



Projektowanie i implementacja sieci Wi-Fi

Trendy i wyzwania

Marcin Dorecki, Customer Delivery Architect CCIE-EW #67116
Cisco Systems

23.04.2024

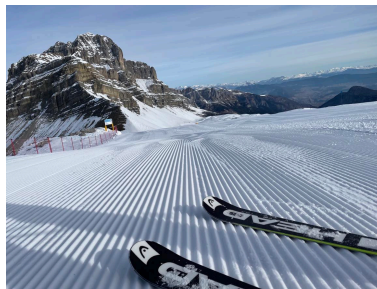
Agenda

- Wprowadzenie
- Role urządzeń w sieciach WLAN
- Wyzwania projektowe w odniesieniu do typów instalacji
- Trendy w sieciach WLAN
- Q&A

Wprowadzenie

Kilka słów o mnie

- Absolwent EiT z roku 2015/2016
- Cisco od roku 2014
- Wireless Professional Services in CXC
- CCIE ENT-W #67116
- W wolnym czasie
 - Zawody Canicross z moim psem
 - Narty



Role urządzeń w sieciach WLAN

Rola urządzeń w sieciach WLAN

- Urządzenia klienckie
- Punkty dostępowe (AP)
 - Anteny
- Kontrolery sieci WLAN (WLC)
- Serwery uwierzytelniające
- Usługi Sieciowe (DHCP, DNS etc.)
- Serwery monitorujące/zarządzające
- Usługi lokalizacyjne

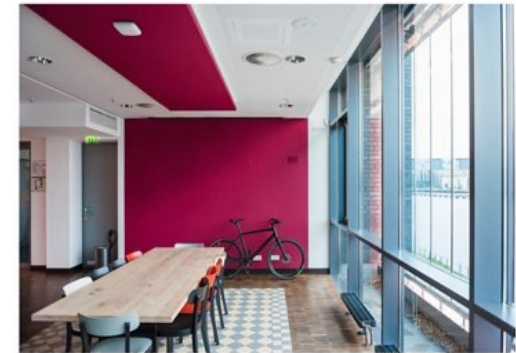
Urządzenia klienckie

- Wysoka mobilność
- Małe wymiary (telefony, tablety)
 - Design a wydajność (moc Tx)
 - Zasilane baterią
- Duża zależność od implementacji producenta
 - Wsparcie funkcji zaawansowanych
 - Sterowniki
 - Roaming
- Analityka urządzeń klienckich
- Rozmiar, żywotność baterii, najnowsze protokoły



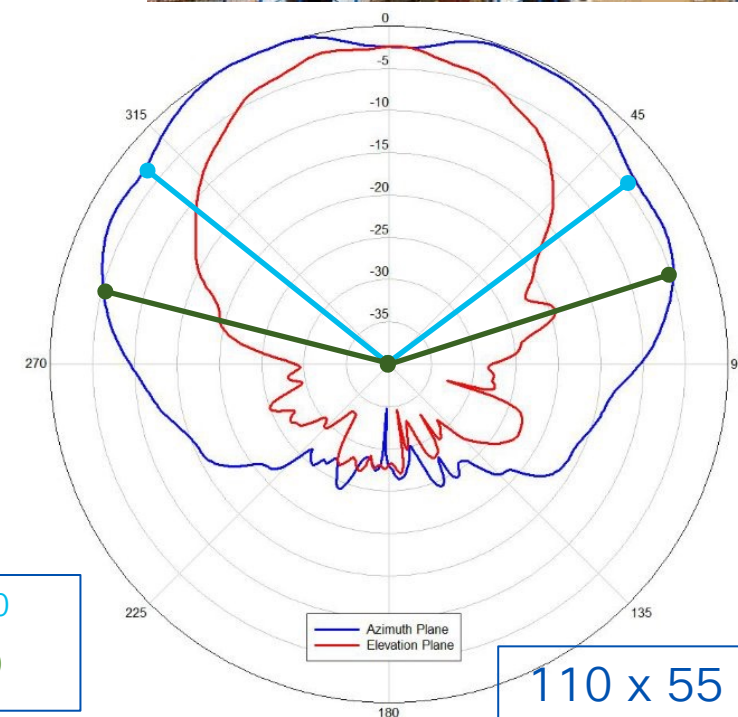
Punkt dostępowy

- Zamiana ramek 802.11 (RF) na ramki Ethernet
- Wsparcie dla wielu środowisk
 - Biura, przestrzenie otwarte
- Rodzaje anten
 - Anteny wbudowane, zewnętrzne
- Rodzaje implementacji
 - Samodzielne, zarządzane przez kontroler, Mesh, WGB
- Oszczędność Energii, ewolucja Standardów
- Ujednolicenie Urządzeń



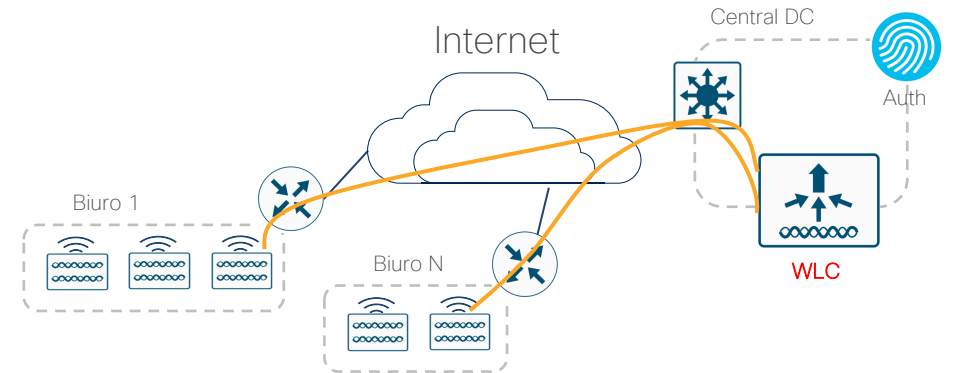
Anteny

- Rodzaje Anten
 - Kierunkowe, dookólne, Azimuth/Elevation
- Typy zastosowań
 - Biura, przestrzenie otwarte
 - Wysokość, gęstość użytkowników
- Zysk Anteny
 - $EIRP = Tx\ Power - Cable\ Loss + \text{Antenna Gain}$
- SIA (Self-identified Antenna)
- Beam Steering
 - Software or AI-based
- Mechanical RF Steering (P2P)



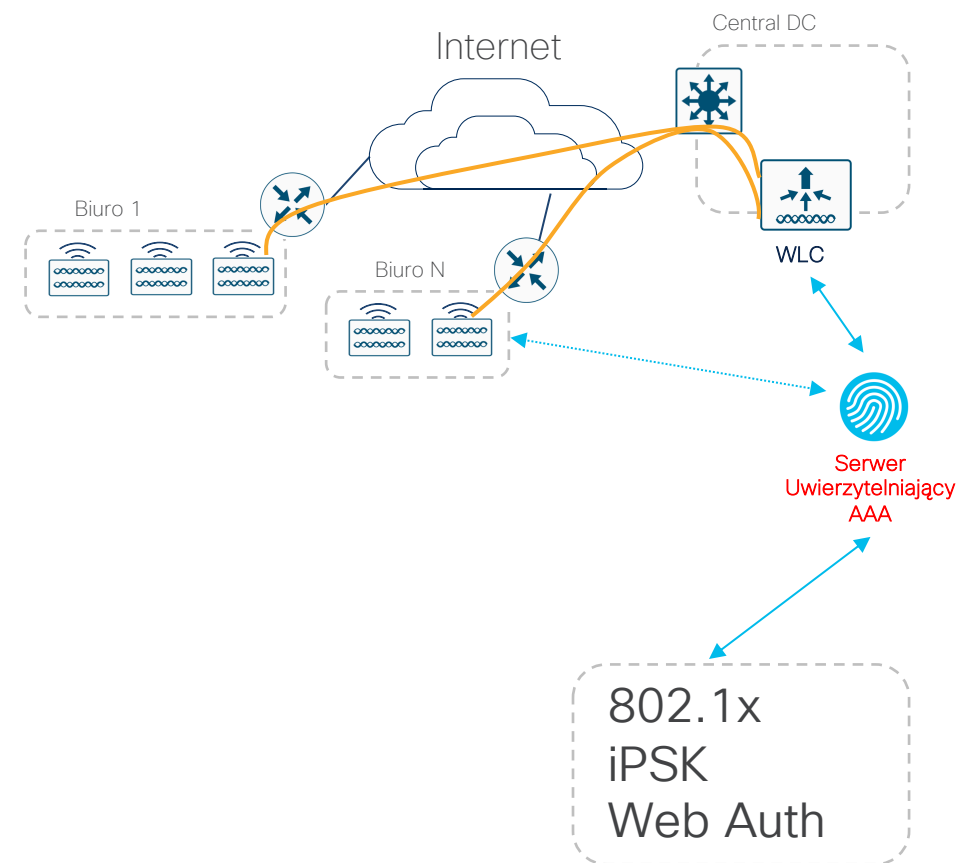
Kontrolery sieci WLAN (WLC)

- Wsparcie dla tysięcy AP i klientów
- Architektura Local MAC / Split-MAC
 - AP- 802.11
 - WLC- Autentykacja, Roaming, QoS, Baza klientów
- Kontrola algorytmów
 - Tx Power, rozdział kanałów, wykrywanie interferencji, Rogue AP
- Centralny punkt sieci bezprzewodowej
- Cloud WLC, Kontrolery wbudowane (AP, switch), wysoka przepustowość



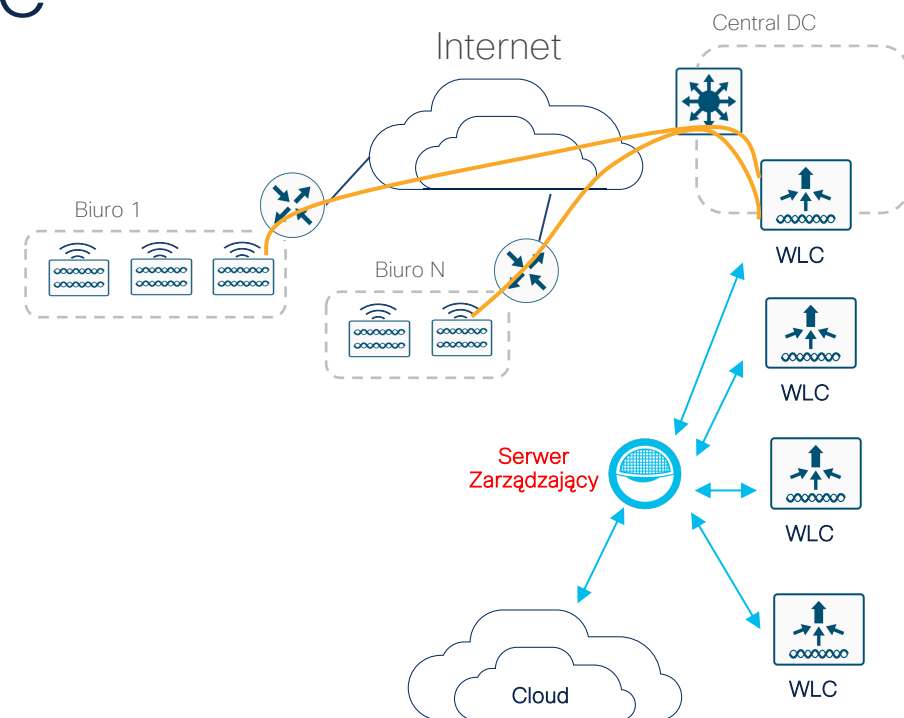
Serwery uwierzytelniające

- Oparty na protokole 802.1x/RADIUS
- Potwierdzenie tożsamości użytkownika/AP
- Integracja z zewnętrznymi bazami danych
- Aplikacja polityk bezpieczeństwa
 - ACL, VLAN, limit prędkości
- Profilowanie urządzeń
- Prezentacja portalu gościnnego
- Elastyczna Autentykacja PSK (iPSK, Easy-PSK, mPSK)
- Autentykacja w oparciu o biometrię (?)



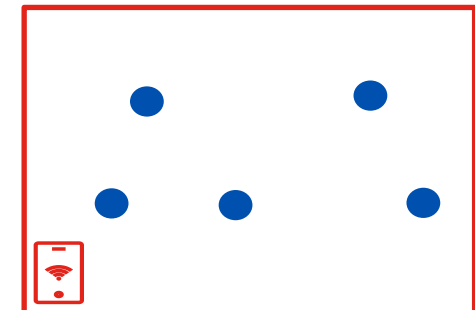
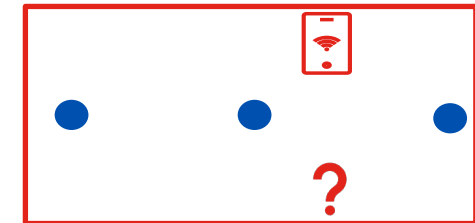
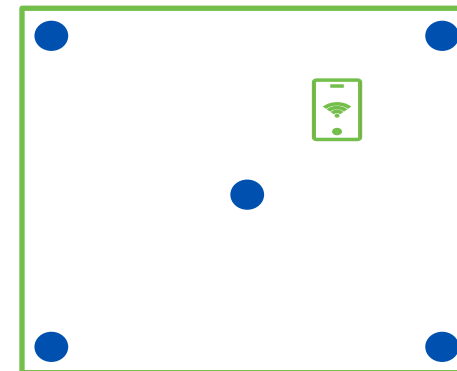
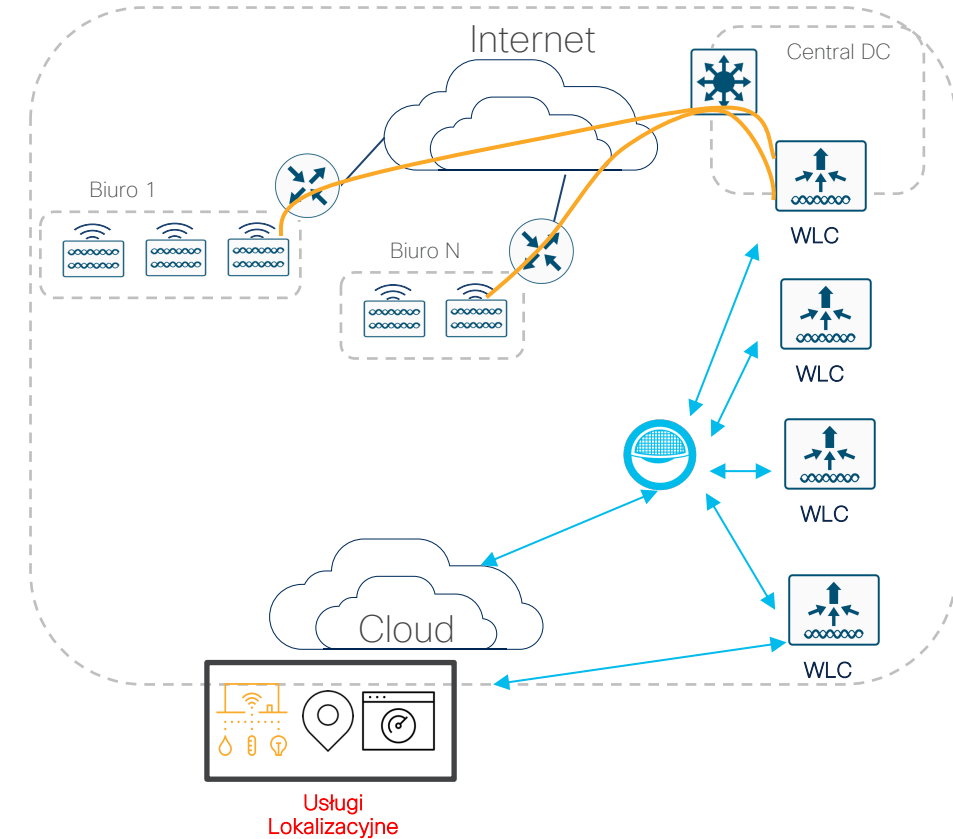
Serwery raportujące/zarządzające

- Zarządzanie wieloma WLC/AP
- Raportowanie danych historycznych
 - Użytkownicy, statystyki sieci
- Aktualizacje oprogramowania
- Jednolite wzorce konfiguracji
- Troubleshooting
- Integracja z AI/ML
 - Zapobieganie problemom
 - AI-channel and -power planning
 - Rekomendacje konfiguracji



Usługi lokalizacyjne

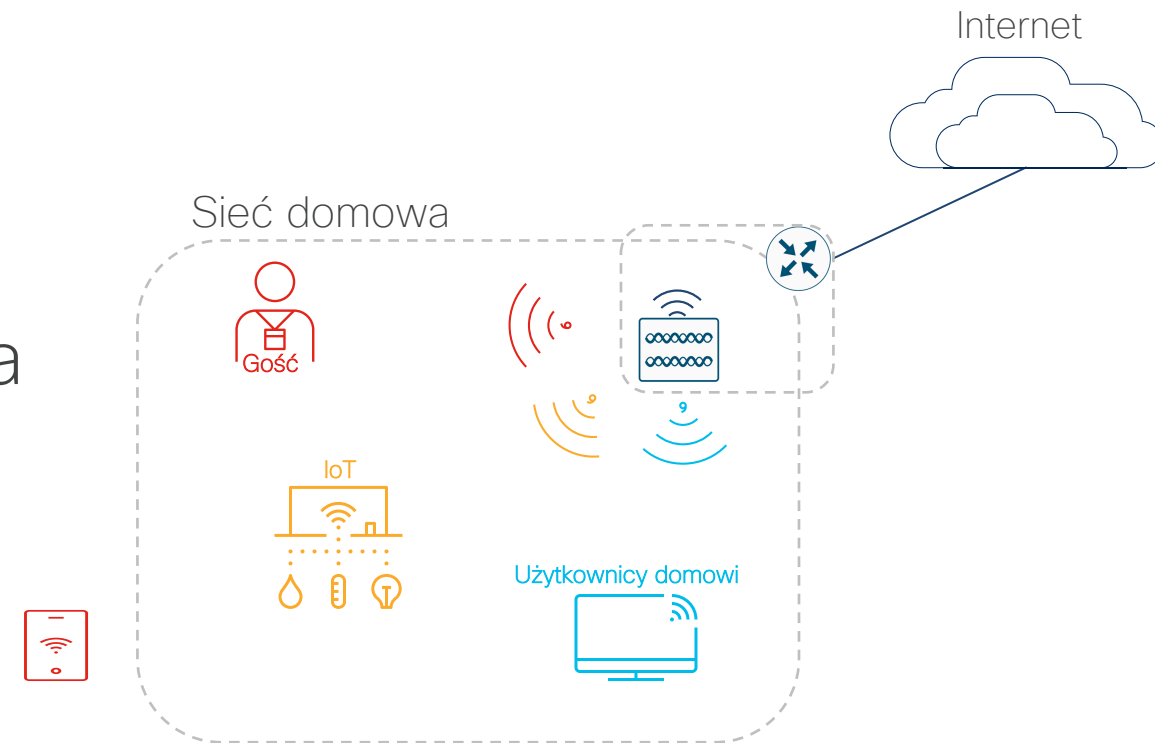
- Lokalizacja użytkowników
- Personalizacja doświadczeń
 - Portal gościnny
 - Oferty
- Inteligentne budynki
- Integracja z aplikacjami zewnętrznymi
 - Sensory BLE
 - Nawigacja wewnątrz budynków
 - Śledzenie przedmiotów



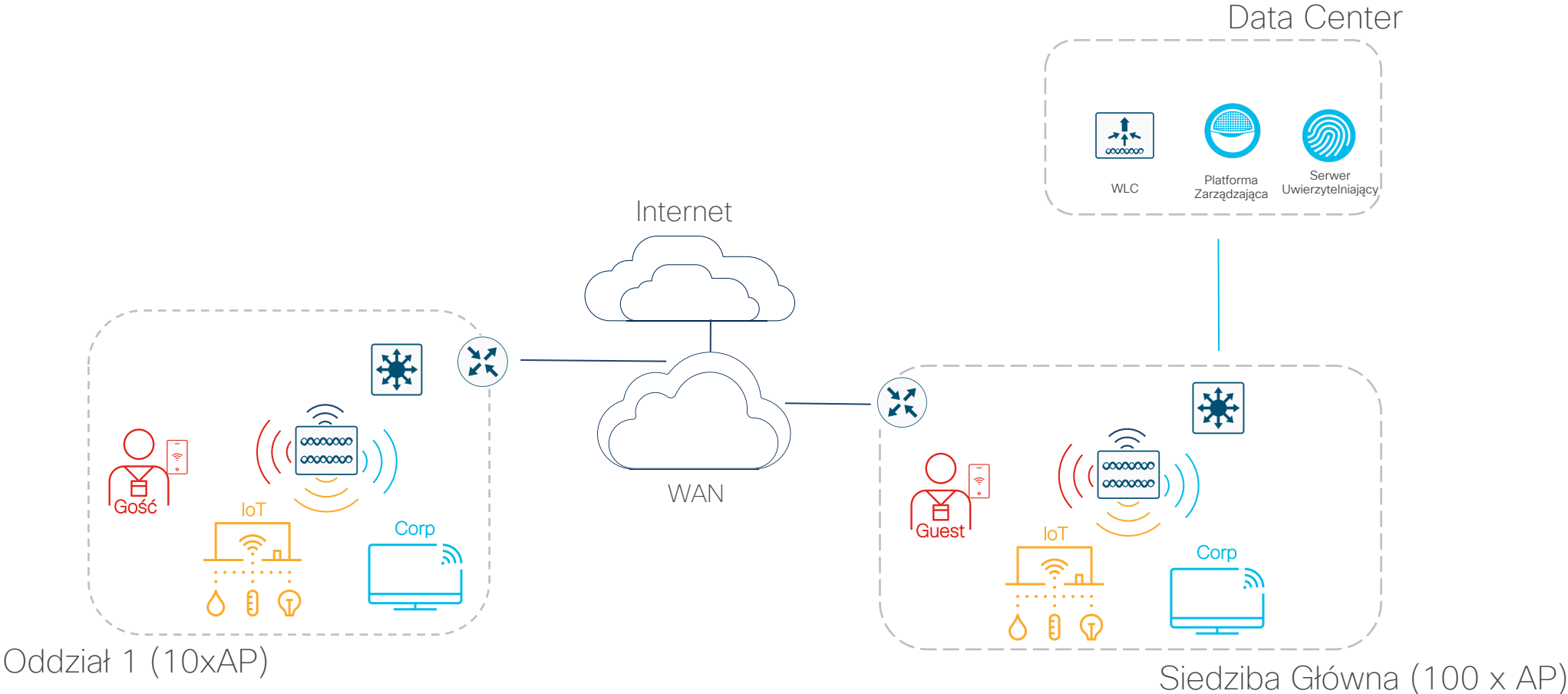
Rodzaje sieci WLAN

Sieci Domowe / Małe Biuro

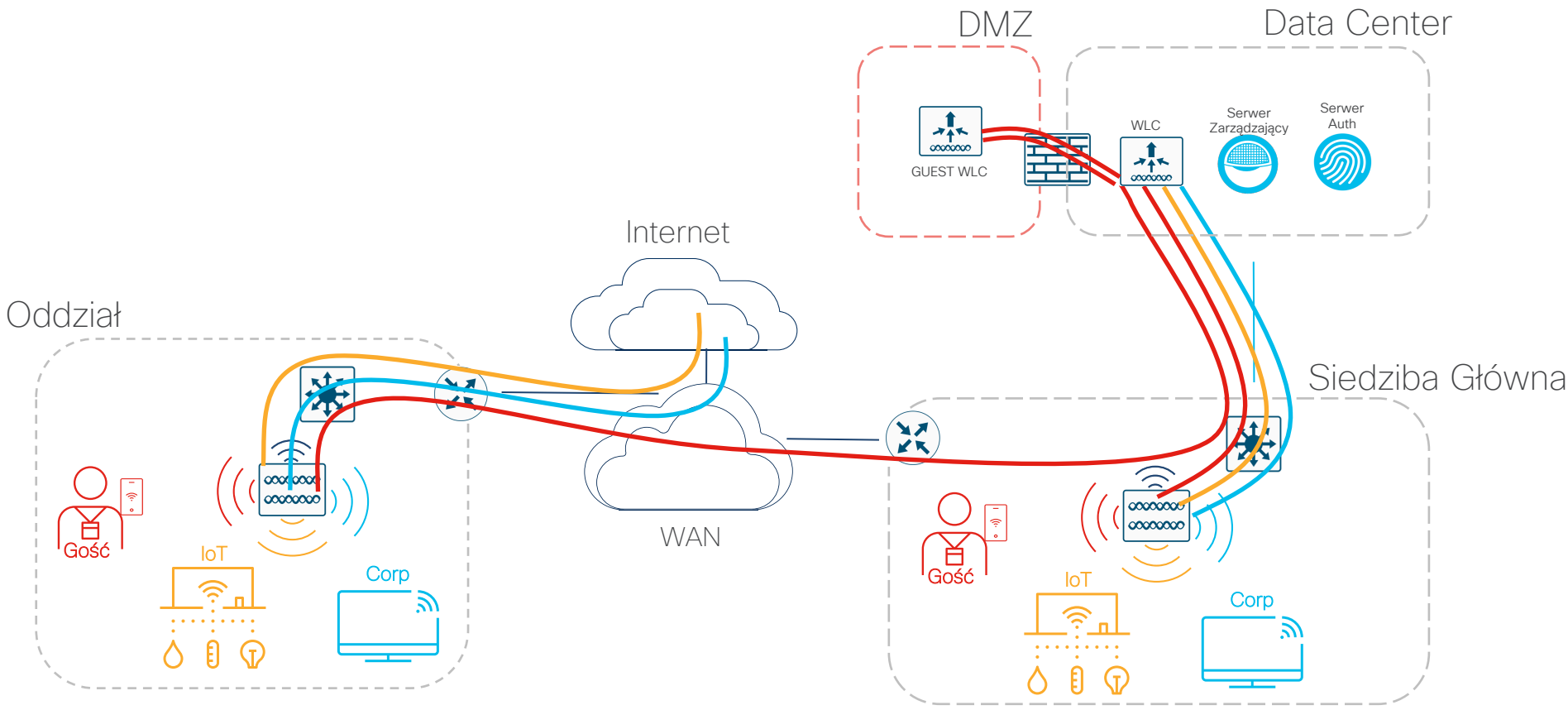
- Pojedyncze urządzenie
 - AP / Router / Firewall
- Łatwość konfiguracji
- Proste mechanizmy bezpieczeństwa
- Wsparcie dla starszych urządzeń



Sieci Korporacyjne



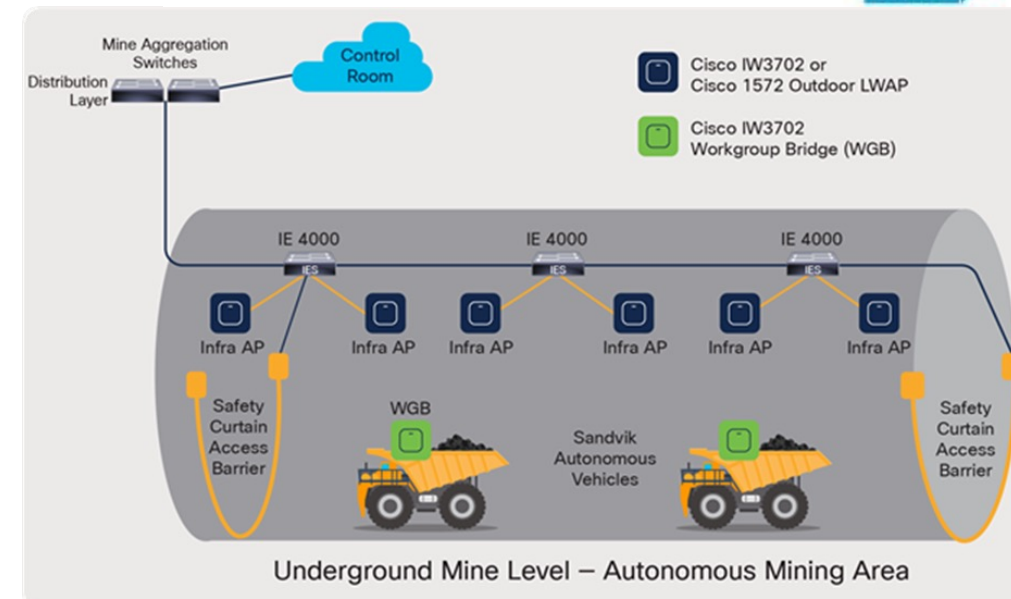
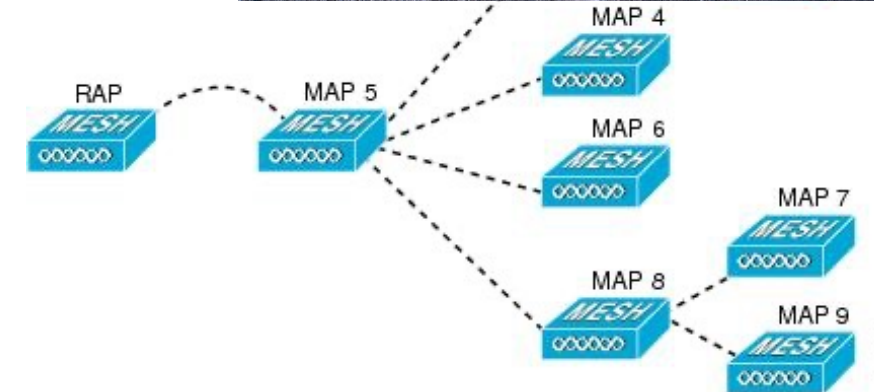
Sieci Korporacyjne - wymagania



Wyzwania projektowe w odniesieniu do typów instalacji

Sieci Przemysłowe – Kopalnie

- Automatykacja i kontrola nad procesami
- Cyfryzacja pracowników
- Dostęp do zdalnych zasobów
- Pojazdy autonomiczne
- Health, Safety, Environment Tracking
- Dostępność infrastruktury (fiber, electricity)
- Topologie Mesh i WGB
- Zmienność terenu a konwergencja



Sieci Przemysłowe – Fabryki i Magazyny

- Segmentacja i integracja sieci IT/OT
- Widoczność i bezpieczeństwo sieci OT
- Sensory IoT
- Monitorowanie procesów wytwórczych
- Asset Management
- Redundancja zasobów sieciowych
- Rodzaje anten

IT – Information Technology
OT – Operational Technology



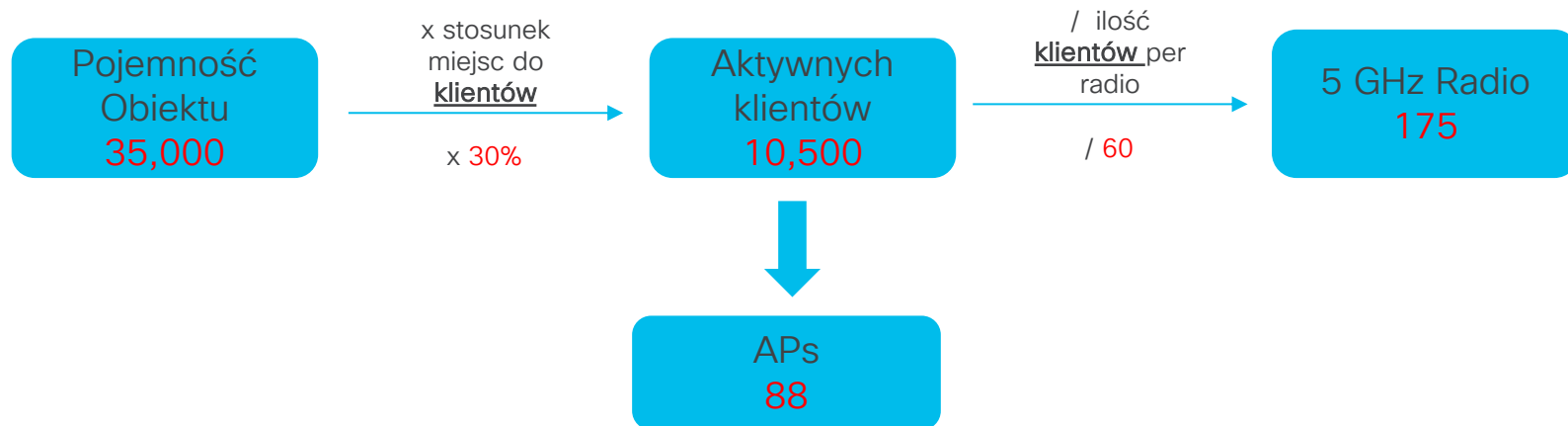
© 2024 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Confidential



Sieci High-Density

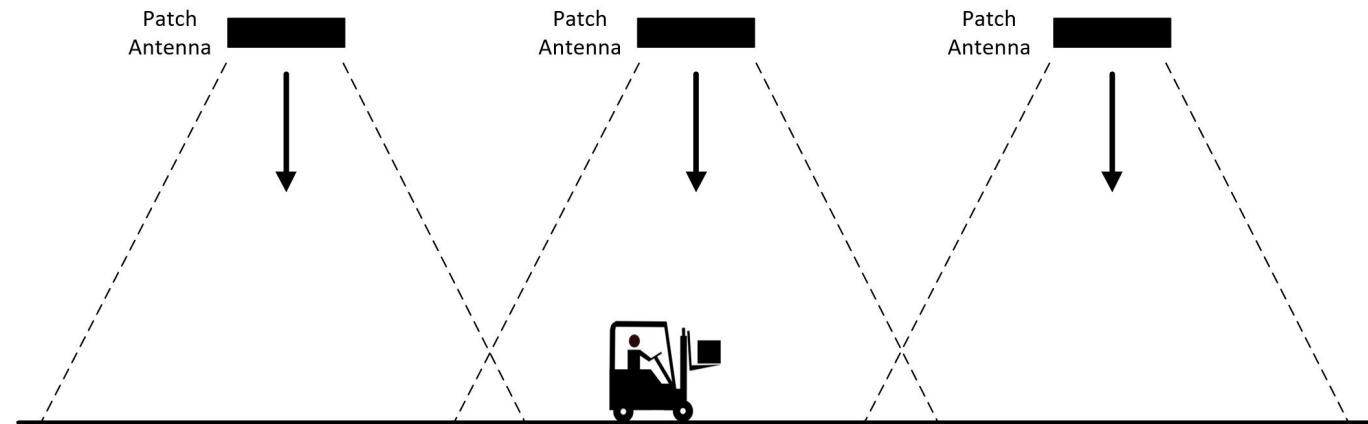
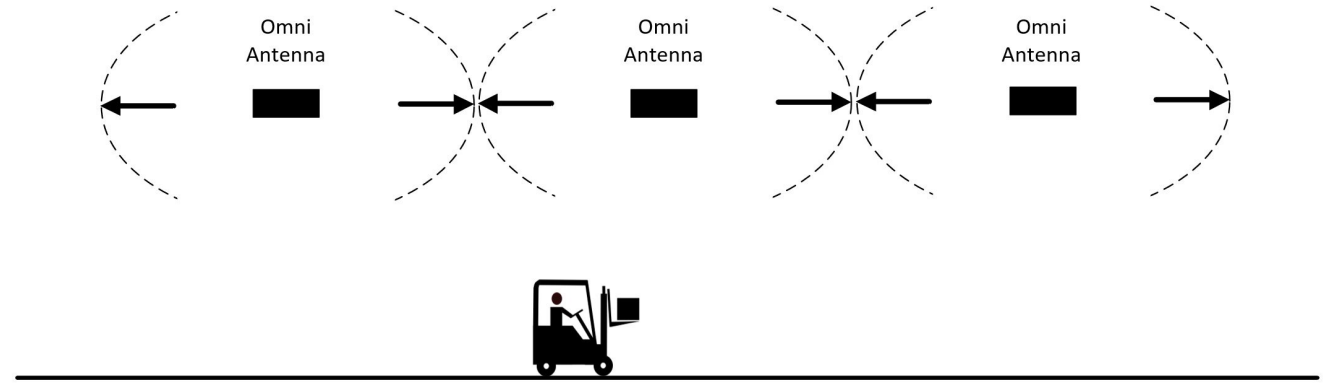
- Pojemność obiektu
 - Spodziewana ilość aktywnych użytkowników
 - Stadion vs Centrum Konferencyjne
- Pokrycie vs Pojemność
- Współistniejące sieci, polityki RF, kanały do ominięcia
 - Sieci obiektów, kanały których używają, radary
- Możliwości montażu urządzeń
- Aplikacje i wymagania

1 klient < 1.5 m²



Wybór Anten

- Unikanie instalacji anten omni na wysokim suficie (> 6m)
- Unikanie instalacji anten omni w otwartych przestrzeniach
- Anteny kierunkowe na suficie
- Mniejszy rozmiar komórki
- Większa gęstość
- Line of Sight



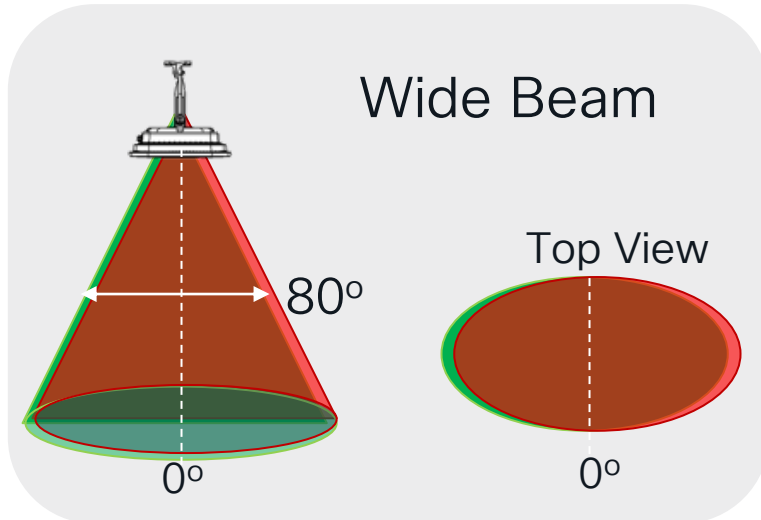
Kanały i EIRP

Kanały 5GHz dostępne w ETSI

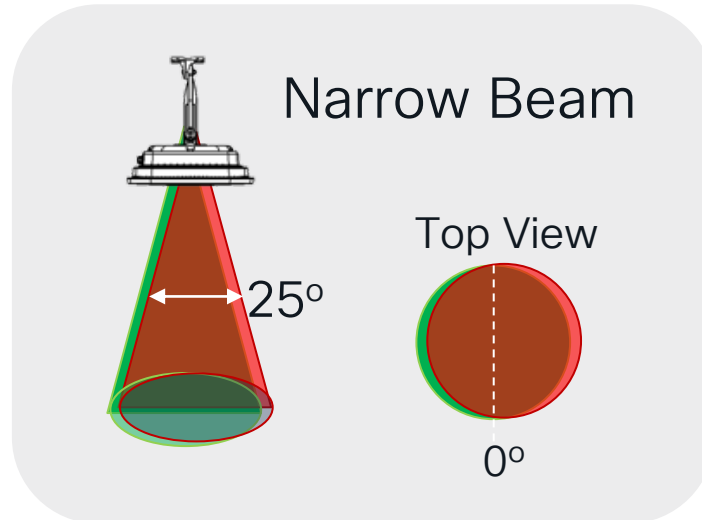
	UNII-1				UNII-2				UNII-2 Extended											
					DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS	DFS
	36	40	44	48	52	56	60	64	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144
Max EIRP	<u>23 dBm</u>								<u>30 dBm</u>											

- Wyższa dozwolona Tx Power w paśmie UNII-2E (23dBm vs 30dBm)
- Anteny zainstalowane wysoko mogą wymagać wyższych mocy

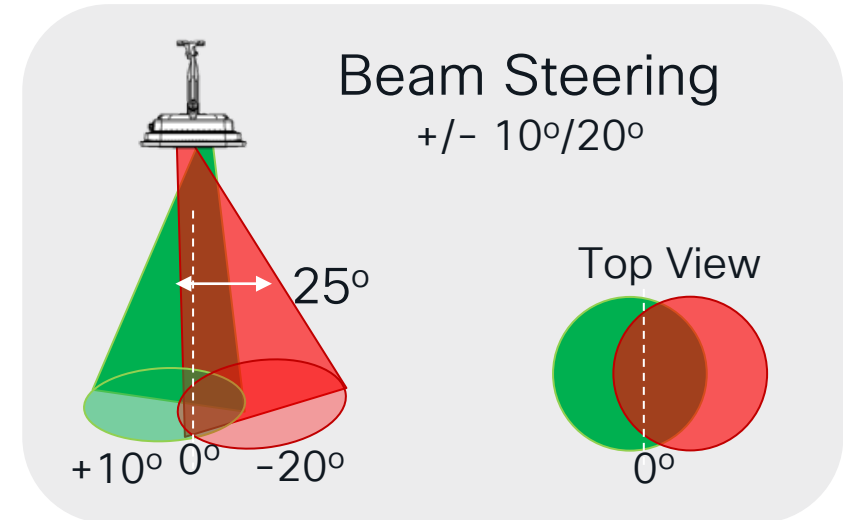
Software Defined RF Propagation



Wide sector beamwidth
Dual 4x4 5GHz (80°x25°)
8 dBi gain



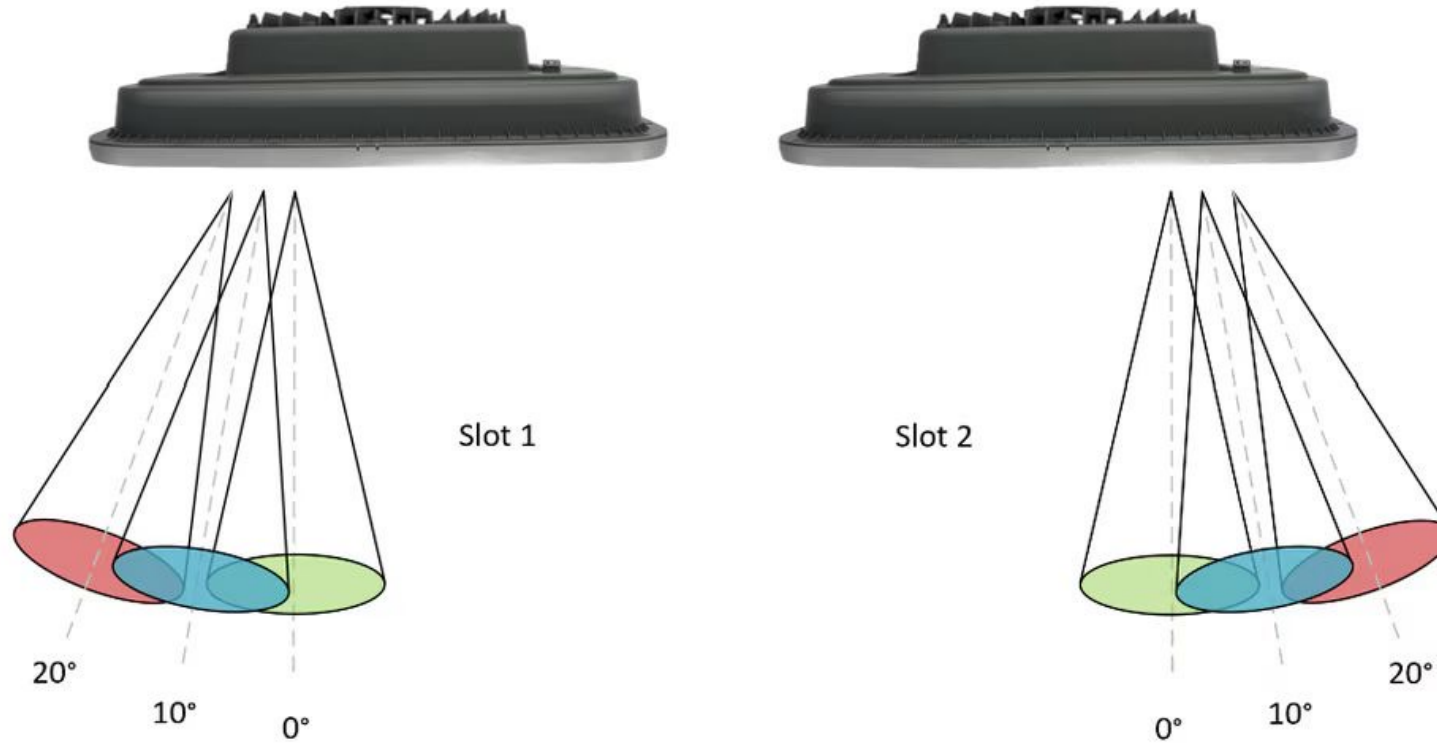
Narrow sector beamwidth
Dual 4x4, 5 GHz (25°x25°)
10 dBi gain



Software defined beam steering
Each 5GHz 4x4 can steer
+/- 10°, 20° off center

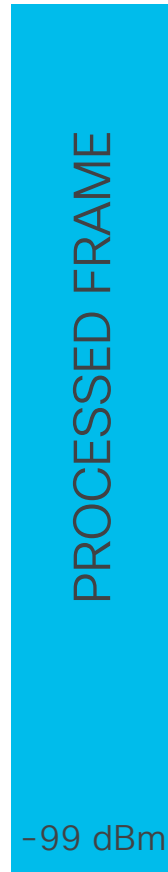
5GHz Software Defined Beamwidth and Direction

Jedna pozycja, wiele możliwości pokrycia



RF Tuning – Rx-SOP

Domyślna czułość odbiornika



Radio demoduluje wszystko, co słyszy – każdą ramkę z wystarczająco wysokim SNR

Dostosowany poziom Rx-SOP Threshold



Ramki z SOP poniżej poziomu są ignorowane

Radio demoduluje ramki tylko powyżej poziomu

-75 dBm Rx-SOP Threshold

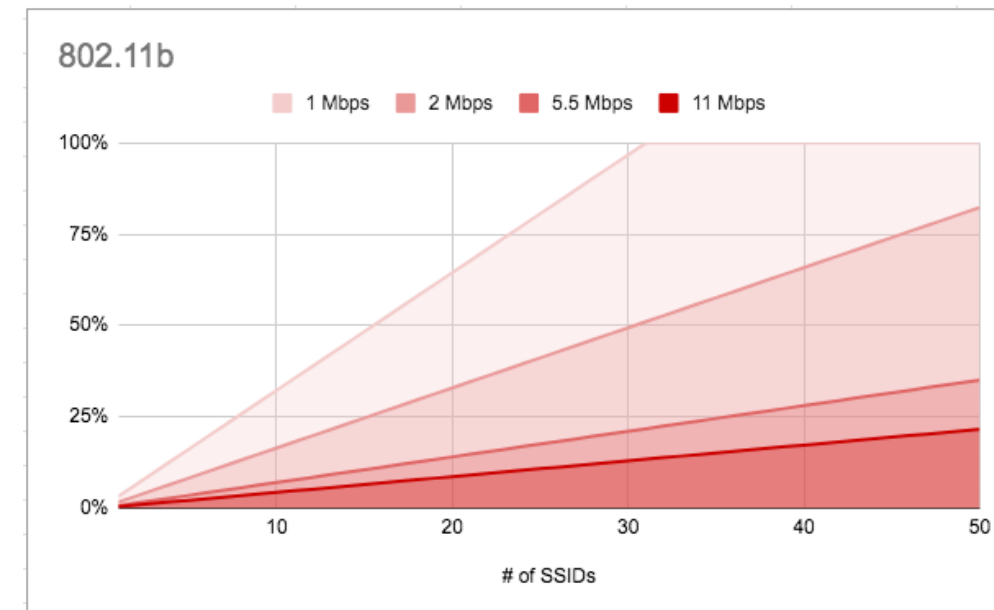
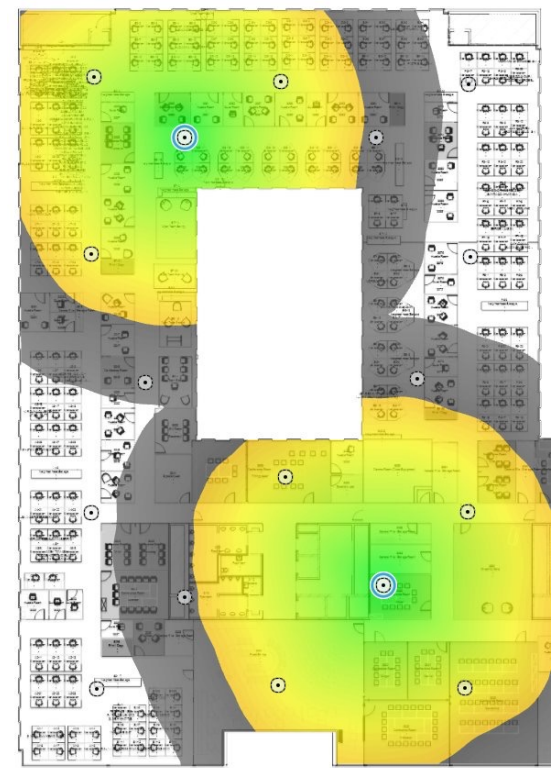
RF Tuning – Rx-SOP



Ograniczenie rozlewu pakietów probe-response od wszystkich AP, które słyszą probe-request

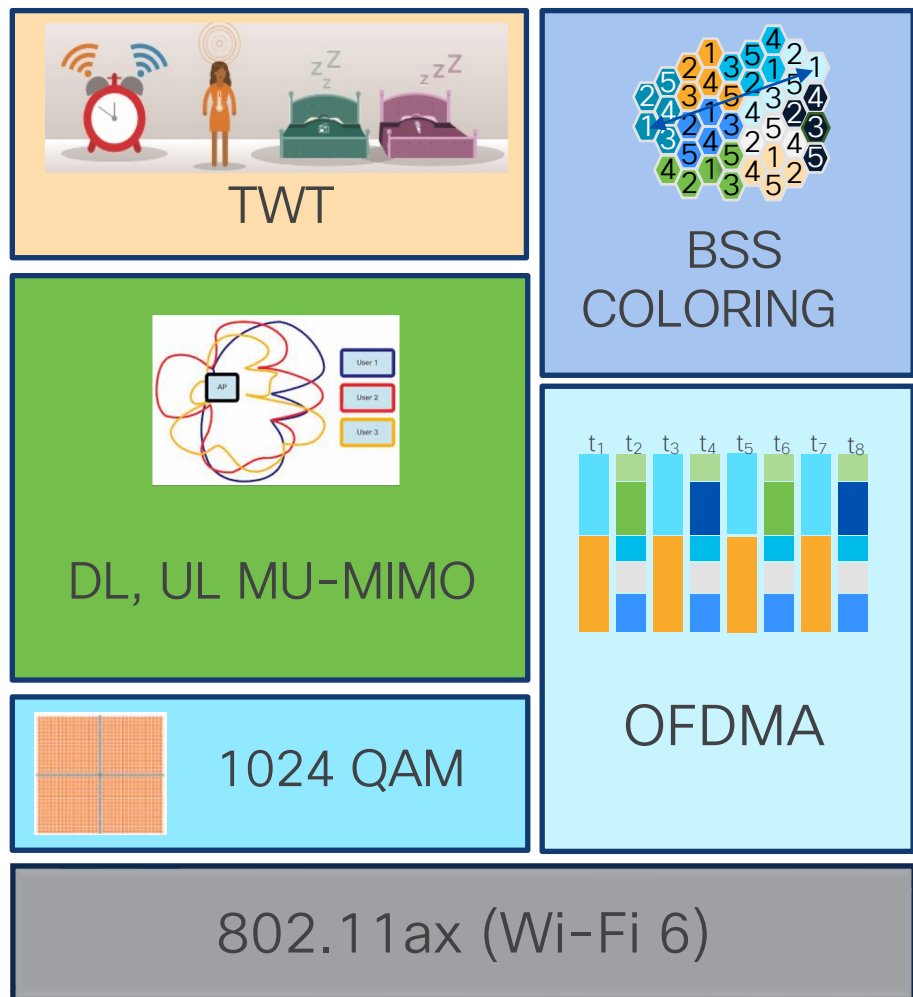
RF Tuning – inne parametry

- Data Rate
- Tx Power
- Lista Kanałów
- Szerokość kanału
- Wybór pasma
 - 2.4 GHz jest złym pomysłem
- Ilość SSID
 - Miejsca publiczne = 1 x SSID



Trendy w sieciach WLAN

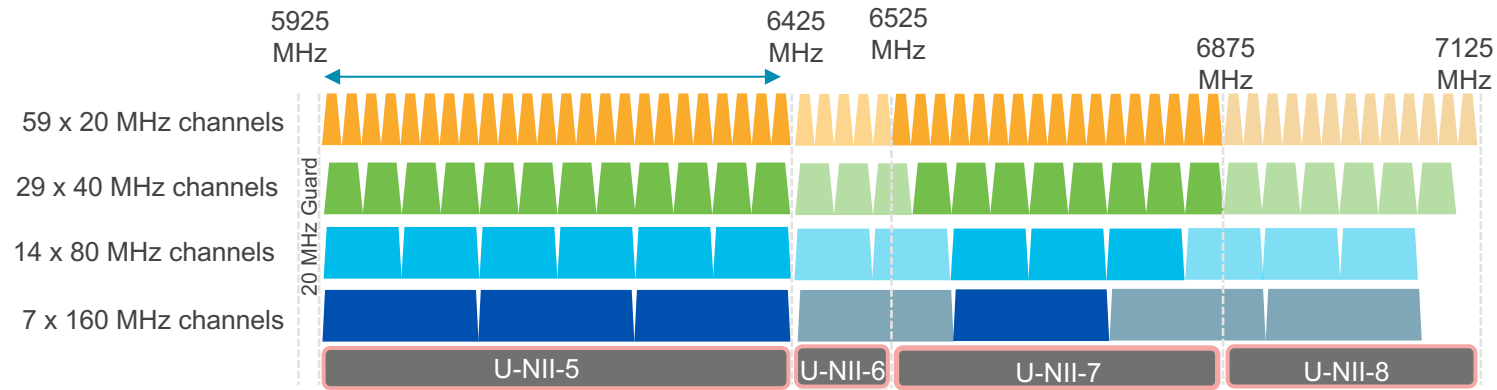
Wi-Fi 6E



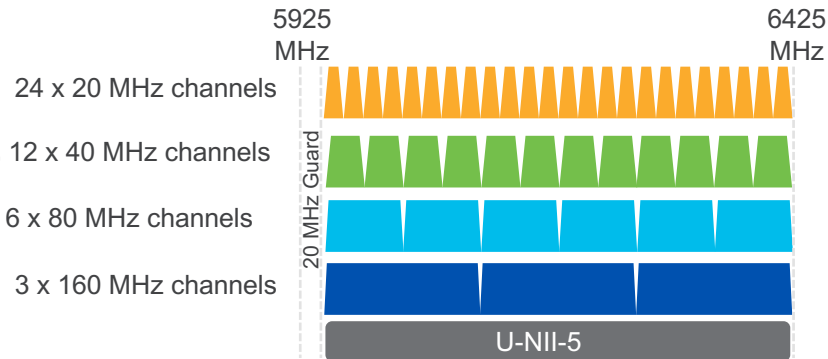
- 1 Dodatkowe Spektrum**
1200 MHz (5.925 to 7.125 MHz) - US
500 MHz (5.925 to 6.425) - EU
- 2 Security Upgrade**
WPA3 Mandatory
Improves Security
- 3 Czyste Spektrum RF**
(Fixed Mobile Service Operators in UNI-5 and UNI-7)
- 4 Brak wolnych/starszych urządzeń**
Improves performance
- 5 Odkrywanie 6 GHz WLAN**
Airtime Efficiency
- 6 Szerokie kanały RF**
80 MHz channels - 1200 MHz
40 MHz channels - 500 MHz

Wi-Fi 6E – Alokacja Kanatów

US, Canada,
S Korea
1200 MHz

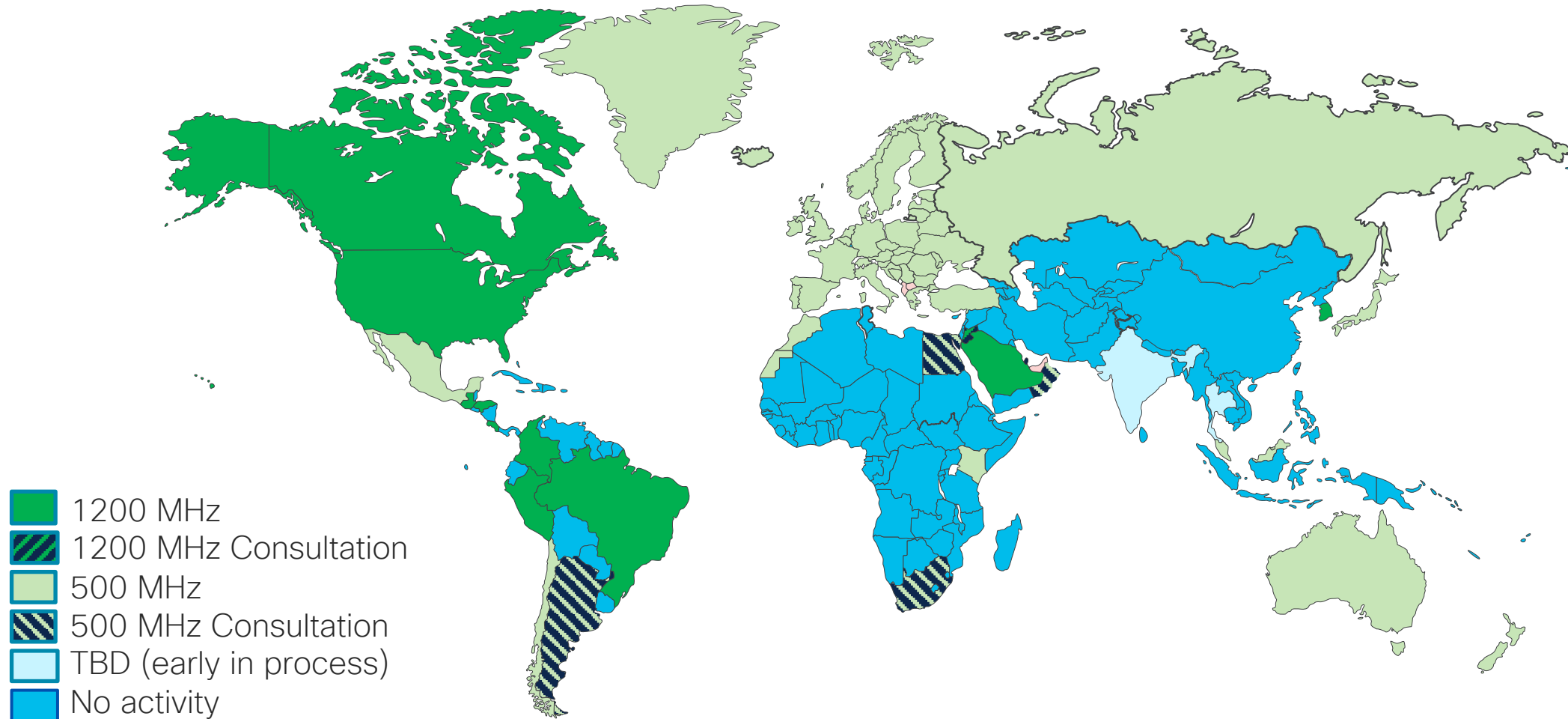


Europe/CEPT
500 MHz 



Dostępność pasma 6 GHz dla Wi-Fi





(<https://www.wi-fi.org/countries-enabling-wi-fi-6e>)



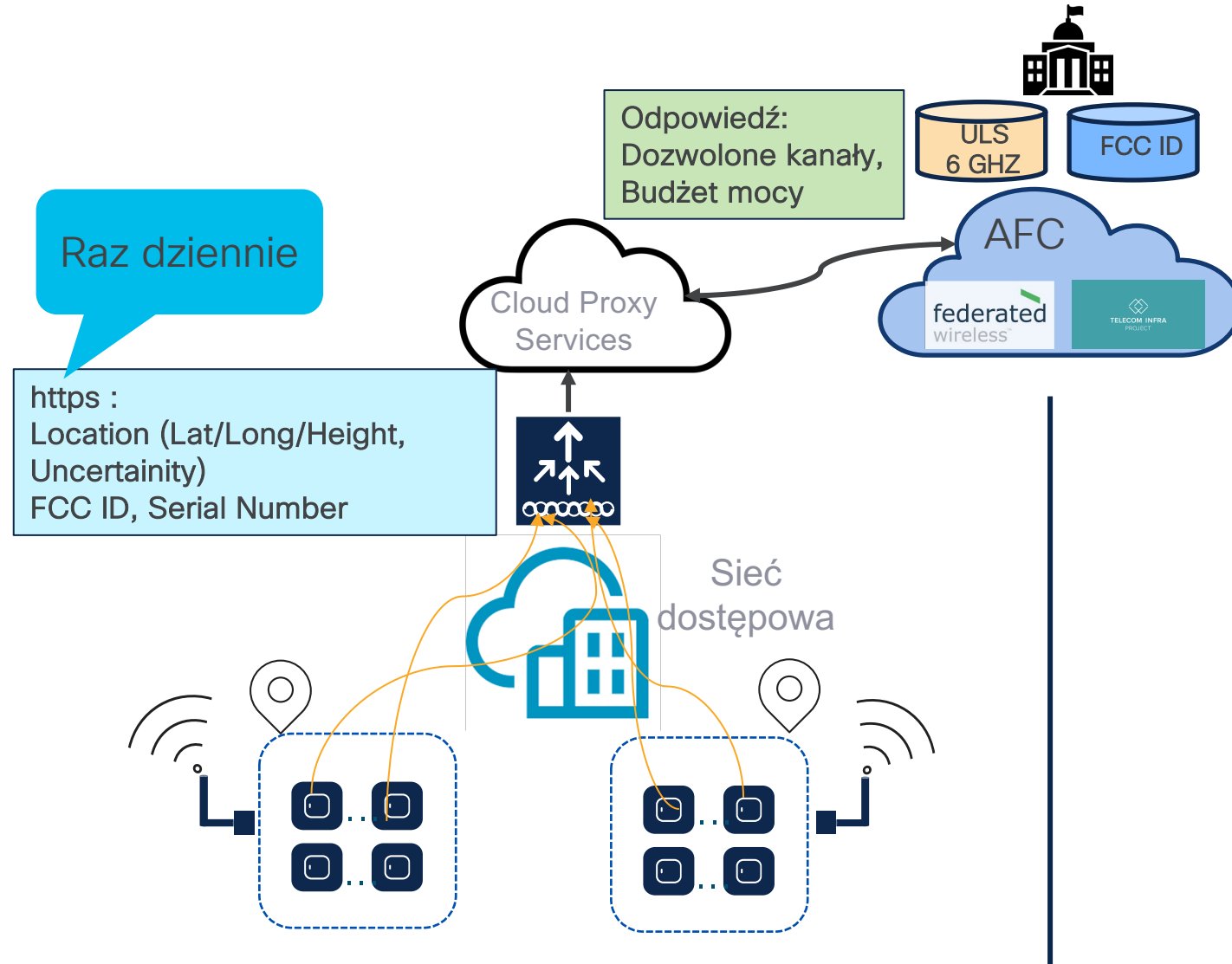
* Australia, Japan, UK, Parts of EU, Hong Kong and Qatar adopted 500 MHz and now considering 1200 MHz

6 GHz –Klasy Urządzeń

- Wi-Fi 6E wprowadza nowe klasy urządzeń
- Regulacje różnią się w zależności od kraju

 <p>Low Power Indoor (LPI) AP</p>	 <p>Standard Power (SP) AP</p>	 <p>Very Lower Power (VLP) AP</p>	 <p>Client Devices</p>
<ul style="list-style-type: none">• Indoor Only• Integrated Antenna Required• Can use the full 1200 MHz• Wired Power	<ul style="list-style-type: none">• Indoor or Outdoor• Integrated or External Antenna• UNII-5 and UNII-7 Only (FCC)• No support in ETSI• Requires AFC* <p>(*) Automatic Frequency Co-ordination</p>	<ul style="list-style-type: none">• Mobile Indoor or Outdoor• Limited Range• Does not require AFC*	<ul style="list-style-type: none">• Indoor or Outdoor• Only Indoor under control of LPI AP• Same power of AP in ETSI• 6 dBm lower power than AP for FCC

AFC - Architektura



Wi-Fi 6E - Ograniczenia

- ETSI może korzystać tylko z pasma UNII-5 (500 MHz)
 - Wi-Fi i Cellular dostaną jednakowe prawa do pozostałych 700 MHz spektrum, urządzenia LPI będą mogły korzystać z tego spektrum (prace CEPT w trakcie)
- Brak zewnętrznych instalacji w ETSI, brak zewnętrznych anten w ETSI
 - Otwarcie istniejącego spektrum 500 MHz dla użytku zewnętrznego z użyciem wyższych mocy (prace CEPT w trakcie)
 - Tymczasowo – otwarcie pełnego spektrum na zasadzie wyjątku (sport, kopalnie, służba zdrowia, fabryki itp.)
- AFC
 - USA (UNII 5 and UNII 7) – Approved for General Use
 - Canada (UNII 5, 6, 7) – Jesień CY2024

Wi-Fi 6E – Nowe mechanizmy odkrywania AP/SSID

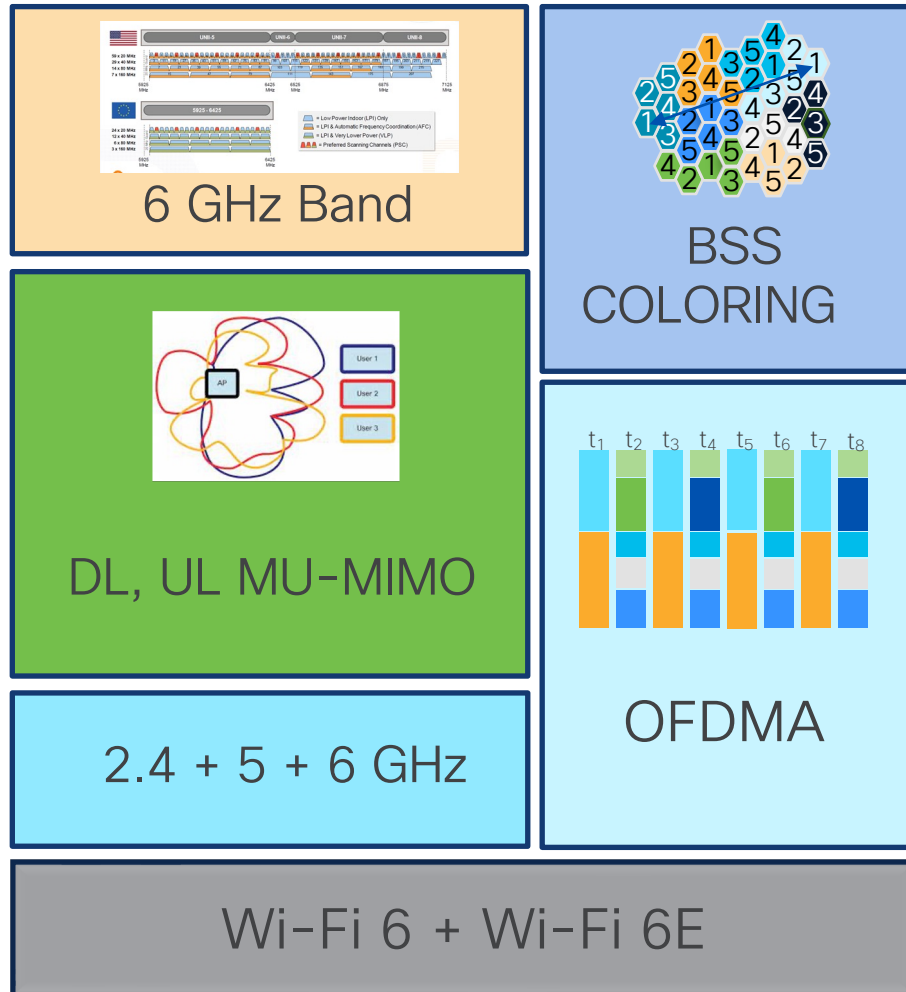
Out-of-Band

- Reduced Neighbor Report (RNR)
 - Co-located discovery
 - Requires 2.4/5 GHz SSID

In-band

- Passive
 - Fast Link Setup (FILS)
 - Unsolicited Probe Responses (UBPR)
- Active
 - Preferred Scanning Channels (PSC)

Wi-Fi 7 (802.11be)



- 1 Multi-Link Operation**
Efektywność, niezawodność, redukcja opóźnień
- 2 4096 (4K) QAM**
20% wzrost w prędkości transmisji
- 3 512 Compressed Block Ack**
Redukcja ruchu zarządzającego
- 4 Wiele RUs dla jednego STA**
Wydajność Spektrum
- 5 Szersze kanały**
Kanały 320 MHz

Wi-Fi 7



Streaming ultra-high definition video



Multi-user AR/VR/XR



Automotive



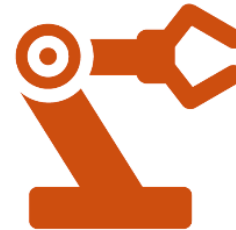
Hybrid work and rich telepresence



Immersive gaming and entertainment



Emergency Preparedness Communication Services



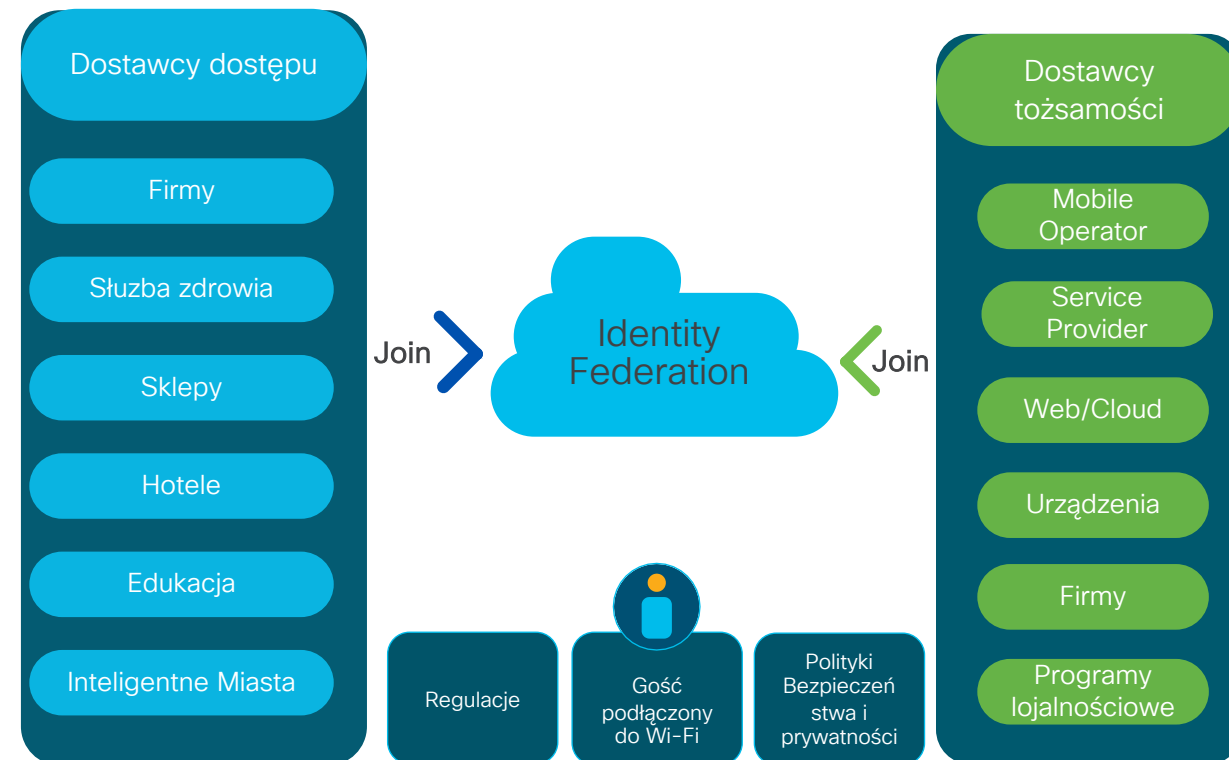
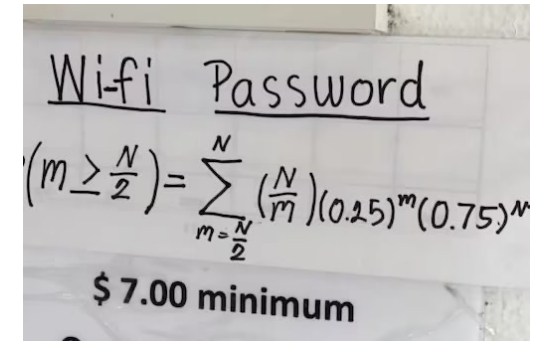
Industrial Internet of Things



Immersive 3-D training

OpenRoaming

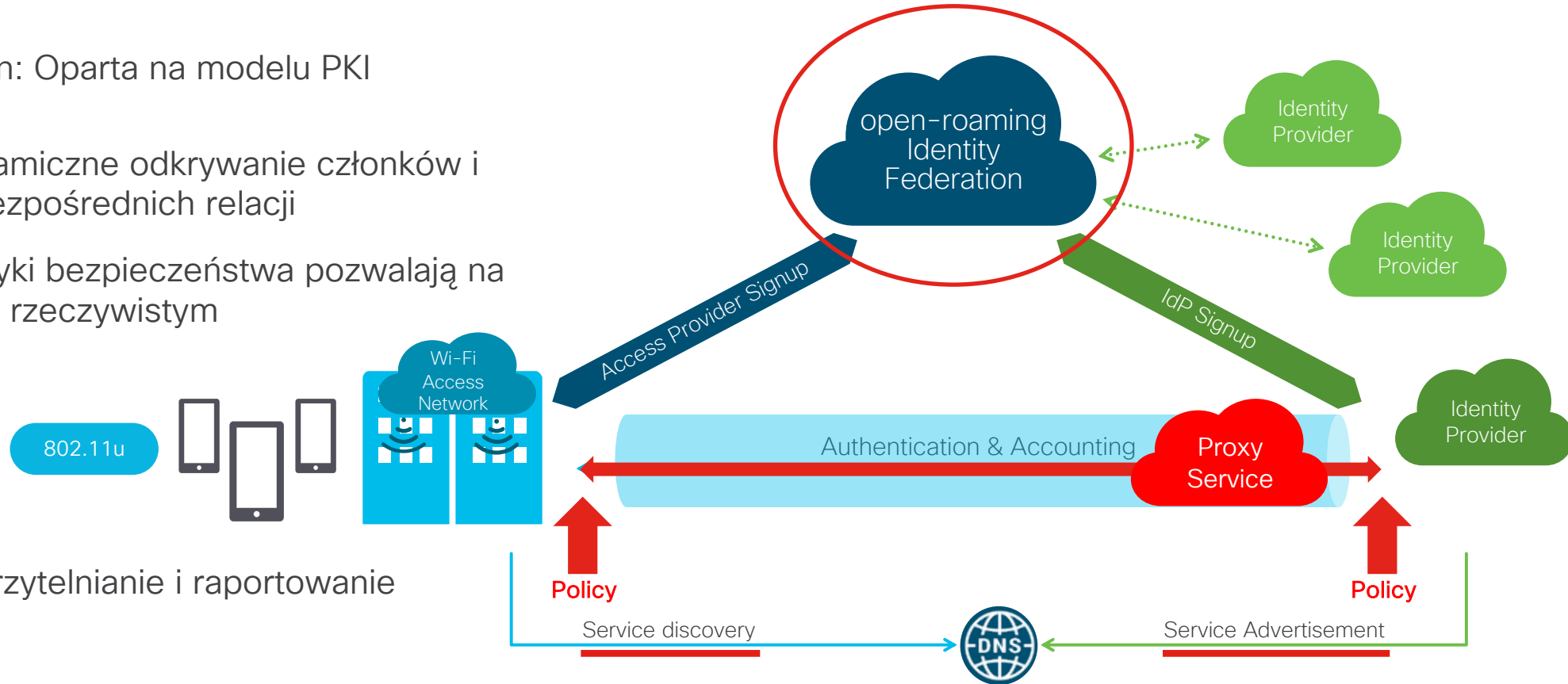
- Integracja z sieciami 5G
 - Sieć dostępowa
 - Publiczna
 - Korporacyjna – gościnnie
 - Dostawca tożsamości (Identity Provider)
- Płynne połączenie do sieci
 - Random MAC
- Płynny roaming Wi-Fi <-> 5G
- “Kontrola” nad danymi użytkownika
- Koszt, user experience DAS vs Wi-Fi



OpenRoaming



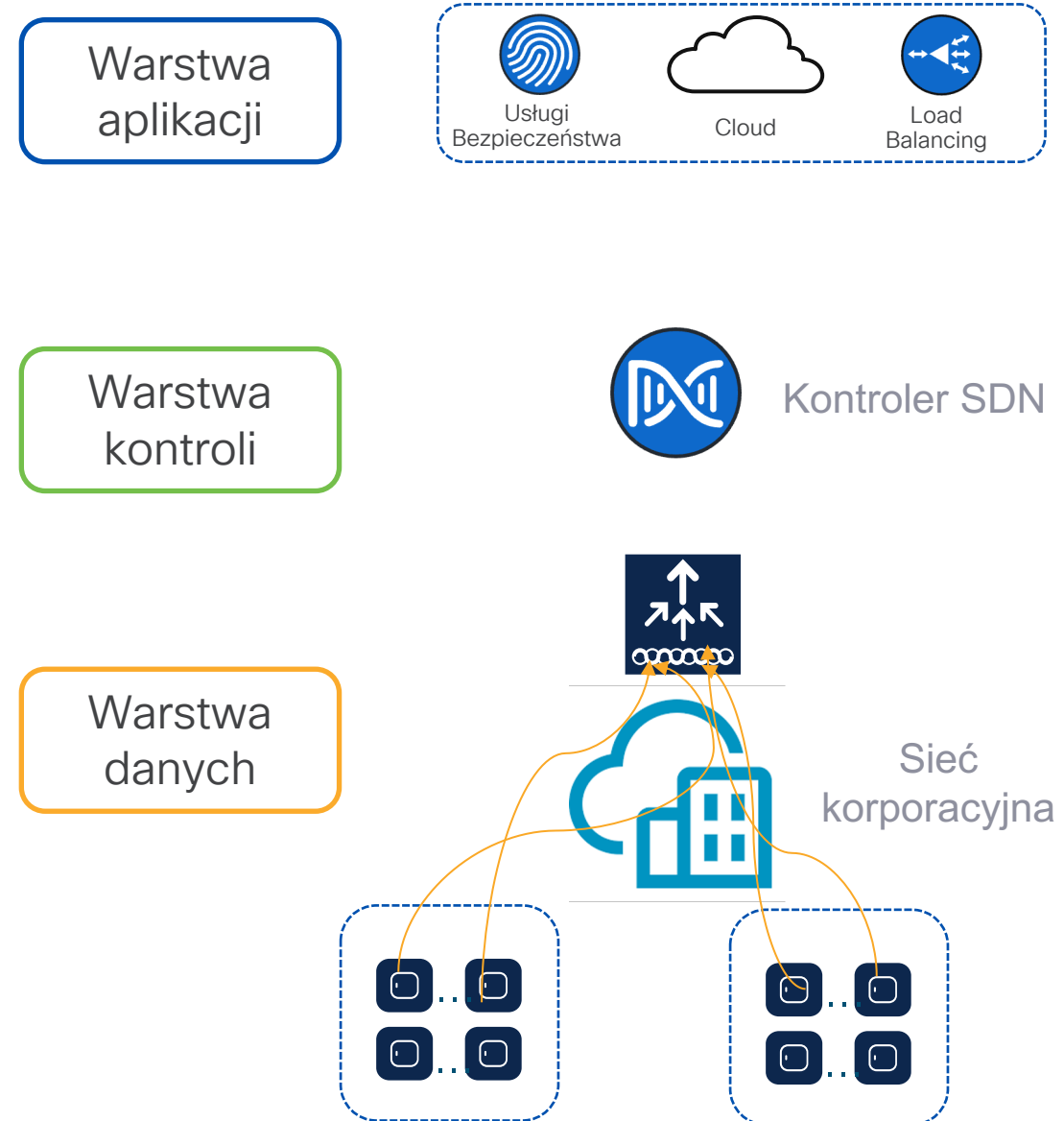
- 1 Identity Federation: Oparta na modelu PKI
- 2 Federation – dynamiczne odkrywanie członków i usług, budowa bezpośrednich relacji
- 3 Dynamiczne polityki bezpieczeństwa pozwalają na roaming w czasie rzeczywistym



- 4 Bezpieczne uwierzytelnianie i raportowanie przez TLS

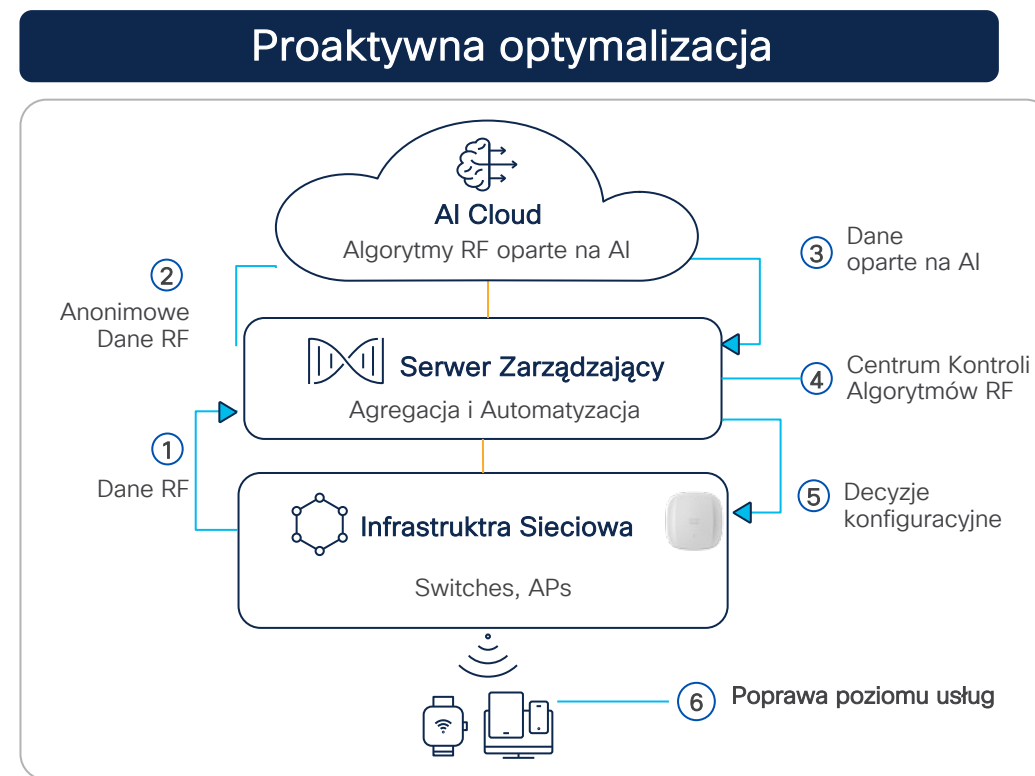
Software-defined Networks

- Automatykacja
- Ujednolicenie
 - Polityki bezpieczeŃstwa
 - Konfiguracja
- WidocznoŃ sieci
- Troubleshooting



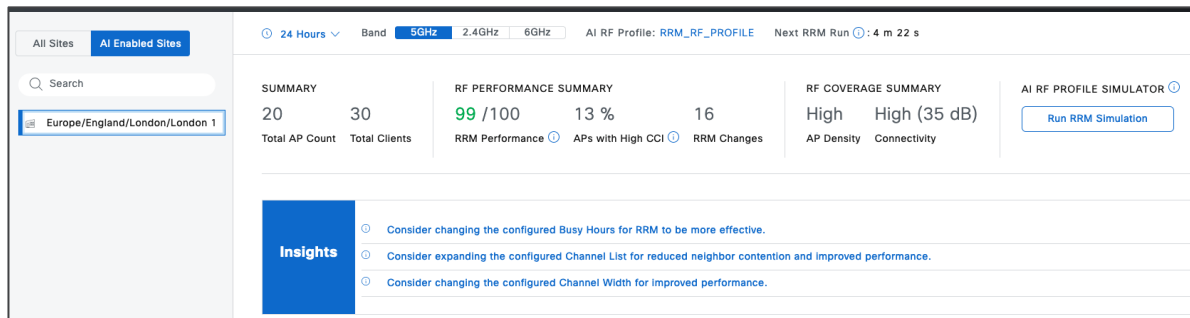
Sztuczna Inteligencja - RF

- RF
- Agregacja danych RF z Infrastruktury Sieciowej
- Decyzje podejmowane na podstawie danych historycznych, trendów itp.
- Propozycje zmian konfiguracyjnych
- Zmiany ograniczające wpływ na działanie sieci



AI i ML

- Utrzymywanie sieci i Rozwiązywanie Problemów
 - Perspektywa AP to Client vs Client to AP
 - Client Analytics
 - Client Reports (How Client sees network)
 - Powód odłączenia od sieci
 - Agregacja danych i sugerowane postępowanie



Day 0 – Budowanie Sieci

- Rozmieszczenie urządzeń
- Odpowiednie pokrycie RF

Day 1 - Ocena

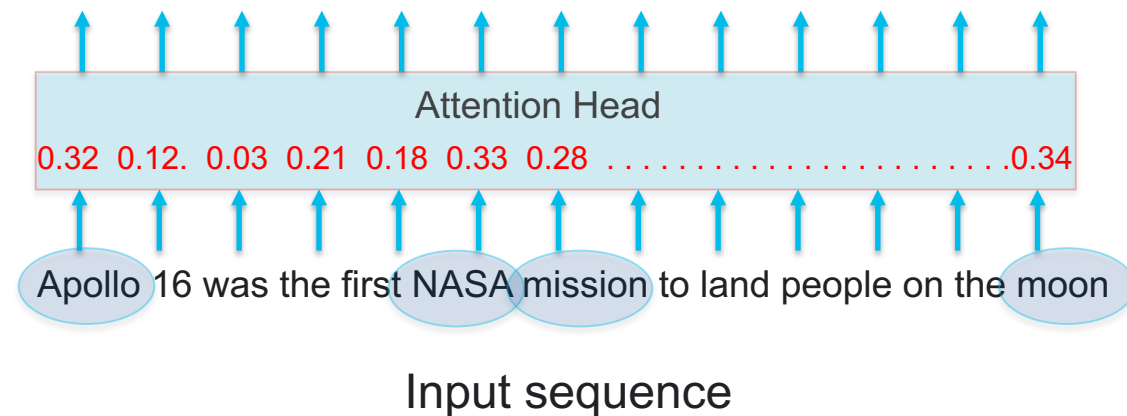
- Monitorowanie doświadczeń użytkowników
- Maksymalizacja dostępności
- Rozwiązywanie krytycznych problemów

Day N - Optymalizacja

- Wysoka jakość usług
- Proaktywne rozwiązywanie problemów
- Automatyzacja operacji

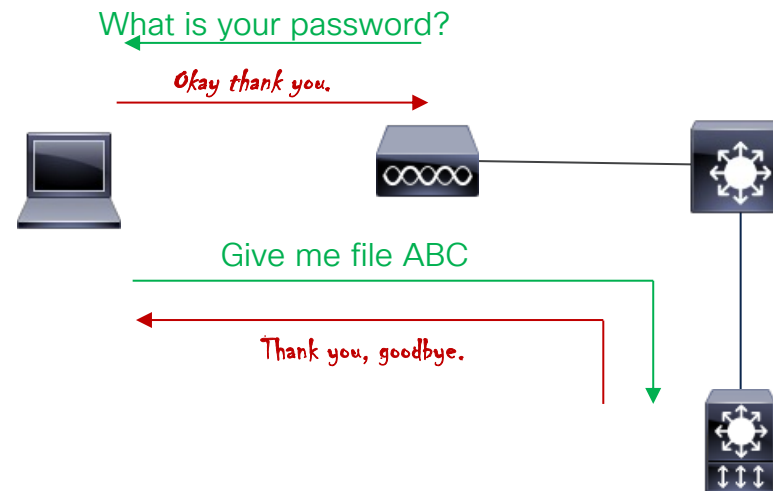
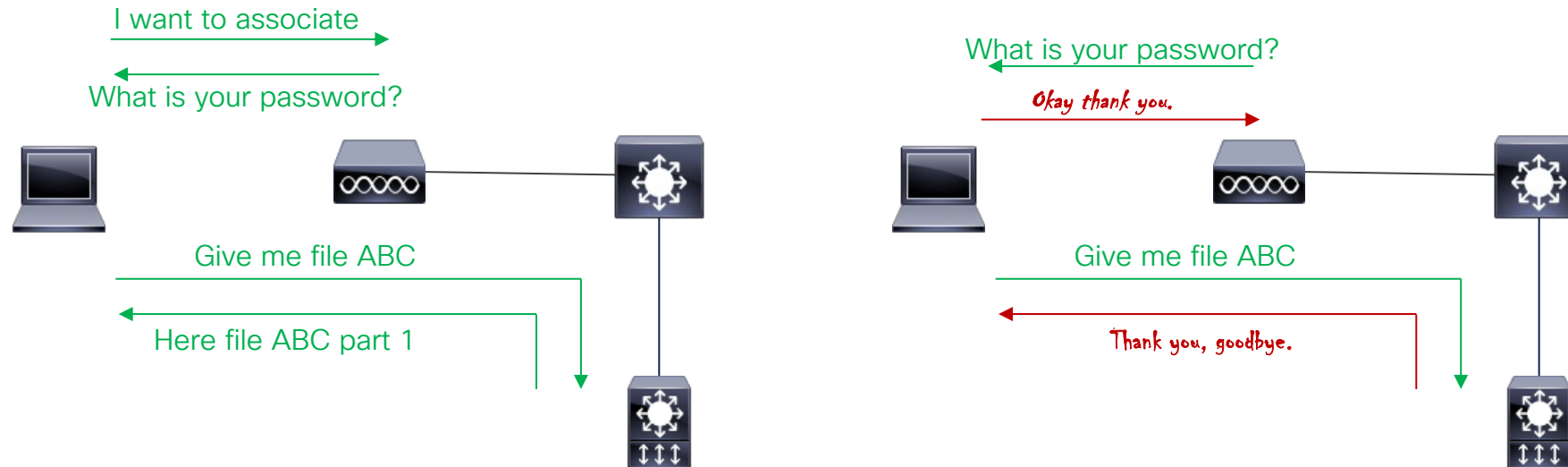
AI i ML

- Jak zbudować LLM (Large Language Model)?
 - Language modeling (LM) to technika używająca statystyki i modeli prawdopodobieństwa aby określić prawdopodobieństwo wystąpienia słowa (tokenu) lub sekwencji słów (tokenów) w zdaniu na podstawie poprzednio użytych słów
 - Aby zbudować LLM, potrzebujemy obszernych zbiorów danych, podzielonych w logiczne jednostki (tokeny). Następnie wyliczamy jak często tokeny występują po sobie.



AI i ML

- Wymiany pakietów między urządzeniami WLAN to zdania



AI i ML

- Ramki sieciowe to sekwencje bitów
 - Ich kolejność determinuje znaczenie
 - Pola mają różne długości
 - The byte-based approach ignores this fundamental property
 - Standardowe znaczenie- bity 64 – 98 znaczą XYZ nie poprzez ich wartości, ale przez ich pozycję opisaną w standardzie 802.11
- Czas między ramkami ma znaczenie
 - Potrzeba analizy pojedynczych ramek

```
0000 00 00 38 00 6f 08 00 c0 01 00 00 40 c4 f7 d5 4b
0010 9e c9 b8 b2 00 00 00 12 0c 3c 14 40 01 bf a2
0020 01 09 00 10 18 00 03 00 02 00 00 01 00 10 18 03
0030 06 00 48 60 02 00 00 80 00 00 00 ff ff ff ff
0040 ff ff c4 f7 d5 4b bc 2f c4 f7 d5 4b bc 2f b0 38
0050 4f 00 dd 9f 00 00 00 64 00 01 11 00 09 43 6f
0060 72 70 6f 72 61 74 65 01 08 8c 12 98 24 b0 48 60
0070 6c 05 04 00 01 00 00 07 4e 55 53 04 24 01 18 28
0080 01 18 2c 01 18 30 01 18 34 01 18 38 01 18 3c 01
0090 18 40 01 18 64 01 18 68 01 18 6c 01 18 70 01 18
00a0 74 01 18 78 01 18 7c 01 18 80 01 18 84 01 18 88
00b0 01 18 8c 01 18 90 01 18 95 01 1e 99 01 1e 9d 01
00c0 1e a1 01 1e a5 01 1e 20 01 00 0b 05 00 00 04 8d
00d0 5b 46 05 33 00 00 00 2d 1a ad 09 17 ff ff ff
00e0 ff 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00f0 00 00 00 00 3d 16 24 00 00 00 00 00 00 00 00
0100 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 7f 08 04 00
0110 08 84 01 40 00 40 6b 01 13 6c 02 7f 00 6f 0b 00
0120 33 00 40 96 00 50 54 00 50 a7 bf 0c b1 69 83 0f
0130 aa ff 00 00 aa ff 00 20 c0 05 00 24 00 fc ff c3
0140 02 00 22 ff 24 23 01 00 08 12 00 10 44 20 02 c0
0150 0f 43 85 18 00 0c 00 aa ff aa ff 3b 1c c7 71 1c
0160 c7 71 1c c7 71 00 00 00 00 ff 07 24 04 00 00 81
0170 fc ff ff 0e 26 04 00 a4 08 20 a4 08 40 43 08 60
0180 32 08 dd 05 00 40 96 03 05 dd 05 00 40 96 14 00
0190 dd 05 50 6f 9a 10 21 dd 05 00 40 96 0b 89 dd 05
01a0 00 40 96 2c 0e dd 18 00 50 f2 02 01 01 84 00 03
```

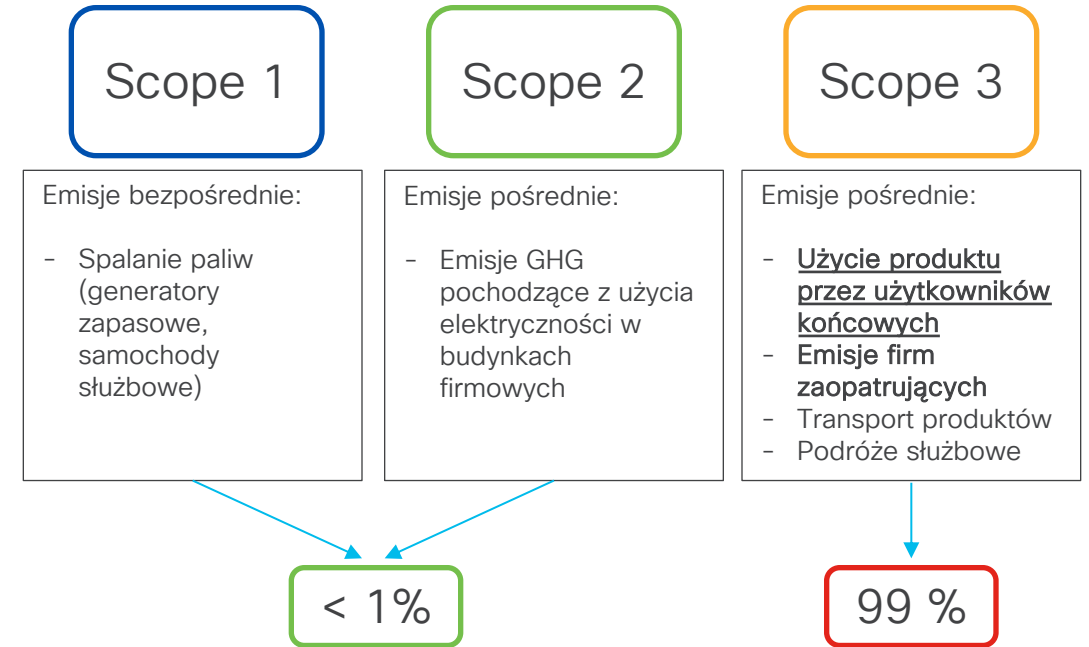
```
if __name__ == "__main__":  
    main()
```

What do you want to do?

-]:
-]:
-]:
-]:
-]:
-]:

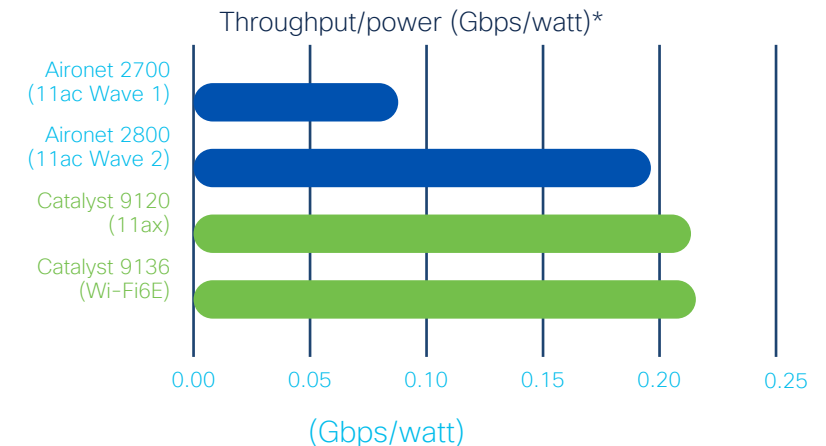
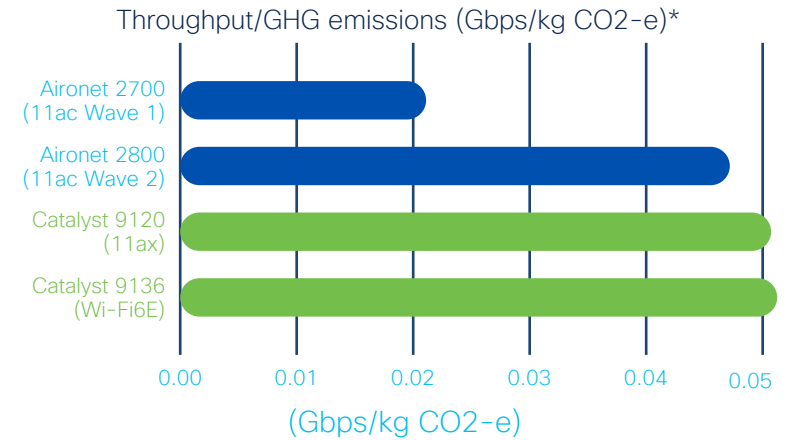
Ekologia / Zrównoważony rozwój (Sustainability)

- Wiele firm przyjmuje ambitne cele “zero-emisyjności”
 - Cisco – przed rokiem 2040
 - Scope 3 = 99% wszystkich emisji
 - Użycie produktów = 70% Scope 3
- Kołowy cykl życia produktów
 - Make – Use – Reuse – Make itd.



Ekologia / Zrównoważony rozwój (Sustainability)

- Zużycie energii a kolejne generacje AP
- Optymalizacja produkcji
 - Power-efficient ASIC
- Mechanizmy oszczędzania energii
 - Wyznaczanie godzin “biznesowych”
 - Wyłączanie poszczególnych funkcjonalności
 - Reakcja na nieoczekiwane zmiany



Pytania ?

Dziękuję!





The bridge to possible