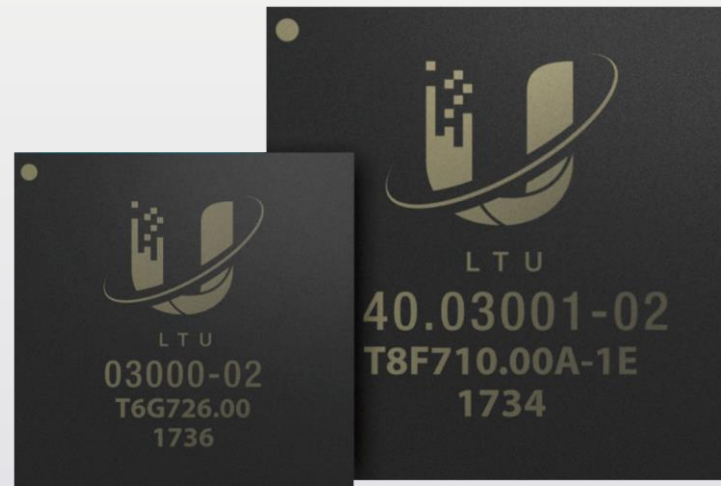


Nowy protokół **Ubiquiti LTU**

Innowacja na ekstremalne warunki radiowe!



Rodzina Ubiquiti LTU



Ubiquiti LTU-Rocket



- Maksymalna przepustowość: **675,84Mbps** (1+Gbps po aktualizacji firmware)
- Zasięg: ok. **100km** (zależne od anteny)
- Pakiety na sekundę: ponad **2 miliony**
- Korekcja błędów w blokach danych cyfrowych: **LDPC**
- Uplink/Downlink Ratio: **25/75, 33/67, 50/50**
- Wireless Mode: **AP**
- Częstotliwość pracy EU: **5150-5875MHz**
- Częstotliwość pracy Worldwide: **4900-6200MHz**
- Szerokość kanału: **10/20/30/40/50 MHz**
- Synchronizacja **GPS**

Ubiquiti LTU-Lite



- 1024 QAM
- Zasięg: do **10km**
- Zysk anteny: **13dBi**
- Szerokość wiązki: **45°**
- Szerokość kanału: **10/20/30/40/50 MHz**
- Uplink/Downlink Ratio: **25/75, 33/67, 50/50**
- Wireless Mode: **CPE**
- Częstotliwość pracy EU: **5150-5875MHz**
- Częstotliwość pracy Worldwide: **4900-6200MHz**
- Synchronizacja **GPS**
- Zasilanie: 24V Passive PoE

Ubiquiti LTU-Pro



- 1024 QAM
- Zasięg: do **25km**
- Zysk anteny: **24dBi**
- Szerokość wiązki: **14°**
- Szerokość kanału: **10/20/30/40/50 MHz**
- Uplink/Downlink Ratio: **25/75, 33/67, 50/50**
- Wireless Mode: **CPE**
- Częstotliwość pracy EU: **5150-5875MHz**
- Częstotliwość pracy Worldwide: **4900-6200MHz**
- Synchronizacja **GPS**
- Zasilanie: 24V Passive PoE

Ubiquiti LTU-LR



- 1024 QAM
- Zasięg: do **30km**
- Zysk anteny: **26dBi**
- Szerokość wiązki: **15°**
- Szerokość kanału: **10/20/30/40/50 MHz**
- Uplink/Downlink Ratio: **25/75, 33/67, 50/50**
- Wireless Mode: **CPE**
- Częstotliwość pracy EU: **5150-5875MHz**
- Częstotliwość pracy Worldwide: **4900-6200MHz**
- Synchronizacja **GPS**
- Zasilanie: 24V Passive PoE

Technologia dostosowana nie tylko do operatorów ISP



Wydajność widmowa



Pakiety na
sekundę



Symbole modulacji

2020
LTU

21,2 bps / Hz



Ponad 2 000 000 pps



4096 QAM



2015-2017
airFiber



17,1 bps / Hz



1 000 000 pps



1024 QAM

2012
802.11ac



10,8 bps / Hz



50 000 pps



256 QAM

2007
802.11n



7,5 bps / Hz



25 000 pps



64 QAM

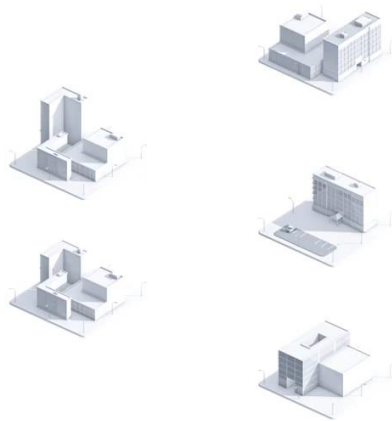
WYDAJNOŚĆ!

I jeszcze raz wydajność!

- Protokół LTU został zaprojektowany do bardzo wydajnej pracy w trudnych warunkach RF
- Założeniem jest podłączenie bardzo dużej ilości klientów, przy jednoczesnym zachowaniu wydajności sieci.
- **21,2bps na każdy Hz (wydajność spektralna), ponad 2 miliony pakietów na sekundę oraz modulacja 4096QAM**, umożliwia bardzo wydajną pracę sieci bezprzewodowej.

Technologia LTU vs Protokół 802.11

LTU Rocket



QAM
4096_{QAM}

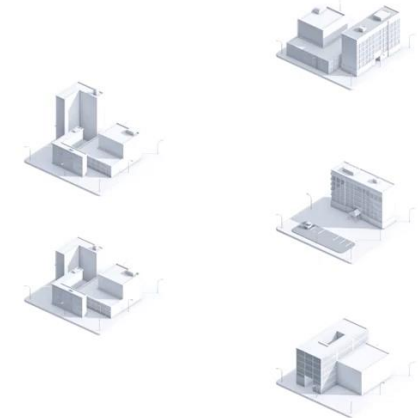


Traffic
20 Clients

Spectral Efficiency
21.2 bps/Hz

VS

802.11 Based



QAM
64_{QAM}



Traffic
10 Clients

Spectral Efficiency
5.2 bps/Hz

Do czego jest wykorzystywana technologia LTU?

- Szybkie połączenia internetowe w zaszumionych lokalizacjach
- Transmisja telewizji przez Internet – IPTV (multicast, unicast)
- Telefonia internetowa – VoIP
- Monitoring wideo
- Komunikacja maszyna-maszyna w oparciu o protokół TCP/IP

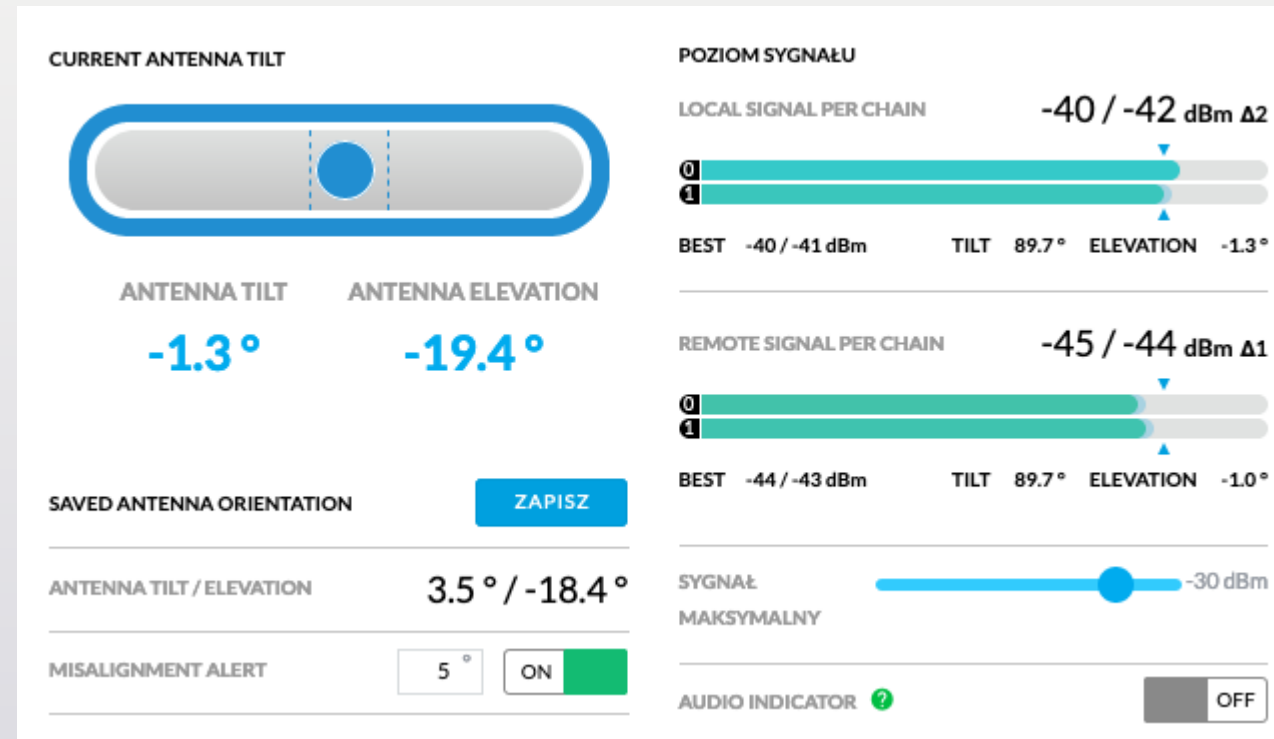
**TYLKO
PTMP!**

Czy produkty LTU są kompatybilne z innymi produktami airMAX lub airFiber ?

- **LTU** to jest zupełnie nowa platforma oparta o nową, zastrzeżoną technologię, która **nie korzysta z protokołu 802.11**
- LTU jest **niekompatybilne** z urządzeniami 802.11n i 802.11ac
- **Sprzęt LTU jest NIEKOMPATYBILNY z airMAX M5 i airMAX 5AC**
- LTU jest oparte na technologii AirFiber, ale **wykorzystuje zupełnie inny protokół komunikacyjny**
- LTU jest **niekompatybilny** z produktami AF-5 oraz AF-5 i AF-5U

Ubiquiti LTU GPS – łatwość wizowania

- LTU-Rocket jest wyposażony w **zewnętrzną antenę GPS**
- **LTU-Lite, LTU-Pro, LTU-LR** mają wbudowaną antenę
- Wbudowanie do modułu GPS **żyroskopu**, który podaje pochylenie i obrócenie anteny (nowość!)
- Imponujący zakres wyświetlanych informacji
- Możliwość zapisania ustawienia położenia anteny
- Ustawienie anteny dokładnie w takiej samej pozycji
- Monitorowanie zmian położenia anteny



Testy w terenie - założenia

- Końcówka CPE w zasięgu (klienckie cpe) **LoS powyżej 4,5km** z modulacją **minimum 64QAM**
- **Wydajność minimalna dla CPE** przy kanale o szerokości 20MHz przy 64QAM **Dowload 32Mbps/Upload 7Mbps**
- **Wydajność sektora** przy szerokości kanału 20MHz minimum **120Mbps/24Mbps**
- **Pomiar wydajności CPE i „sektora”** według standardów **EtherSAM (ruch asymetryczny)** dla ruchu o charakterystyce **IMIX (ang. Internet MIX według IETF RFC 6985)**
- **Rozmieszczenie kanałów na sektorach (4x90 stopni) bez odstępu w częstotliwościach.** Czyli sektory A i C częstotliwość środkowa 5700MHz, a sektory B i D częstotliwość środkowa 5680MHz.
- Testy przeprowadzone w warstwie **L3**
- Utrata pakietów na poziomie **0,03%**
- Maksymalny czas pakietów **50ms**
- Maksymalny jitter pakietów **40ms**
- Maksymalne chwilowe obniżenie prędkości zadanej (minimalnej) do poziomu **95%**
- Czas trwania testu **EtherSAM 2 godziny**

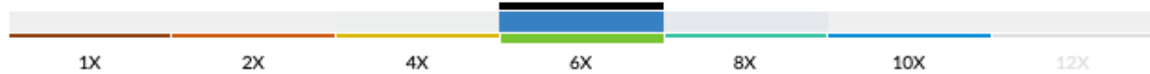
Testy w terenie – 2km

- Wyniki testów dla jednego CPE (LTU-Lite)
 - Odległość 2km
 - Częstotliwość 6100MHz

SIGNAL PER CHAIN ? -67 / -67 dBm Δ0



LOCAL RX DATA RATE 6x (64QAM MIMO) ?



RX THROUGHPUT

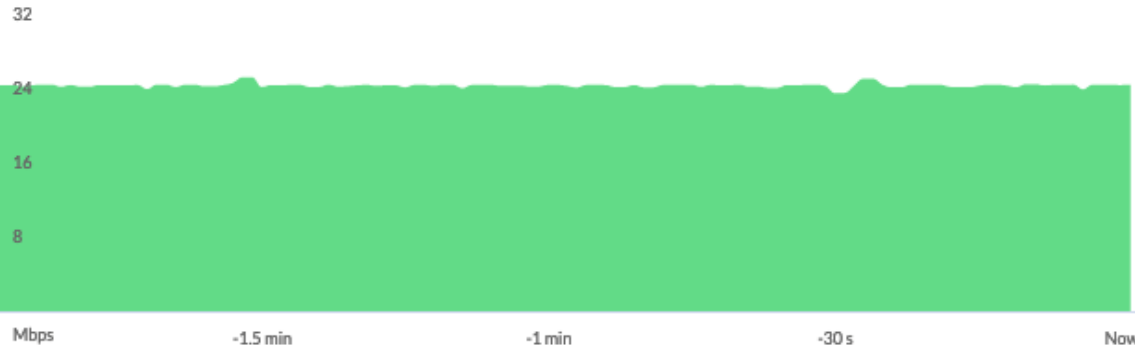
24.3 Mbps

RX CAPACITY

28.1 Mbps

RX LINK POTENTIAL

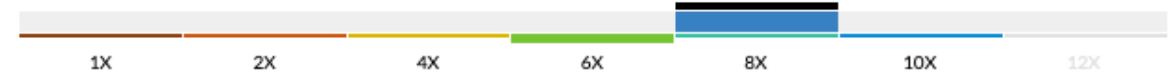
99.6 %



SIGNAL PER CHAIN ? -62 / -70 dBm Δ8



REMOTE RX DATA RATE 8x (256QAM MIMO) ?



RX THROUGHPUT

123 Mbps

RX CAPACITY

146 Mbps

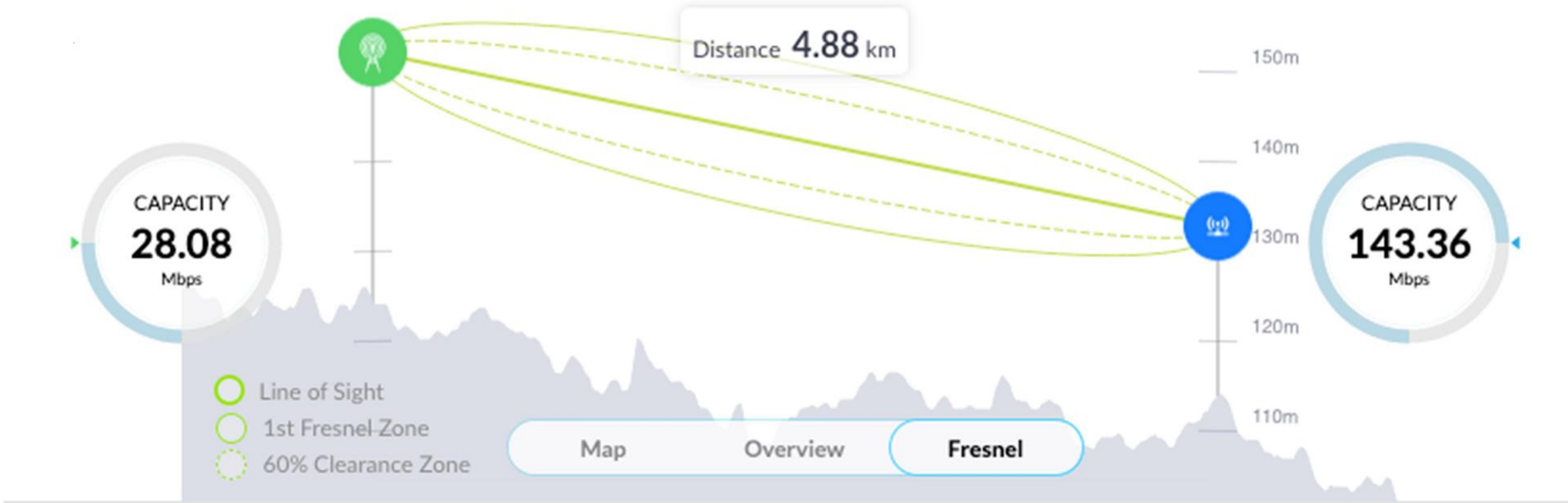
RX LINK POTENTIAL

100 %



Testy w terenie – 5km

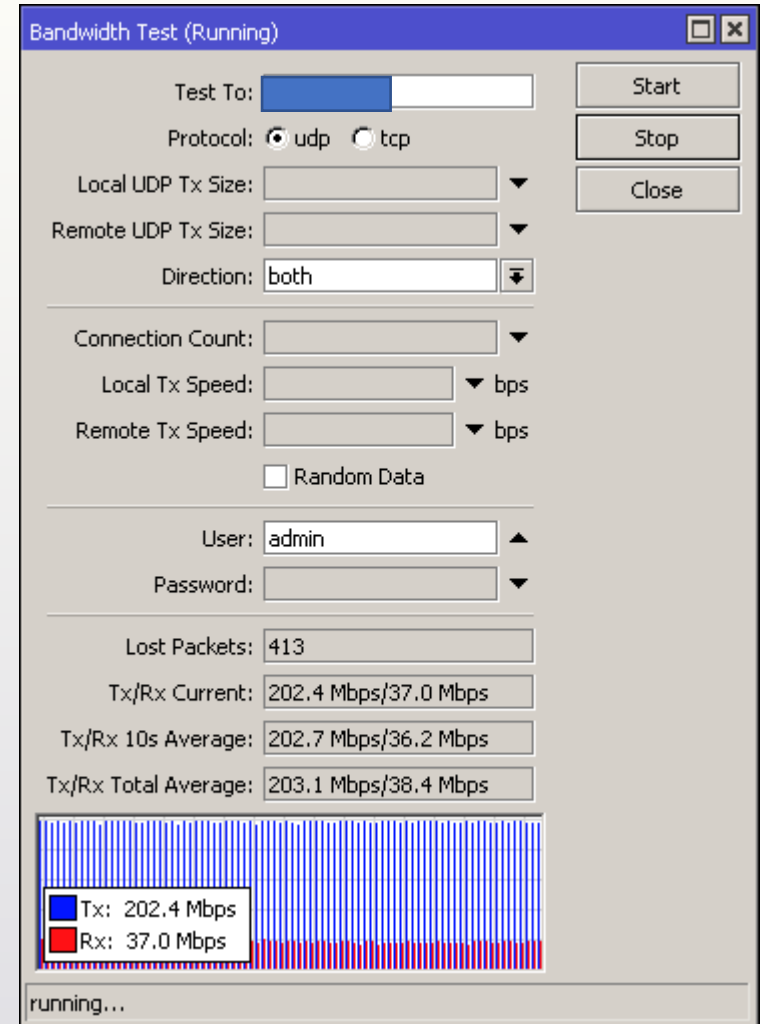
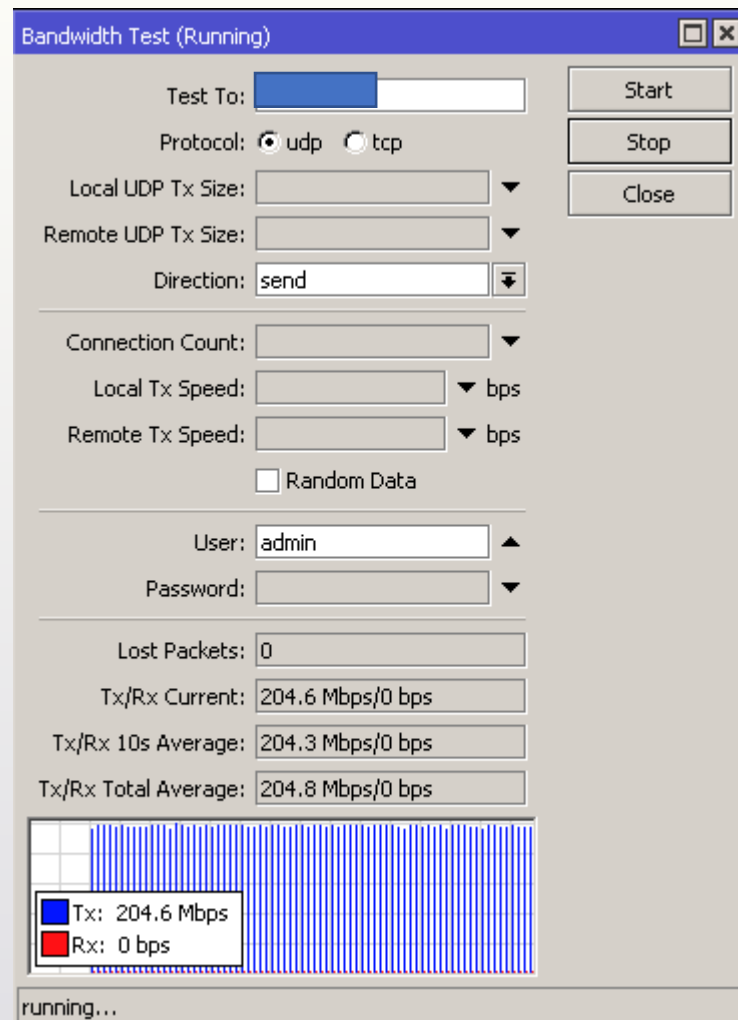
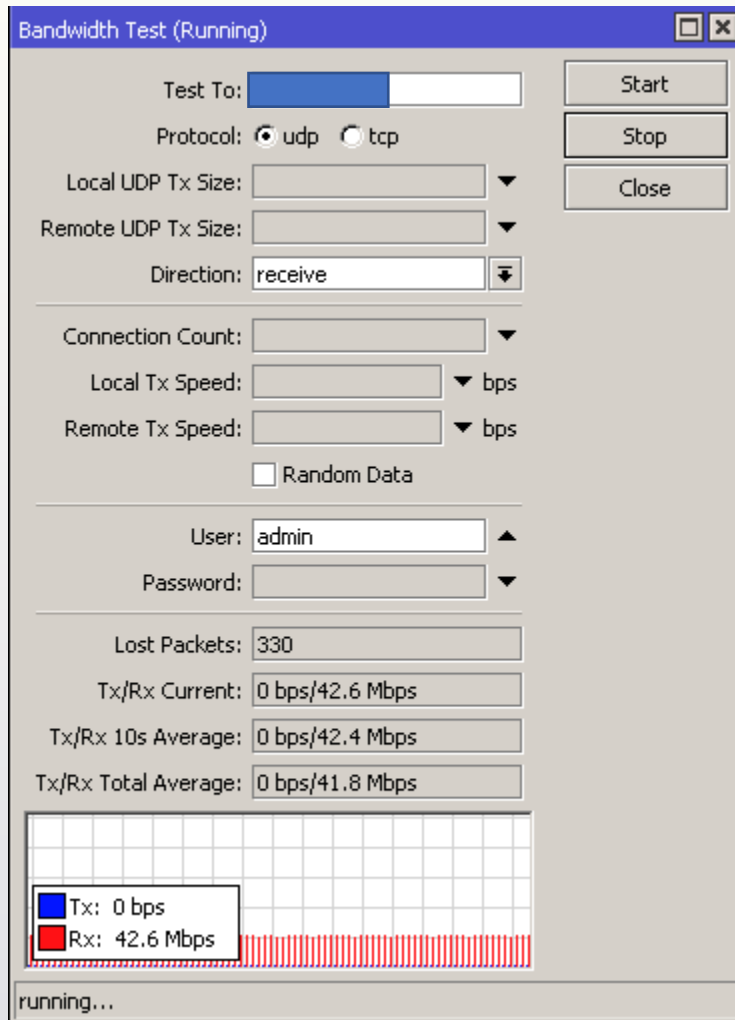
- Wyniki testów dla jednego CPE (LTU-Pro)
- „Performance Boost”
 - Różne szerokości kanału (20/30/40/50MHz)
 - Różne wersje oprogramowania: 2.1-BETA4 i 2.1-BETA5



Wyniki testów – 5km

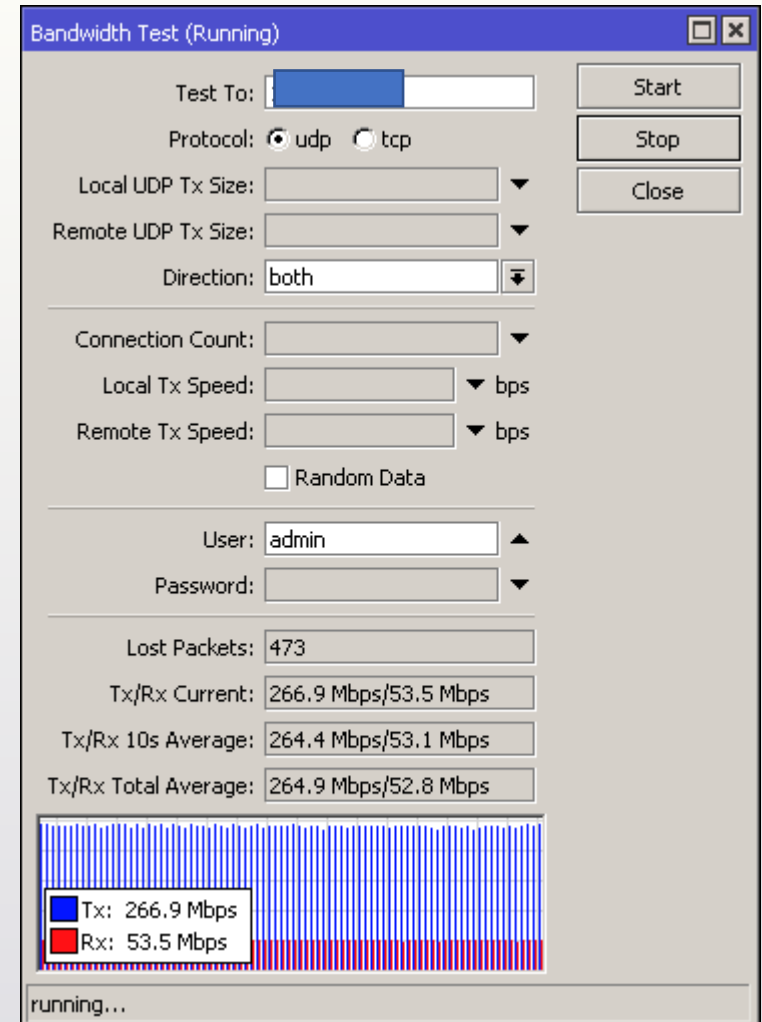
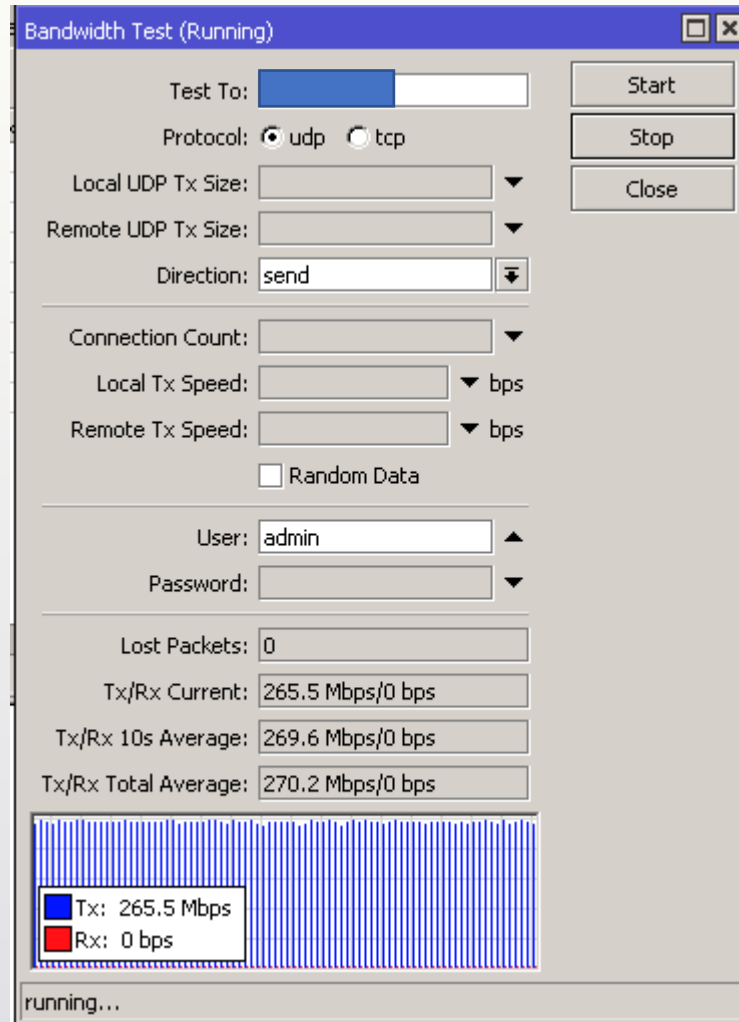
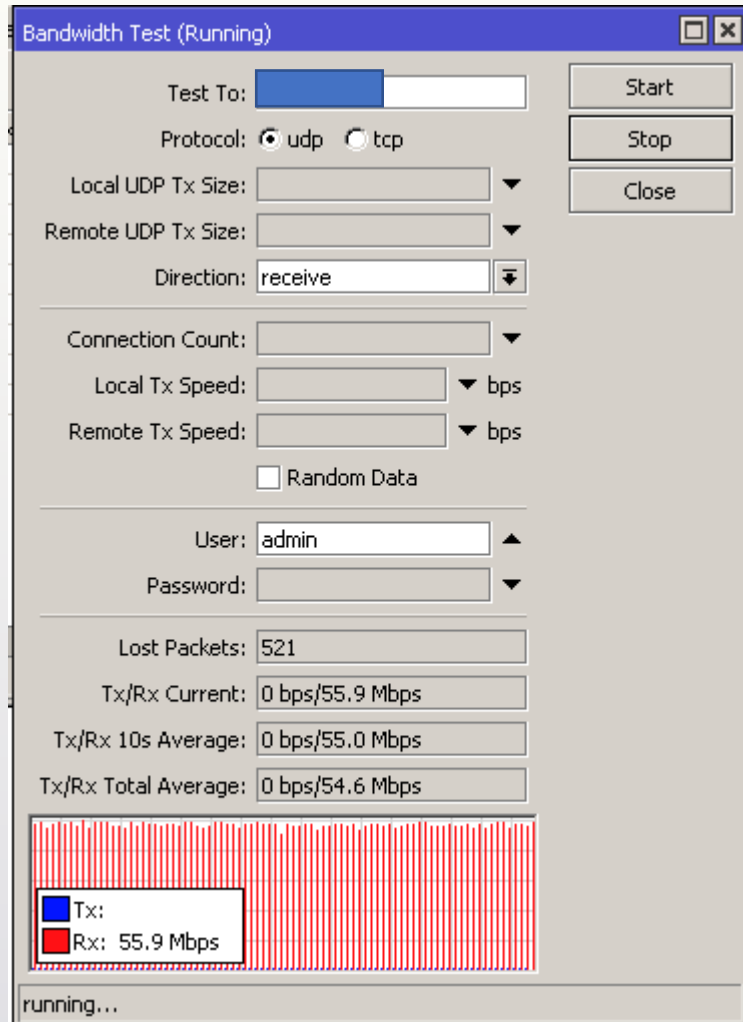
Dystans	20MHz				30MHz				40MHz				50MHz			
4.88km	2.1-BETA4		2.1-BETA5		2.1-BETA4		2.1-BETA5		2.1-BETA4		2.1-BETA5		2.1-BETA4		2.1-BETA5	
Performance Boost	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
Pobieranie [Mbps]	134.7	137.8	137.2	137.9	183.0	204.8	183.5	205.4	187.1	268.5	181.8	270.2	211.3	246.8	188.3	248.5
Wysyłanie [Mbps]	25.2	26.3	26.4	25.7	42.0	41.8	42.0	40.9	55.7	54.7	55.8	54.6	48.1	47.3	47.6	46.5
Dwukierunkowo																
Download	133.9	135.2	136.5	135.3	183.8	203.1	180.5	204.2	186.6	267.7	179.4	264.9	209.1	228.7	198.8	272.9
Upload	25.2	24.4	24.3	23.7	40.8	38.4	40.8	40.3	52.8	52.7	53.8	52.8	47.2	41.3	46.2	45.1
[Mbps]																

Wyniki testów LTU – 30MHz



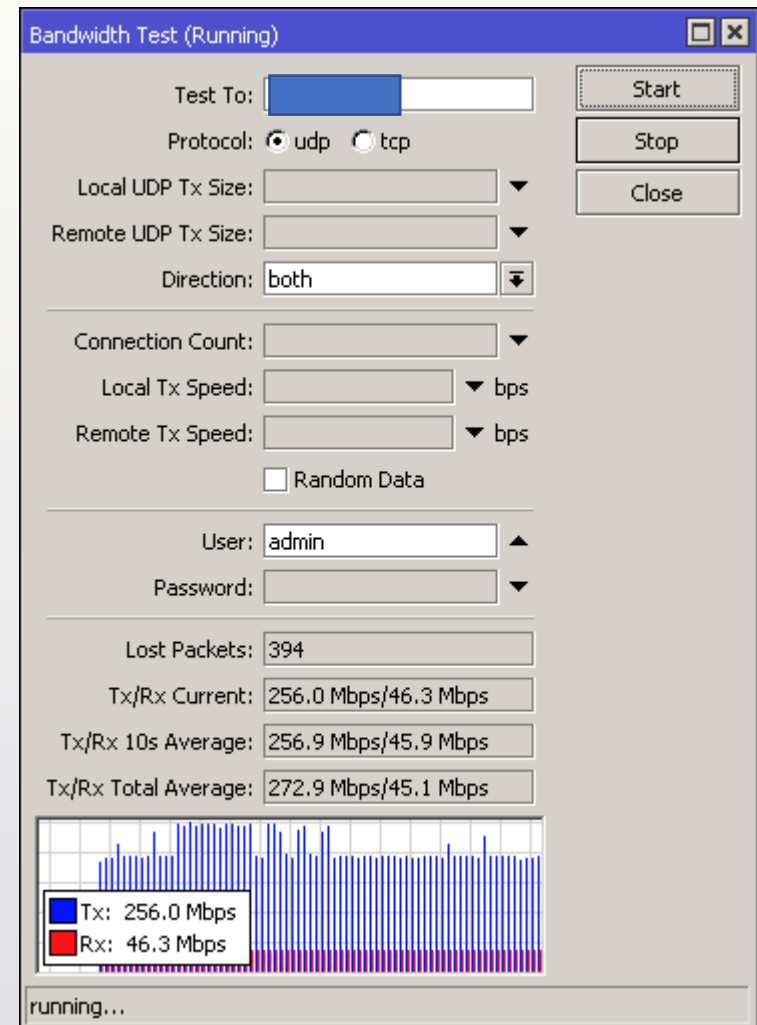
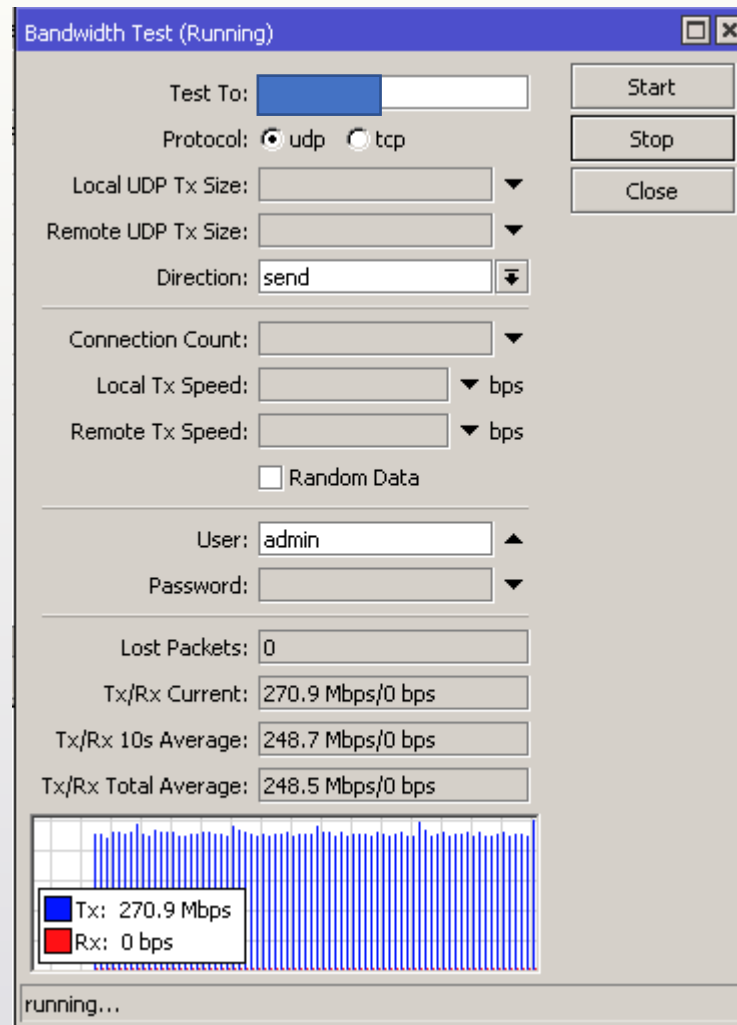
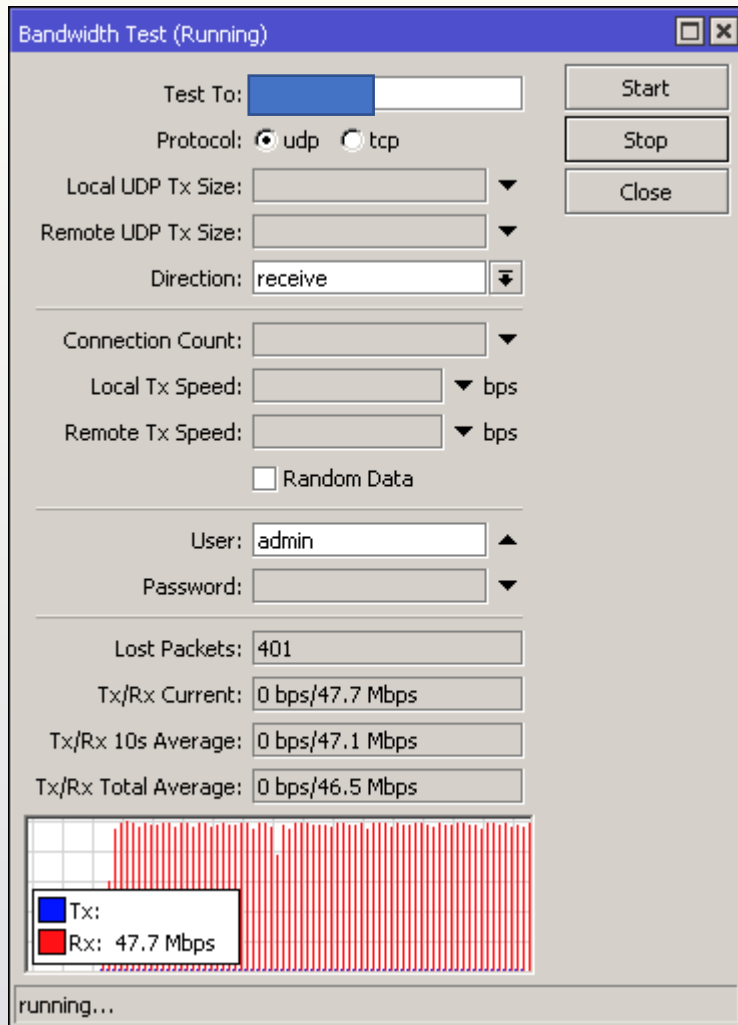
4,88km 5700MHz – 2.1.0-BETA4 with Boost

Wyniki testów LTU – 40MHz



4,88km 5700MHz – 2.1.0-BETA5 with Boost

Wyniki testów LTU – 50MHz



4,88km 5700MHz – 2.1.0-BETA5 with Boost

Anteny dla Ubiquiti LTU



AMO-5G10	AMO-5G13	AM-5G16-120	AM-5G17-90	AM-M-V5G-Ti
Omnidirectional	Omnidirectional	120° Sector	90° Sector	60°/90°/120° Sector
10 dBi	13 dBi	16 dBi	17 dBi	17 dBi

Anteny dla Ubiquiti LTU



AM-5G19-120	AM-5G20-90	AM-V5G-Ti	AM-5AC21-60	AM-5AC22-45	AP-5AC-90-HD
120° Sector	90° Sector	60°/90°/120° Sector	60° Sector	45° Sector	3 x 30° Sector
19 dBi	20 dBi	21 dBi	21 dBi	22 dBi	22 dBi

Podsumowanie i wnioski (1/2)

- Oprogramowanie do wersji 2.0.6 (włącznie) oraz wersje BETA do 2.1-BETA3 (włącznie) sprawiały bardzo duże **problemy ze stabilnością, wydajnością oraz odpornością na zakłócenia.**
- Włączenie funkcji "**Performance Boost**" skutkuje wzrostem wydajności (maksymalne wartości wysycenia pasma), kosztem ilości CPE jakie może obsłużyć stacja bazowa.
- Do wersji oprogramowania 2.0.7 i 2.1-BETA4 (włącznie) funkcja **split frequency** nie powodowała żadnego wzrostu przepustowości
- Każde **klienckie CPE** dłużej nie używane (czasami już po 2 minutach) **przechodzi w stan uśpienia**. W przypadku pobierania/wysyłania na oprogramowaniu do 2.0.7 i 2.1-BETA4 (włącznie), z pełną dostępną przepustowością, powodowało **efekt schodkowego zwiększania** prędkości i oczywiście wiązało się również ze wzrostem modulacji
- Efekt ten powodował, że **uśpione CPE** na samym początku traciło pakiety (z uwagi na bufor i korekcję błędów nie widać tego bez zaawansowanych mierników). Oprogramowanie **2.1-BETA5** znacząco poprawia ten niekorzystny efekt i wówczas problem już nie jest dokuczliwy
- **Testy przy "obudzonym" CPE nie wykazywały strat pakietów**

Podsumowanie i wnioski (2/2)

- Wszystkie urządzenia **Ubiquiti LTU** po przekroczeniu częstotliwości pracy 6000MHz, odnotowują stopniowe pogarszanie parametrów bezprzewodowych
- Różnica między parametrami pracy urządzeń na częstotliwości 5500MHz, a 6200MHz, potrafi dochodzić nawet do **10dBm!**
- Wszystkie CPE, na drugim torze odbiorczym, odnotowują coraz to większą różnicę w stosunku do pierwszego toru odbiorczego
- **Wraz ze wzrostem częstotliwości, następuje pogorszenie parametrów odbioru sygnału ze stacji bazowej**