

Wireless 2.0

Novos desafios nas redes sem fio locais

Ibirisol Fontes Ferreira^{1,2}

¹Universidade Federal da Bahia

²Ponto de Presença da RNP na Bahia

ibirisol@{ufba.br,pop-ba.rnp.br}

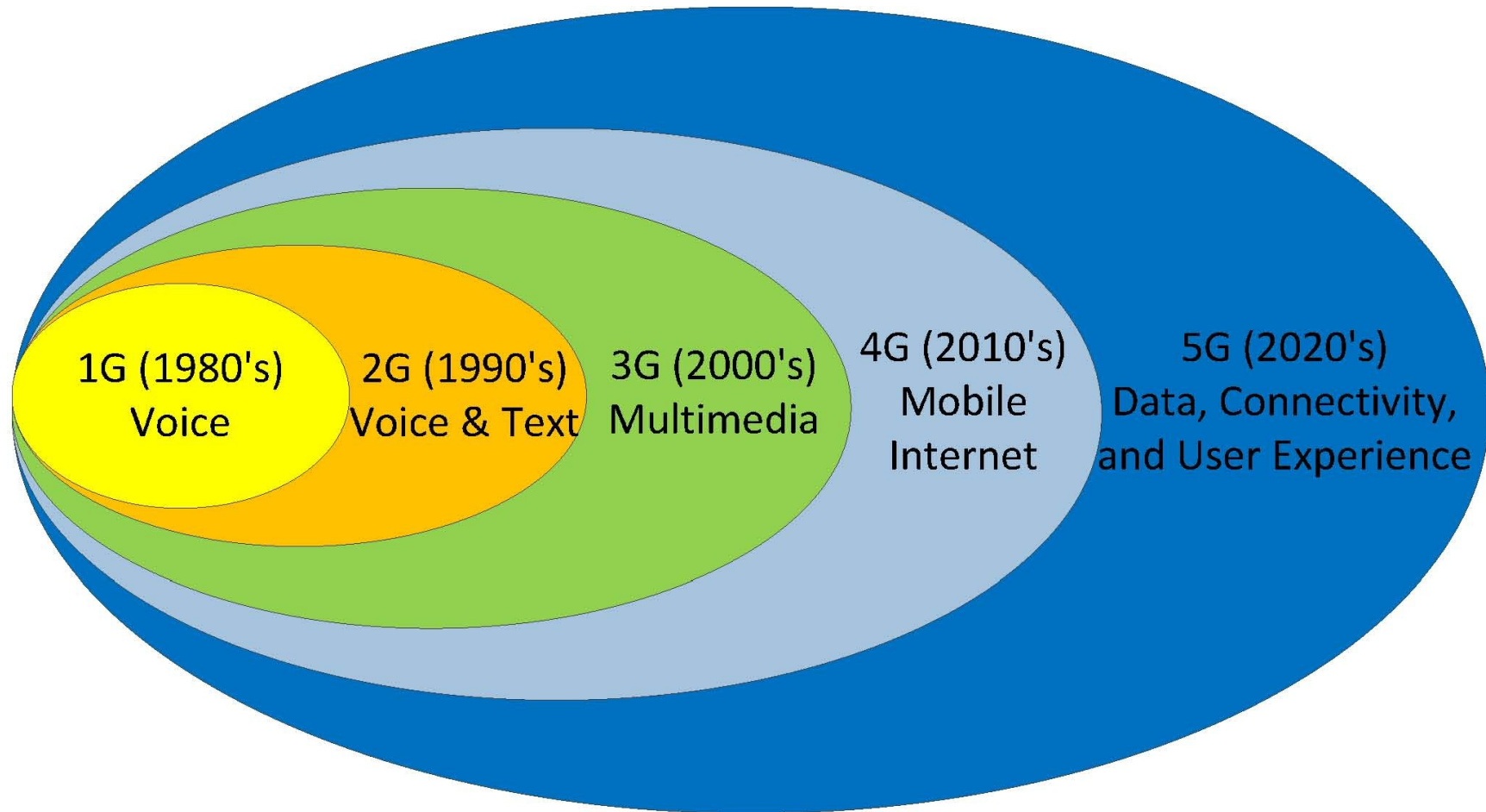
Agenda

- Introdução
- WLAN 2.0
- Alocação de espectro
- Conceitos
- Beamforming
- MU-MIMO
- Acesso ao meio
- Implantação e desafios
- Nos próximos episódios

Introdução

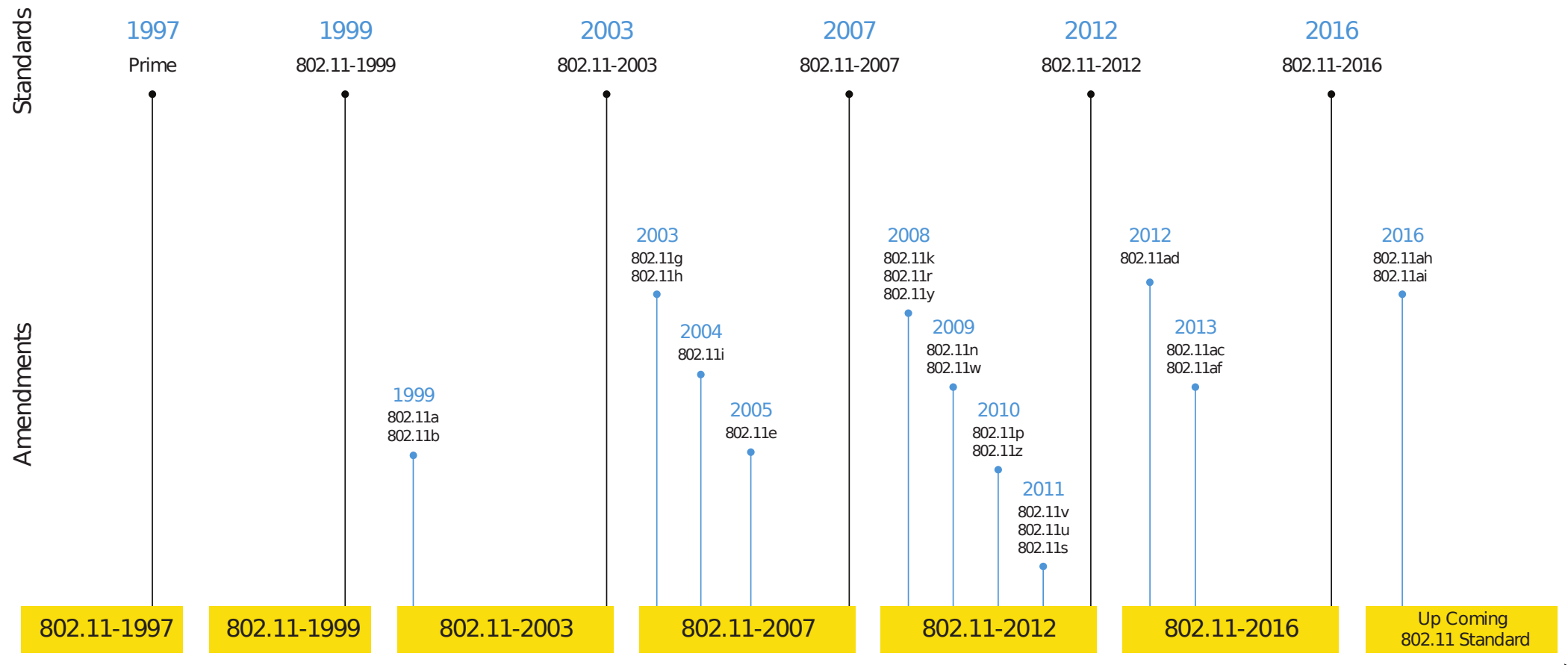
- Aumento da demanda por capacidade de tráfego na rede sem fio
 - Entre 2016 e 2017 houve um aumento de 65% do tráfego de dados oriundos de dispositivos móveis (ERICSSON, 2017a)
 - Previsão de crescimento anual de 42% até 2023 na América Latina (ERICSSON, 2017a)
 - Entre 60% e 65% do tráfego de usuários móveis escoado por redes Wi-Fi
- Crescimento do tráfegos de aplicações até 2023
 - Vídeo a uma taxa de 50% ao ano
 - Redes sociais em cerca 34% ao ano
 - Demanda por *Streaming* (ERICSSON, 2016b)
 - Negligenciada da gerencia da experiência de usuário (ERICSSON, 2016c)

Introdução



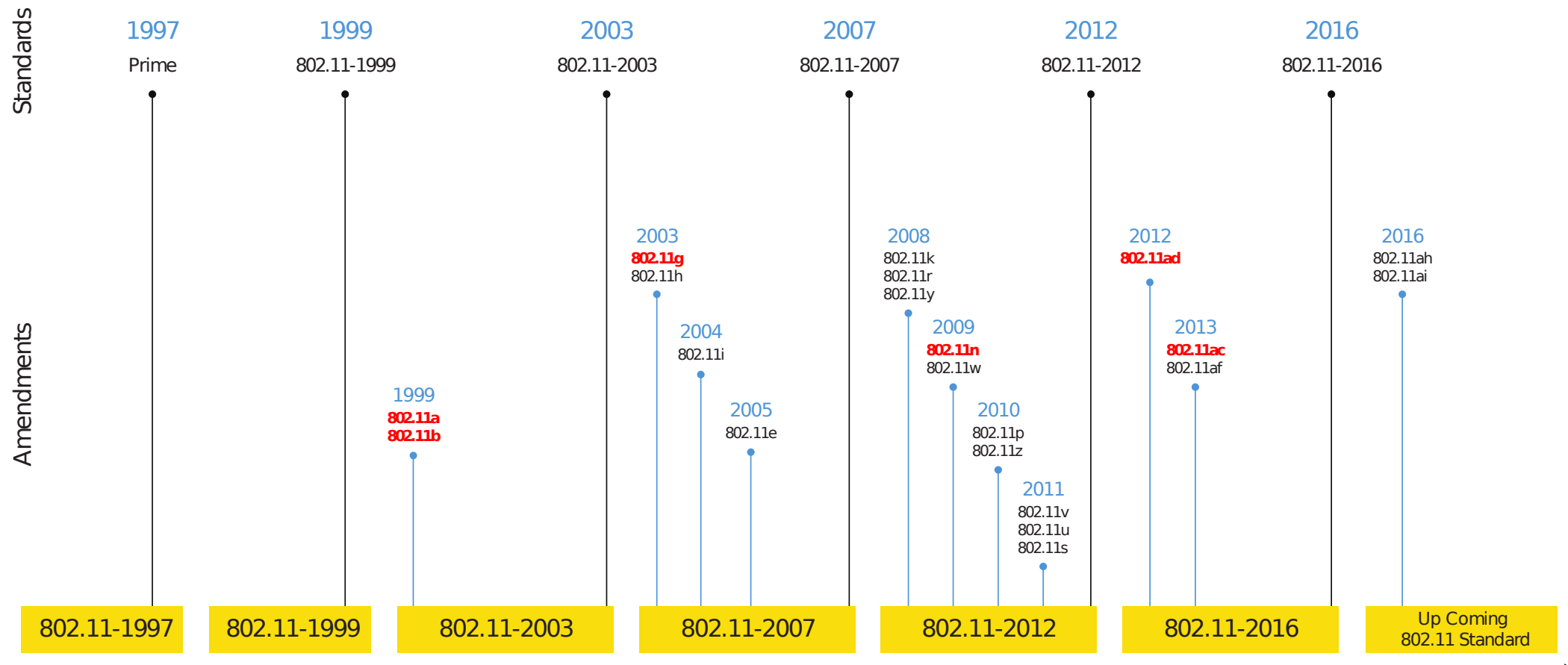
Serviços de rede ao longo das gerações redes móveis
Fonte: PIRINEN (2014)

Introdução



IEEE-802.11 Standards Timeline
Fonte: [SemFio Networks](#) Apud (OFFICIAL IEEE 802.11 WORKING GROUP PROJECT TIMELINES, 2017)

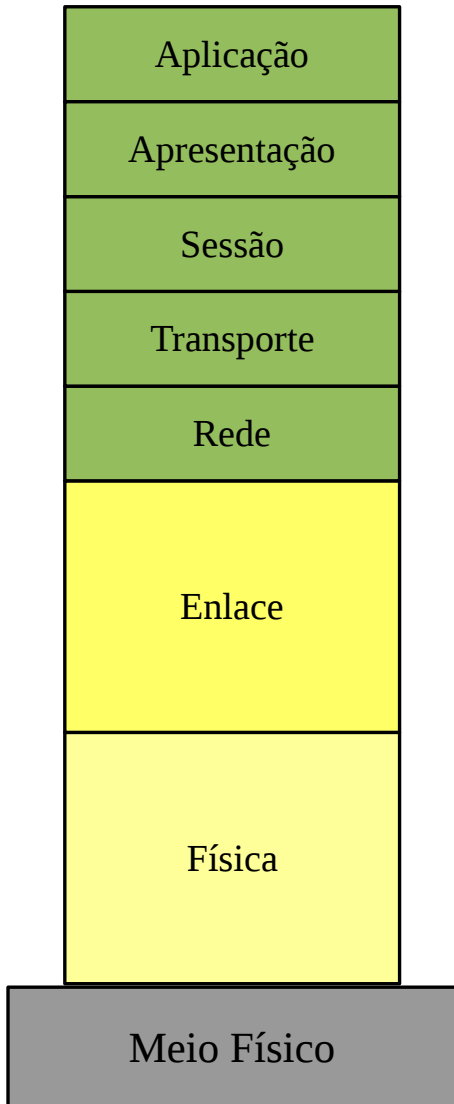
Introdução



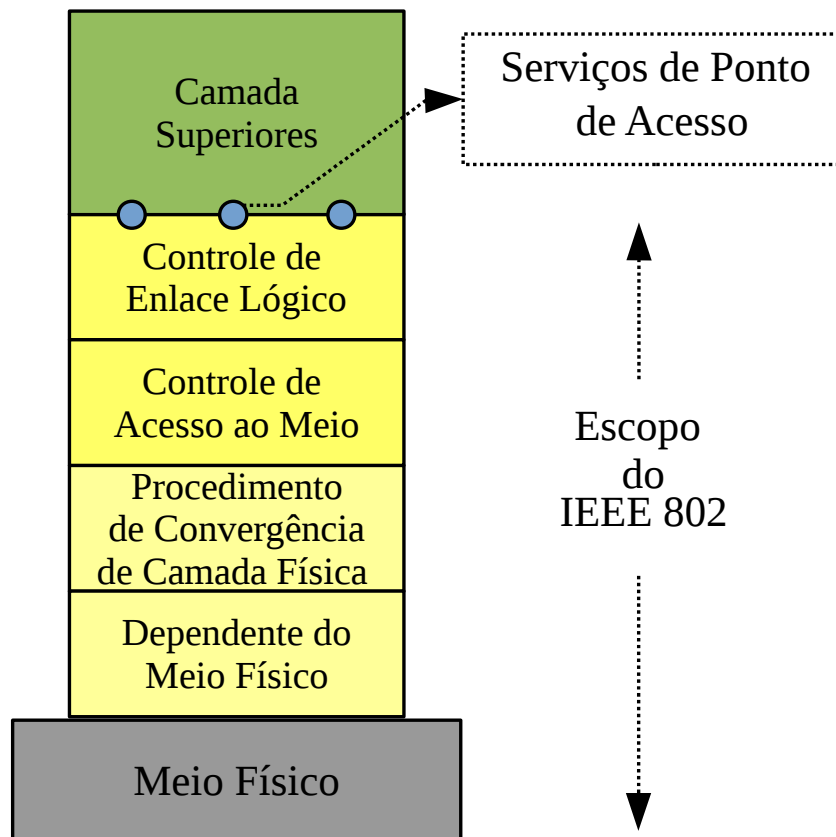
IEEE-802.11 Standards Timeline
Fonte: [SemFio Networks](#) Apud (OFFICIAL IEEE 802.11 WORKING GROUP PROJECT TIMELINES, 2017)

Introdução

Modelo de Referência
OSI

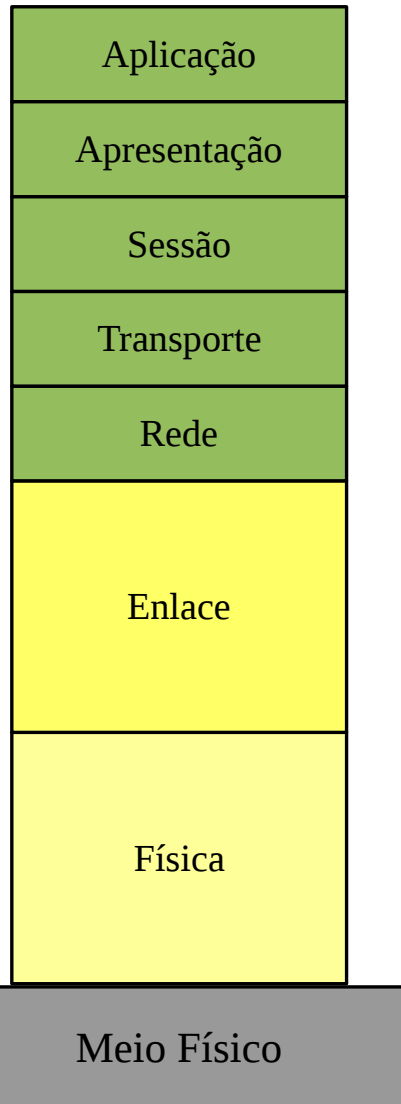


Modelo de Referência
IEEE 802

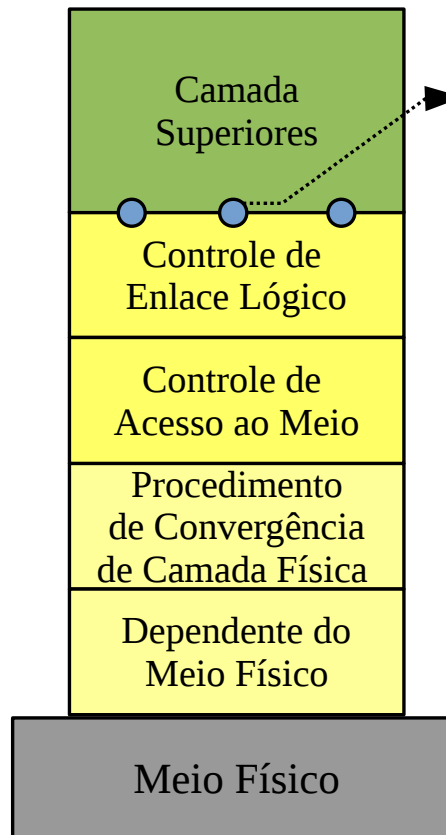


Introdução

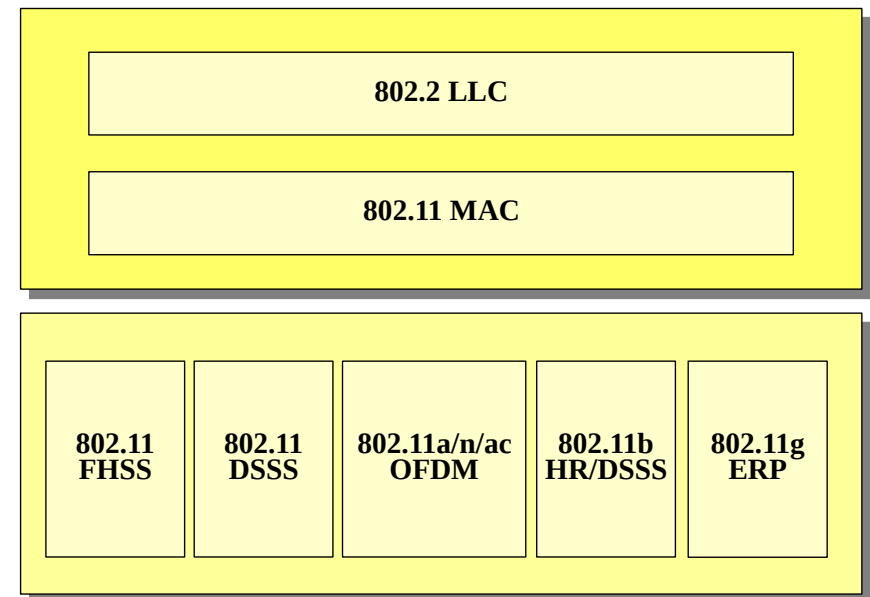
Modelo de Referência OSI



Modelo de Referência IEEE 802



Serviços de Ponto de Acesso



Introdução

Tecnologia	Banda de Frequência	Banda de transmissão	Lançamento
802.11	2.4 Ghz, Infravermelho	2 Mbps	1997
802.11a	5 GHz	54 Mbps	1999
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	1999
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	2003
802.11n	2.4 GHz, 5 GHz, (permutável ou concorrente)	600 Mbps	2009
802.11ac	5 GHz	~7 Gbps	2013
802.11ad	60 Ghz	7 Gbps	2012

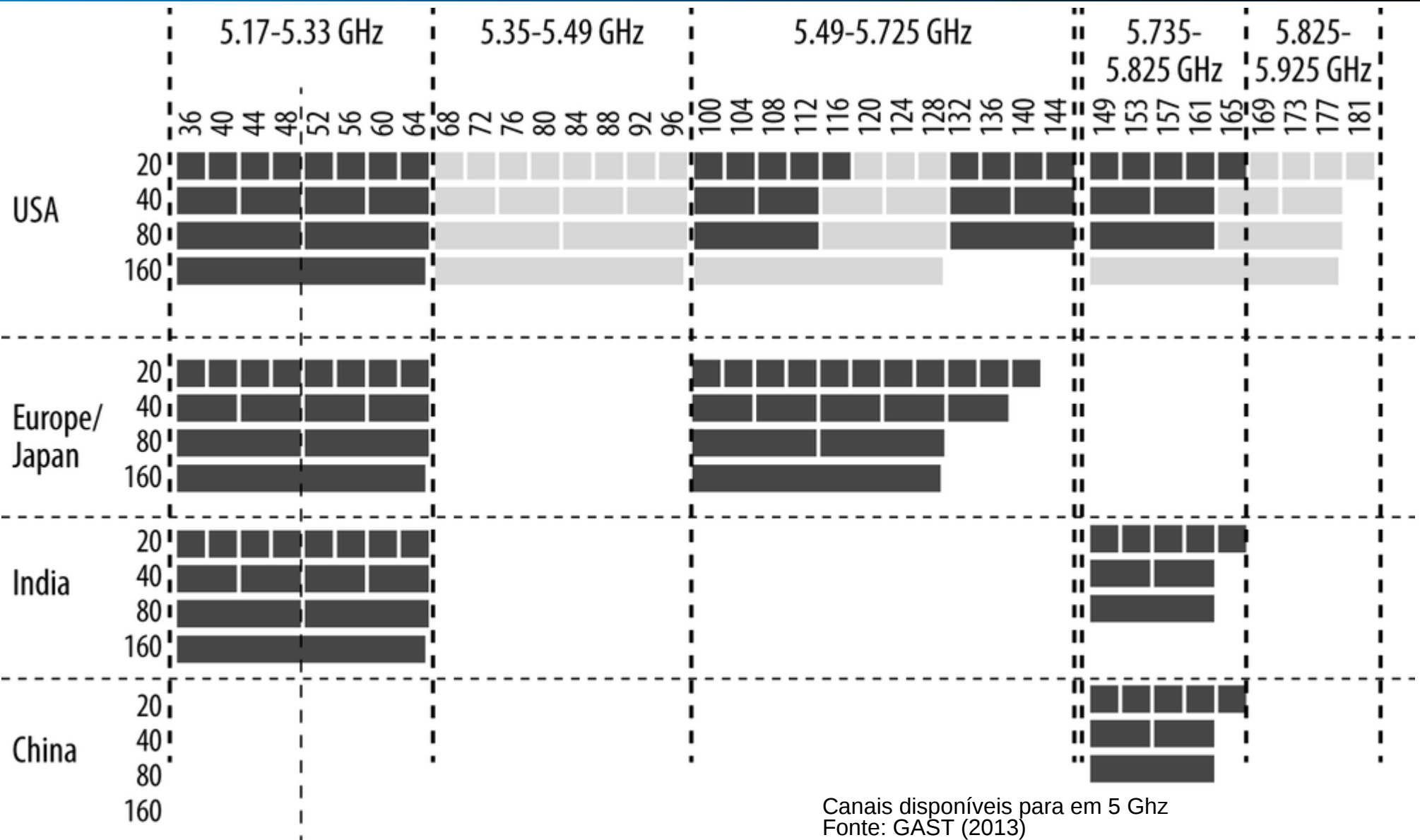
Padrões 802.11
Fonte: GAST (2013)

Introdução

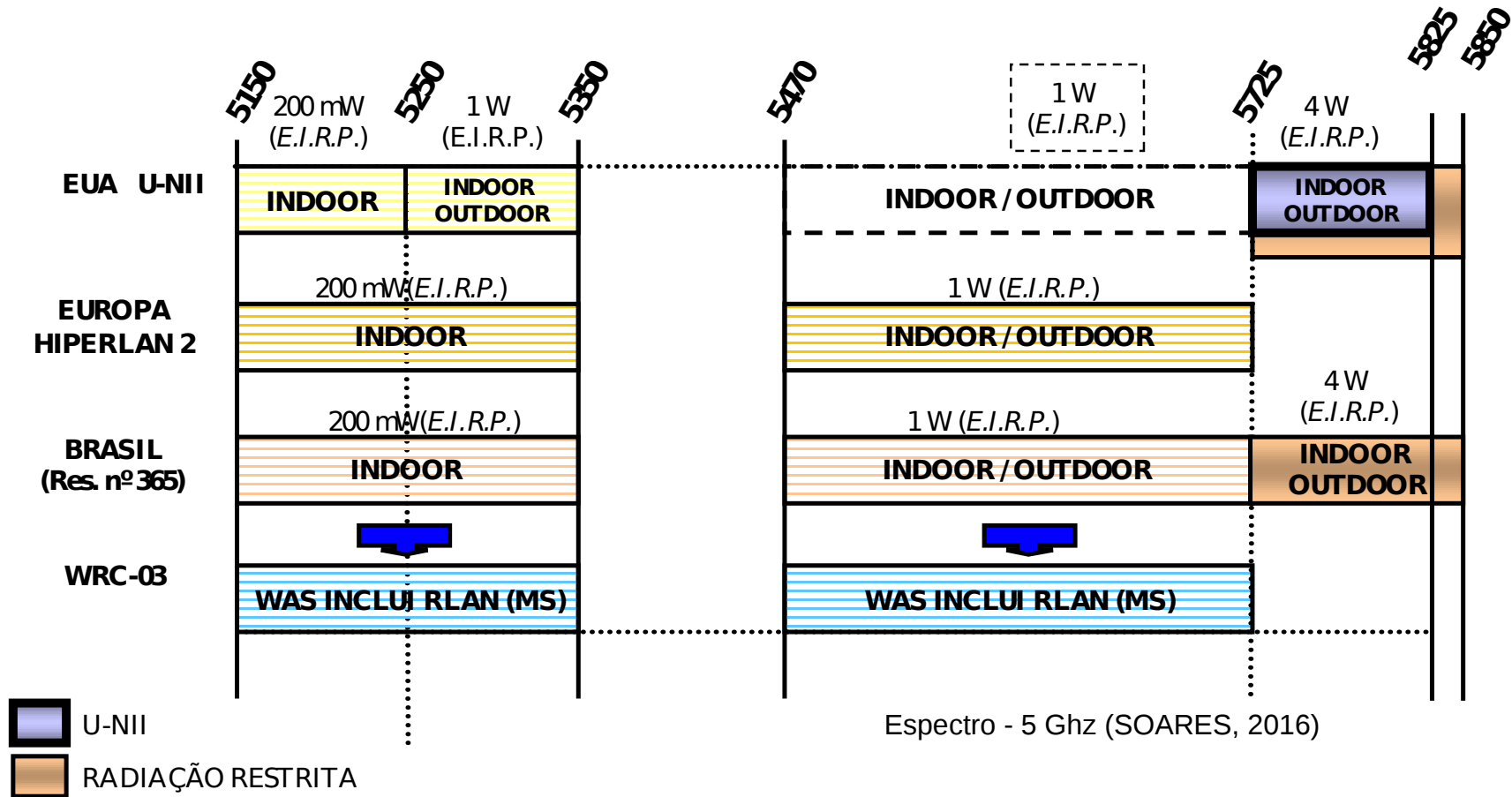
- Pouca evolução até o 802.11g comparado com os avanços na modulação e codificação do 802.11n e 802.11ac
 - Até o 802.11n a barreira do Gigabit não tinha sido quebrada
- Espectro de 2.4Ghz muito populado
 - Abaixo do 6 Ghz apenas 5 Ghz possui maior range disponível para uso não licenciado
- Intervalos de guarda único de 800ns entre os símbolos
- Gasto de banda com cabeçalhos de controle de acesso (overhead)

- Físico
 - Canais maiores e agregados
 - Uso dinâmico e eficiente do espectro e novas faixas
 - Melhores modulações, codificações e intervalos de guarda
 - Quadros de nível físico (sincronização, HT e VHT)
 - Beamforming
 - MIMO-OFDM
 - SDM
- Enlace
 - Alteração de tamanho máximo do quadro
 - Agregação dos quadros
 - RTS/CTS retrocompatível

Alocação de espectro



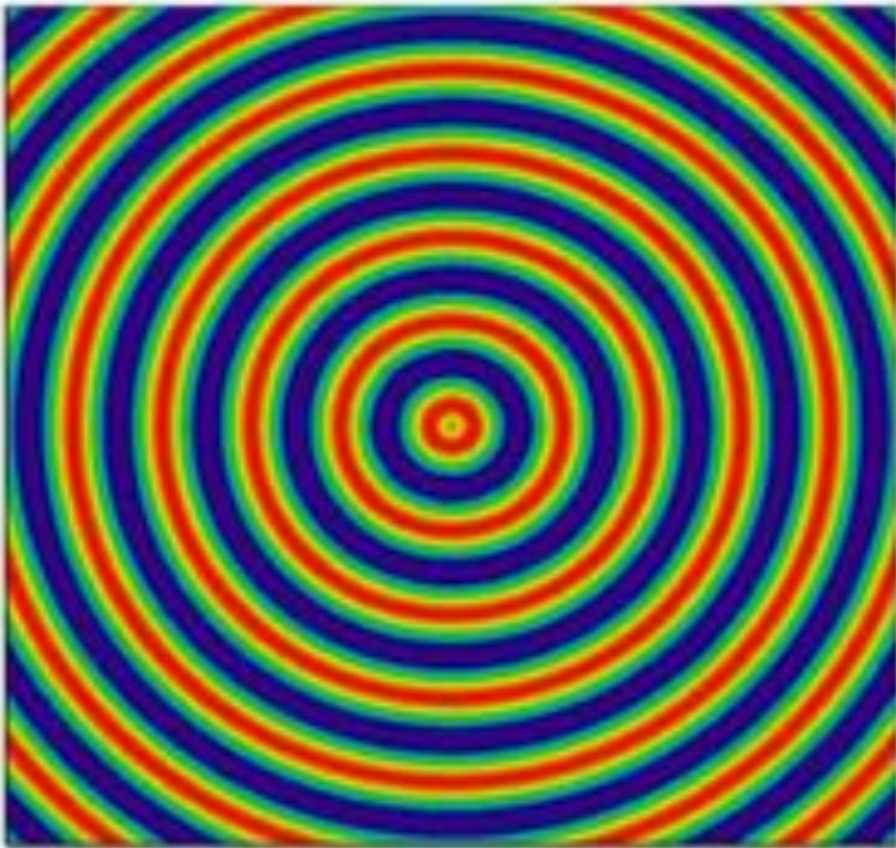
Alocação de espectro



- **Beamforming**
 - **CSI**
 - **Implícito (processamento no AP)**
 - **Explícito (processamento nos clientes)**
- **MU-MIMO**
 - **MIMO (Diversidade e multiplexação espacial)**
 - **Transmissão simultânea no Downlink**
 - **Seleção do grupo de transmissão**
- **Acesso ao meio**
 - **Agregação de canais (Channel Bonding)**
 - **RTS/CTS retrocompatível**

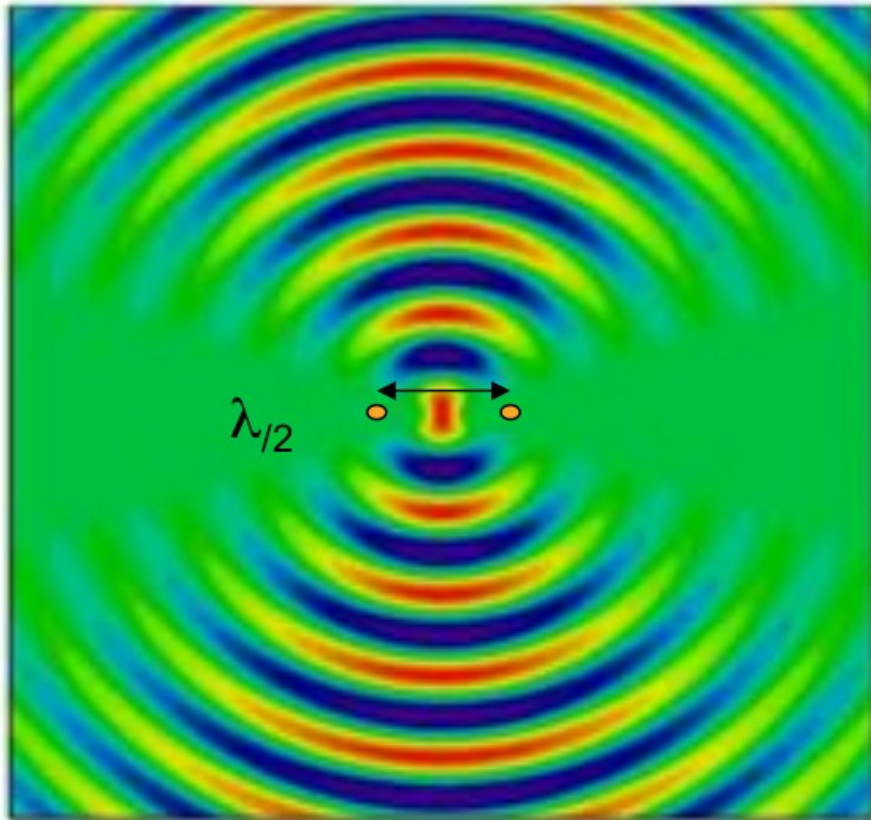
Beamforming

- Com a transmissão a onda oscila entre os vales e picos
- Propagação uniforme com apenas uma fonte de irradiação
- Transmissão omnidirecional

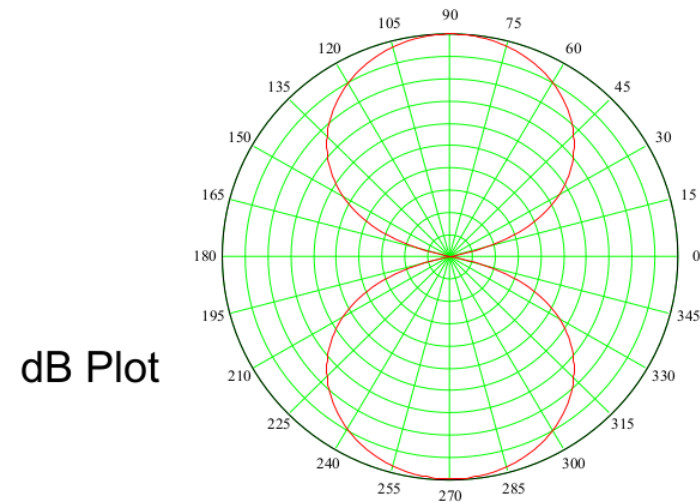


Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

Beamforming

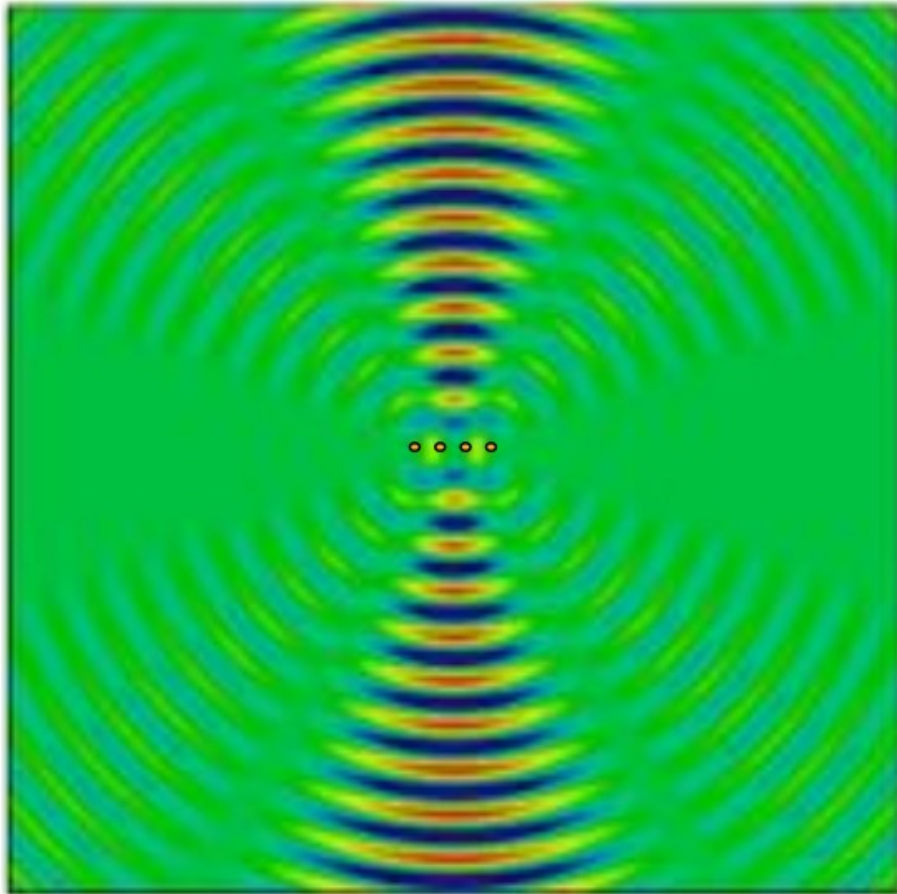


Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

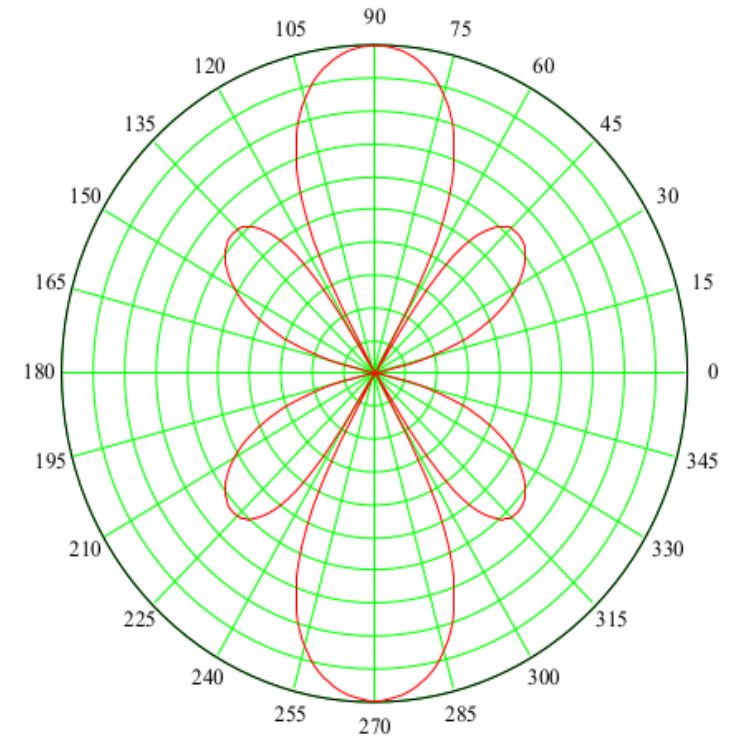


- Possibilidade controlar a irradiação
- Excitação em fase ou amplitude

Beamforming

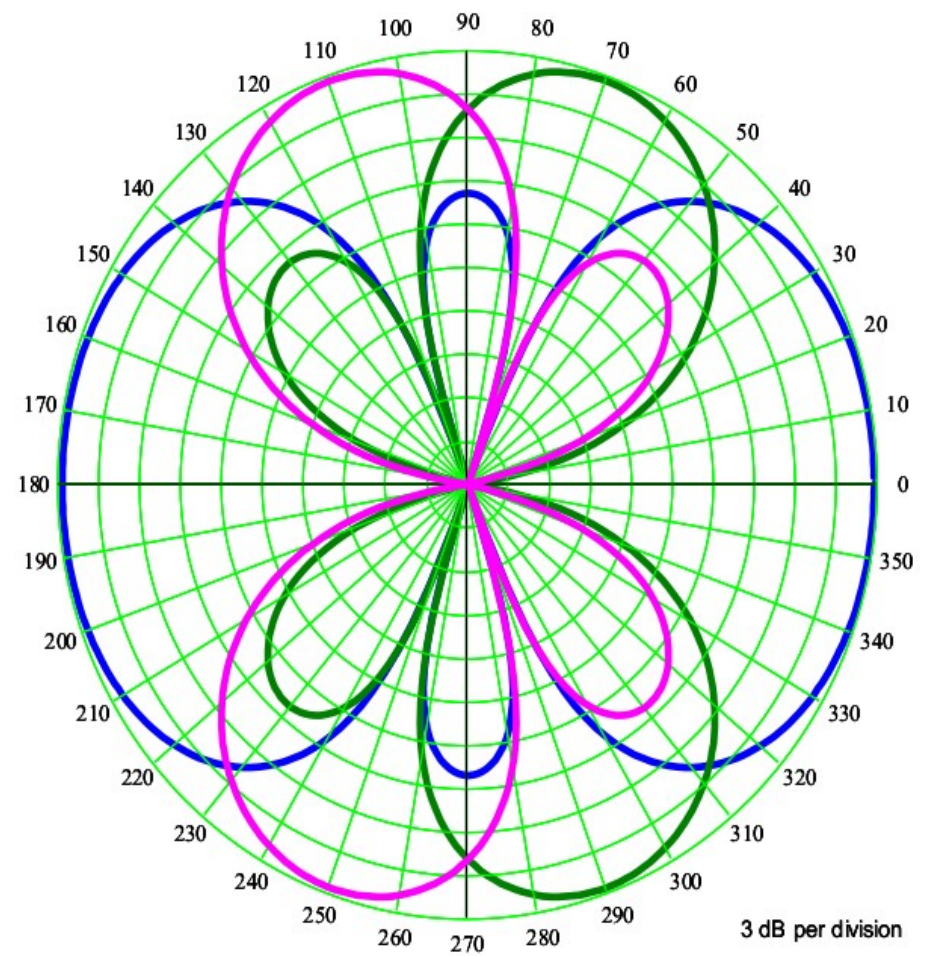
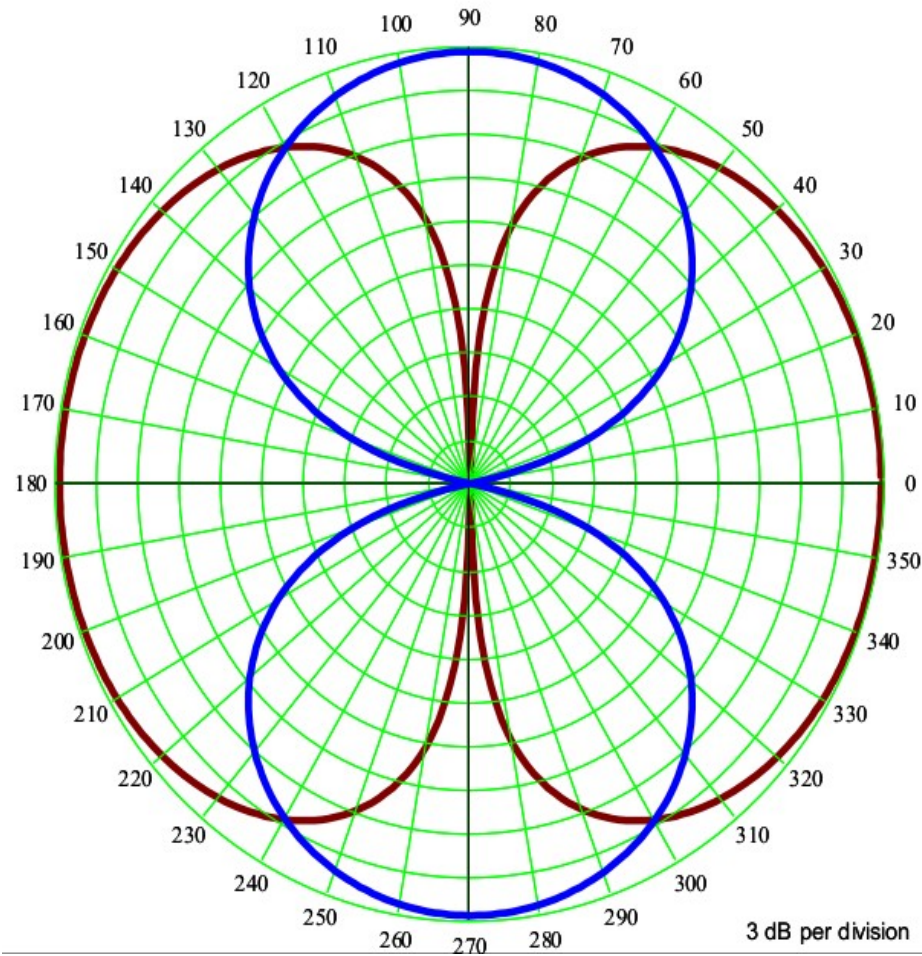


dB Plot



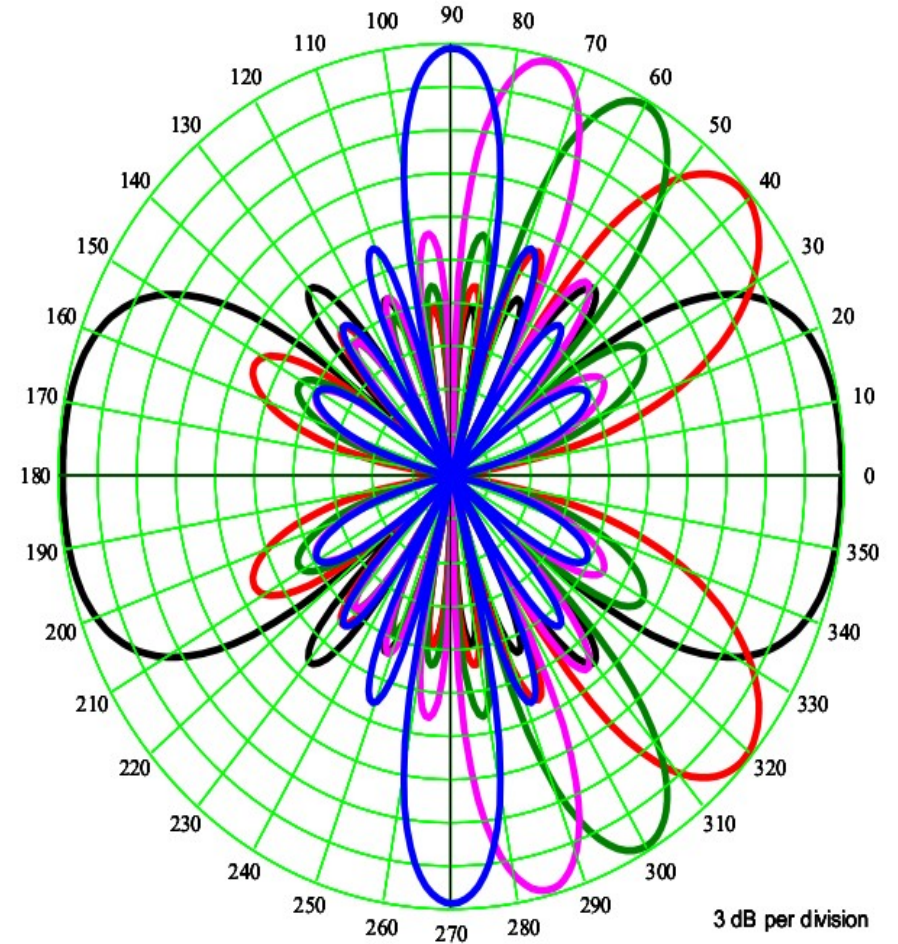
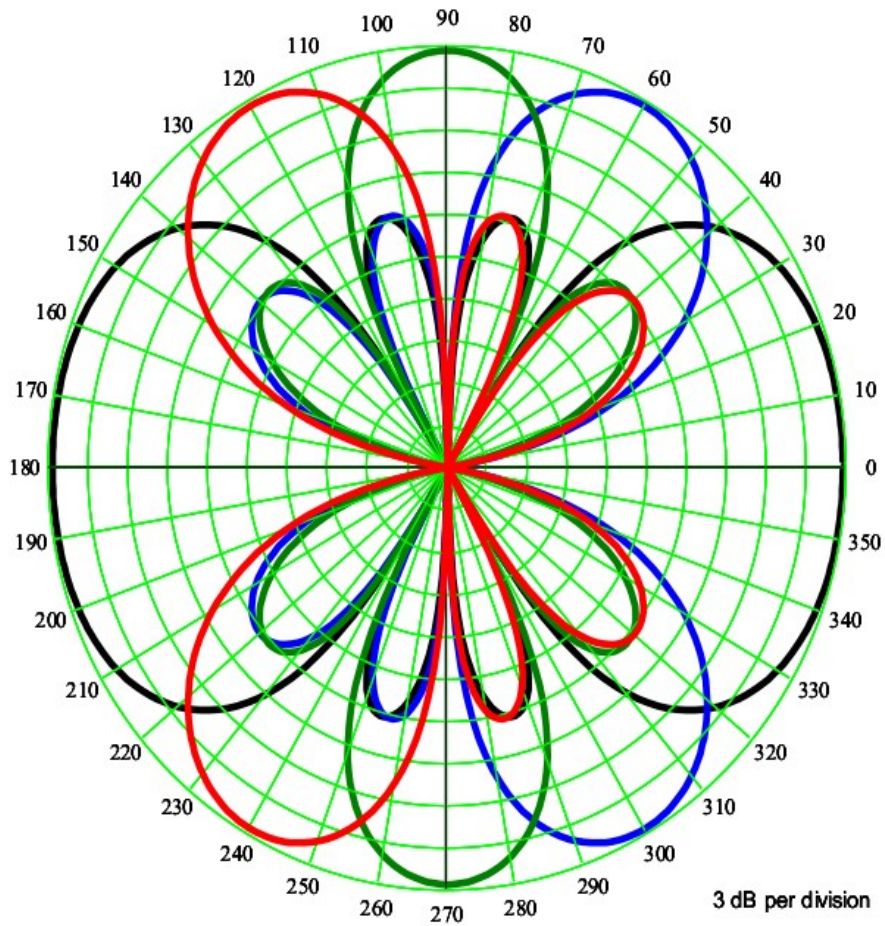
Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

Beamforming



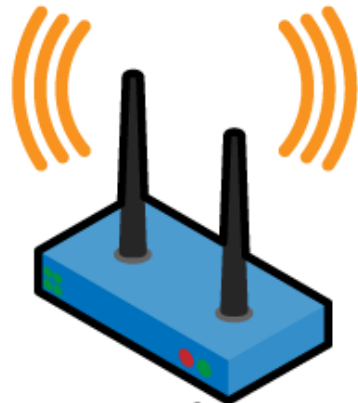
Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

Beamforming



Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

Beamforming



Beamformer



Beamformee



1. Channel calibration (not beamformed)



2. Data transfer (beamformed)

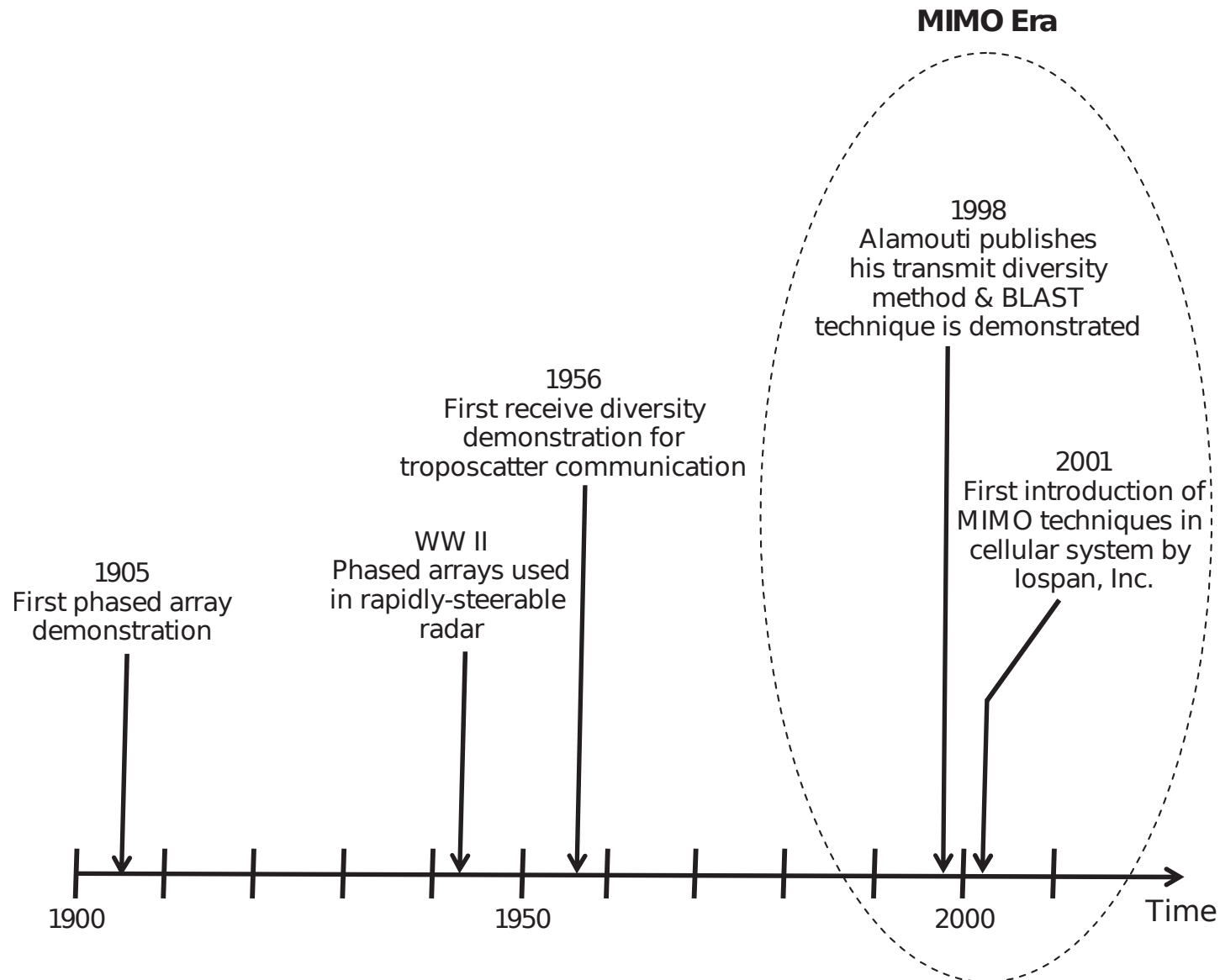


3. Acknowledgement (may be beamformed)

Processo e nomenclatura do Beamforming
Fonte: GAST (2013)

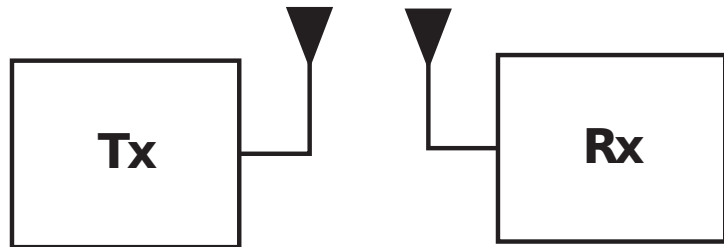
- Beamforming
 - CSI
 - Implícito (processamento no AP)
 - Explícito (processamento nos clientes)
- **MU-MIMO**
 - **MIMO (Diversidade e multiplexação espacial)**
 - **Transmissão simultânea no Downlink**
 - **Seleção do grupo de transmissão**
- Acesso ao meio
 - Agregação de canais (Channel Bonding)
 - RTS/CTS retrocompatível

MU-MIMO

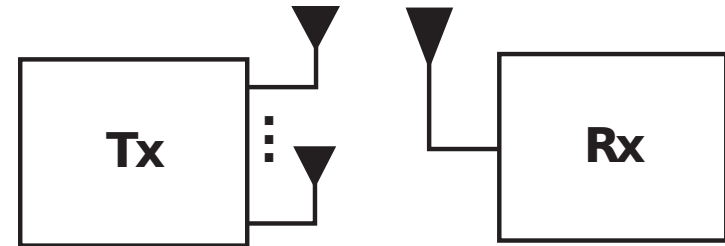


Time line of key multi-antenna advances.
Fonte: HAMPTON (2013)

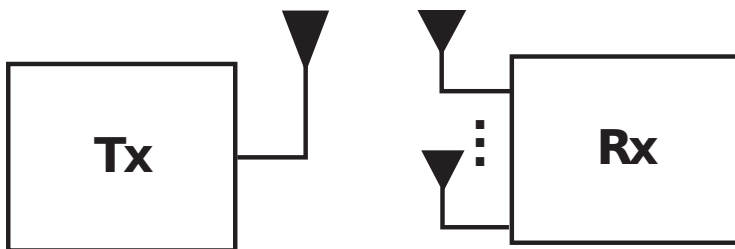
MU-MIMO



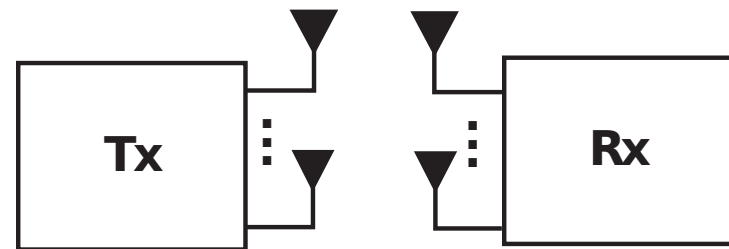
(a) SISO (Single-Input Single-Output)



(b) MISO (Multiple-Input Single-Output)



(c) SIMO (Single-Input Multiple-Output)

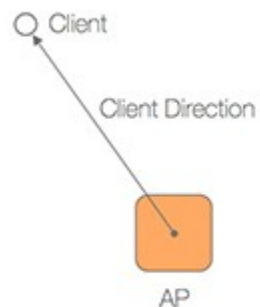


(d) MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

Antenna configurations and their nomenclatures
Fonte: HAMPTON (2013)

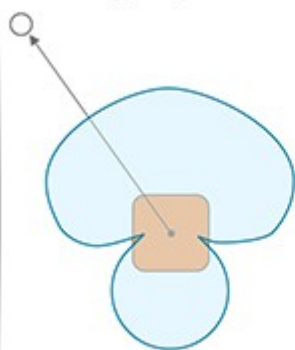
MU-MIMO

The Problem

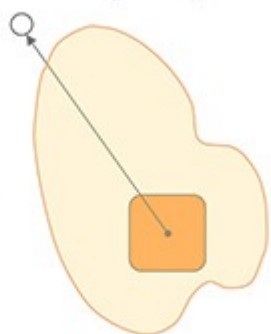


How to optimize signal for client location?

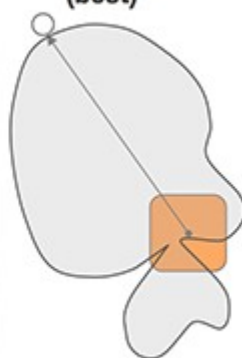
TxBF (good)



BeamFlex (better)

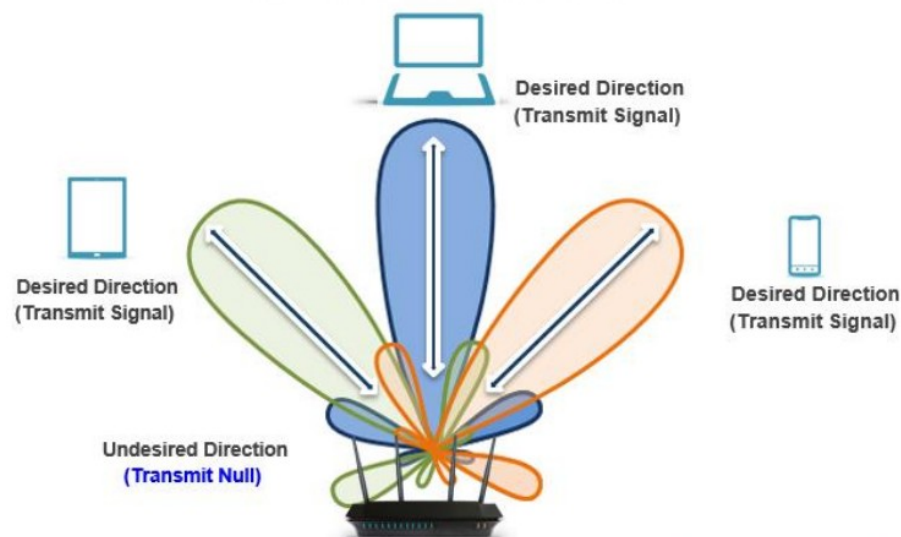


Combined (best)



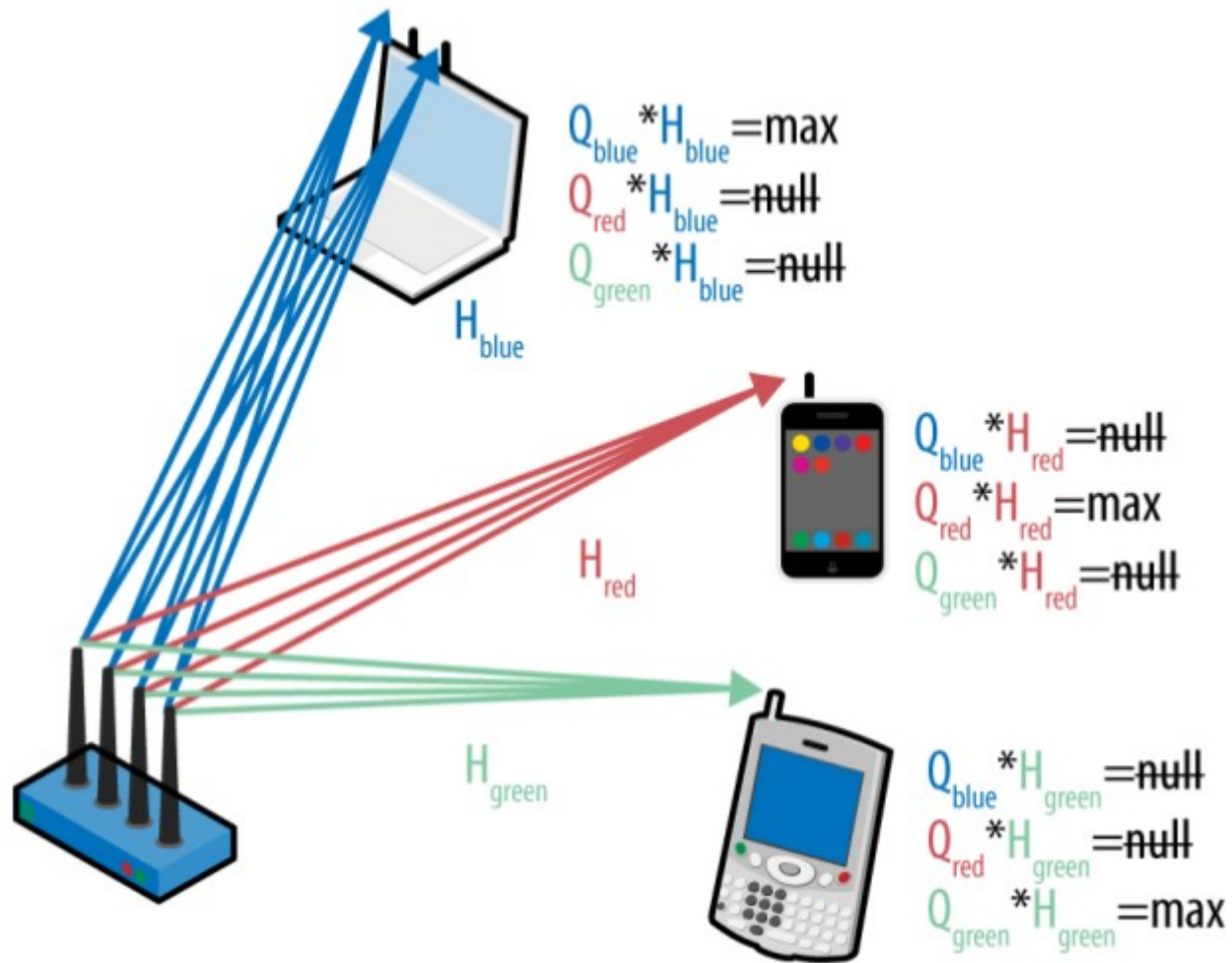
Fonte: Making the Most of Multi-User MIMO

MU-MIMO Beamforming



Fonte: (ATHEROS, 2015)

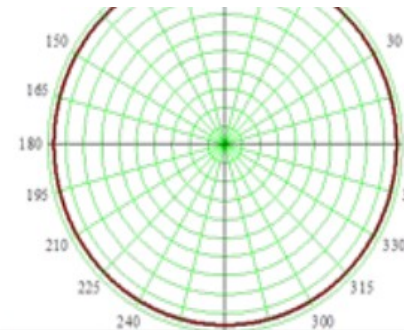
MU-MIMO



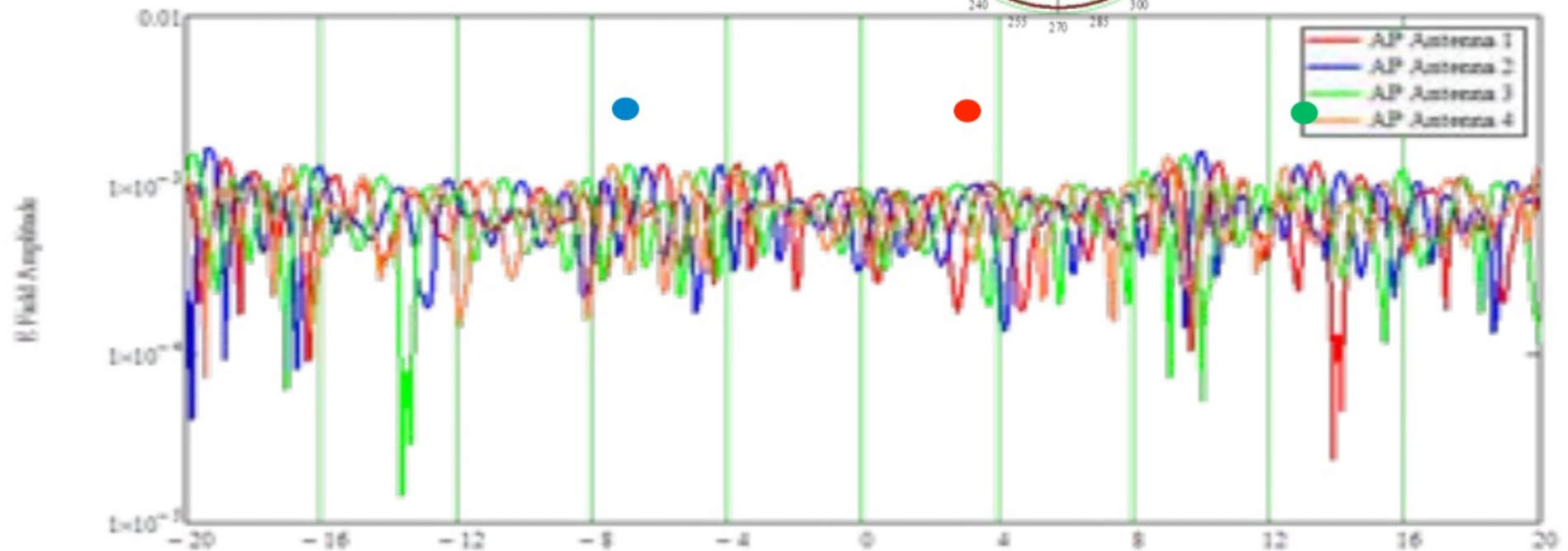
Fluxos Espaciais
Fonte: (GAST, 2013)

MU-MIMO

Room Width: 10m
Room Length: 10m
Room Height: 7m

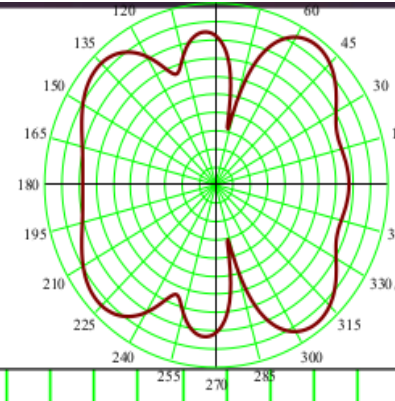


AP Antenna Pattern

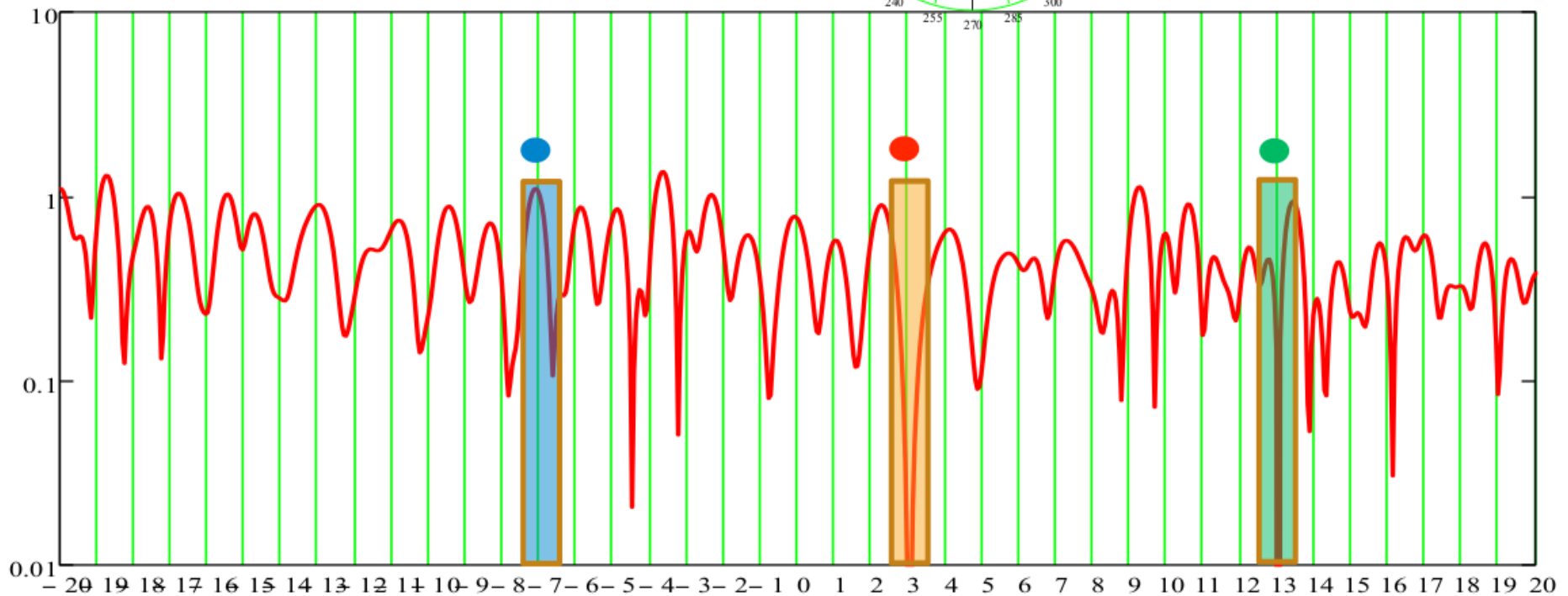


Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

MU-MIMO

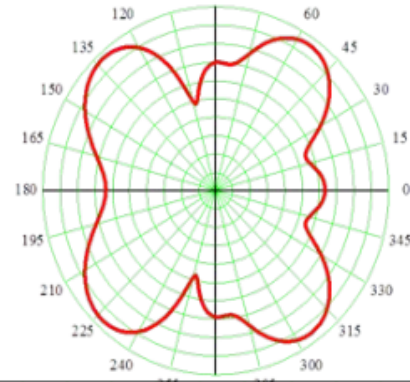


Stream 1 Antenna Pattern

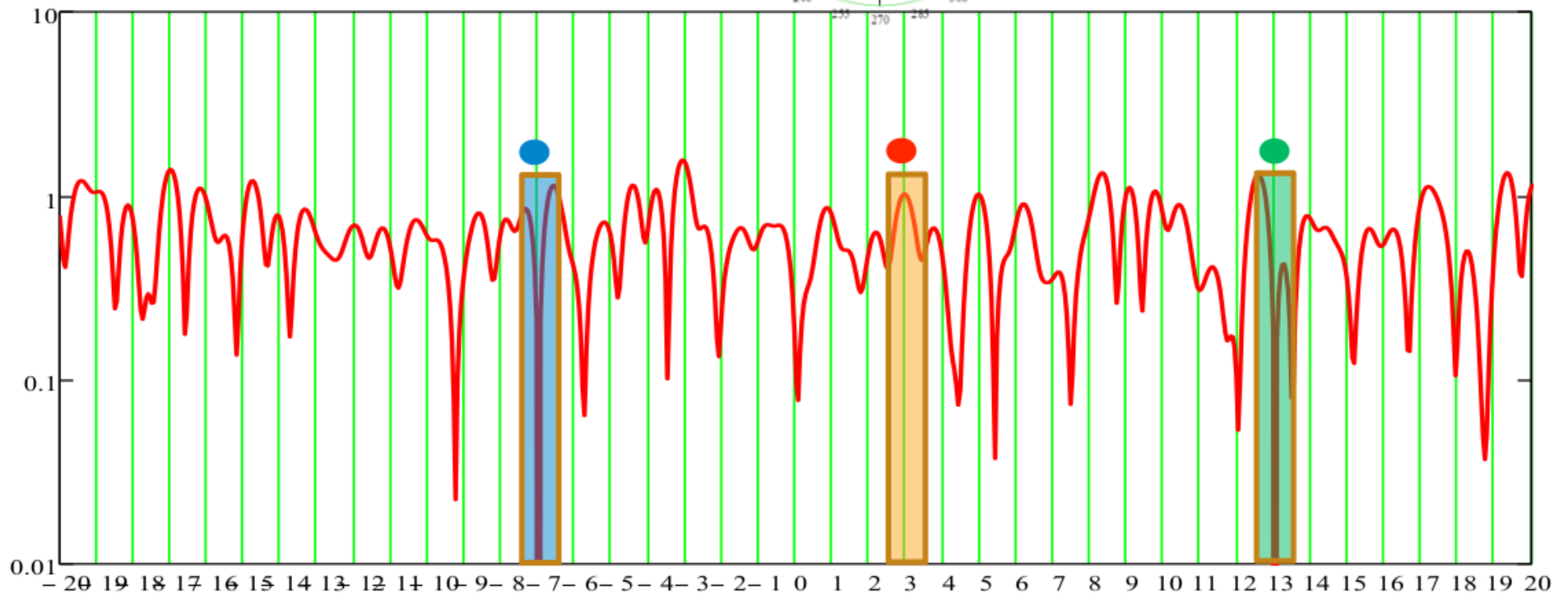


Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

MU-MIMO

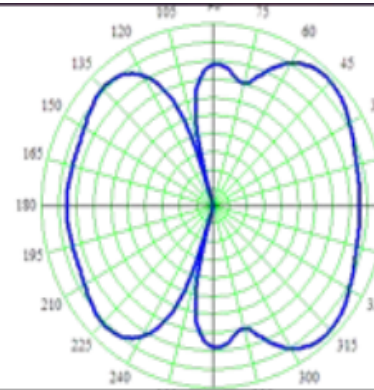


Stream 2 Antenna Pattern

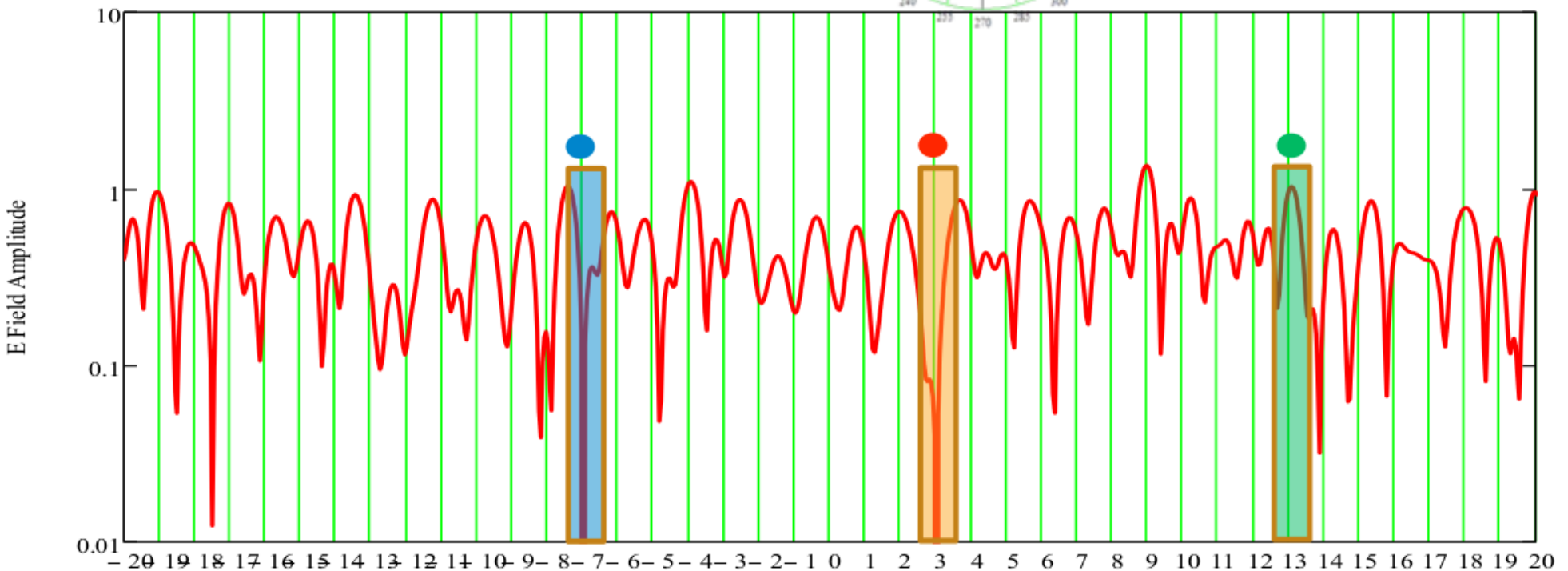


Fonte: Johnson e Lane (2015)
Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

MU-MIMO



Stream 3 Antenna Pattern

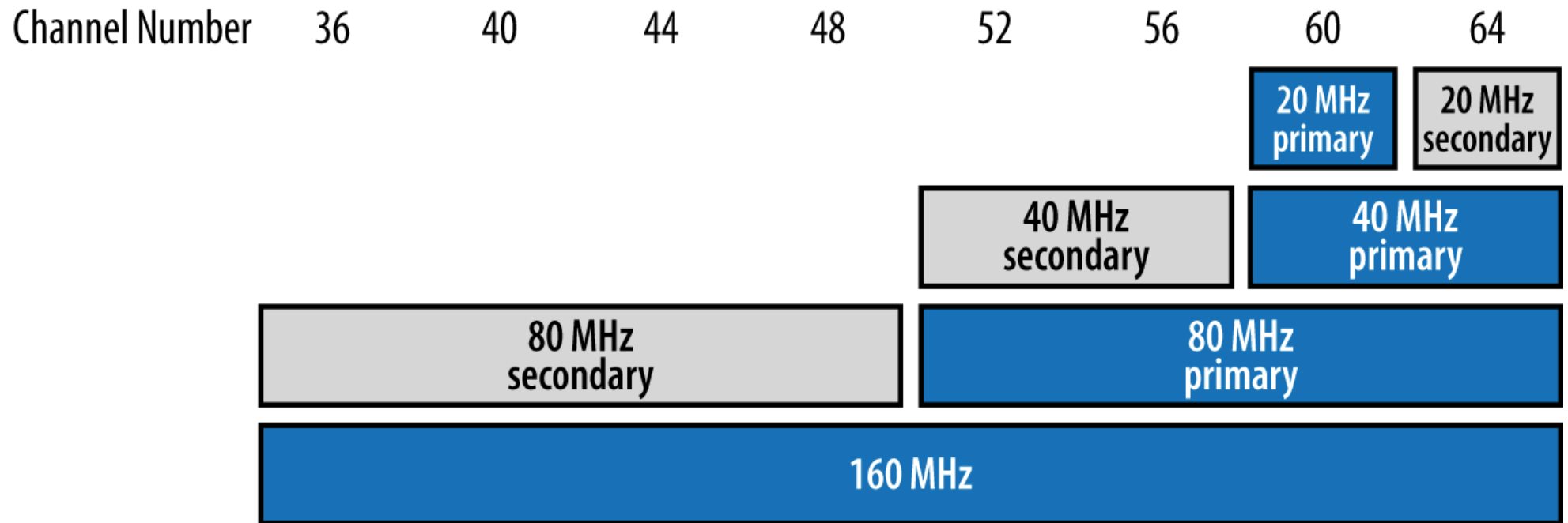


Fonte: Johnson e Lane (2015)

Uso aprovado pela Aruba, uma empresa da Hewlett Packard Enterprise

- Beamforming
 - CSI
 - Implícito (processamento no AP)
 - Explícito (processamento nos clientes)
- MU-MIMO
 - MIMO (Diversidade e multiplexação espacial)
 - Transmissão simultânea no Downlink
 - Seleção do grupo de transmissão
- **Acesso ao meio**
 - **Agregação de canais (Channel Bonding)**
 - **RTS/CTS retrocompatível**

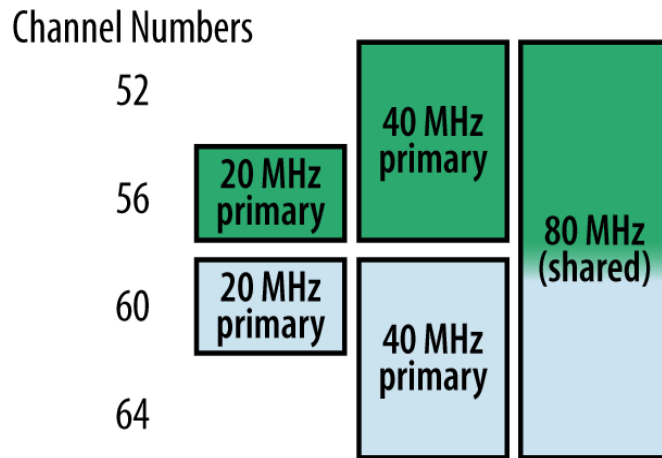
Acesso ao meio



Primary and secondary channel nomenclature
Fonte: 802.11ac: A Survival Guide (2013)

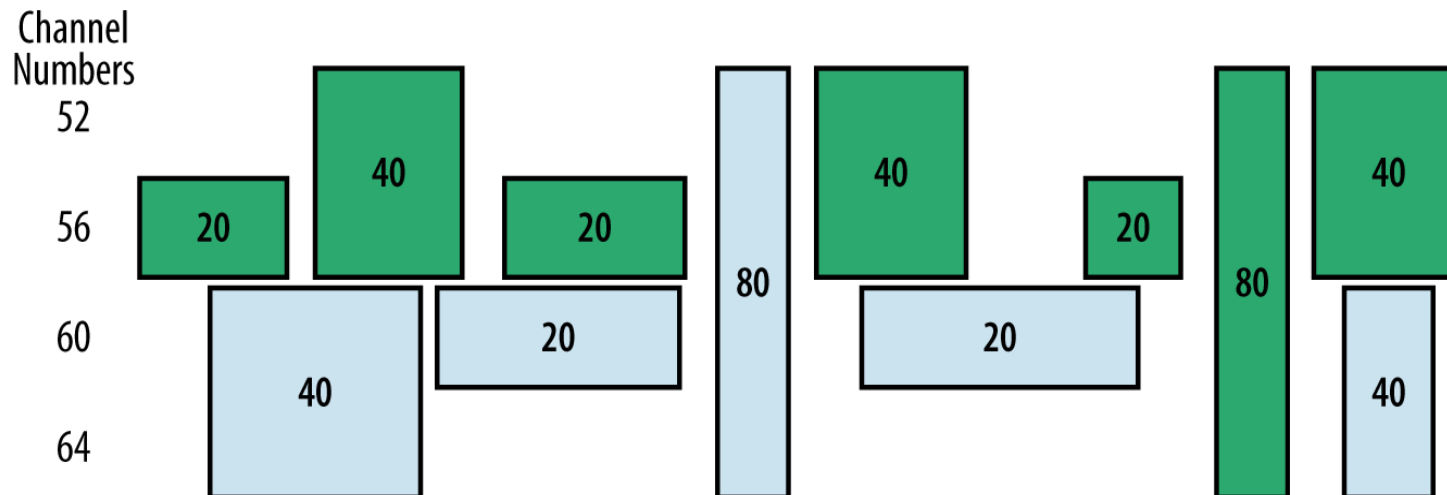
Acesso ao meio

(a) Channel map



Bandwidth sharing (time dimension)
Fonte: 802.11ac: A Survival Guide (2013)

(b) Transmissions over time



802.11ac

802.11n	802.11ac
Canais de 20 e 40 MHz	Adiciona os canais de 80 e 160 MHz
Suporta as bandas de 2.4 GHz e 5 GHz	Suporta apenas 5 GHz
Suporta BPSK, QPSK, 16-QAM e 64-QAM	Adiciona suporte à 256-QAM
Suporta vários tipos de Beamforming explícito (duas pontas)	Suporta apenas Beamforming explícito NDP
Suporta até quatro fluxos espaciais	Suporta até oito fluxos espaciais partindo dos APs e quatro fluxos espaciais dos dispositivos
Transmissão Single-user	Adiciona Transmissão Multi-user
Suporta algumas melhorias da camada MAC (A-MSDU, A-MPDU)	Suportas as mesmas melhorias da camada MAC, mas traz extensões para acomodar altas taxas de transmissão

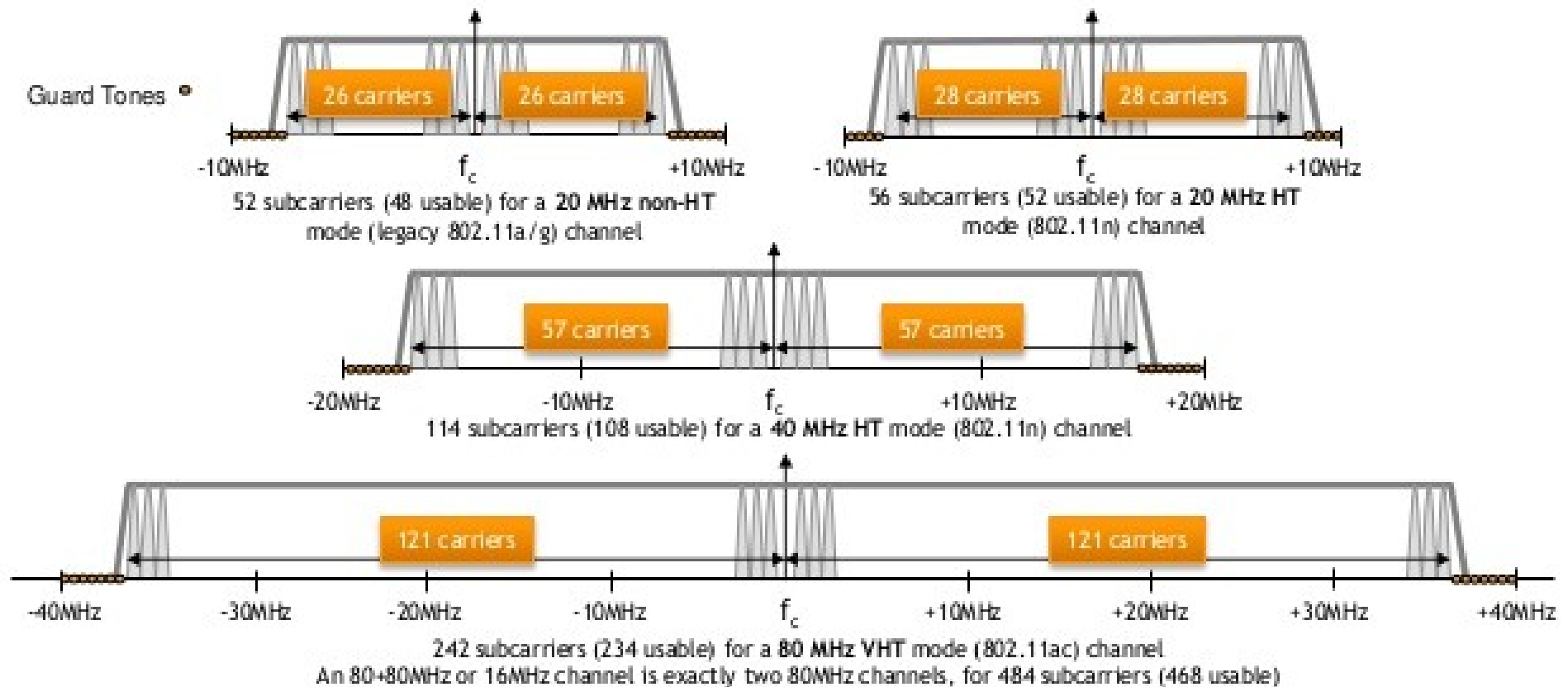
Comparação entre o 802.11n e 802.11ac
Fonte: 802.11ac: A Survival Guide (2013)

802.11ac

Tecnologia	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz
802.11b	11 Mbps			
802.11a/g	54 Mbps			
802.11n (1 SS)	72 Mbps	150 Mbps		
802.11ac (1 SS)	87 Mbps	200 Mbps	433 Mbps	867 Mbps
802.11n (2 SS)	144 Mbps	300 Mbps		
802.11ac (2 SS)	173 Mbps	400 Mbps	867 Mbps	1.7 Gbps
802.11n (3 SS)	216 Mbps	450 Mbps		
802.11ac (3 SS)	289 Mbps	600 Mbps	1.3 Gbps	2.3 Gbps
802.11n (4 SS)	289 Mbps	600 Mbps		
802.11ac (4 SS)	347 Mbps	800 Mbps	1.7 Gbps	3.5 Gbps
802.11ac (8 SS)	693 Mbps	1.6 Gbps	3.4 Gbps	6.9 Gbps

Comparação de taxa de transmissão entre diferentes padrões WLAN
Fonte: 802.11ac: A Survival Guide (2013)

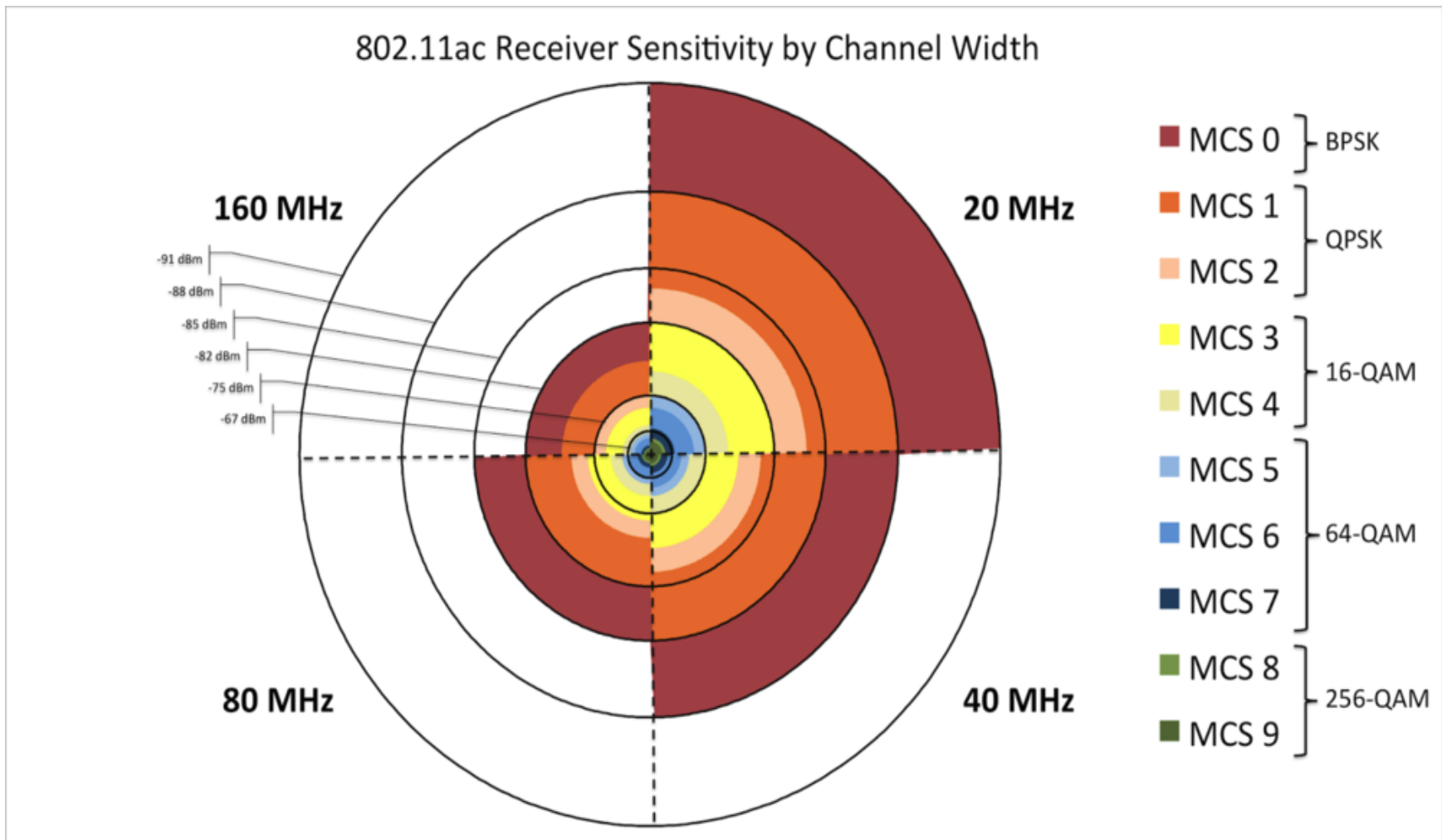
802.11ac



OFDM subcarriers used in 802.11a, 802.11n and 802.11ac

Primary and secondary channel nomenclature
Fonte: 802.11ac: A Survival Guide (2013)

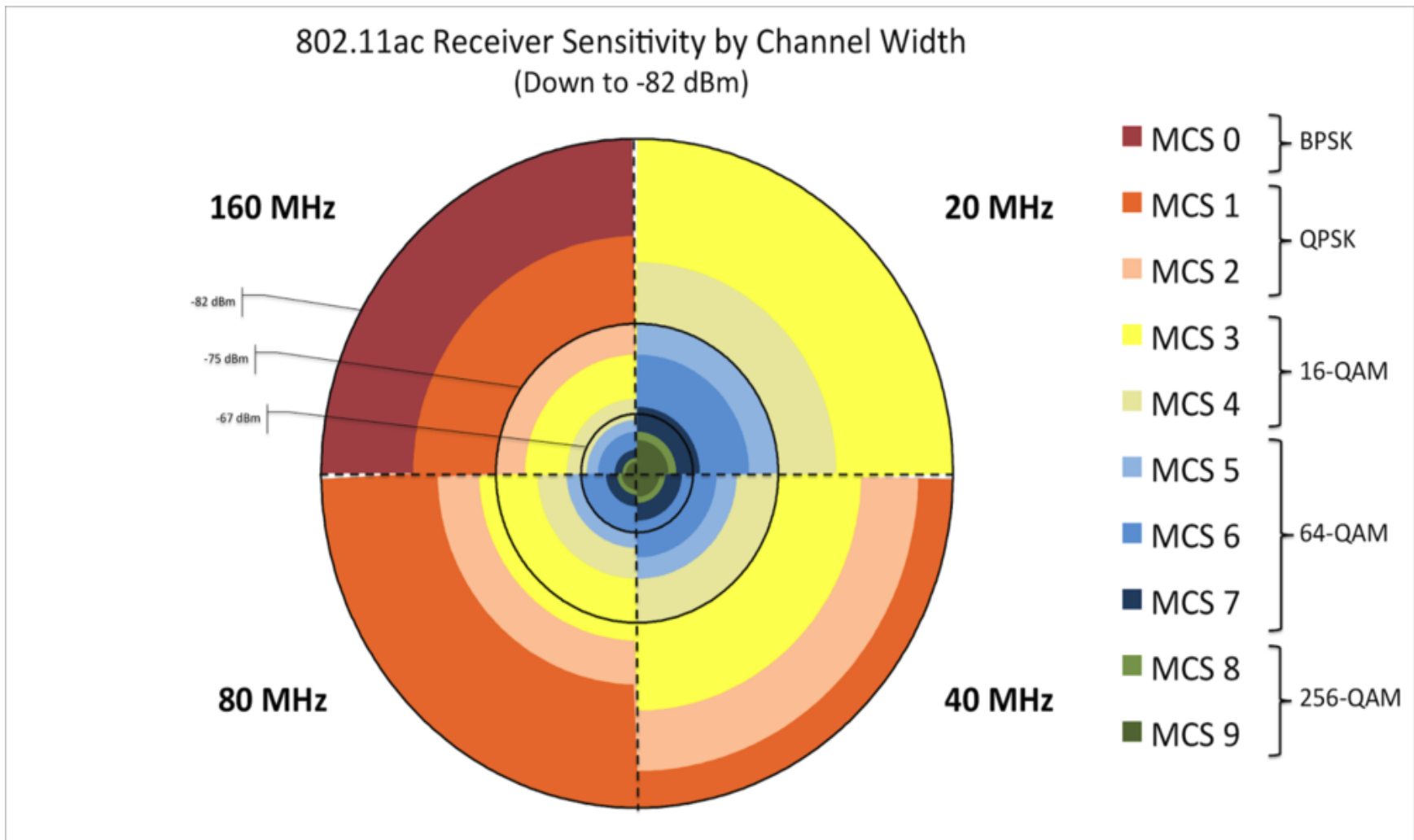
802.11ac



802.11ac Receiver Sensitivity (Down to -91 dBm)

Fonte: <http://www.revolutionwifi.net/revolutionwifi/2014/08/80211ac-receiver-sensitivity.html>

802.11ac



802.11ac Receiver Sensitivity (Down to -82 dBm)

Fonte: <http://www.revolutionwifi.net/revolutionwifi/2014/08/80211ac-receiver-sensitivity.html>

Implantação e desafios

- Possibilidade de utilizar até 6.9 Gbps no 802.11ac
 - As infraestruturas não conseguem abrigar esse tráfego
 - Tentativa de velocidade intermediárias NBASE-T (2.5 e 5 Gbps)
- Dificuldade de análise de tráfego
 - Rádios definidos por software podem ajudar Monitoramento da rede e Medição de QoS/QoE
- Beamforming depende de posicionamento
- Possibilidade de arranjo das vizinhanças para aumentar o throughput
- Quantidade de canais depende do país
- Cobertura impacta diretamente no desempenho da rede
 - Mobilidade pode ser impactada
- Maior consumo de energia (802.3at/PoE+)
- Quesitos de segurança ainda permanecem os mesmos

Implantação e desafios

- Desafios acadêmicos
 - Restrições de atraso e banda
 - Integração eficiente com ecossistema do 5G
 - Mobilidade vertical e horizontal transparente
 - Rádios Full-Duplex e cognitivo
 - Redes colaborativa de alta velocidade

- 802.11ax
 - Evolução do 802.11ac
 - Space-division multiple access (SDMA)
 - Ambientes mais densos
 - Adição de UP-MU-MIMO
- 802.11ay
 - Evolução do 802.11ad
 - Agregação de espectro
 - Maiores taxas de transmissão

Obrigado!!!
;-)



Perguntas?



Ibirisol Fontes Ferreira

ibirisol@pop-ba.rnp.br

Referências

- ERICSSON. **Ericsson Mobility Report**. 2017. Disponível em: <<https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-november-2017.pdf>>.
- ERICSSON. **Growing Up Streaming**. 2016. Disponível em: <<https://www.ericsson.com/res/docs/2016/mobility-report/emr-june-2016-growing-up-streaming.pdf>>.
- ERICSSON. **Managing User Experience**. 2016. Disponível em: <<https://www.ericsson.com/res/docs/2016/mobility-report/emr-june-2016-managing-user-experience.pdf>>.
- Soares, Francisco. **Espectro Panorama Regulatório**. In: Anatel, August. 2016.
- PIRINEN, Pekka. **A brief overview of 5G research activities**. In: 5G for Ubiquitous Connectivity (5GU), 2014 1st International Conference on. IEEE, 2014. p. 17-22.
- GAST, Matthew S. **802.11 ac: A Survival Guide: Wi-Fi at Gigabit and Beyond**. " O'Reilly Media, Inc.", 2013.
- Johnson, Eric. Lane, Peter. **802.11ac Wave 2 Technology Deep Dive and Deployment Recommendations**. In: Atmosphere, March. 2015.
- THORNYCROFT, Peter. **Gigabit Wi-Fi, 802.11 ac in depth**. In: AIRHEADS Conference, March. 2013.
- HAMPTON, Jerry R. **Introduction to MIMO communications**. Cambridge university press, 2013.
- TUNG, Yu-Chih et al. **Vulnerability and protection of channel state information in multiuser mimo networks**. In: Proceedings of the 2014 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. ACM, 2014. p. 775-786.
- ZHANG, Xu; KNIGHTLY, Edward W. **CSIsnoop: Attacker Inference of Channel State Information in Multi-User WLANs**. In: Proceedings of the 18th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. ACM, 2017. p. 9.
- CHANG, Sang-Yoon; HU, Yih-Chun; LIU, Zhuotao. **Securing wireless medium access control against insider denial-of-service attackers**. In: Communications and Network Security (CNS), 2015 IEEE Conference on. IEEE, 2015. p. 370-378.
- William Stallings. 2004. **Wireless Communications & Networks (2nd Edition)**. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.