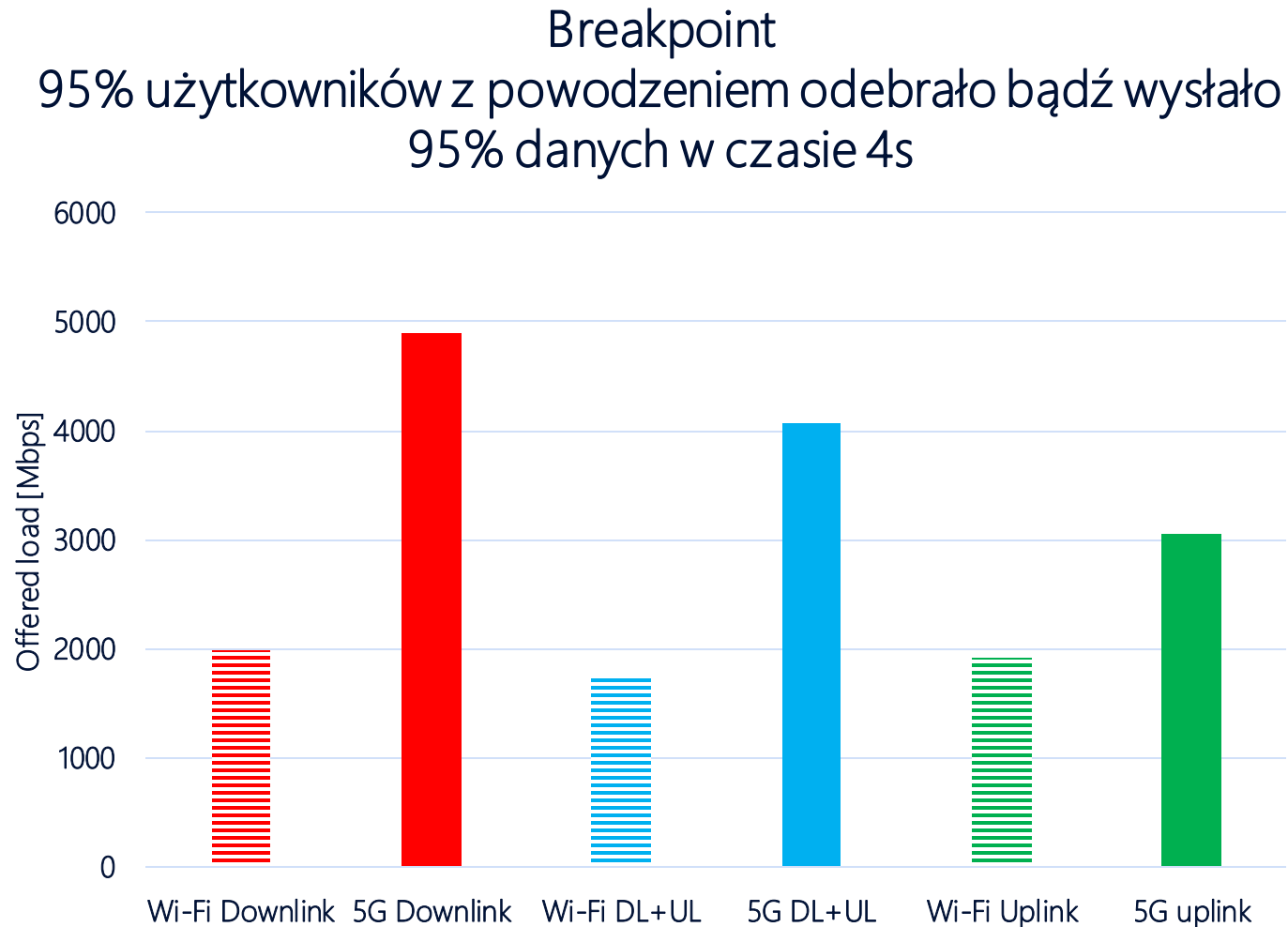


Uwagi:

- Dla DL i UL szersze pasmo polepsza Wi-Fi w stosunku do 5G
 - Większa pojemność oznacza mniej rywalizacji o dostęp do łącza
 - Mniej problemów związanych z ukrytymi węzłami
- Dla ruchu asynchronicznego Wi-Fi traci z tego samego powodu jak dla szerokości pasma 80MHz
 - Wydajność Wi-Fi mogłaby zostać zoptymalizowana poprzez lepszą implementację MU-RTS/CTS oraz lepsze szeregowanie pakietów

Wyniki

Model ruchu sieciowego - FTP



Uwagi:

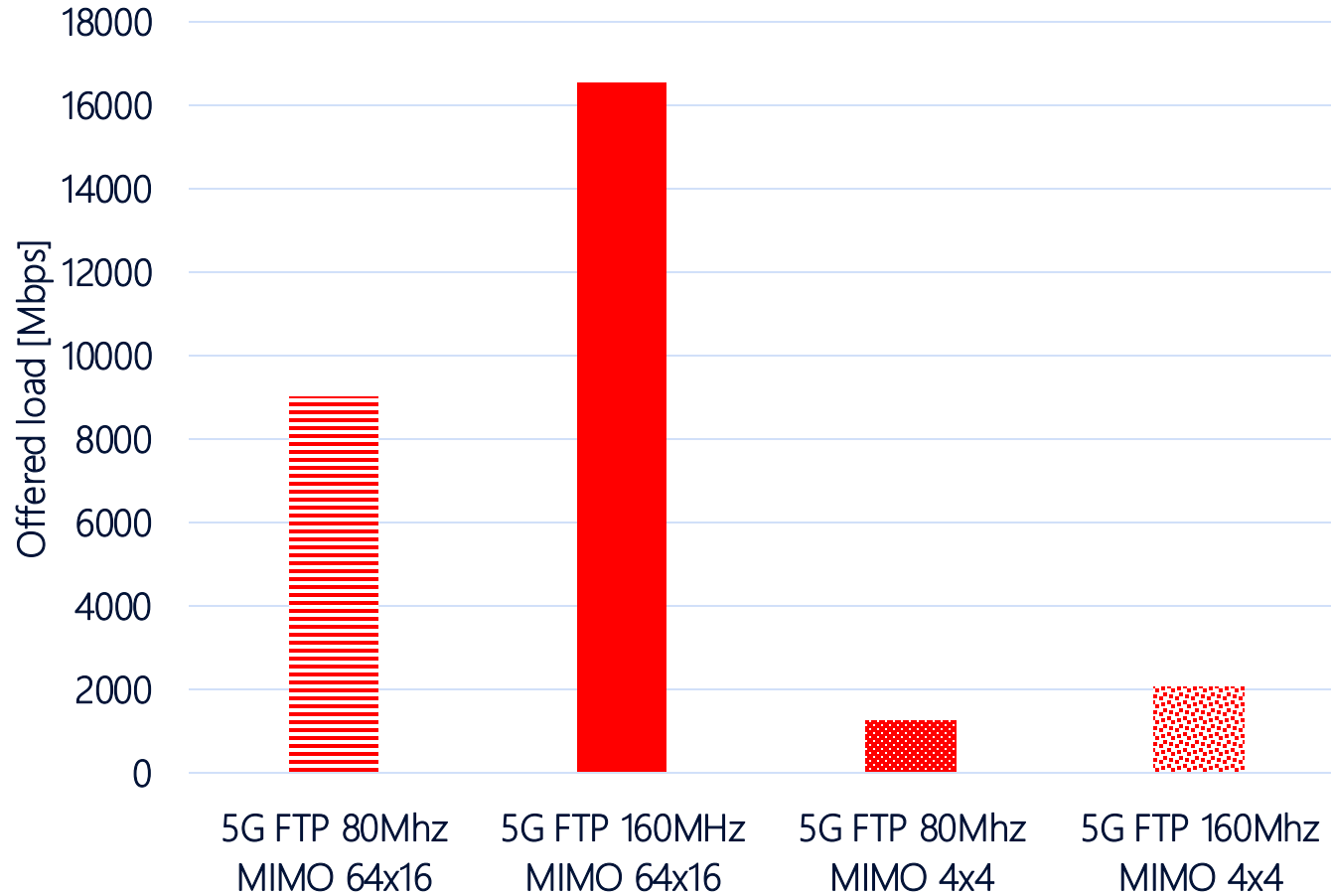
- Relatywna różnica pomiędzy 5G i Wi-Fi pozostaje taka sama jak przy szerokości pasma 80MHz
- Różnice pomiędzy DL i UL dla 5G wynikają z większej ilości kanałów dla DL

**Szerokość pasma
80MHz & 160MHz
MIMO 64x16 dla 28 GHz**

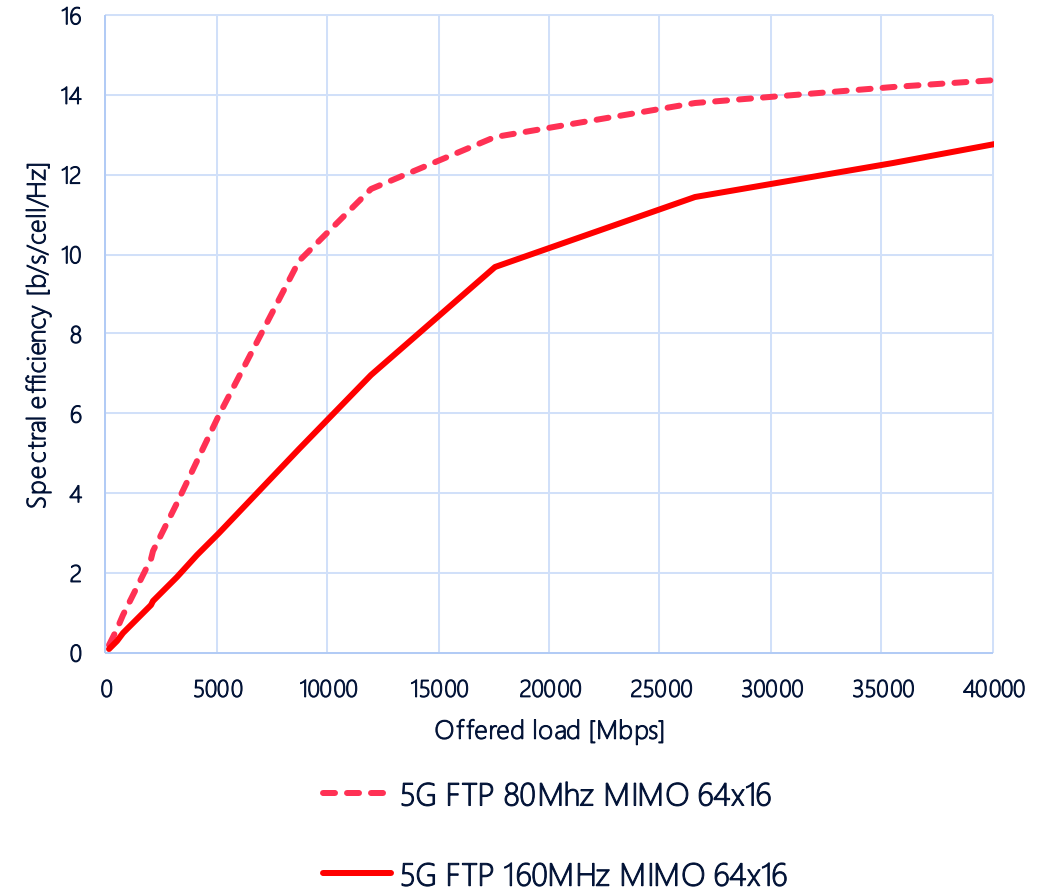
Results

Model ruchu sieciowego – Downlink FTP

FTP Breakpoints



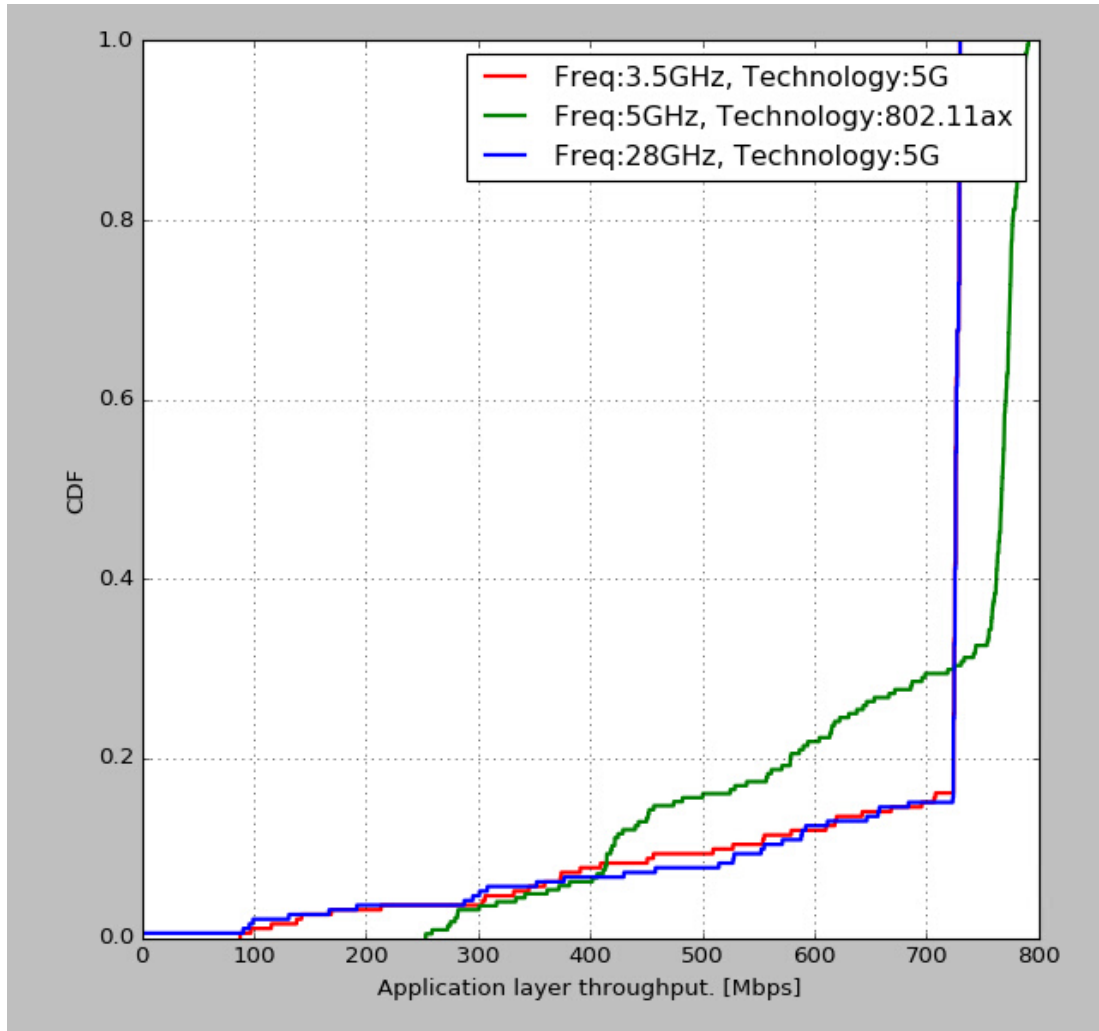
Wydajność widmowa FTP



Scenariusz z małym obciążeniem sieci

- Wszystkie wcześniejsze scenariusze opierały się na znajdowaniu breakpoint'ów podczas dużego obciążenia sieci
- Ten scenariusz pokazuje osiągalną przepustowość z perspektywy jednego użytkownika podczas, gdy sieć nie jest obciążona

Wydajność DL podczas niskiego obciążenia sieci, szerokość pasma 80 MHz



- Ogólna wydajność z punktu widzenia pojedynczego użytkownika jest porównywalna dla obu systemów
- Wi-Fi ma nieznacznie lepszą maksymalną przepustowość z powodu wyższej modulacji
- Lepsze zarządzanie zasobami radiowymi 5G powoduje, że ~85% użytkowników może cieszyć się najlepszą przepustowością natomiast w przypadku Wi-Fi ~70%

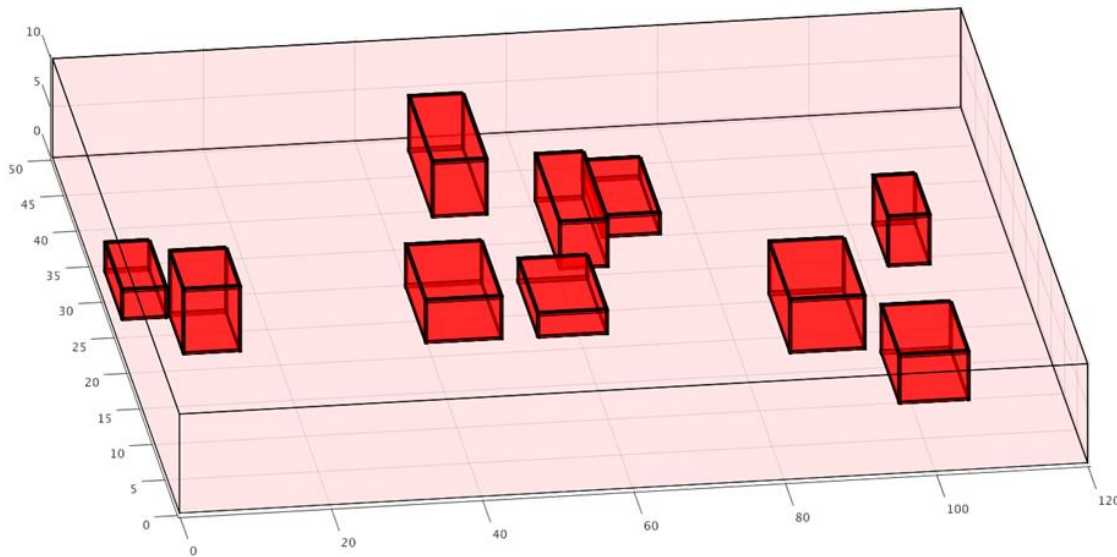
Podsumowanie, 1/2

- Dla scenariuszy z dużym obciążeniem, sieć 5G osiągnęła lepszą wydajność niż Wi-Fi w prawie każdym zasymulowanym przypadku
- W przypadku niskiego obciążenia sieci przy odpowiednim dopasowaniu i zwymiarowaniu sieci do spodziewanego ruchu sieciowego Wi-Fi działa dobrze
- Różnica w wydajności systemów w znacznym stopniu zależy od typu ruchu sieciowego: Wi-Fi najlepiej radzi sobie z dużymi pakietami danych, które minimalizują występowanie zjawiska rywalizacji o łącze
- Najlepszym doбором kanałów dla Wi-Fi okazały się kanały o szerokości 80 MHz dla ruchu FTP oraz kanały o szerokości 20 MHz dla ruchu CBR

Podsumowanie, 2/2

- Główny powód, dla którego 5G okazało się bardziej wydajne w szczególności dla scenariuszy z dużym obciążeniem jest koordynacja na poziomie systemowym, podczas gdy Wi-Fi działa lokalnie.
 - Prawidłowo działająca funkcjonalność 802.11ax multi-user RTS/CTS może zminimalizować te różnice
- Innym czynnikiem różnicującym 5G i Wi-Fi jest adaptacja łącza. 5G opiera się na skomplikowanych algorytmach pomiarowych, podczas gdy Wi-Fi działa na mechanizmie prób i błędów
- Dodatkowo Wi-Fi skupia się na unikaniu jednoczesnych transmisji, a 5G na maksymalnym wykorzystaniu dostępnego pasma
- Warstwa MAC Wi-Fi jest zoptymalizowana na osiągnięciu największej przepustowości, a nie na zapewnianiu takiej samej jakości usług dla wszystkich użytkowników
- 5G zapewnia wyższą wydajność sieci dla scenariuszy z dużym obciążeniem, natomiast przy niewielkim obciążeniu wydajności są porównywalne

Industry 4.0



Nowe modele ruchu sieciowego:

- Rozszerzona rzeczywistość
- Kamery przemysłowe
- Urządzenia IOT