



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

Wi-Fi dnes a zítra

Ing. Martin Samek
samekma1@fel.cvut.cz

FEL-SVTI

11. říjen 2015

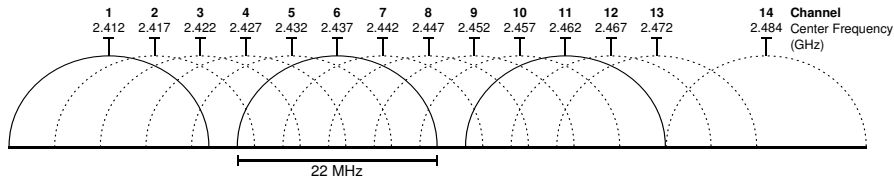
Historie IEEE standardů pro Wi-Fi...

Jak šel čas.

IEEE standard	rok	f. pásmo	t. propustnost	vlastnosti
pre 802.11	1995	2.4 GHz	< 1 Mb/s	•
802.11	1997	2.4 GHz	1 Mb/s	•
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mb/s	•
802.11g	2002	2.4 GHz	54 Mb/s	•
802.11a	2002	5 GHz	54 Mb/s	•
802.11n	2007	2.4 (5) GHz	300 (600) Mb/s	MIMO
802.11ad	2011	60 GHz	7 Gb/s	•
802.11ac	2012	5 GHz	1.3 Gb/s	MU-MIMO
802.11ac-Wave2	2014	5 GHz	3.6 Gb/s	MU-MIMO
802.11ah	2016	900 MHz	40 Mb/s	•
802.11ax	2019	5 GHz	10 Gb/s	•

Kanály v ISM pásmu 2,4 GHz

Wi-Fi a také Bluetooth, DECT, kamery, chůvičky, μ w trouby, RC modely, ...



EU kánaly 1-13

US kánaly 1-11

JPN kánaly 1-14

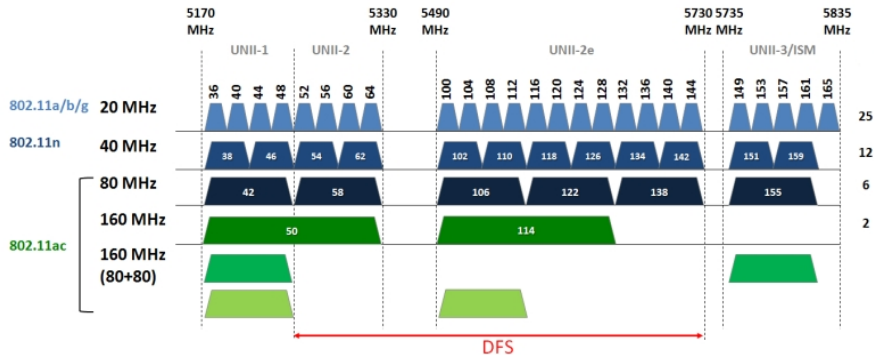
▶ šířka kanálu 22 MHz

▶ odstup kanálů 5 MHz

▶ nepřekrývají se kanály 1, 6, 11

Kanály v ISM pásmu 5 GHz pro 802.11ac

přibližně od 4,9 GHz do 5,8 GHz



- ▶ rozříštění
- ▶ jednání o uvolnění dalších kanálů
- ▶ globálně kanály 36-64
- ▶ meteoradary, vojenská zařízení

Novinky 2015

Co nového přinesl rok 2015 do světa Wi-Fi?

- ▶ nové produkty dle IEEE 802.11ac-wave2 konečně na trhu (standard 2014)
- ▶ HP koupilo Aruba Networks, nyní Aruba Networks an HP company
- ▶ Juniper uzavírá partnerství s Ruckus
- ▶ LTE jako konkurent Wi-Fi (WiMAX se neprosadil)
- ▶ Wi-Fi vstupuje do business plánů, stává se prodejním nástrojem
- ▶ je klasifikována „nelátková závislost“ na Internetu, sociálních sítích a mobilních zařízeních
- ▶ Gartner předpovídá růst investic do Wi-Fi řešení (2015 \$5.3 mld, 2019 \$7.8 mld)
- ▶ FELK dokončil migraci na řešení Aruba Networks (50 AP, 2 WLC)

Nové produkty

Výrobci uvádějí zařízení dle IEEE 802.11ac-wave2.

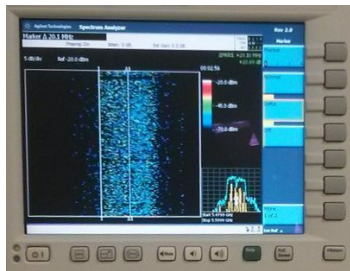
- ▶ Aruba Networks řada AP320 (4x4 MU-MIMO, BLE)
- ▶ Ruckus ZoneFlex R710 (4x4 MU-MIMO, BLE)
- ▶ CISCO přídatný modul pro řadu Aironet 3700, později řada Aironet 1850 (4x4 MU-MIMO)
- ▶ Xirrus

Výrobci jako MikroTik a Ubiquity zatím Wave-2 produkty v nabídkách nemají.

Standard IEEE 802.11ac a 802.11ac-wave2

Jaký HW máme nyní k dispozici?

- ▶ Standard 802.11ac (někdy označován jako GigabitWiFi) je definován pouze pro pásmo 5 GHz, ve 2,4 GHz nemáme moc, co slučovat, proto se zde používá klasické 802.11n.
- ▶ Oproti 802.11n umožňuje slučovat více než 2 kanály, získáme 80 MHz kanál, ve wave2 až dokonce 160 MHz široký „super kanál“. V 5 GHz začne být těsno.
- ▶ 256 QAM modulace přináší efektivnější využití RF spektra - 8 bit/sym. (64 QAM - 6 bit/sym.)
- ▶ modulace vyššího řádu \Rightarrow nižší odolnost \Rightarrow lepší demodulátor



Srovnání standardů 802.11n, ac, ac-wave2

Zajímá nás:

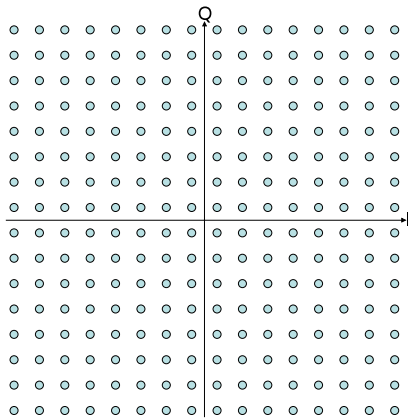
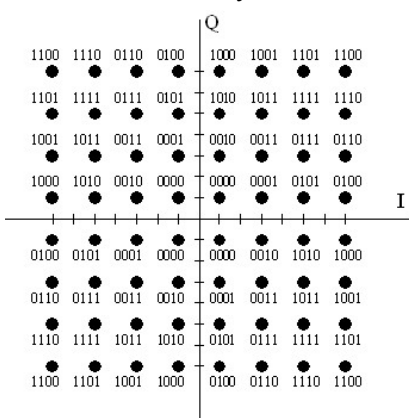
- ▶ propustnost
- ▶ dosah
- ▶ množství obslužených klientů

	802.11n	802.11n (spec.)	802.11ac	802.11ac-2	802.11ac (spec.)
Band	2.4 & 5 GHz	2.4 & 5 GHz	5 GHz	5 GHz	5 GHz
MIMO	SU	SU	SU	MU	MU
PHY Rate	450 Mb/s	600 Mb/s	1.3 Gb/s	2.35-3.47 Gb/s	6.9 Gb/s
Channel Width	20, 40 MHz	20, 40 MHz	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz
Modulation	64 QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM	256 QAM
Spatial Streams	3	4	3	3-4	8
MAC Throughput	300 Mb/s	400 Mb/s	845 Mbps	1.5-2.3 Gbps	4,5 Gbps

QAM64 vs. QAM256

Jen jestli náhodou více není méně?

802.11ac přináší oproti 802.11n modulaci QAM256 (podobně jako kabelové modemy dle DOCSIS 3.0).



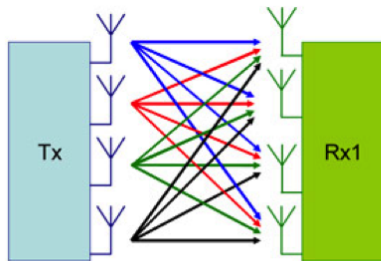
Inovace ve standardu IEEE 802.11ac-wave2

Jaké vlastnosti přináší rozšíření oproti 802.11ac?

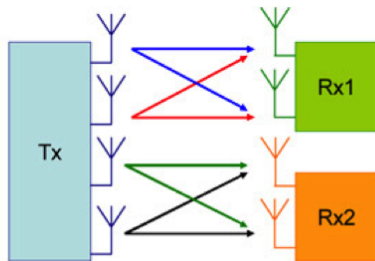
1. MU-MIMO
2. více prostorových streamů (4)
3. širší kanály (možnost sloučit více kanálů)
4. všeobecná vylepšení v oblasti spotřeby energie, zpracování signálů a množství obslužených klientů

MultiUser MIMO

Rozšíření oproti klasickému MIMO



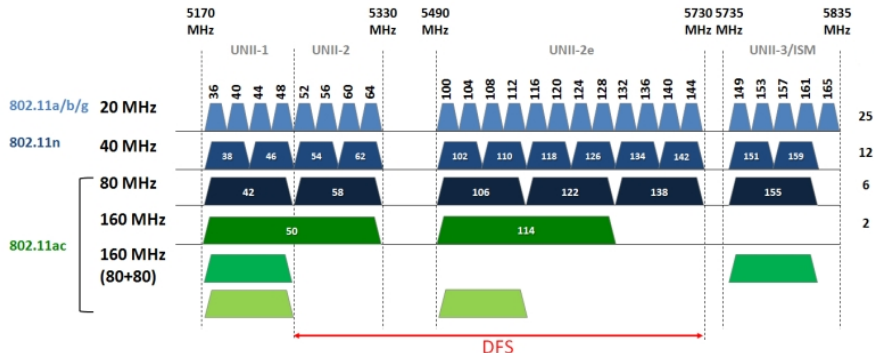
(a) Single User MIMO, 4 streams



(b) Multi User MIMO, 2 users, 2 streams each

Kanály v ISM pásmu 5 GHz pro 802.11ac

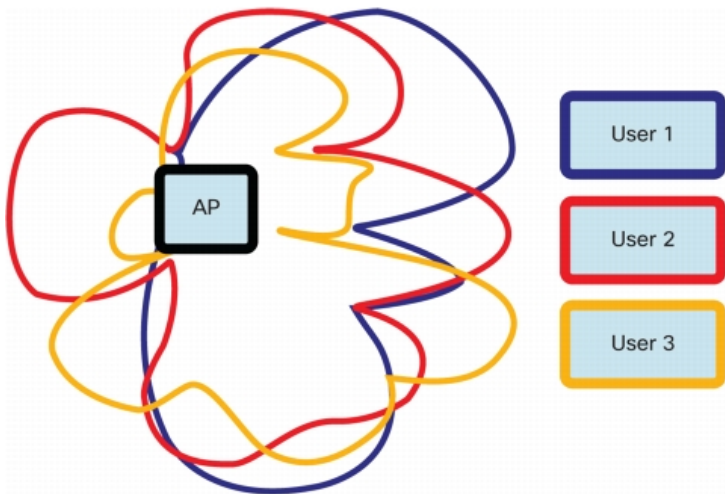
přibližně od 4,9 GHz do 5,8 GHz



- ▶ rozříštění
- ▶ jednání o uvolnění dalších kanálů
- ▶ globálně kanály 36-64
- ▶ meteoradary, vojenská zařízení

Beamforming (TxBF)

Musíme věřit tomu, že to tak funguje :)



AC paradox 1

Jak to uděláme s konektivitou pro všechna ta nová AP?

Access Point AC nebo AC-wave2 má šířku pásma vyšší než 1 Gb/s. To znamená, že v praxi bude představovat omezení switch a jeho port. AP v konfiguraci 3x3 nebo 4x4 vyžaduje:

- ▶ 2 gigabitové porty (LACP konfigurace) ⇒ více switchů
- ▶ 2 UTP/STP kabely k AP ⇒ více kabelů, patch panelů, racků
- ▶ AP a switche s 10 Gb/s porty ⇒ nové switche, kabeláž
- ▶ více energie ⇒ switche s větším PoE rozpočtem

Budujeme bezdrátovou síť, ale potřebuje mnohem více kabelů a switchů ⇒ růst nákladů.

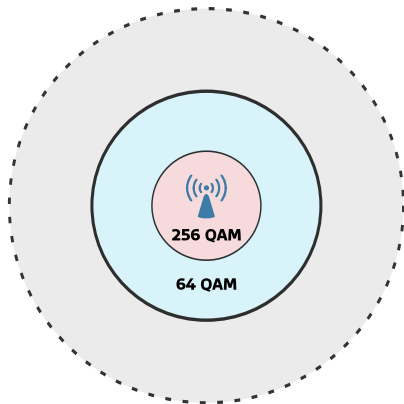
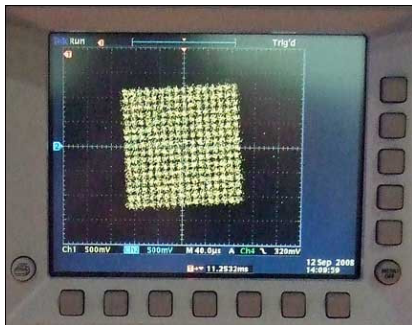
Výrobci nám dluží nový switch vhodný pro nasazení s AP 802.11ac.

Možnou odpovědí může být NBASE-T technologie (2.5/5 Gb/s po Cat5e/Cat6 s PoE).

AC paradox 2

Nebudeme těch AP náhodou potřebovat víc?

256 QAM modulace zvýší efektivitu přenosu o 33%, ale vyžaduje vyšší SNR.



Zhodnocení vlastností 802.11ac

„Není všechno zlato, co se třpytí.“

Standard a implementace IEEE 802.11ac včetně wave2 nepřináší „zázračné“ zvýšení propustnosti Wi-Fi sítě oproti 802.11n.

- ▶ za dané množství času dokáže síť obsloužit více klientů
- ▶ snížení spotřeby energie na straně klientských zařízení
- ▶ možnost provozovat klienty 1x1 bez dopadu na 3x3 klienty
- ▶ neexistuje klientské 4x4 zařízení

Je potřeba zvážit dopady tzv. „AC paradoxu“ na celkové náklady při budování řešení.

Bude pro nás řešením viditelné světlo?

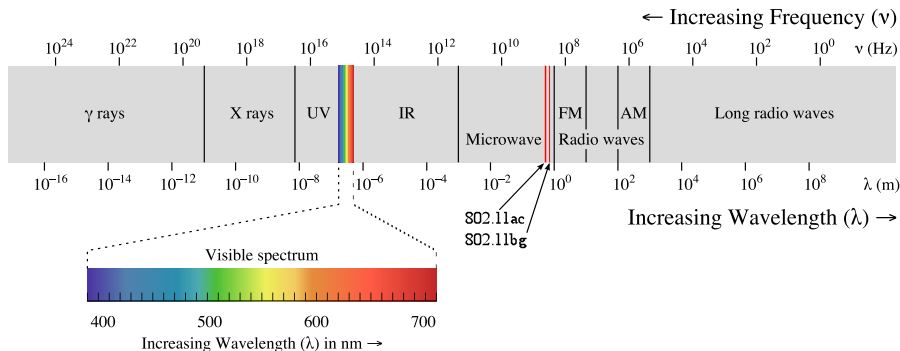
Trochu si zavěštíme o „Li-Fi“.



Světelné zdroje na bázi polovodičů jsou všude kolem nás. Dokážeme jejich světelný tok vhodně „modulovat“?

Elektromagnetické spektrum

Omezuje nás, ale nabízí zajímavé možnosti.



Wi-Fi šířka pásma je 100 + 1000 MHz (vln. délka v cm). Šířka spektra viditelného světla je 10000x větší než celé RF spektrum (vln. délka v nm, frekvence 300 THz).

Li-Fi

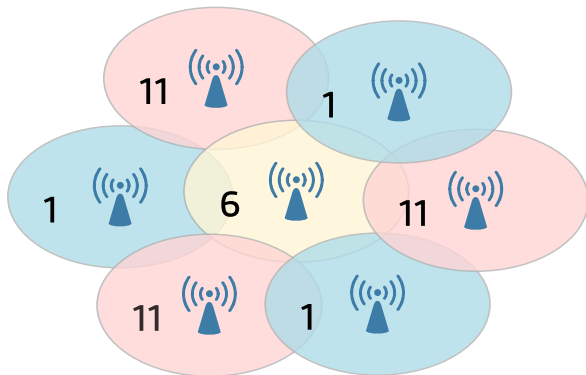
Označení pochází od Prof. Haralda Haase, TED Global talk

Počítá s využitím vysílačů a přijímačů v oblasti viditelného světla. Laboratorní experimenty vypadají velmi slibně a komerční produkty lze očekávat v horizontu 2 let.

- ▶ využití pro IoT
- ▶ mobilní zařízení již dnes mají snímače viditelného světla
- ▶ využití LED zdrojů světla jako vysílačů
- ▶ využití podsvícení displayů mobilních zařízení jako vysílačů
- ▶ nutno se vypořádat s rušením od okolních zdrojů světla ⇒ pokročilé zpracování signálů (filtrace a rekonstrukce)
- ▶ již dosaženo rychlostí přesahujících 10 Gb/s

Jak (ne)dělat Wi-Fi

Můžeme se s tím setkat v každém druhém hotelu. ESSID Hotel-1, Hotel-2, . . . , Hotel-N a nejlépe všechny na kanálu 1.



Raději jedno ESSID Hotel a použijeme kanály 1, 6, 11.

Dotazy

?

¹Pokud není uvedeno jinak, tak uvedené ilustrace pochází z Wikipedie nebo FCC.