

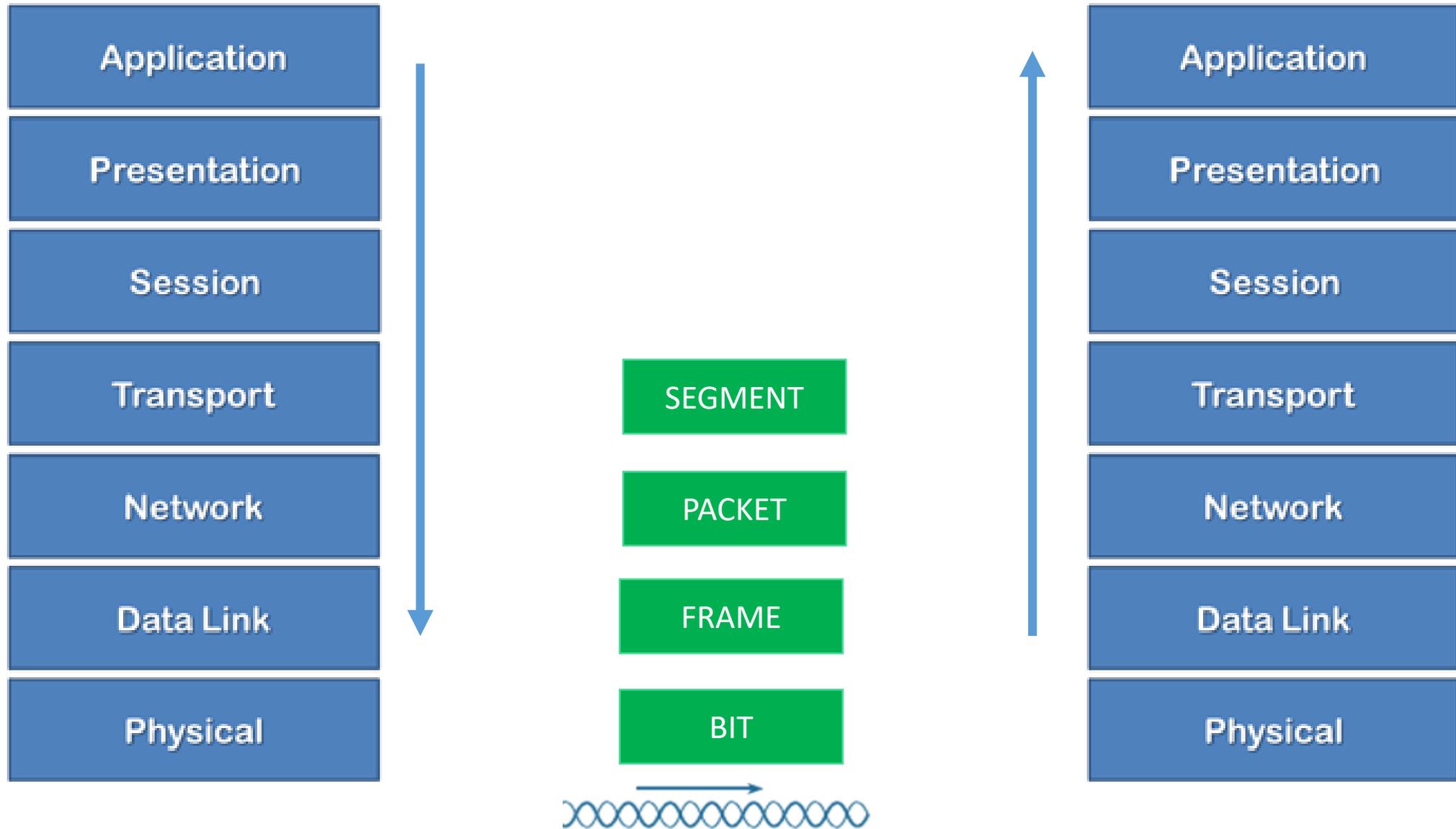
План дня

1. Модель OSI
2. Физический уровень. Основы радиоволн и Wi-Fi
3. Мощность и передача сигнала
4. Перерыв на кофе-брейк
5. Уровень сигнала, модуляция и кодирование
6. Увеличение скорости передачи данных
7. Обед
8. Распространение Wi-Fi
9. Антенны Wi-Fi
10. Канальный уровень
11. Тестирование

Модель OSI



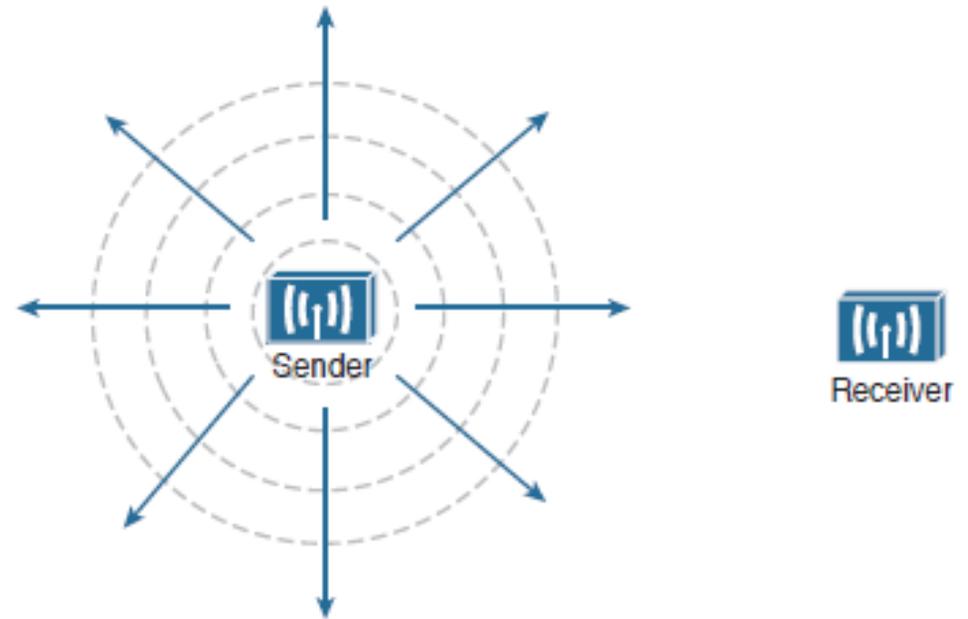
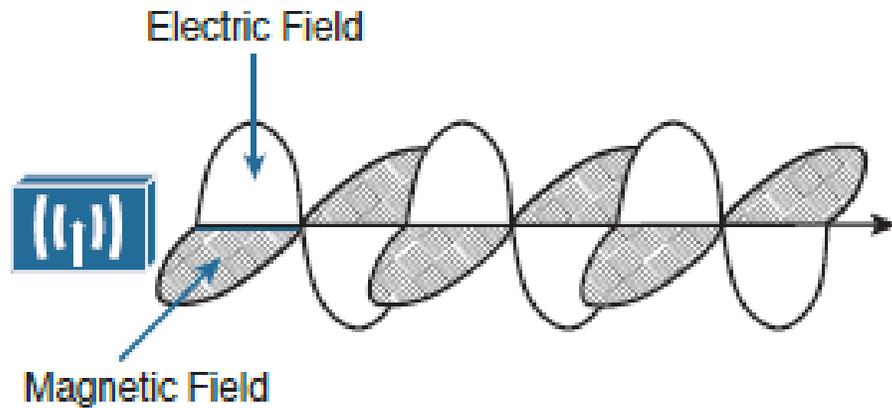
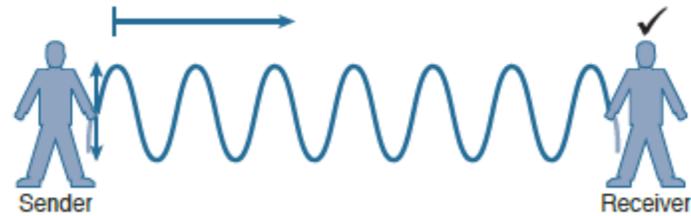
Уровни модели OSI



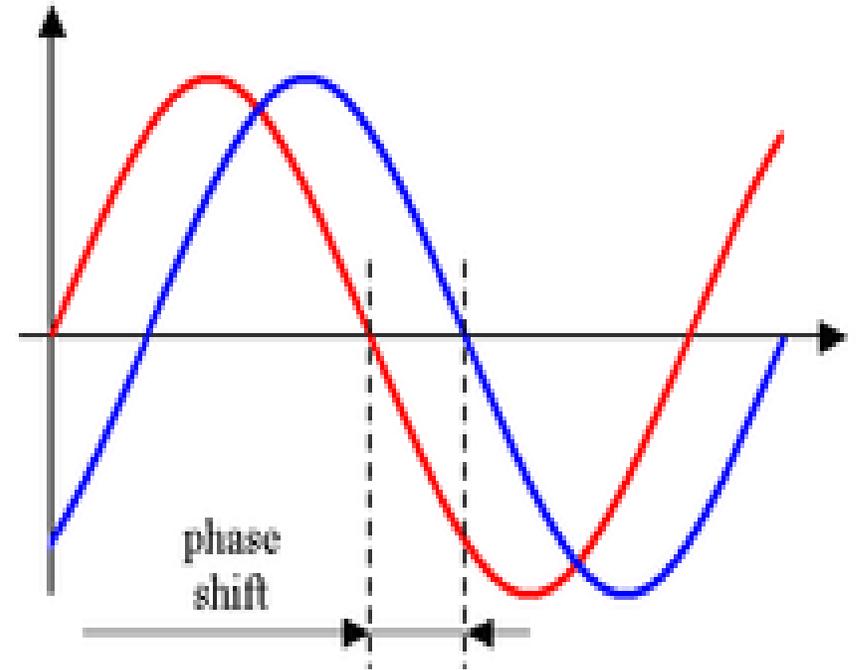
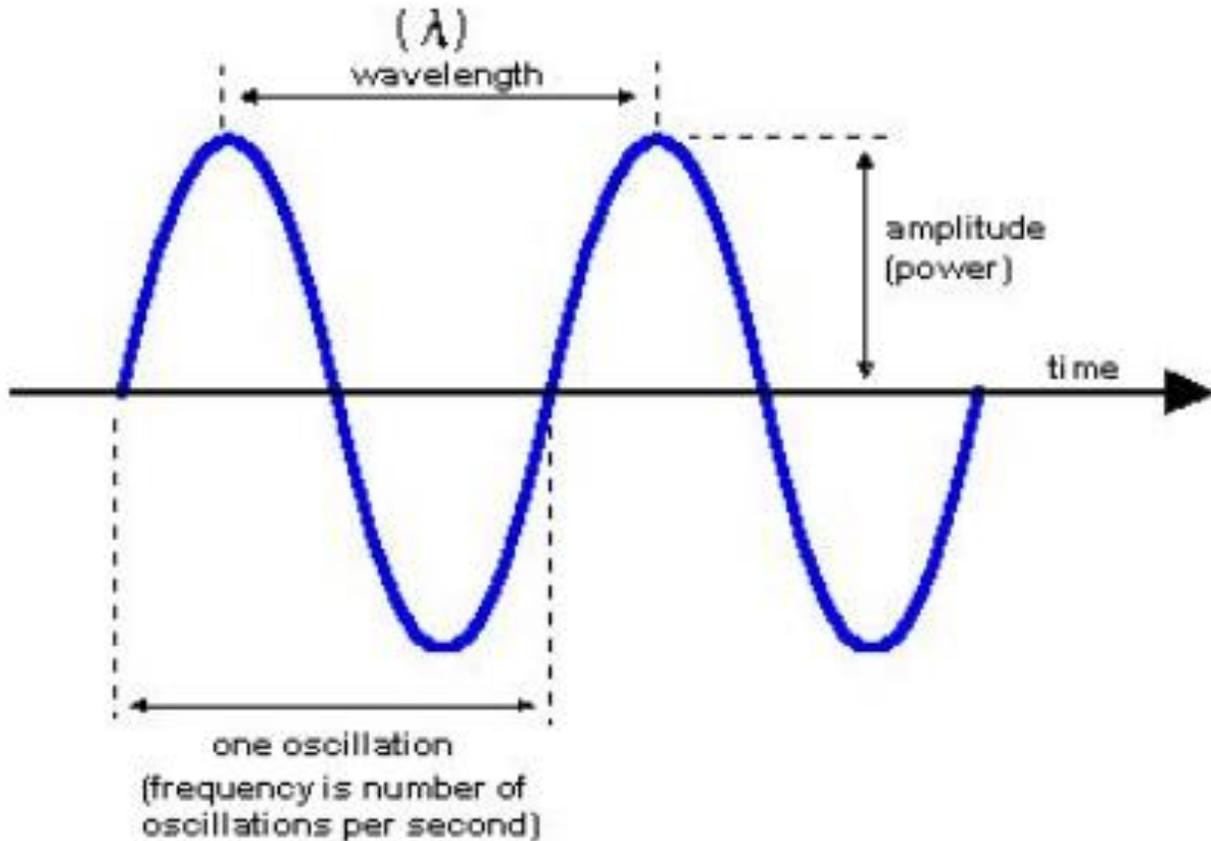
Физический уровень. Основы радиоволн и Wi-Fi



Как передать сигнал через беспроводную среду?



Характеристики радиоволн

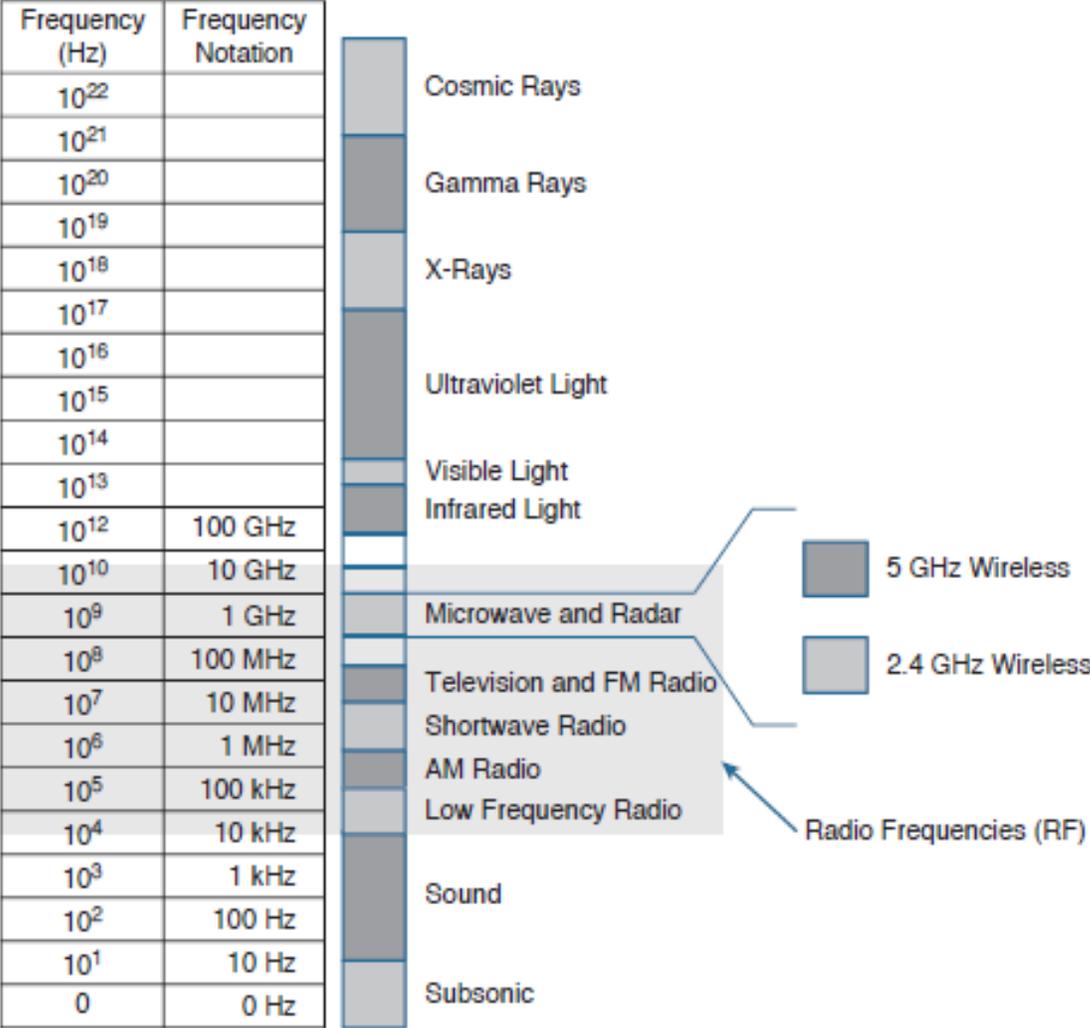


2.4 ГГц. Длина волны 12.5см

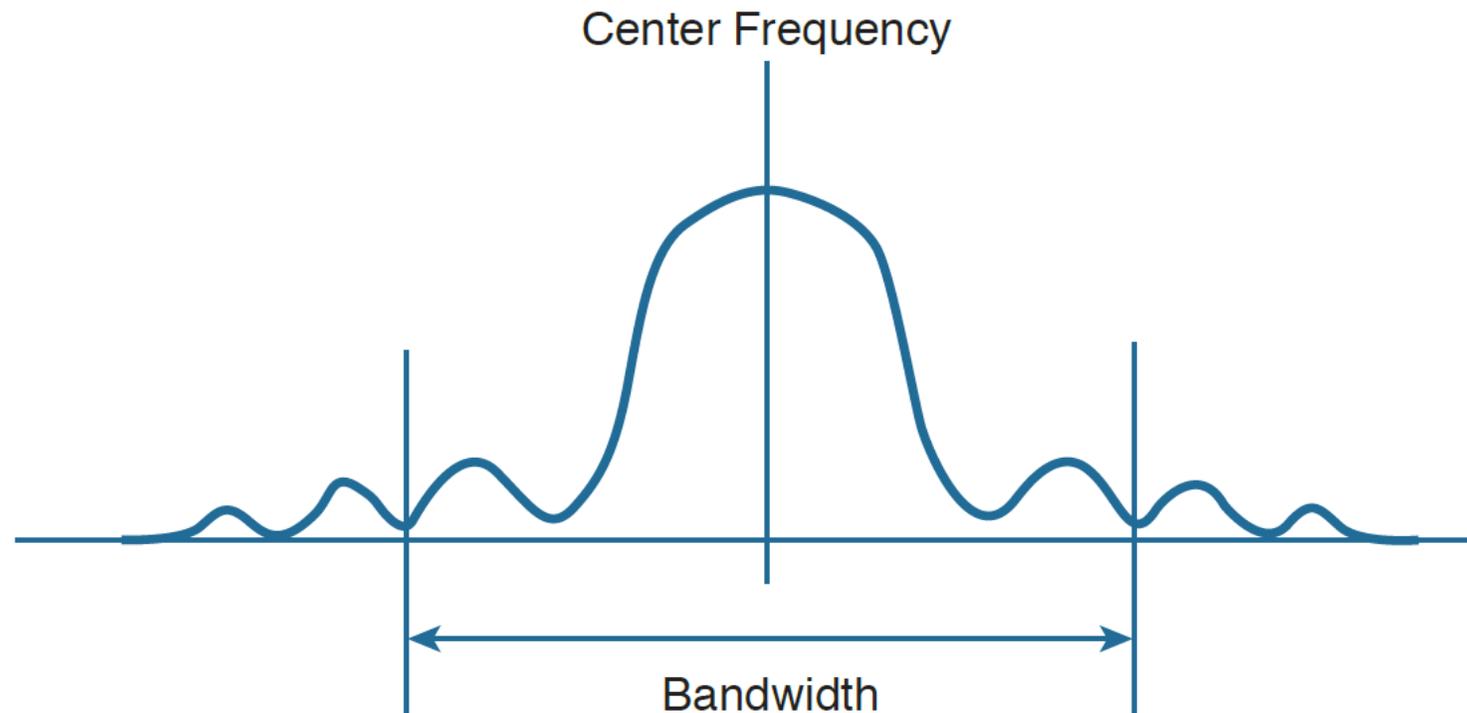
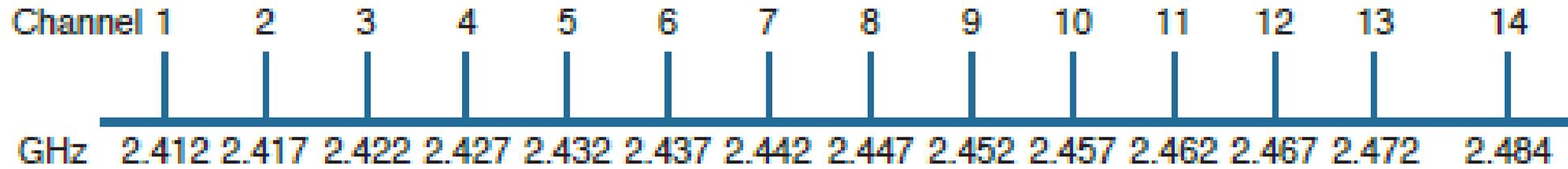
5 ГГц. Длина волны 6 см.

Период(T) — время одного полного колебательного движения

Электромагнитный спектр

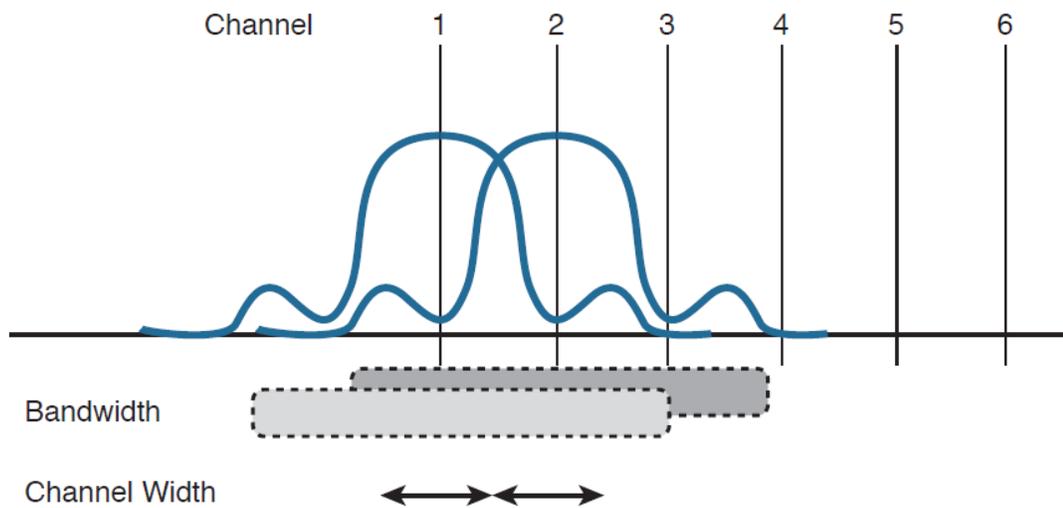


Размер канала и несущая

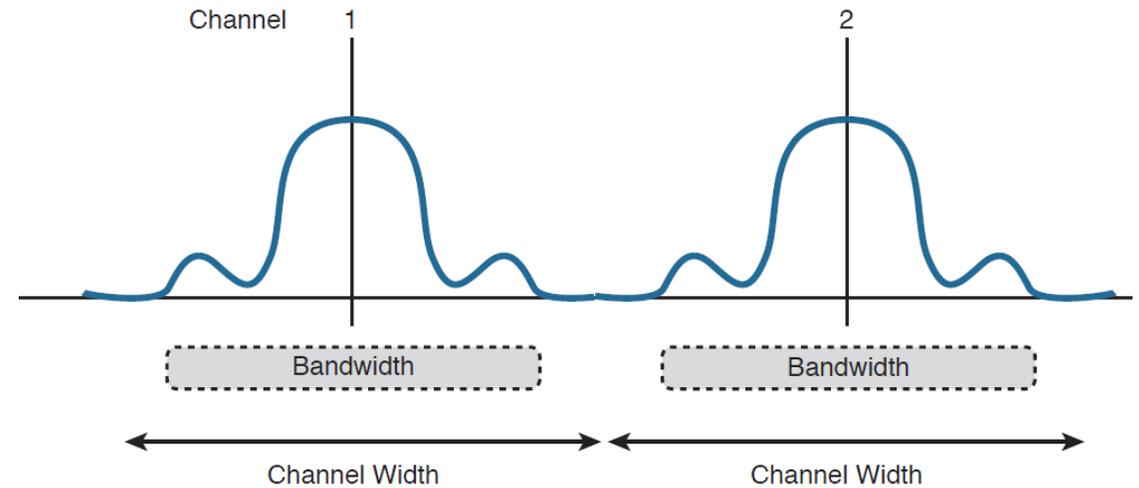


Пересечение каналов

Пересекающиеся каналы



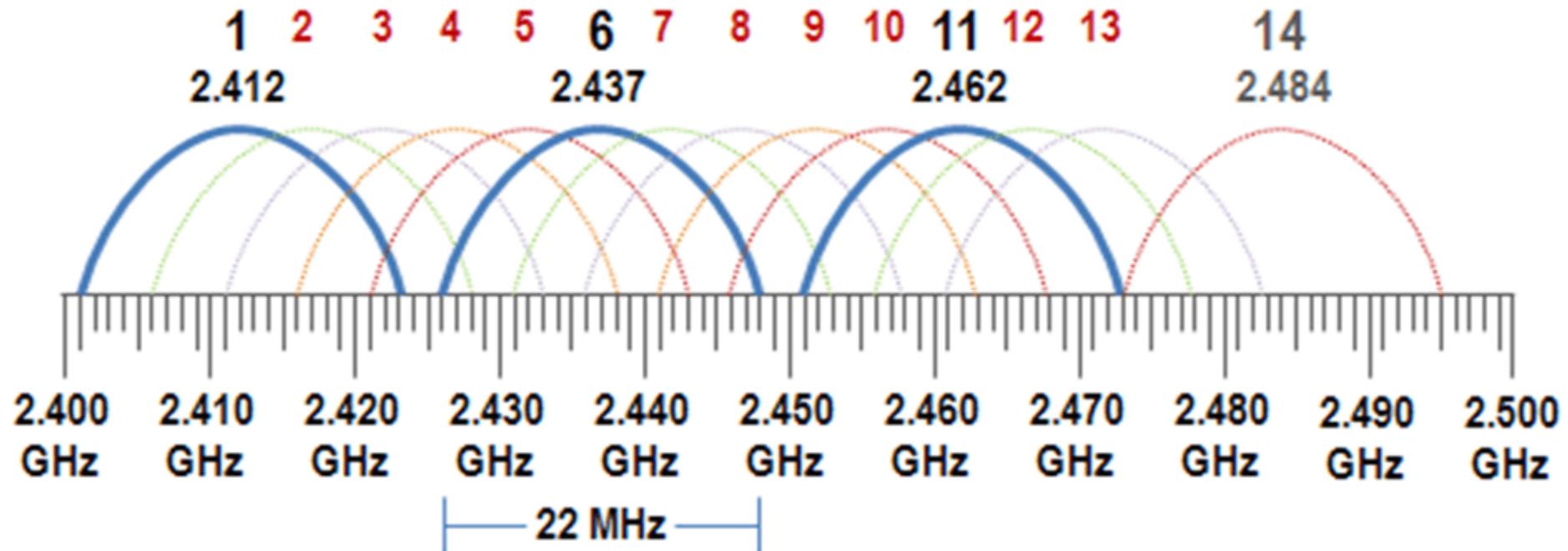
Непересекающиеся каналы



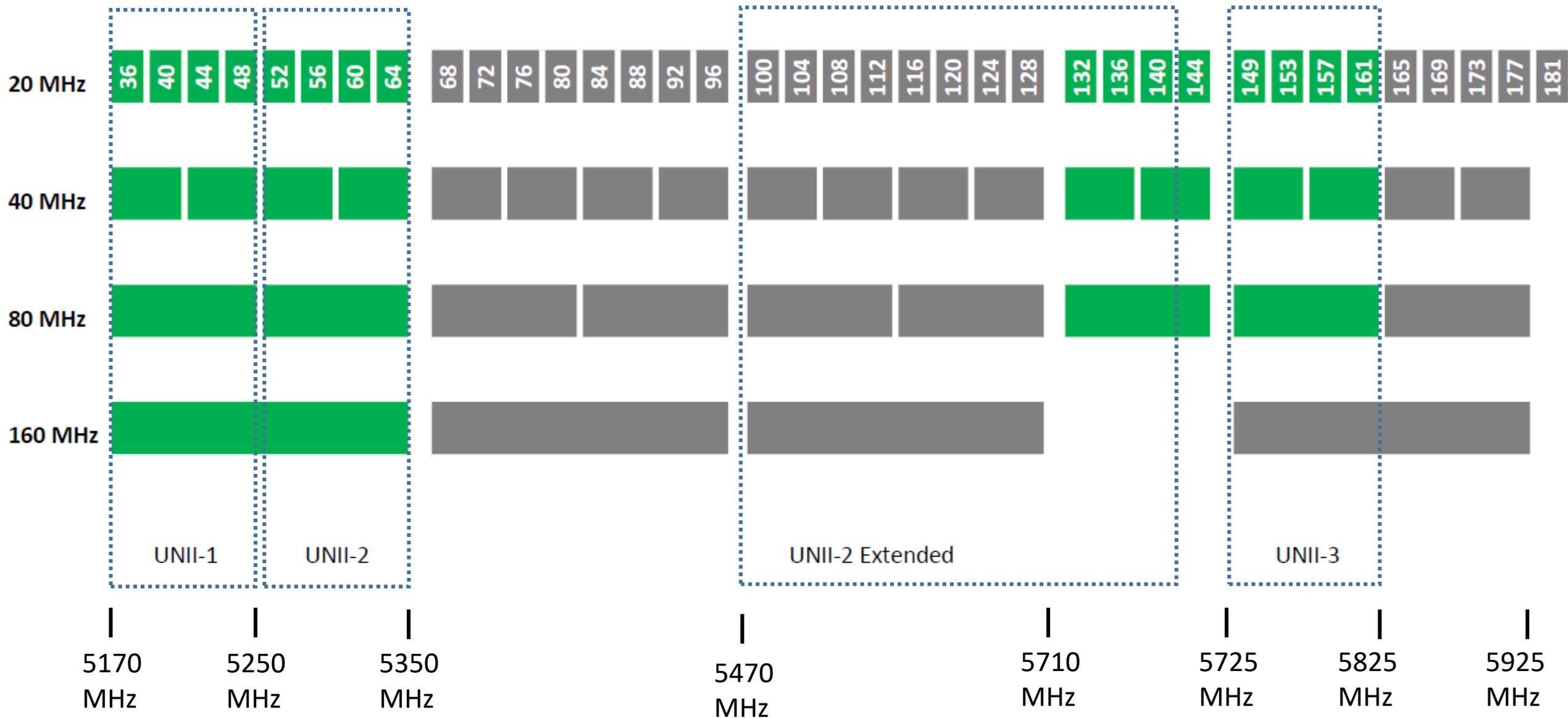
Каналы Wi-Fi 2.4 Ghz

В полосе частот WiFi 2.4GHz для России доступны 3 неперекрывающихся канала: 1, 6, 11.

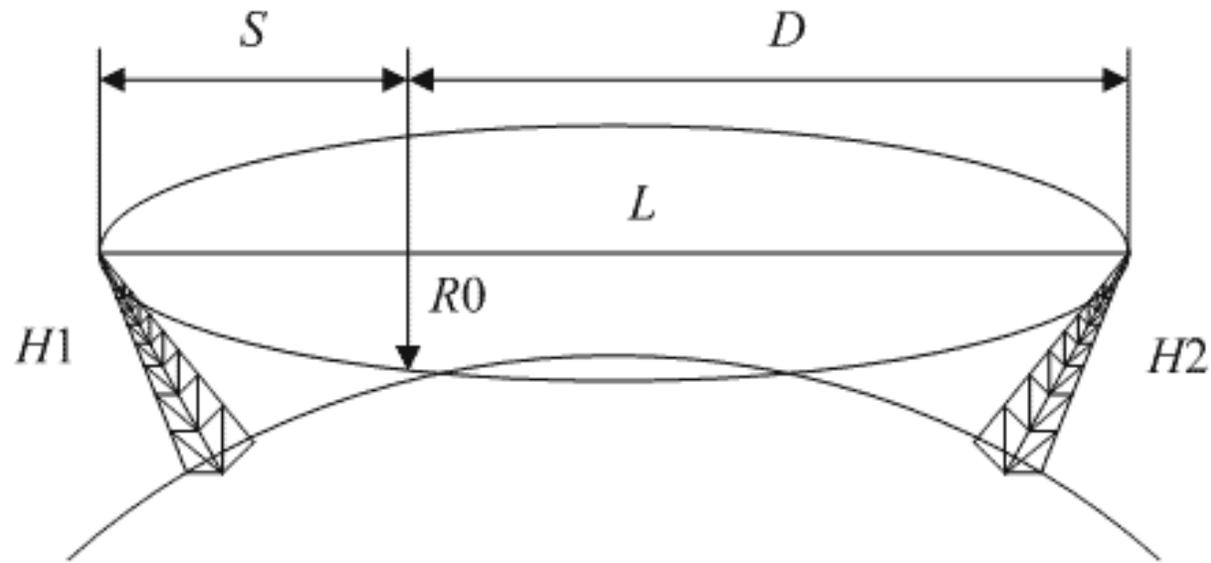
Данное выделение строится на требованиях IEEE по обеспечению минимума в 25MHz для разнесения центров неперекрывающихся частотных каналов WiFi. При этом ширина канала составляет 22MHz.



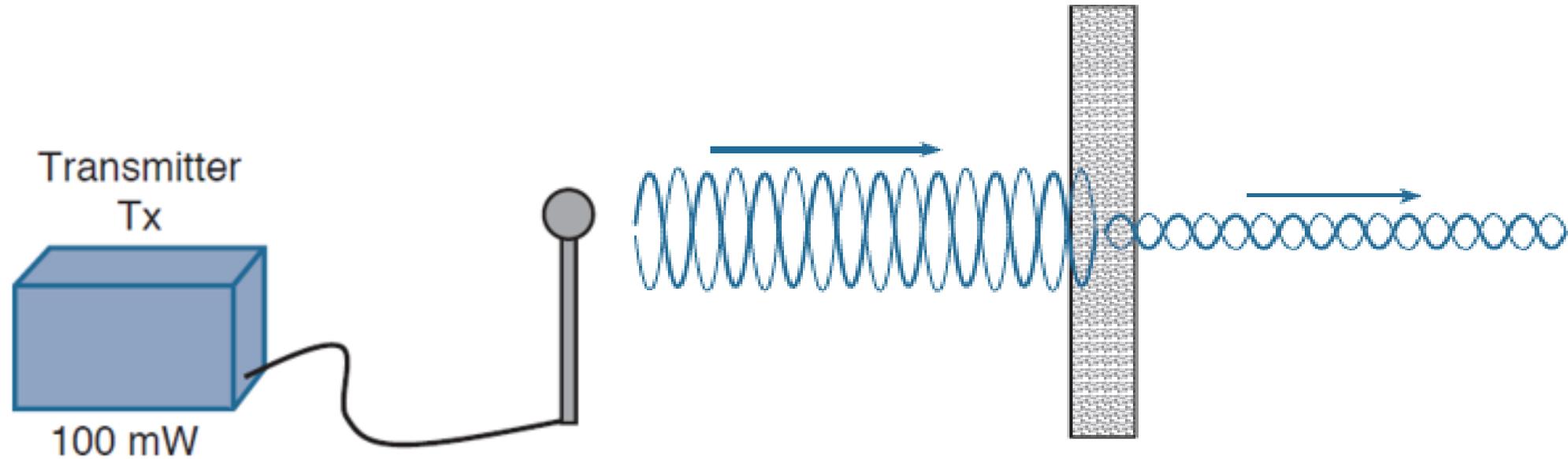
Каналы Wi-Fi 5 GHz



Мощность и передача сигнала



Мощность передачи и другие характеристики



mW

мощность
радиопередачи

dBi

коэффициент
усиления антенны

dB

характеристика
изменения
мощности сигнала

dBm

характеристика
радиопокрытия
в точке пространства

Как изменился сигнал и какова мощность сигнала в точке пространства?

Относительная величина

$$x \text{ dB} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$



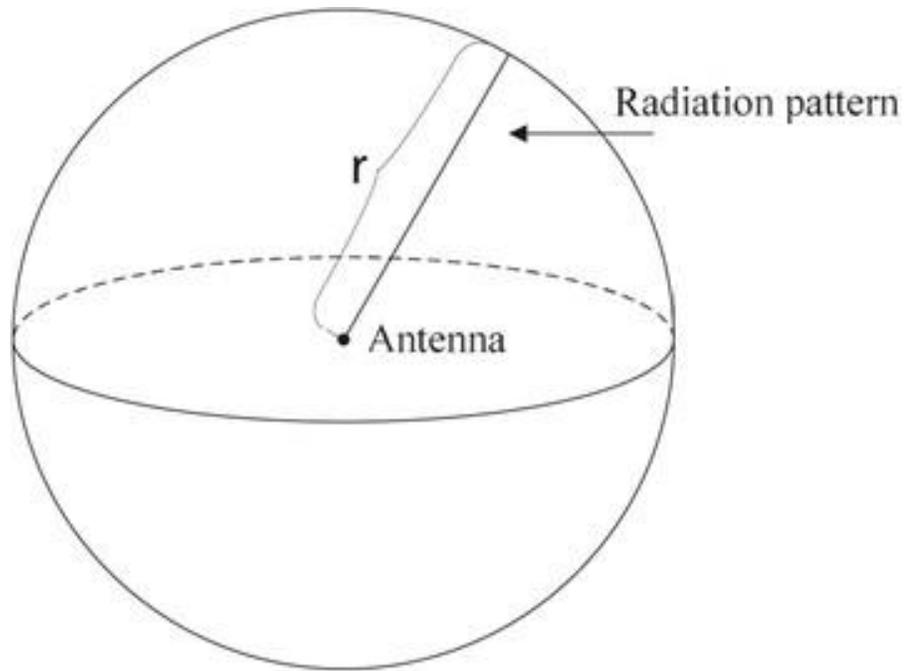
Power Change	dB Value
=	0 dB
$\times 2$	+3 dB
$/ 2$	-3 dB
$\times 10$	+10 dB
$/ 10$	-10 dB

Абсолютная величина

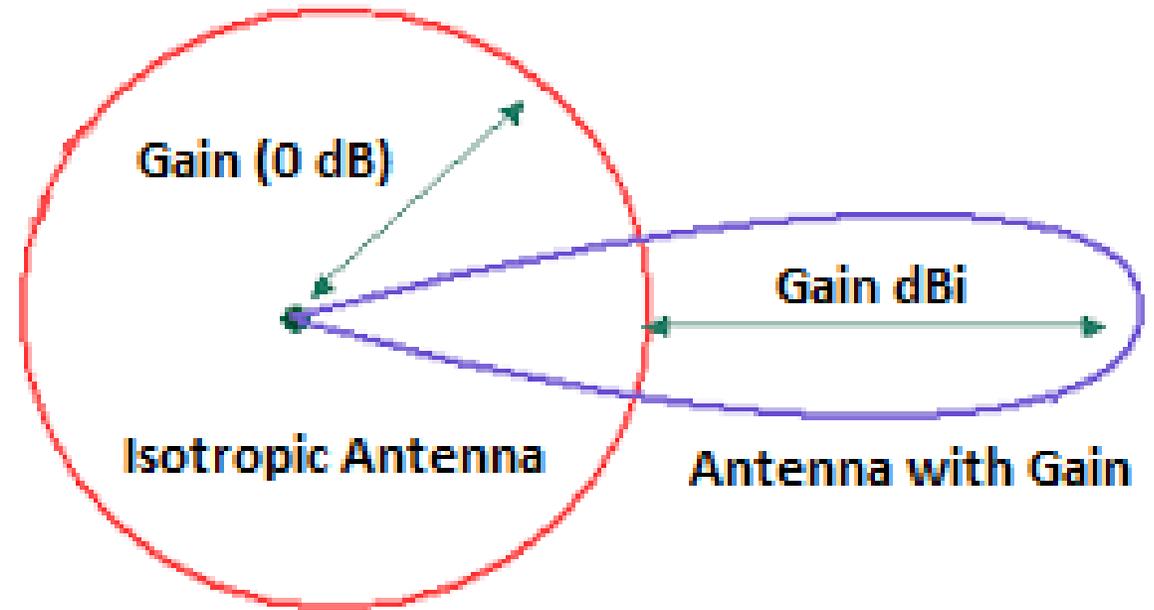
$$x \text{ dBm} = 10 \lg \frac{P_2}{1 \text{ mW}}$$

Как считается коэффициент усиления антенны

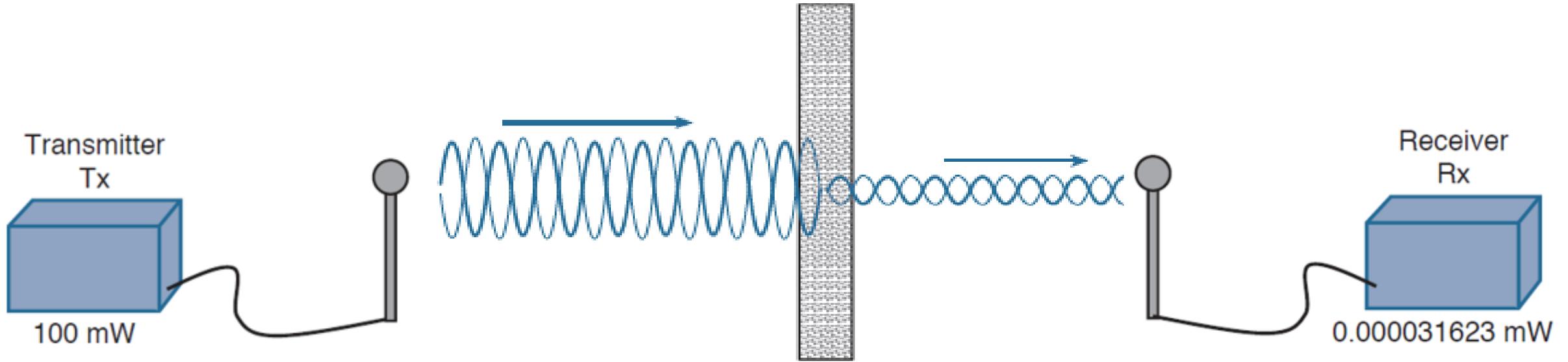
Изотропная антенна



Сравнение реальной антенны с изотропной



EIRP, RSSI



$$20\text{dBm} - 2\text{dB} + 4\text{dBi} - 60\text{dB} + 4\text{dBi} - 2\text{dB} = -36\text{dBm}$$

Мощность
передачи

Потеря на
кабеле

Усиление
антенны

Потеря при
передаче в
среде

Усиление
антенны

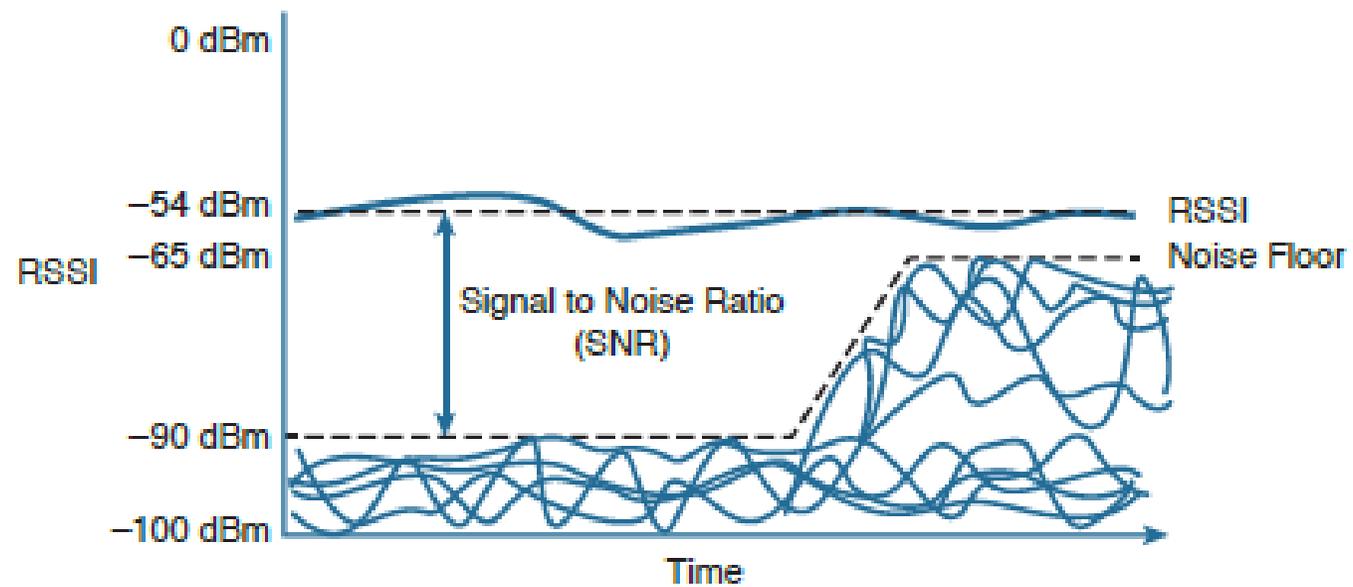
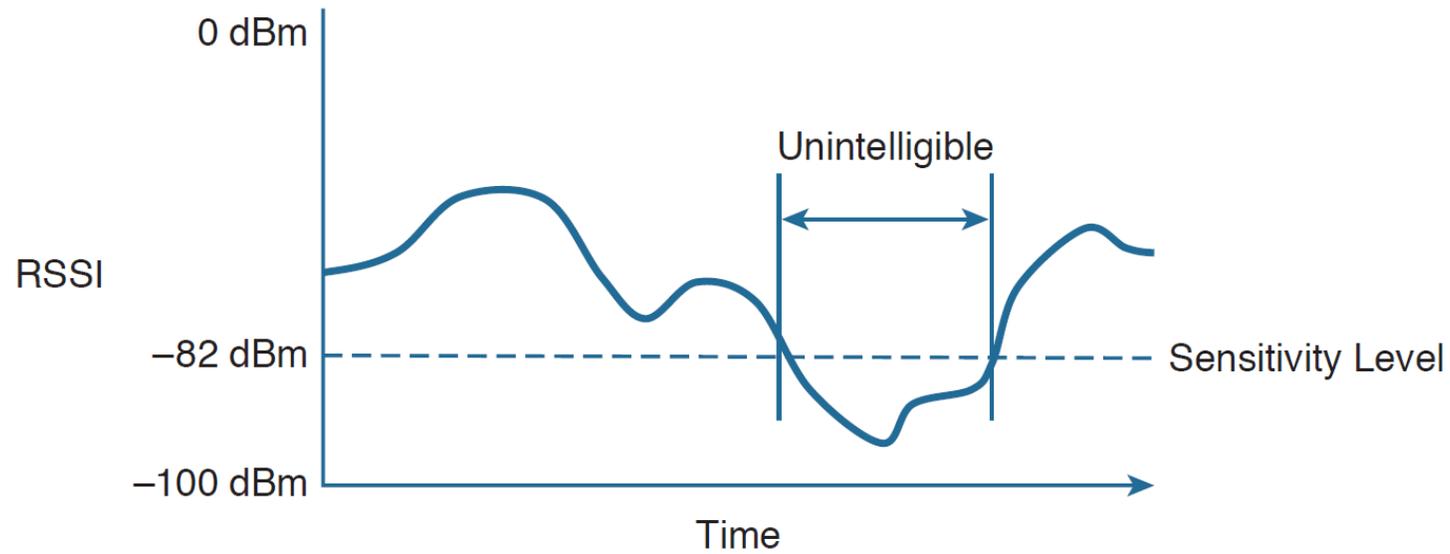
Потеря на
кабеле

Уровень
полученного
сигнала на
устройстве

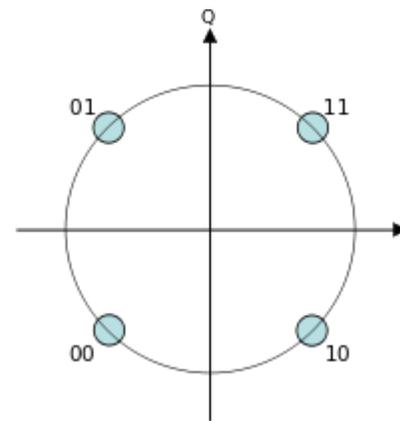
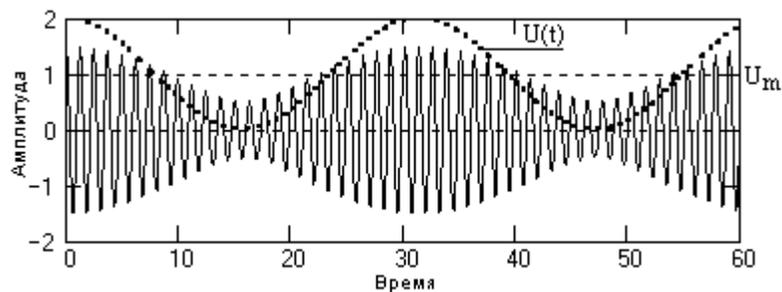
Effective Isotropic Radiated Power
EIRP = 22dBm

Received Signal Strength
RSSI = -36dBm

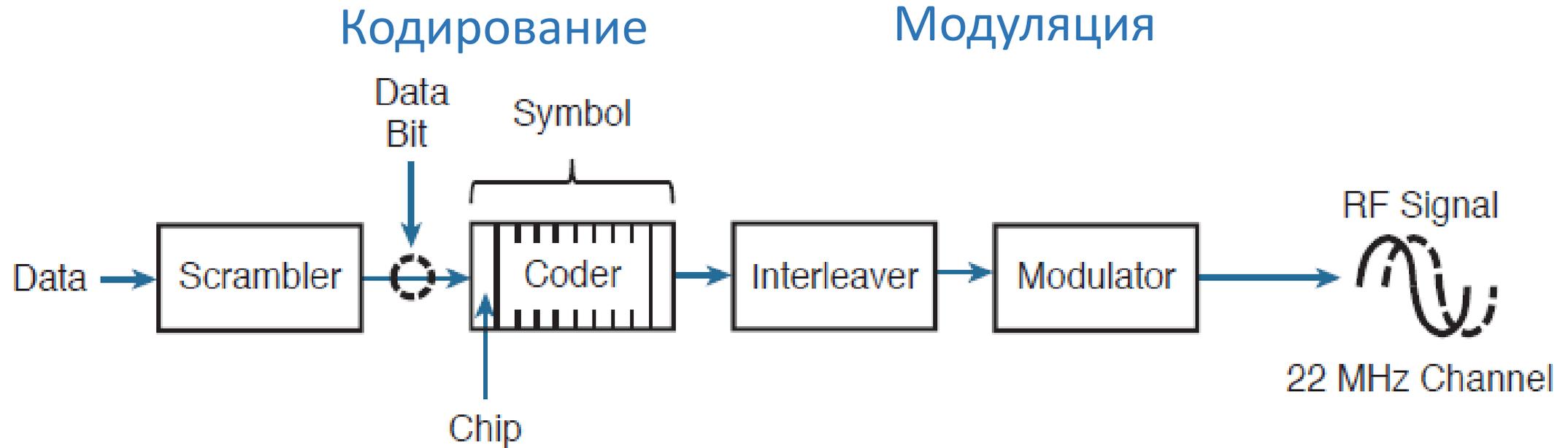
Уровень сигнала



Модуляция. Кодирование.

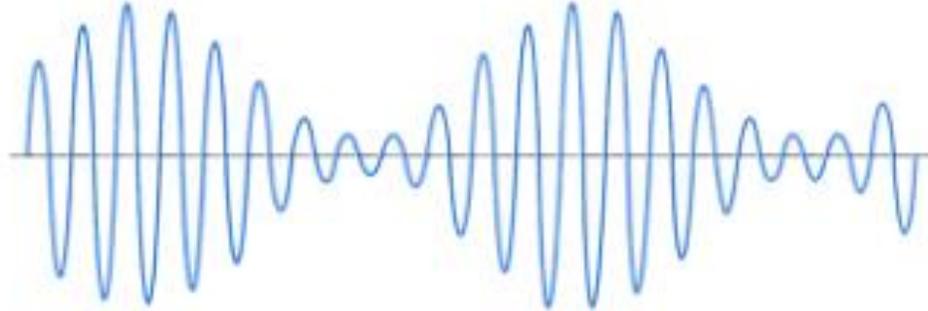


Как передается информация?

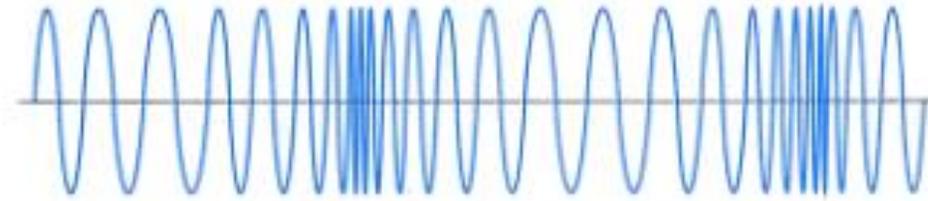


Типы модуляции

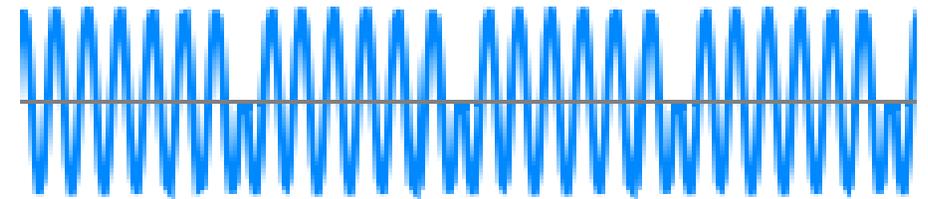
Амплитудная модуляция



Частотная модуляция

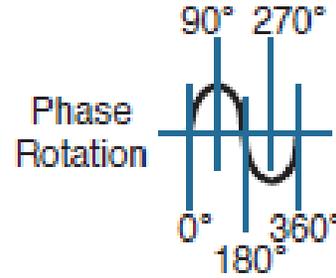


Фазовая модуляция

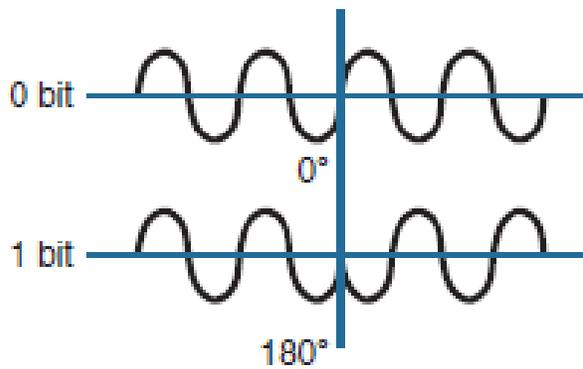


Модуляция

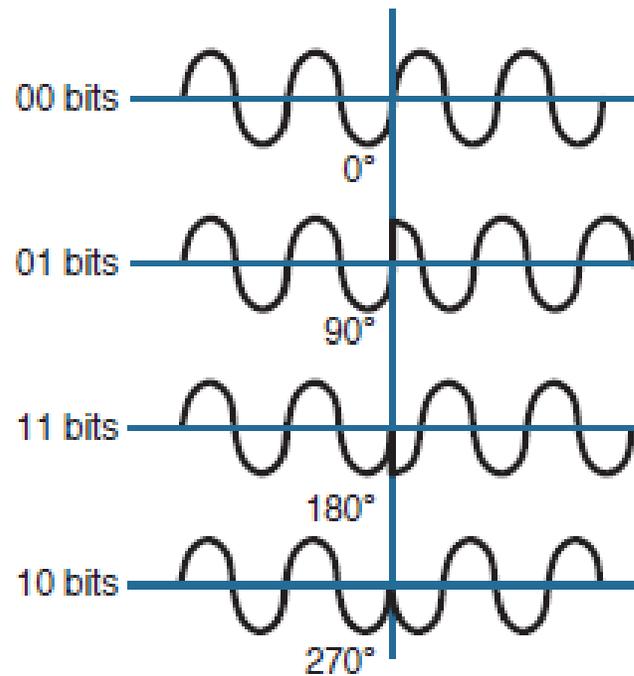
Изменение фазы



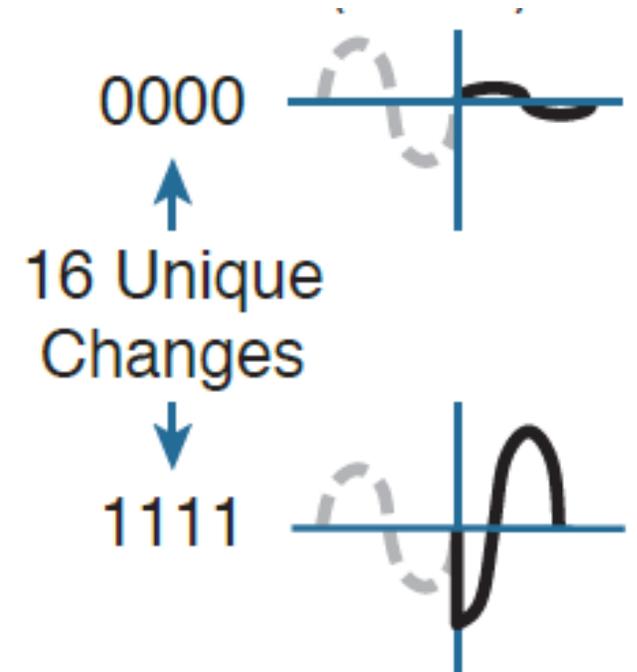
DBPSK Modulation



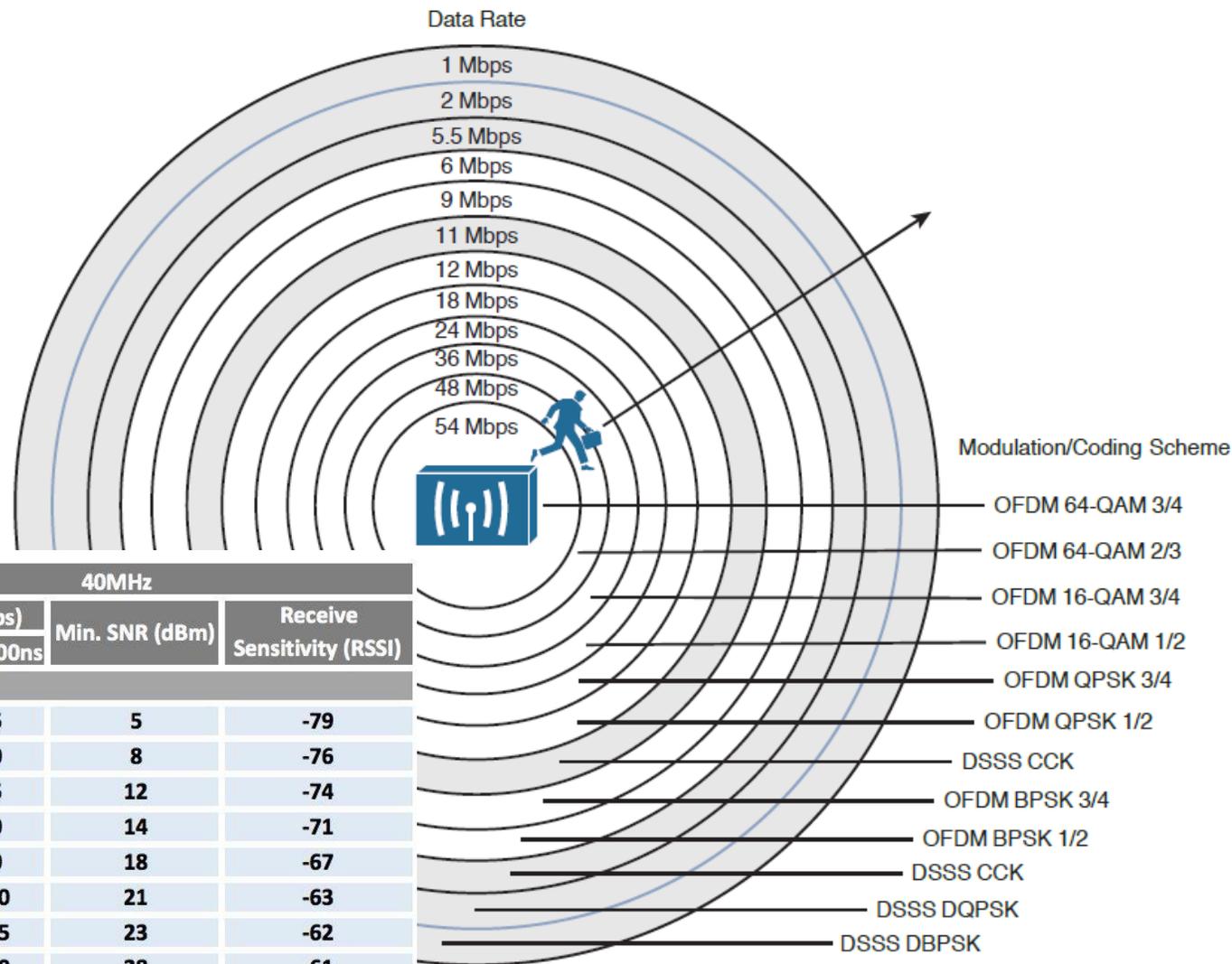
DQPSK Modulation



DQPSK + Amplitude = 16-QAM

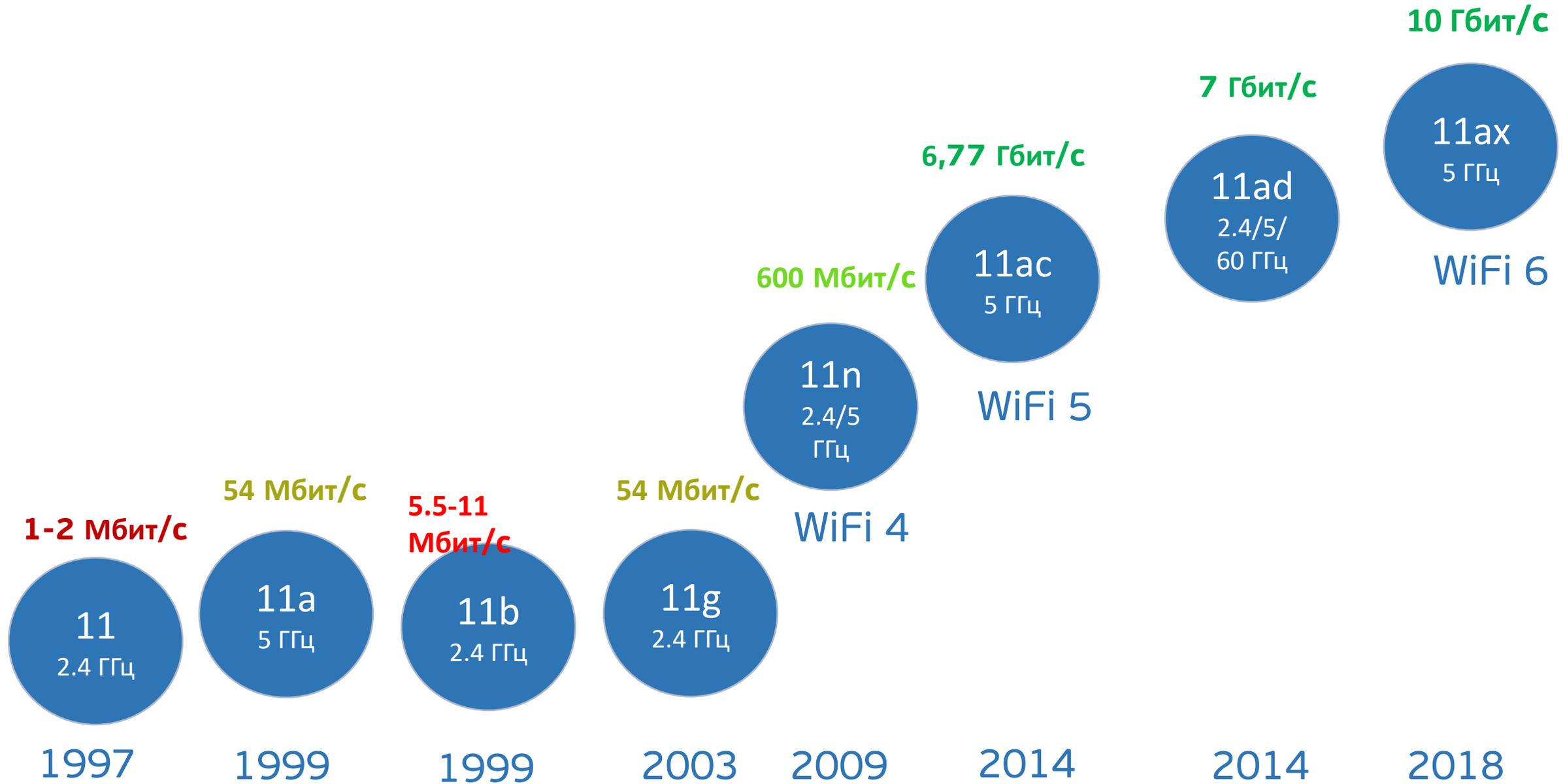


Изменение типов модуляций и кодирования



HT MCS Index	Modulation	Coding	20MHz				40MHz			
			Data Rate (Mbps)		Min. SNR (dBm)	Receive Sensitivity (RSSI)	Data Rate (Mbps)		Min. SNR (dBm)	Receive Sensitivity (RSSI)
			GI = 800ns	GI = 400ns			GI = 800ns	GI = 400ns		
1 Spatial Stream										
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	2	-82	13.5	15	5	-79
1	QPSK	1/2	13	14.4	5	-79	27	30	8	-76
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	9	-77	40.5	45	12	-74
3	16-QAM	1/2	26	28.9	11	-74	54	60	14	-71
4	16-QAM	3/4	39	43.3	15	-70	81	90	18	-67
5	64-QAM	2/3	52	57.8	18	-66	108	120	21	-63
6	64-QAM	3/4	58.5	65	20	-65	121.5	135	23	-62
7	64-QAM	5/6	65	72.2	25	-64	135	150	28	-61

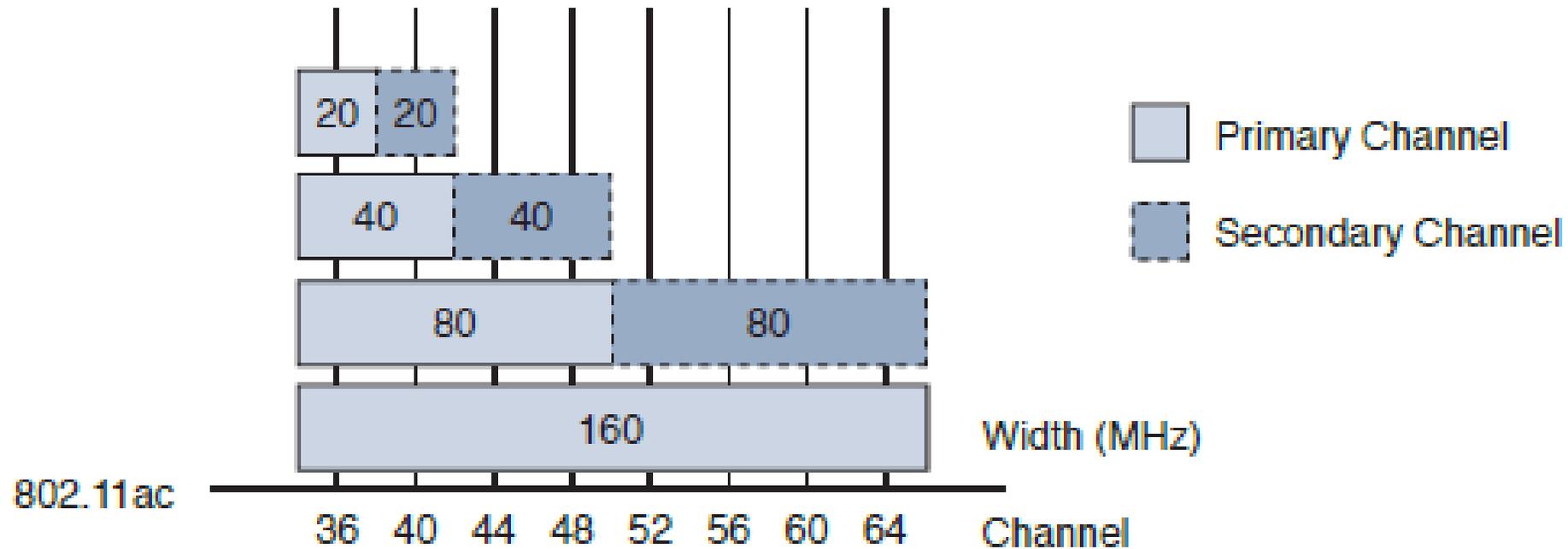
Стандарты Wi-Fi



Увеличение скорости передачи



Объединение каналов



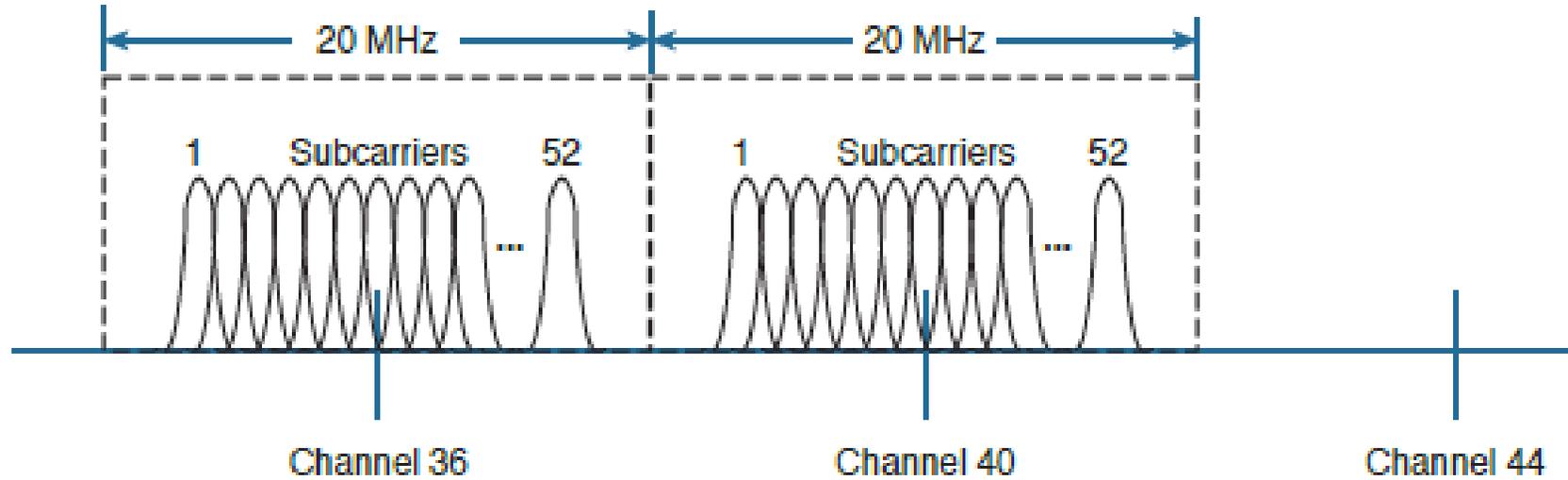
Стандарты 802.11a/b/g используют ширину канала в 20 МГц

Стандарты 802.11n используют каналы 20,40 МГц в частоте 2,4 и 5 ГГц

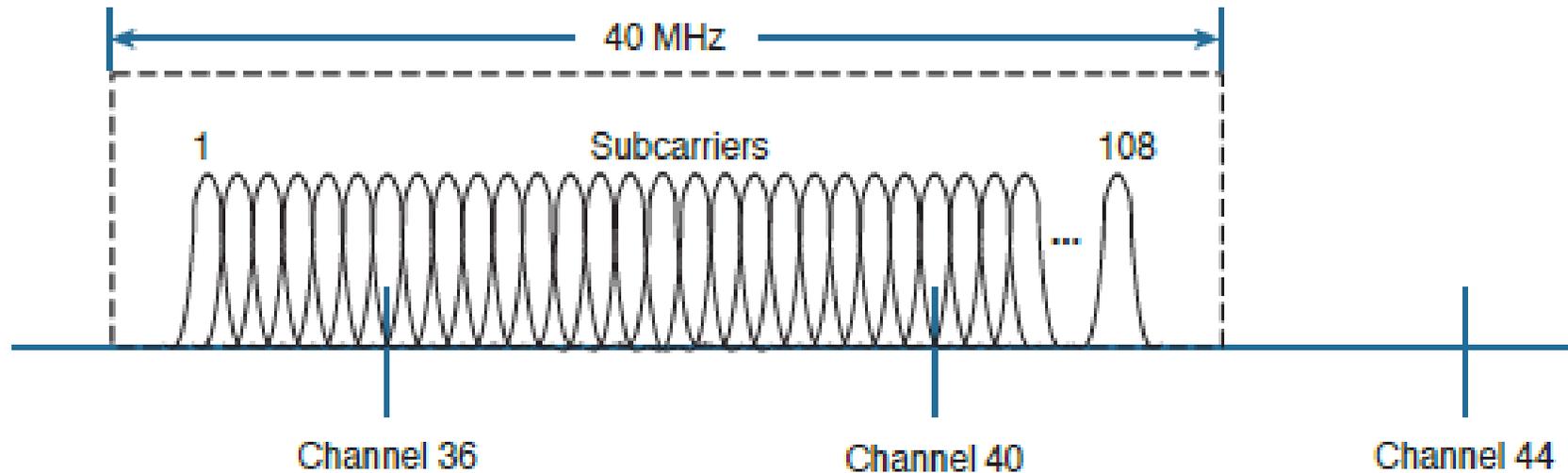
Стандарты 802.11ac используют каналы 20,40,80,160,320 МГц

Объединение каналов

Individual Channel Operation



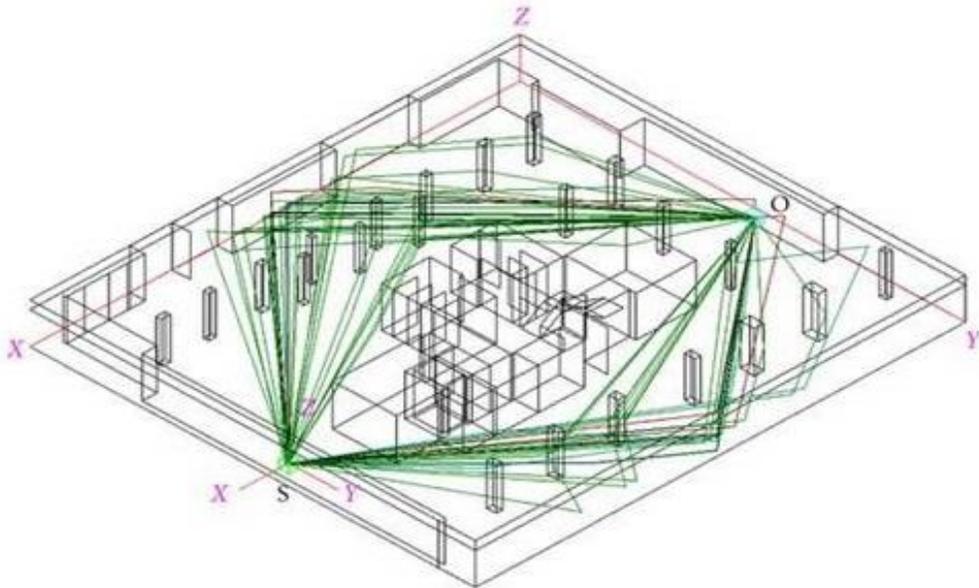
802.11n Channel Aggregation



MIMO

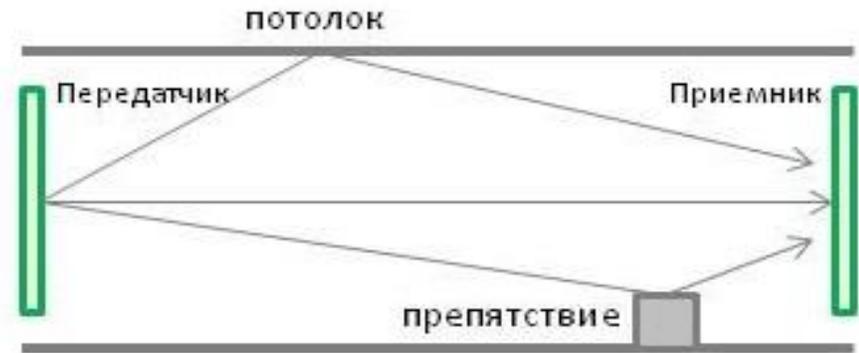
MIMO использует преимущества
многолучевого распространения сигнала

3d модель многолучевого
распространения сигналов

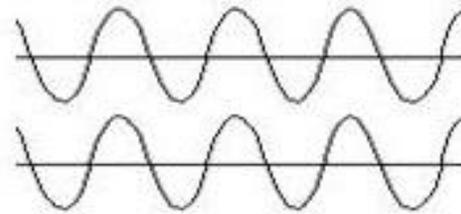


Возникновение многолучевого
распространения сигнала
в Офисном окружении
от передатчика к приемнику

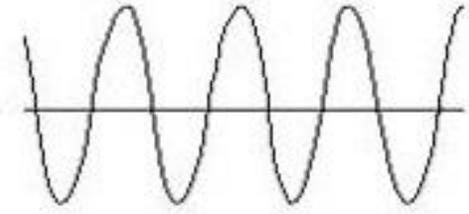
Вертикальная проекция



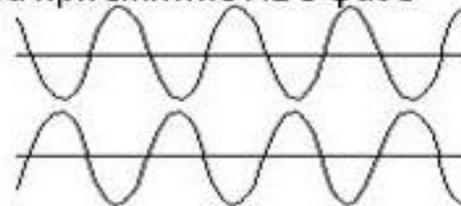
Прямые и отраженные сигналы
на приемнике в фазе



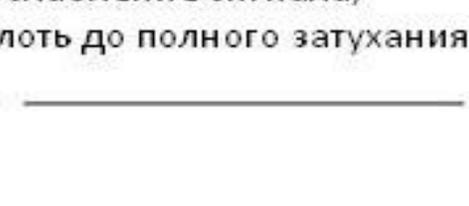
Положительная интерференция
и усиление сигнала



Прямые и отраженные сигналы
на приемнике НЕ в фазе



Отрицательная интерференция
и ослабление сигнала,
вплоть до полного затухания



MIMO

- **Разнесение при получении сигнала**

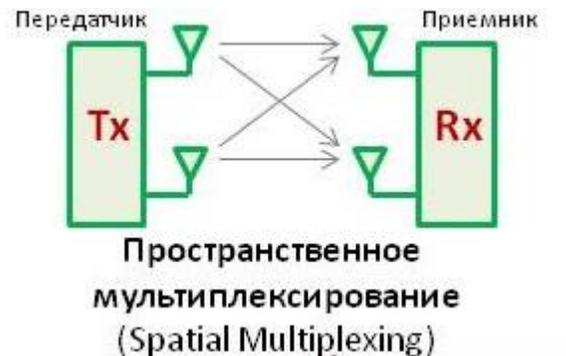
Если в точке приема есть не менее двух связанных приемников с разнесенными антеннами, то вполне реально провести анализ всех копий на каждом приемнике для выбора лучших сигналов.

- **Разнесение при отправке сигнала**

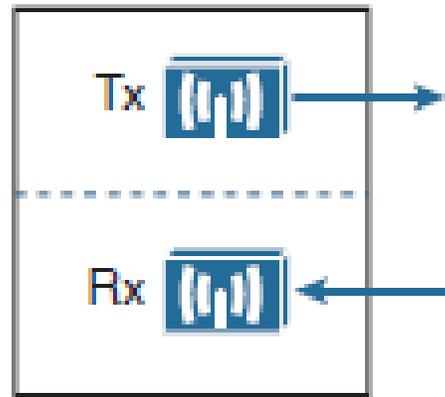
Если в точке отправки есть не менее двух связанных передатчиков с разнесенными антеннами, то появляется возможность отправки группы идентичных сигналов для увеличения количества копий информации, повышения надежности на передаче и снижения необходимости перепосылки данных в радиоканале, в случае их потерь.

- **Пространственное мультиплексирование сигналов (объединение сигналов)**

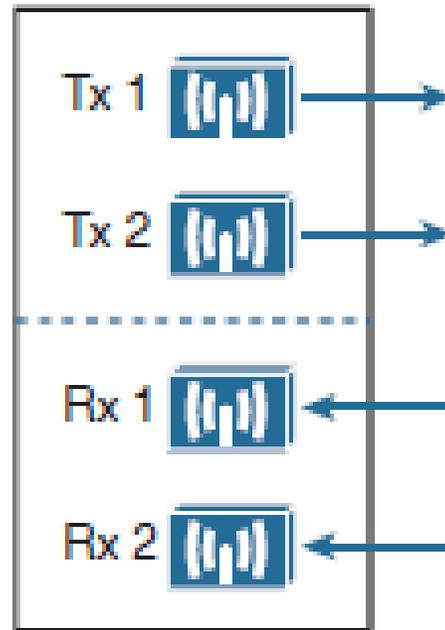
Если в точке отправки и в точке приема есть не менее двух связанных передатчиков с разнесенными антеннами, то появляется возможность отправки набора разной информации поверх разных сигналов с целью создания возможности виртуального объединения таких информационных потоков в один канал передачи данных, общая пропускная способность которого стремится к сумме отдельных потоков, из которых он состоит.



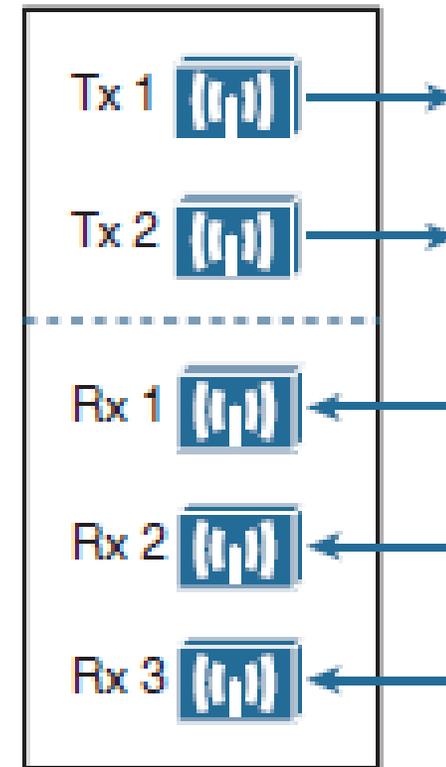
Типы MIMO



Traditional 802.11
1 x 1 SISO

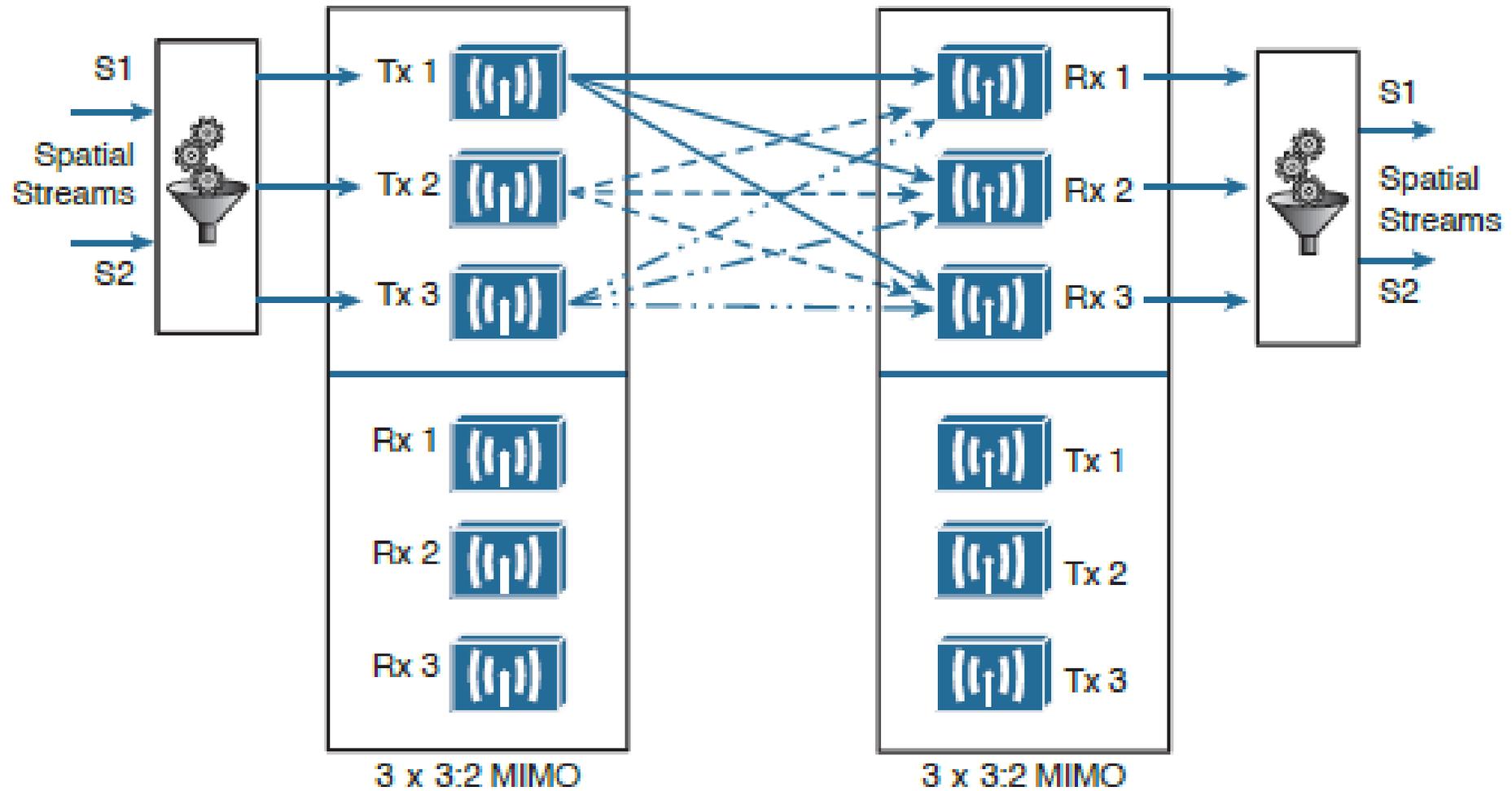


2 x 2 MIMO



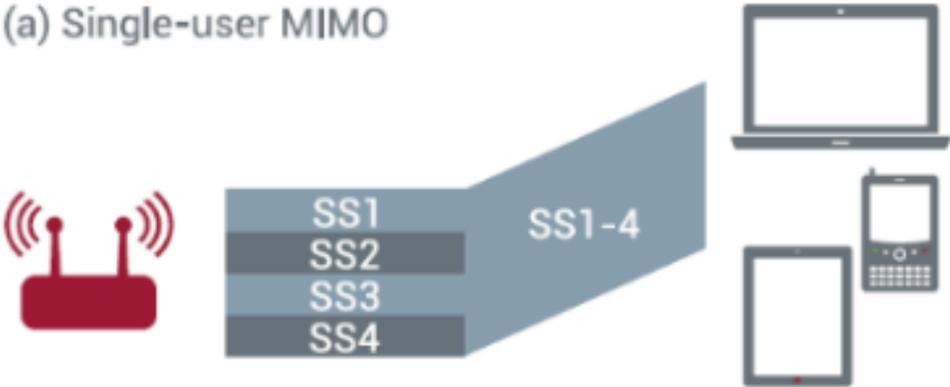
2 x 3 MIMO

Количество пространственных потоков

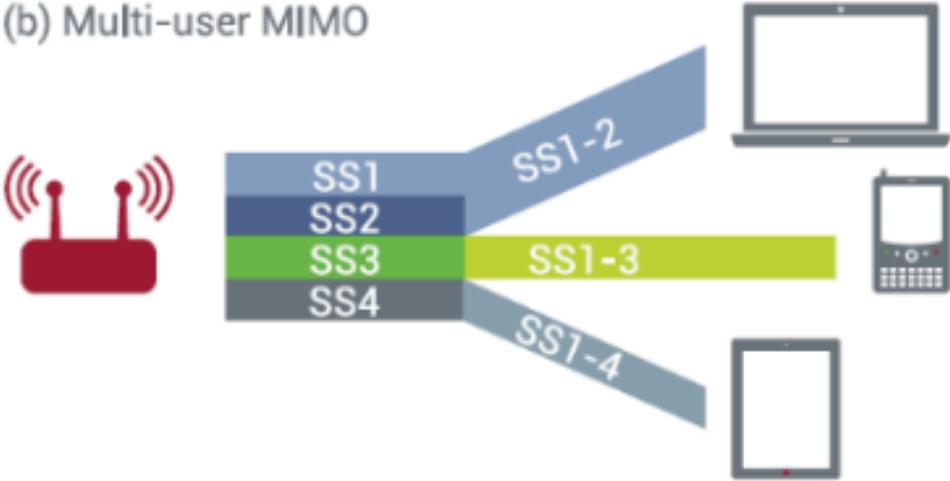


MU-MIMO

(a) Single-user MIMO



(b) Multi-user MIMO

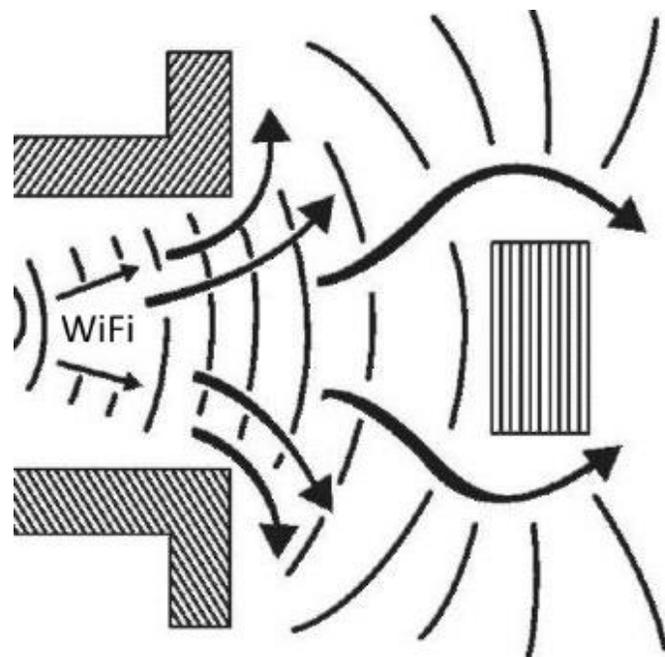


MU-MIMO and Beamforming

Таблица стандартов

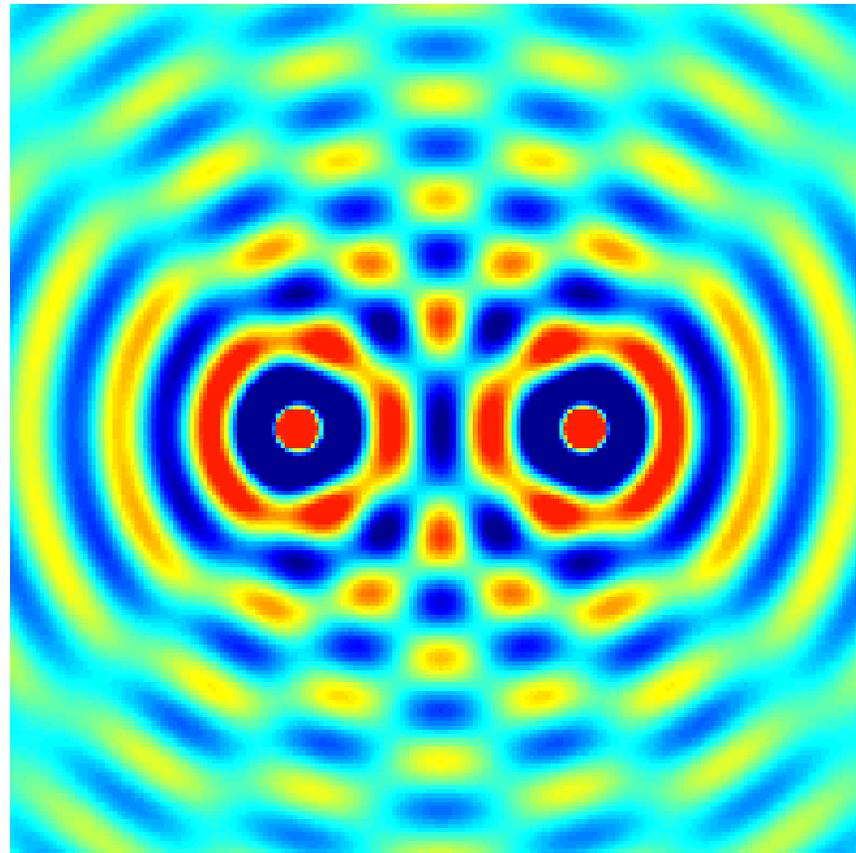
	Band (GHz)	Channel Width (MHz)	Modulation	Spatial Streams	Max Data Rate
802.11b	2.4	22	DBPSK or DQPSK	1	11 Mbps
802.11g	2.4	20	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	1	54 Mbps
802.11a	5	20	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	1	54 Mbps
802.11n	2.4 5	20 or 40	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	1–4	600 Mbps
802.11ac	5	20, 40, 80, 160	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	1–8	6.933 Gbps

Распространение Wi-Fi

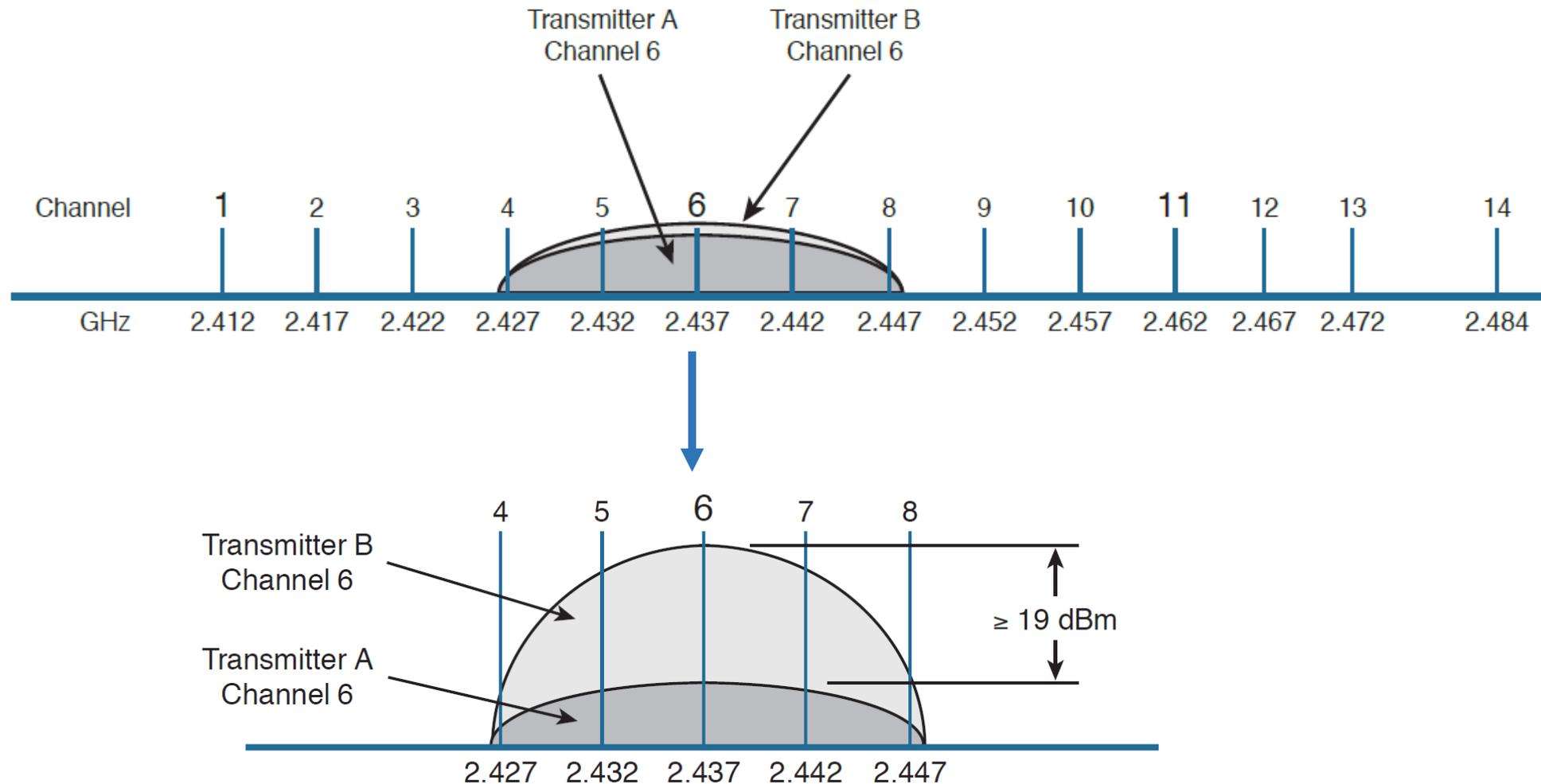


Интерференция

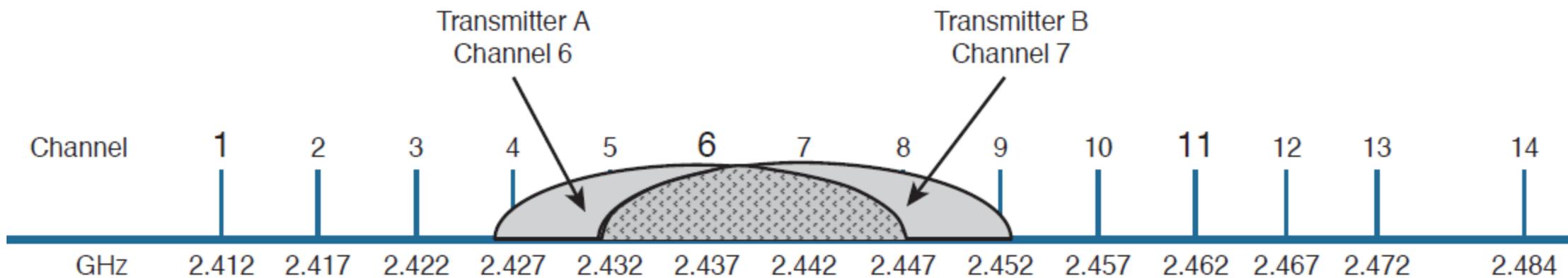
Интерференция волн — взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга.



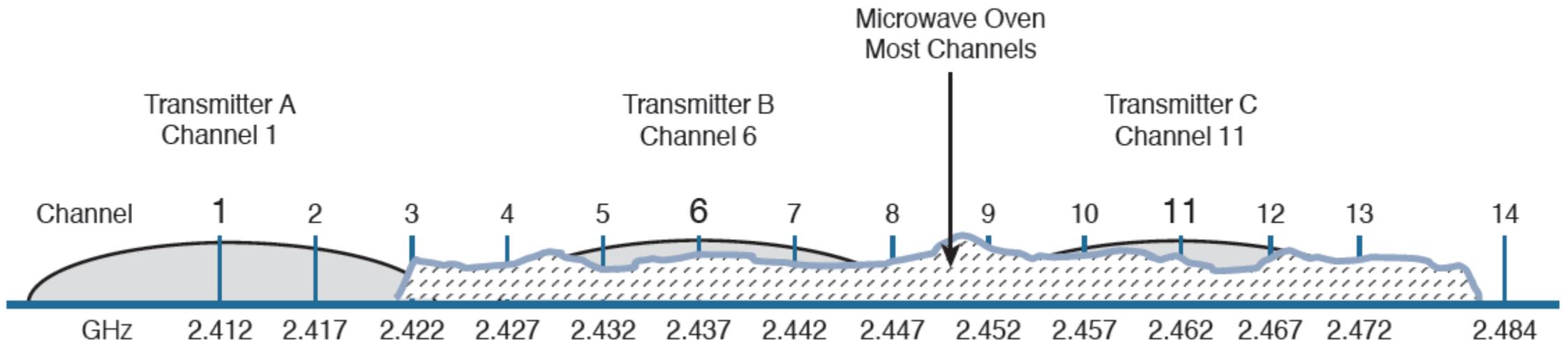
Соканальная интерференция



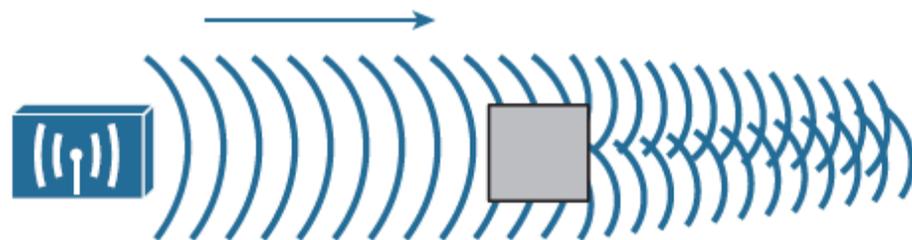
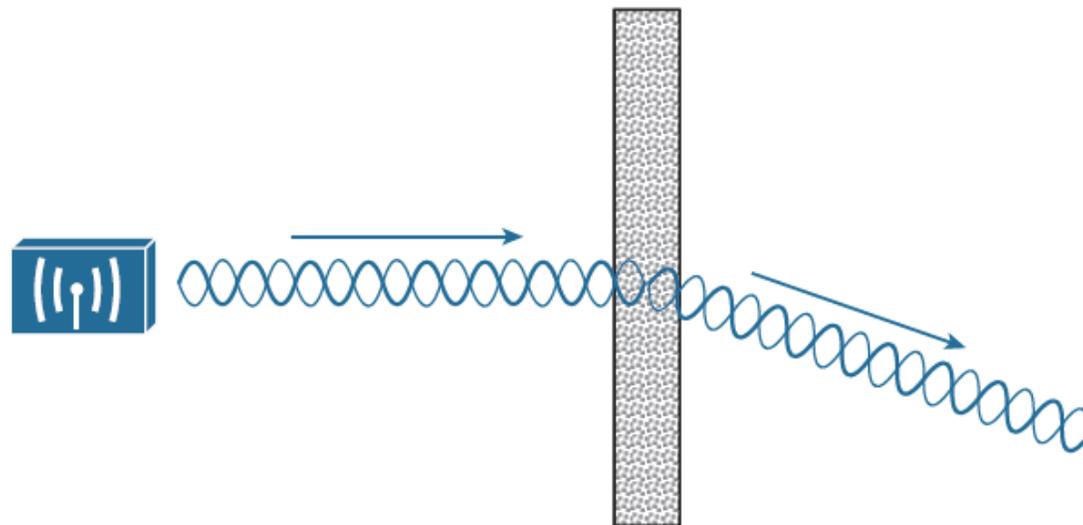
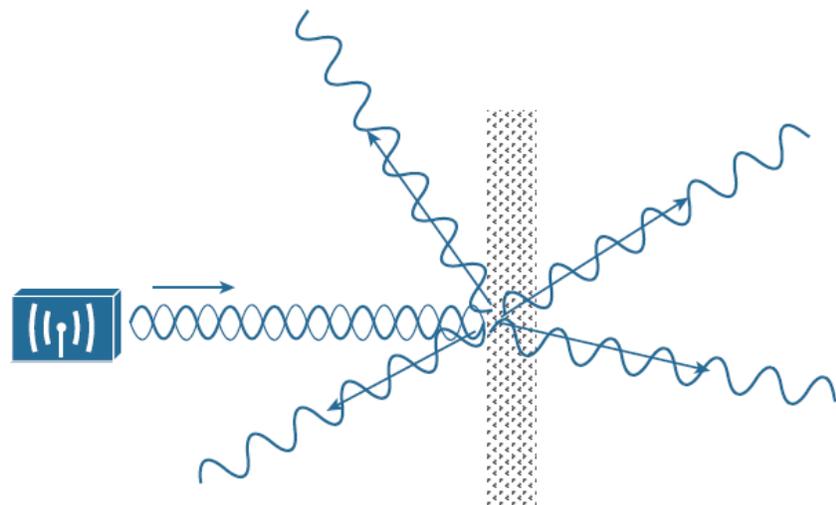
Межканальная интерференция



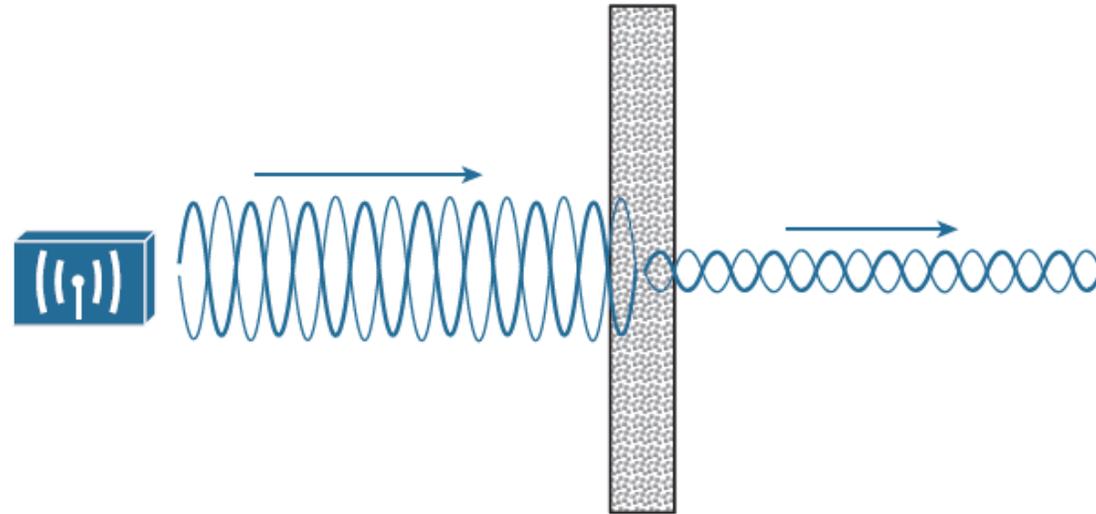
Шум



Потери при передаче. Рассеивание

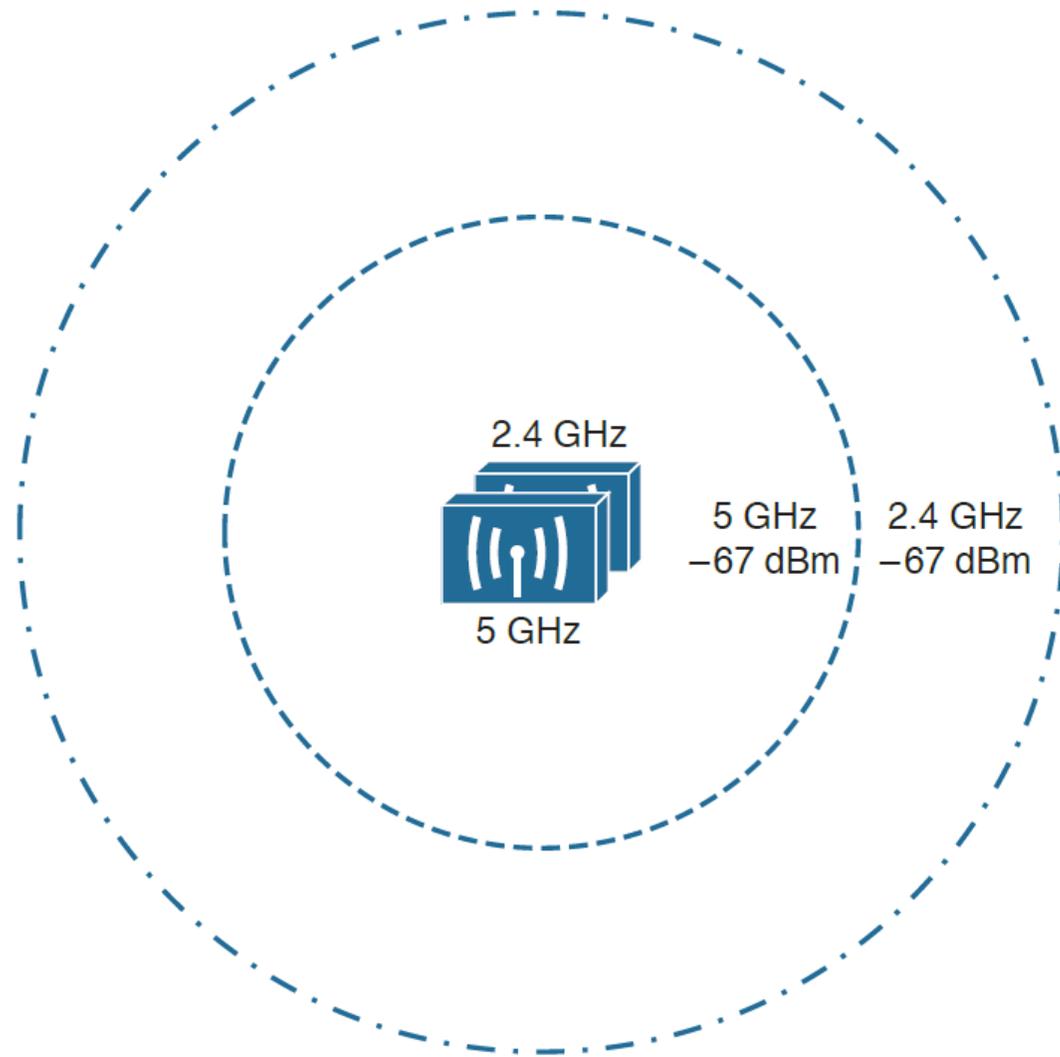


Потери при передаче. Абсорбция

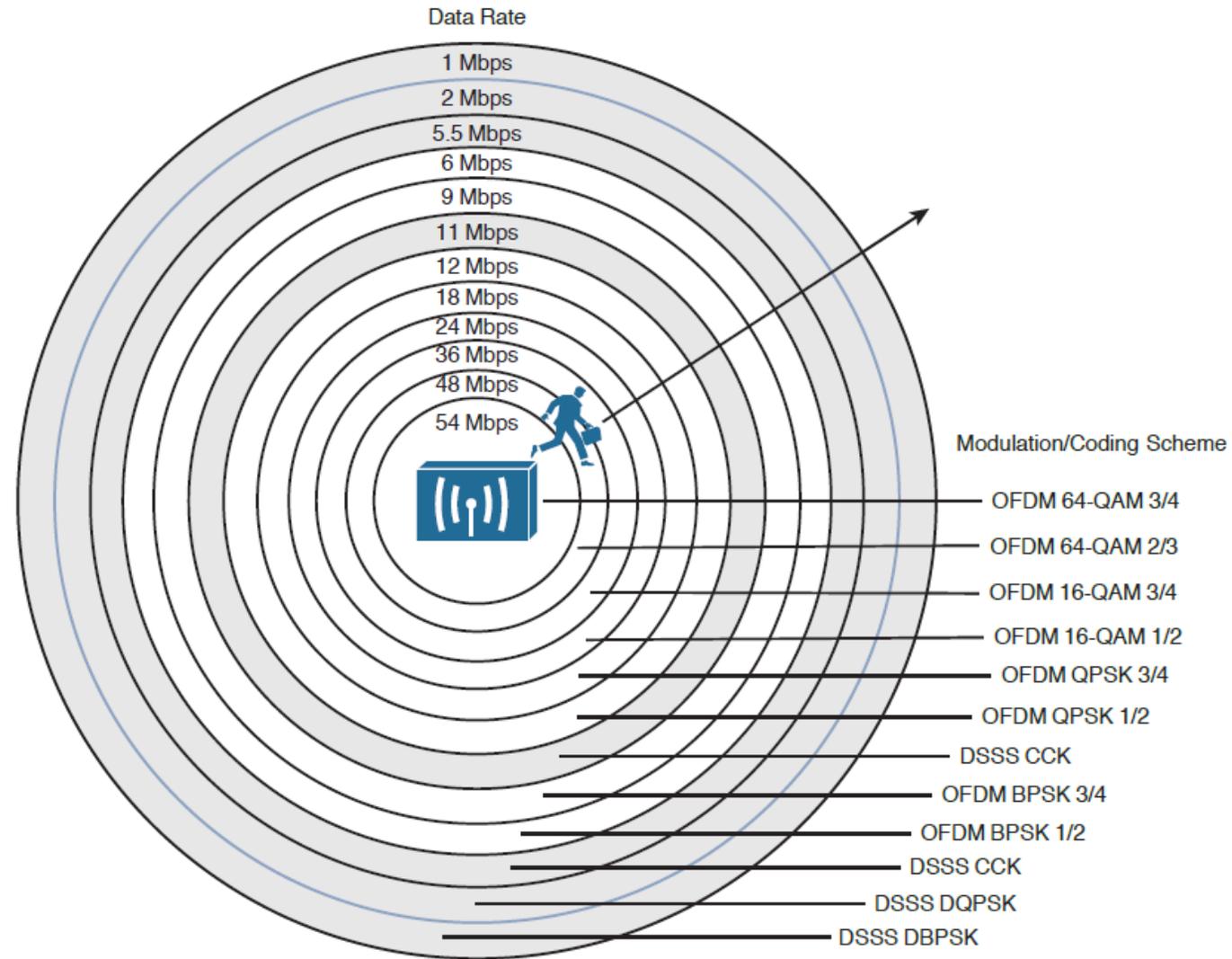


Препятствие	Дополнительные потери (dB)	Эффективное расстояние
Открытое пространство	0	100%
Окно без тонировки (отсутствует металлизированное покрытие)	3	70%
Окно с тонировкой (металлизированное покрытие)	5-8	50%
Деревянная стена	10	30%
Межкомнатная стена (15,2 см)	15-20	15%
Несущая стена (30,5 см)	20-25	10%
Бетонный пол/потолок	15-25	10-15%
Монолитное железобетонное перекрытие	20-25	10%

Потери при передаче



Распространение сигнала



Антенны Wi-Fi

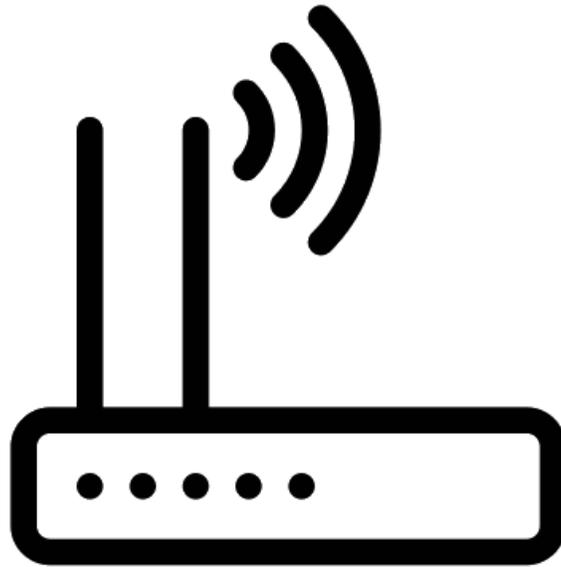
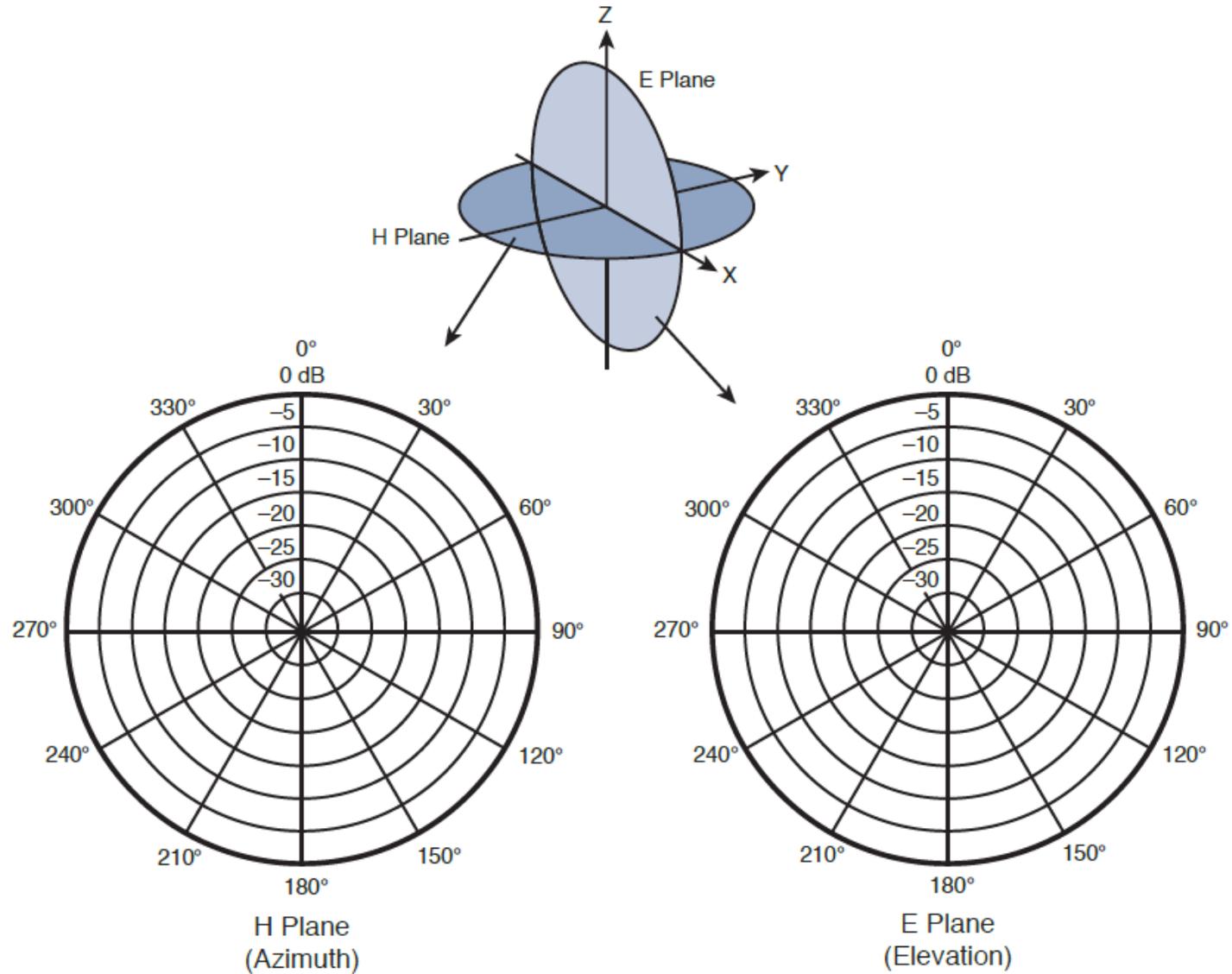
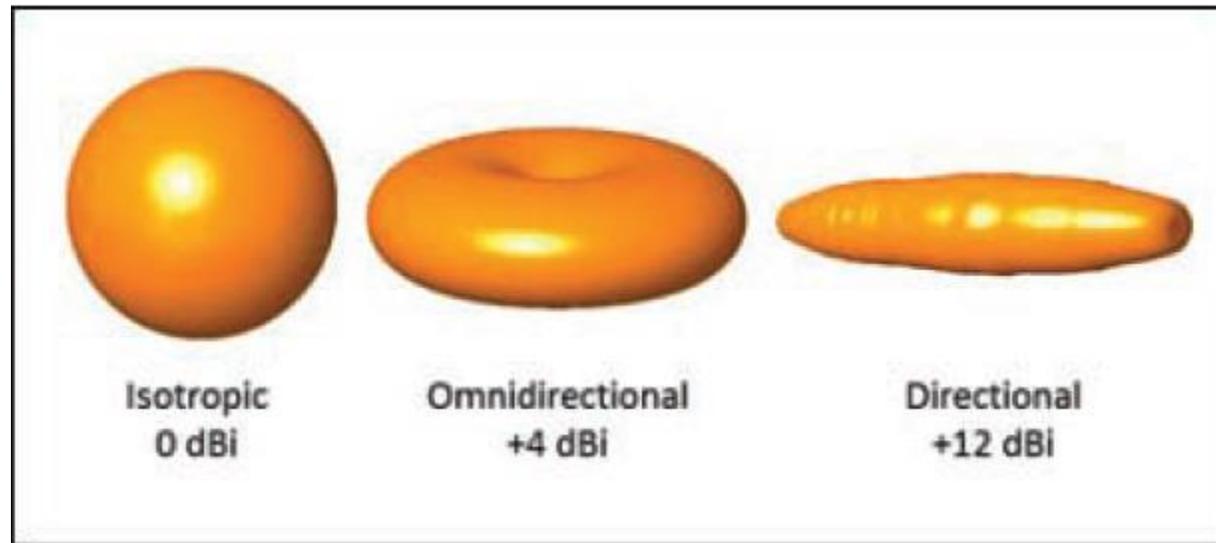


Диаграмма направленности

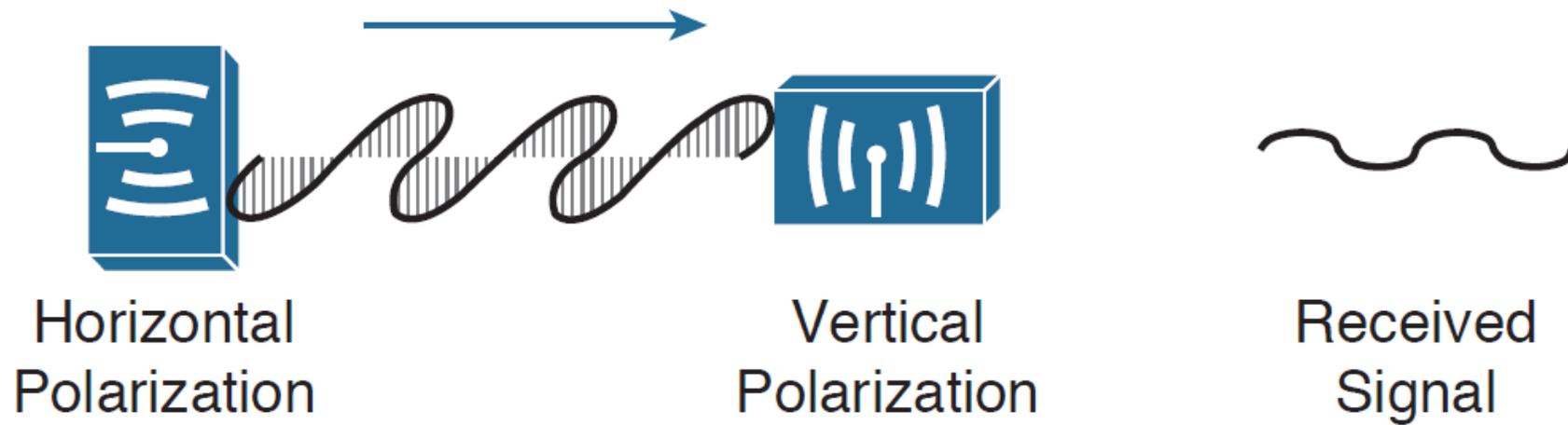
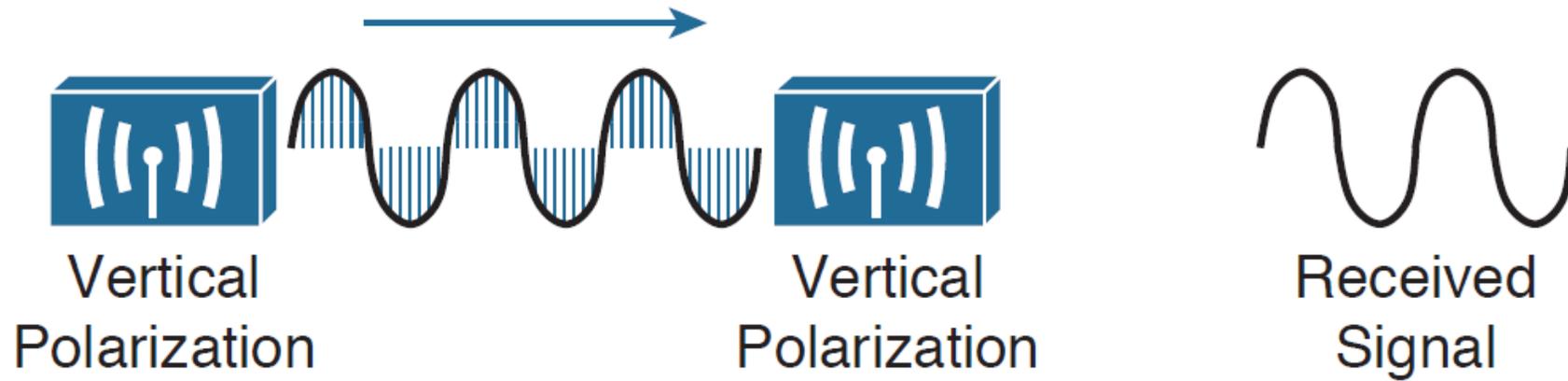


Виды антенн

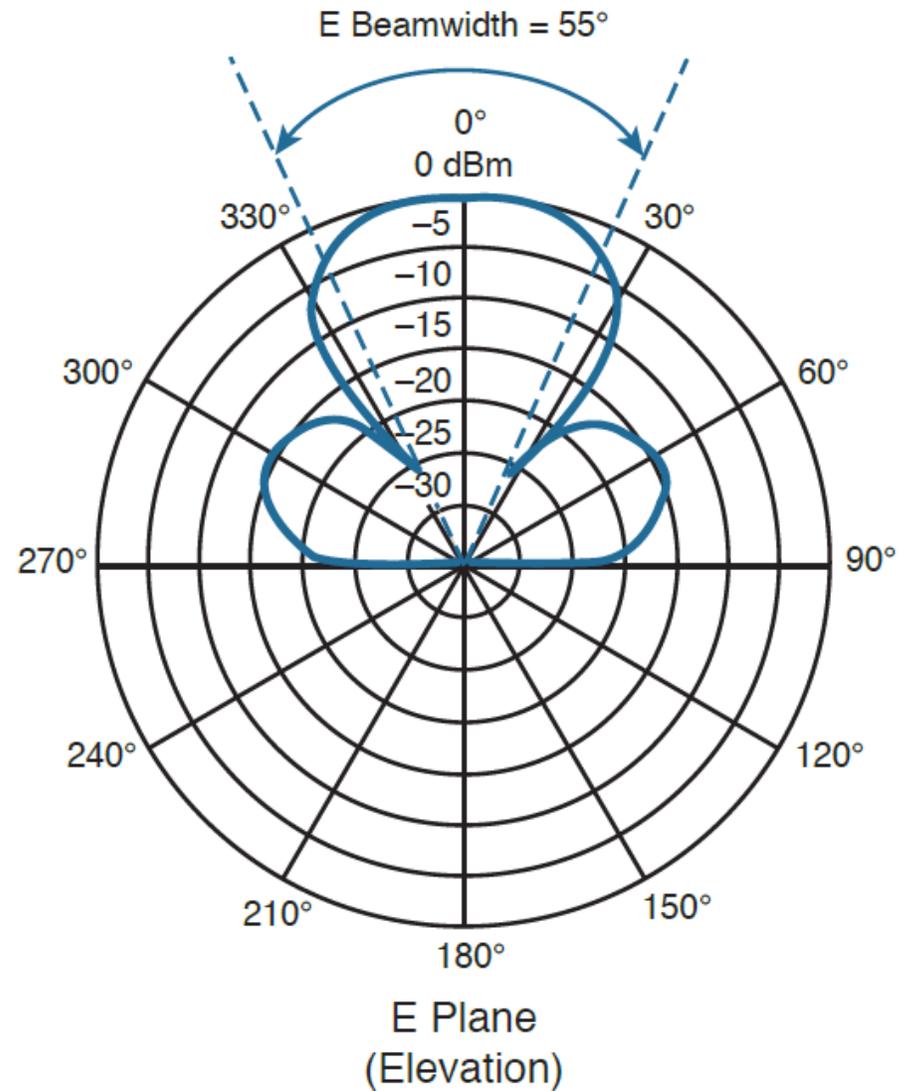
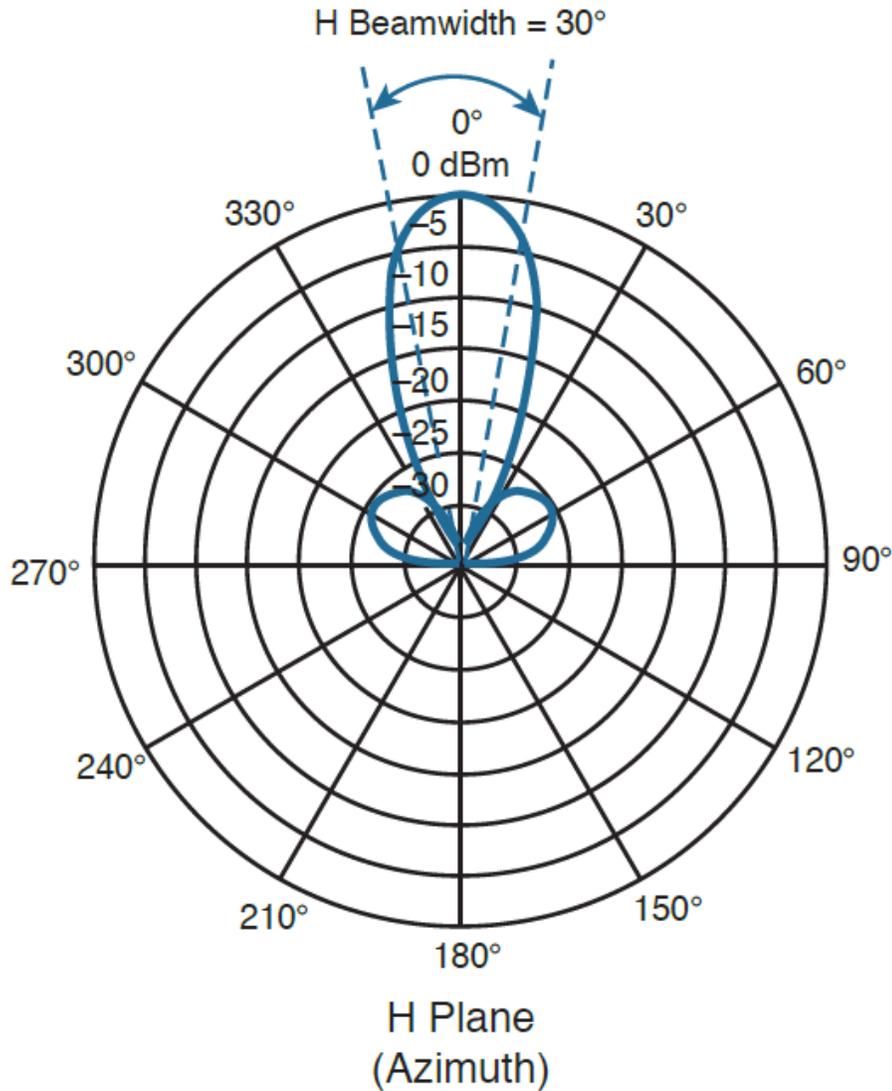
- Всенаправленные антенны
- Направленные антенны



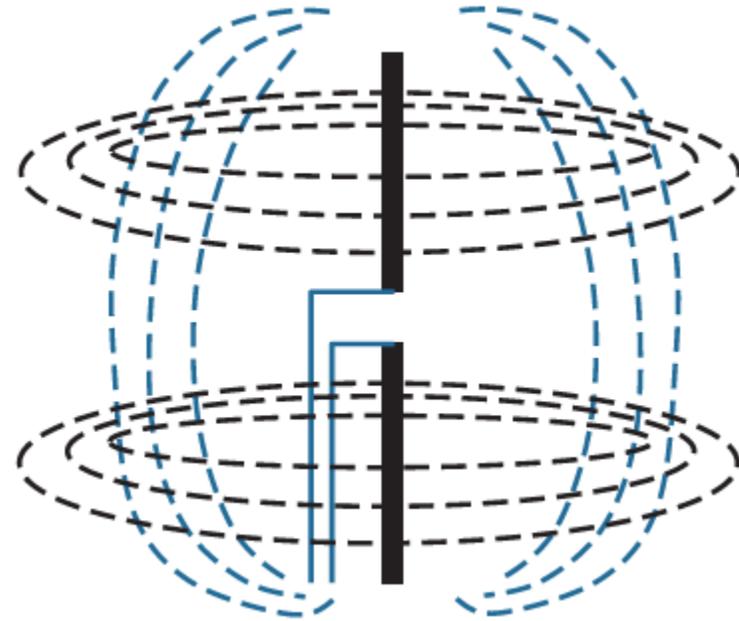
Поляризация антенны



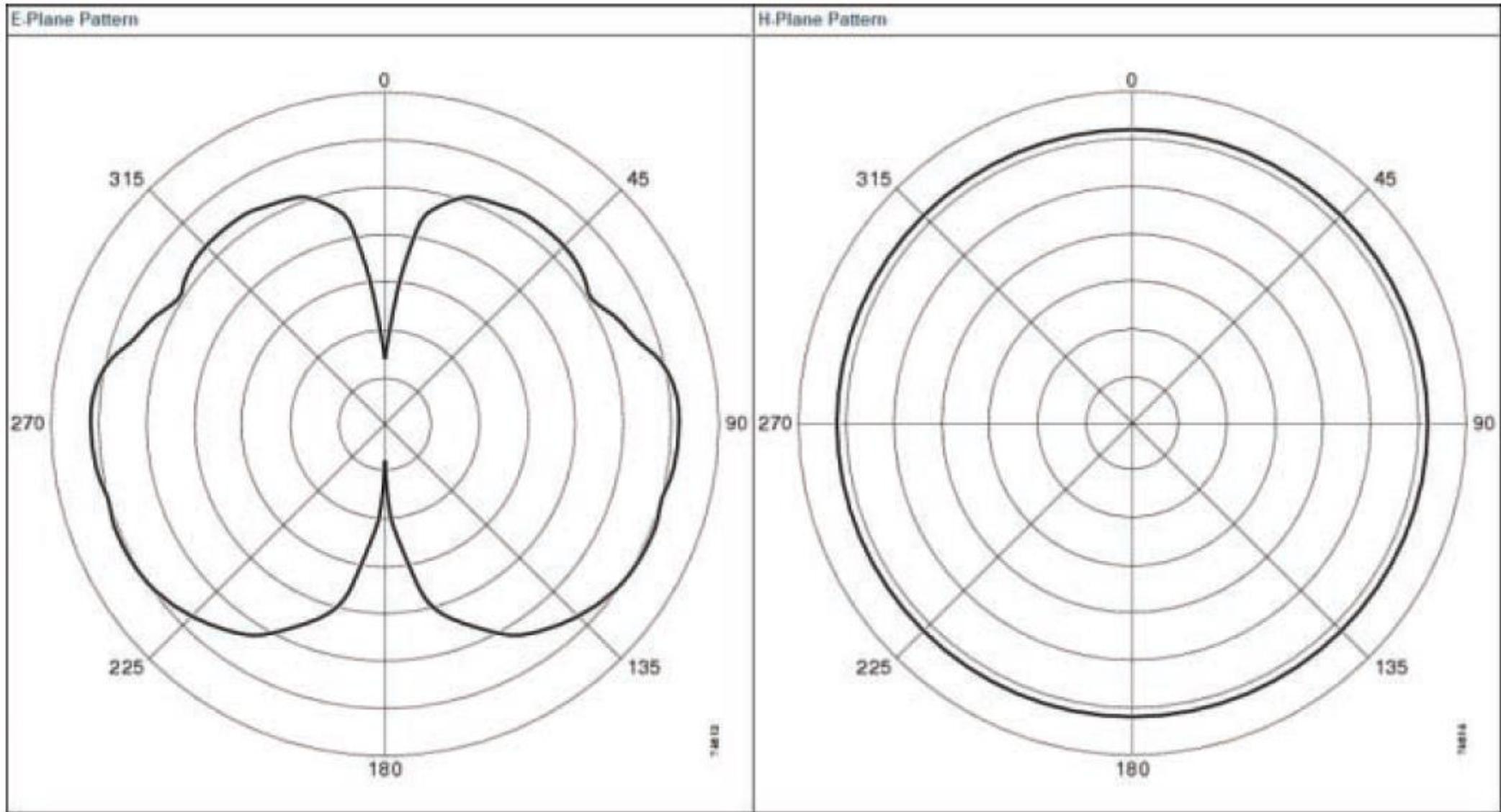
Ширина луча



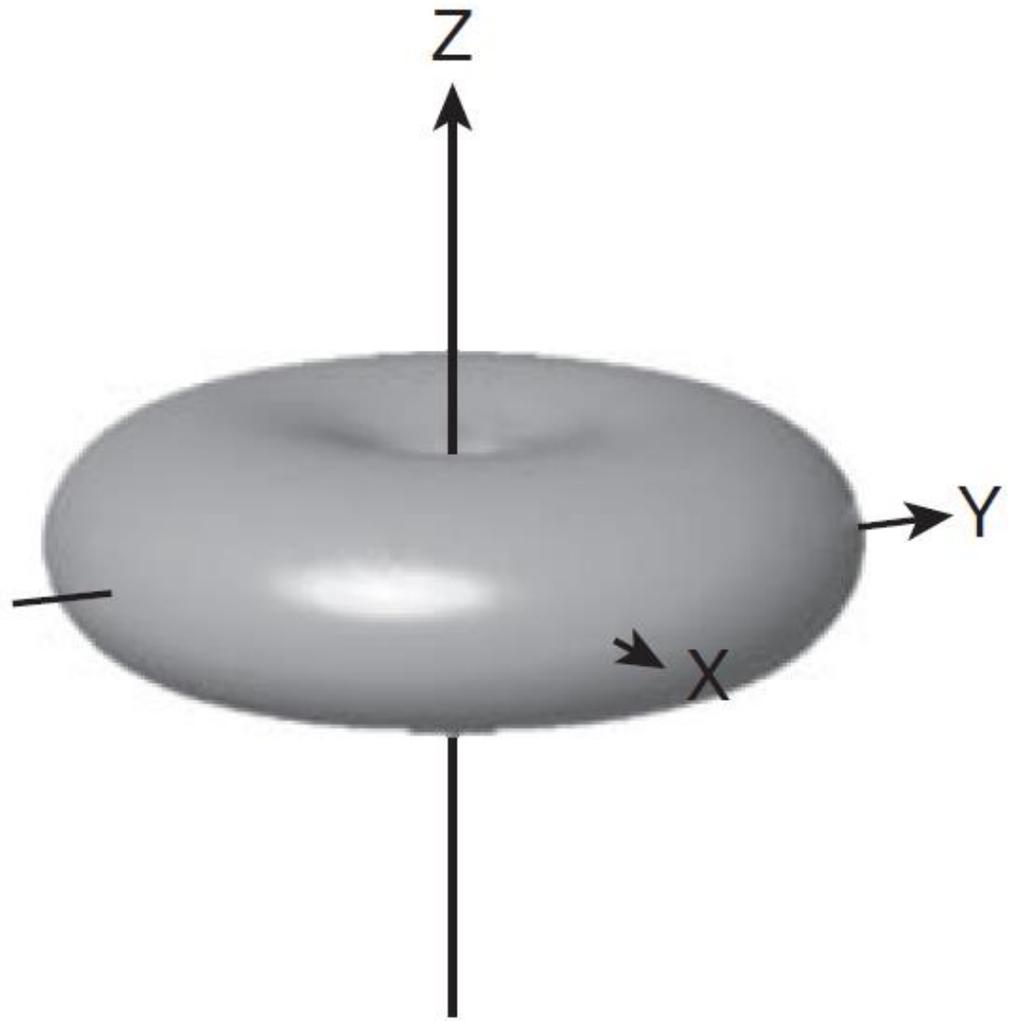
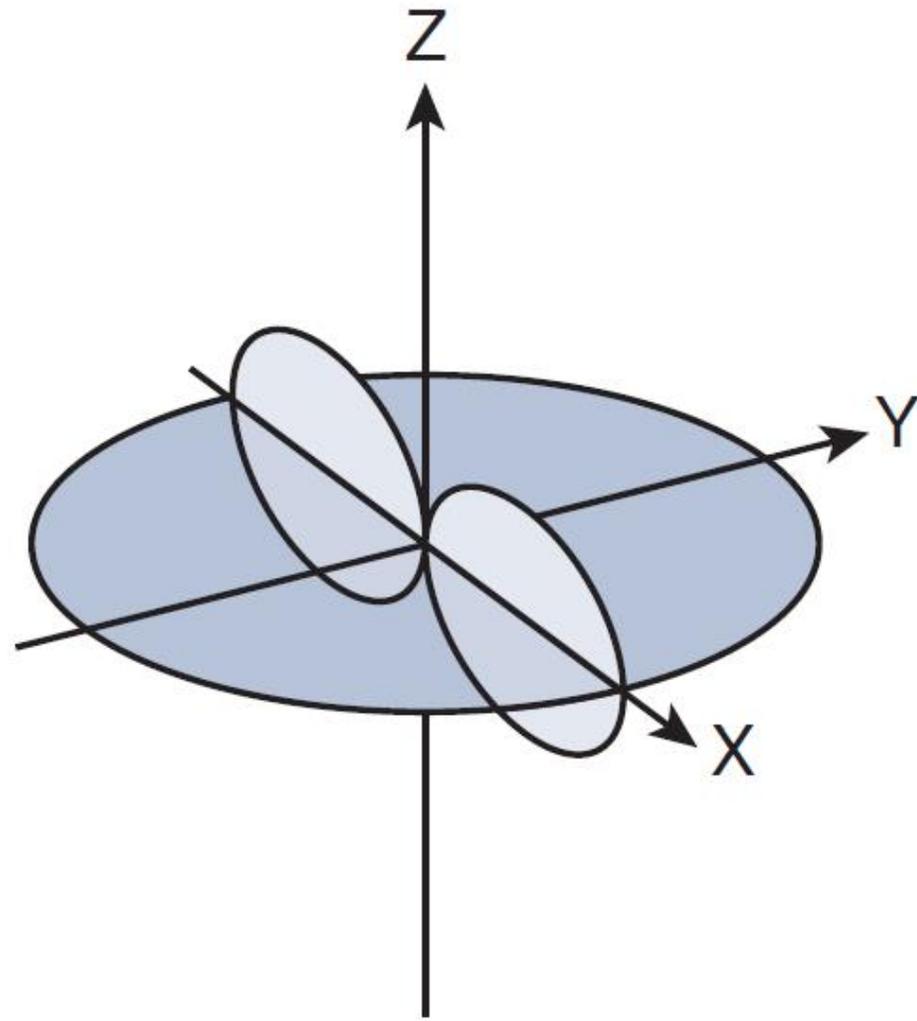
Dipole Antenna



Dipole Antenna



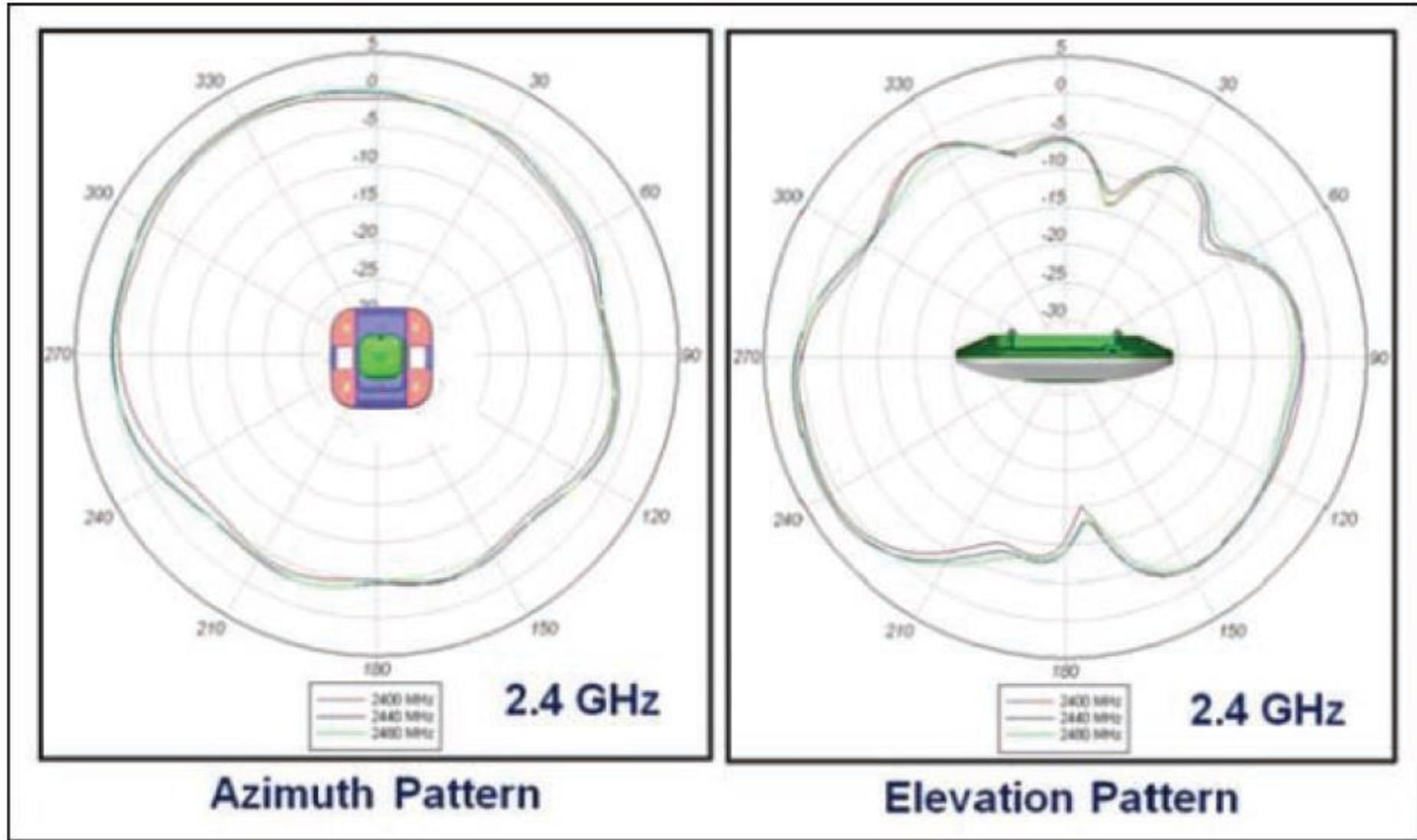
Dipole Antenna



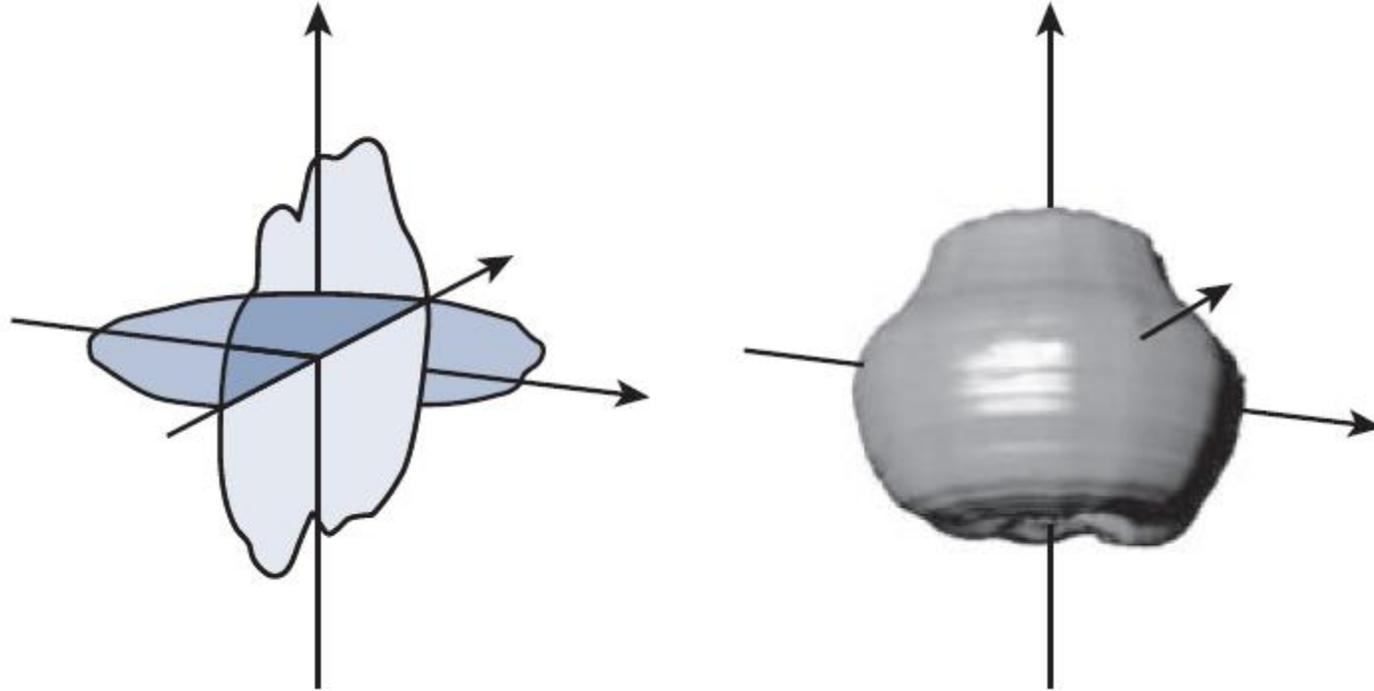
Omnidirectional Antenna



Omnidirectional Antenna



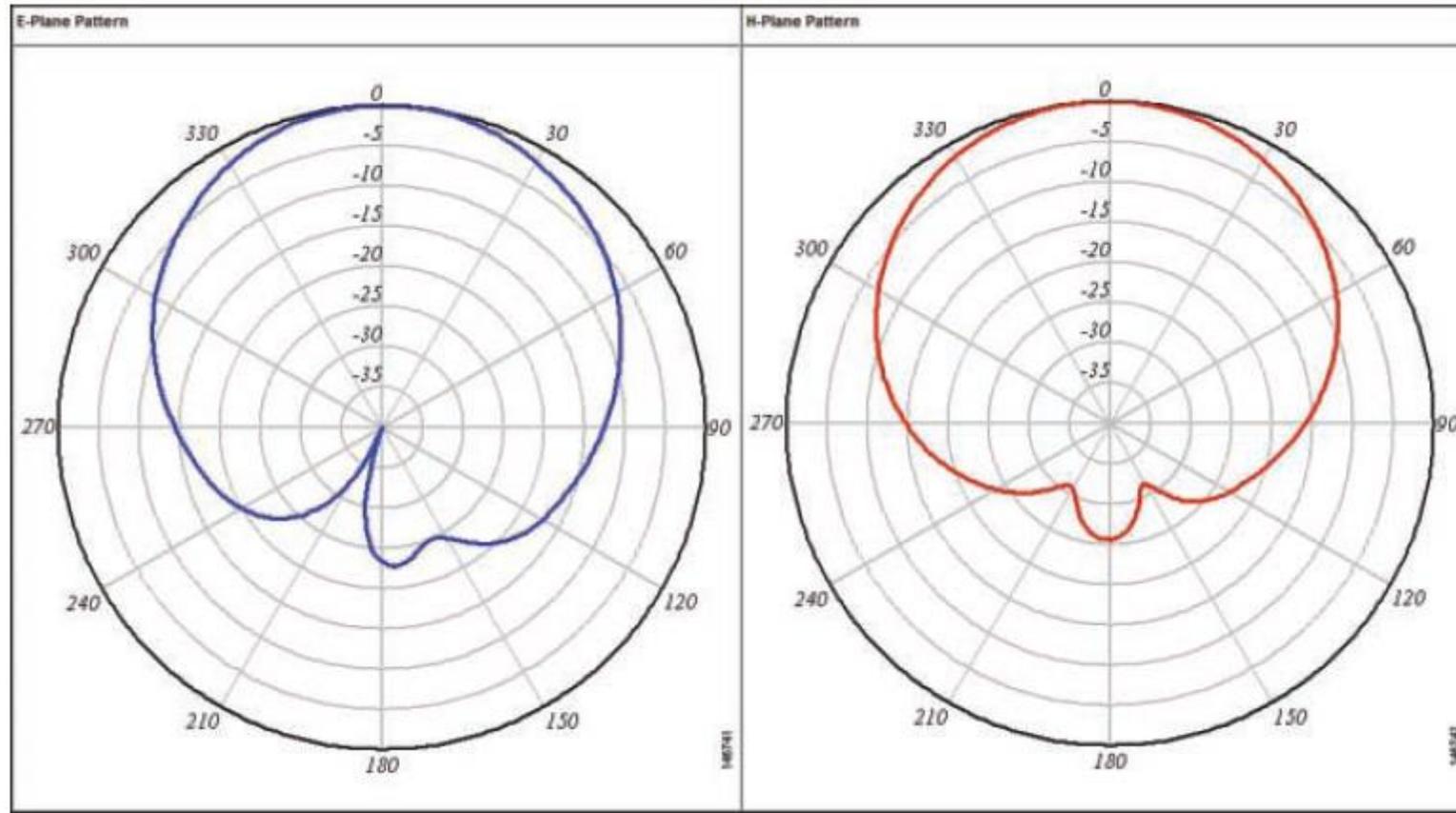
Omnidirectional Antenna



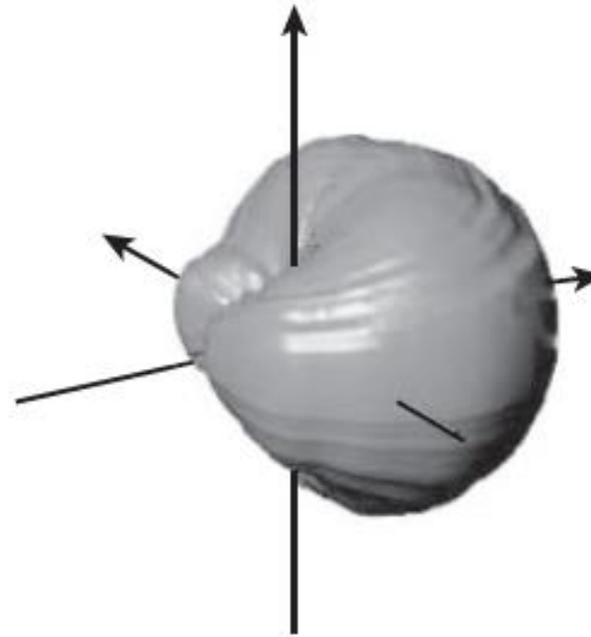
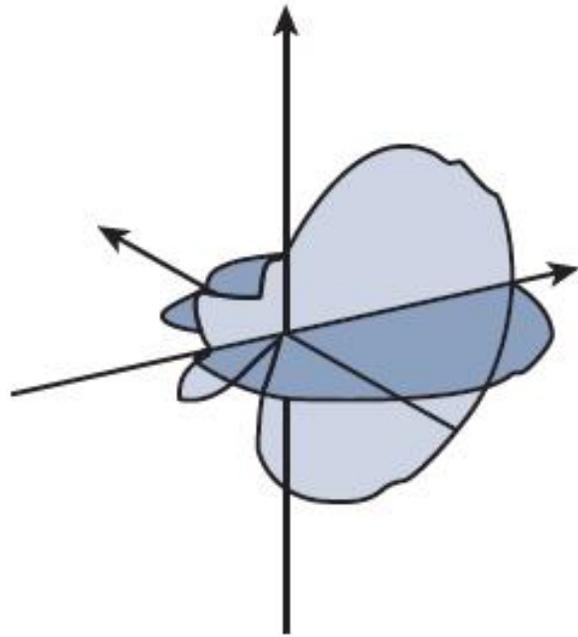
Directional Antenna



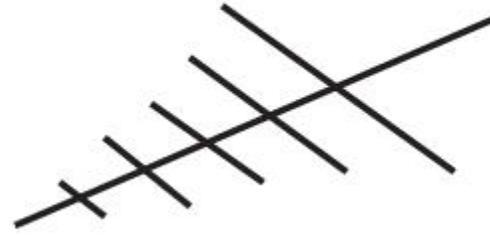
Directional Antenna



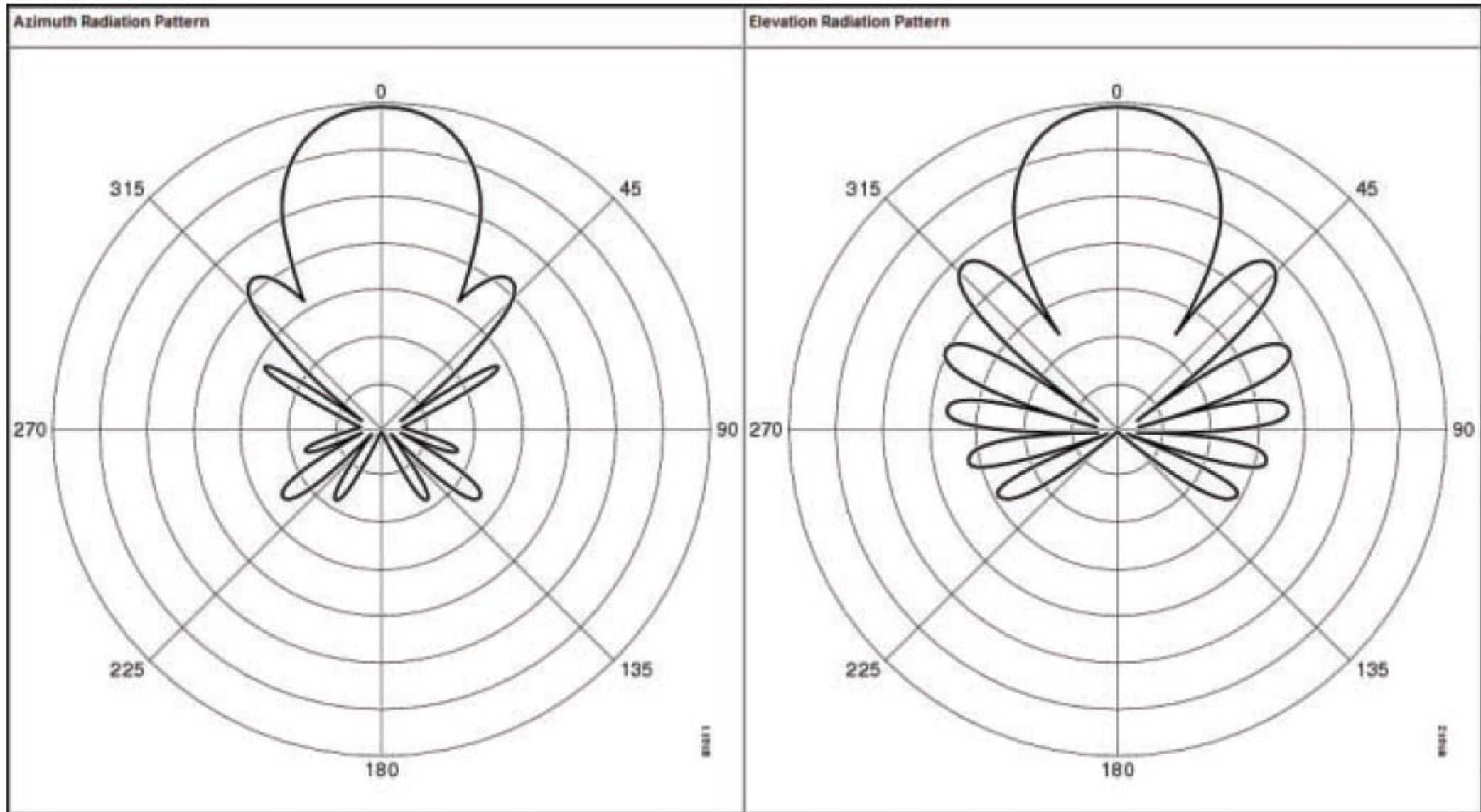
Directional Antenna



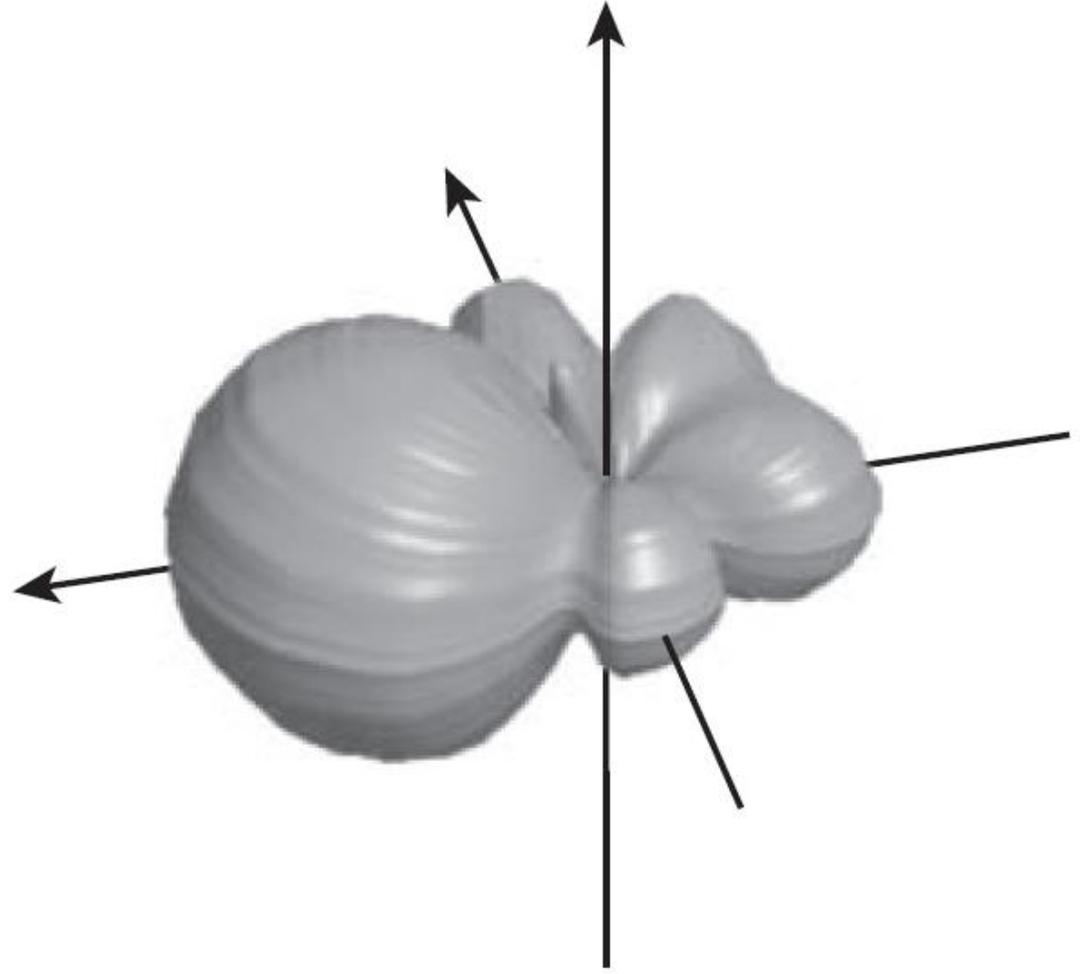
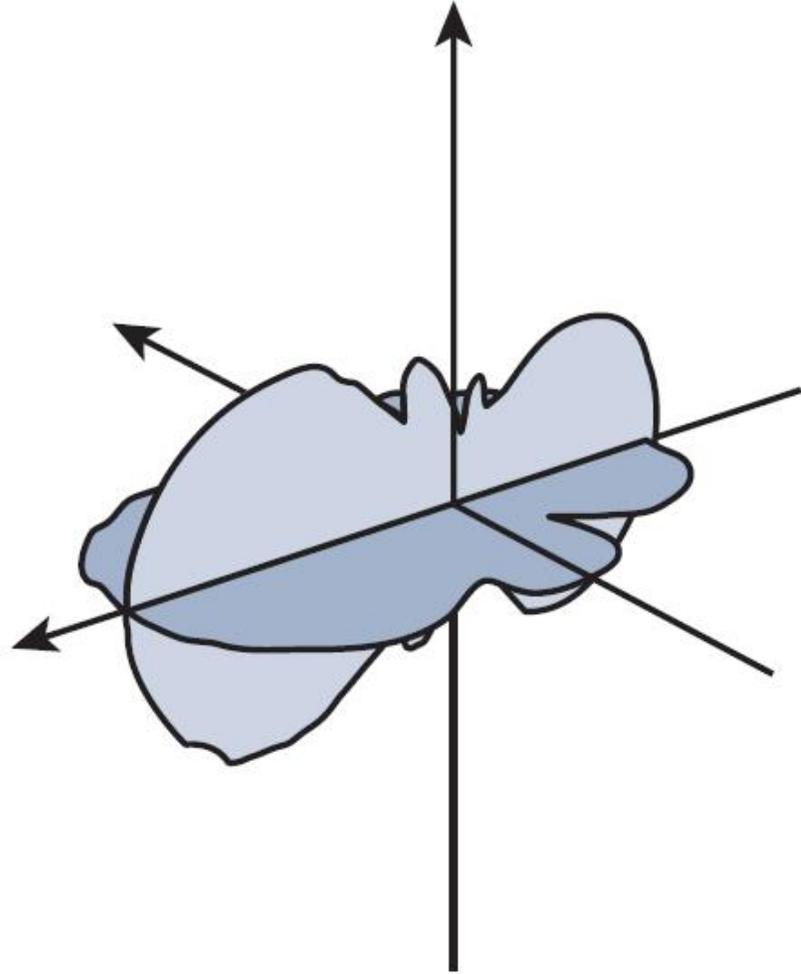
Yagi antenna



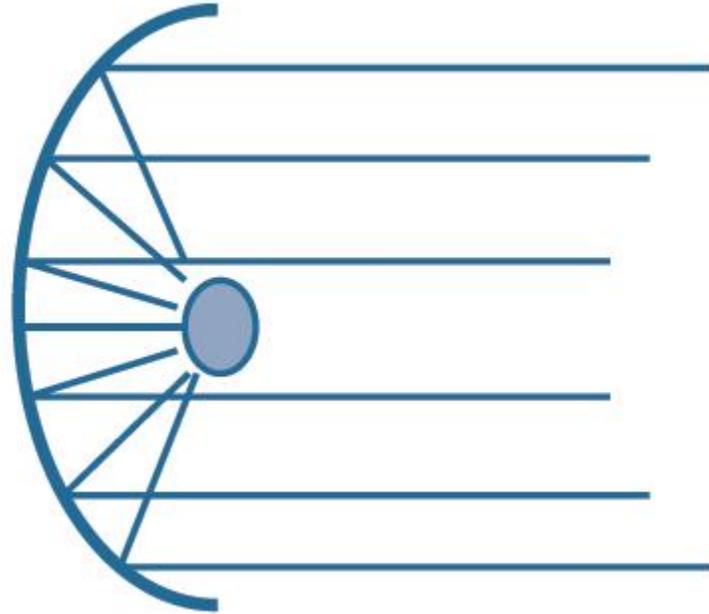
Yagi antenna



Yagi antenna

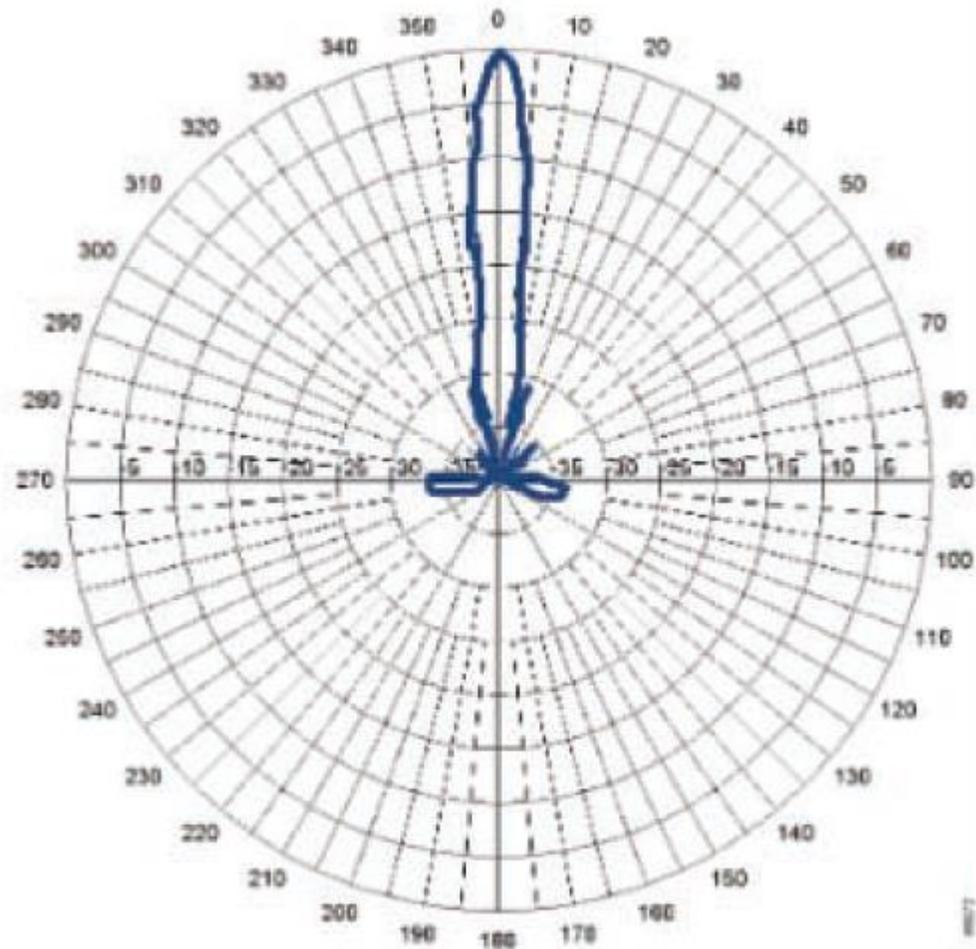


Parabolic Dish Antenna

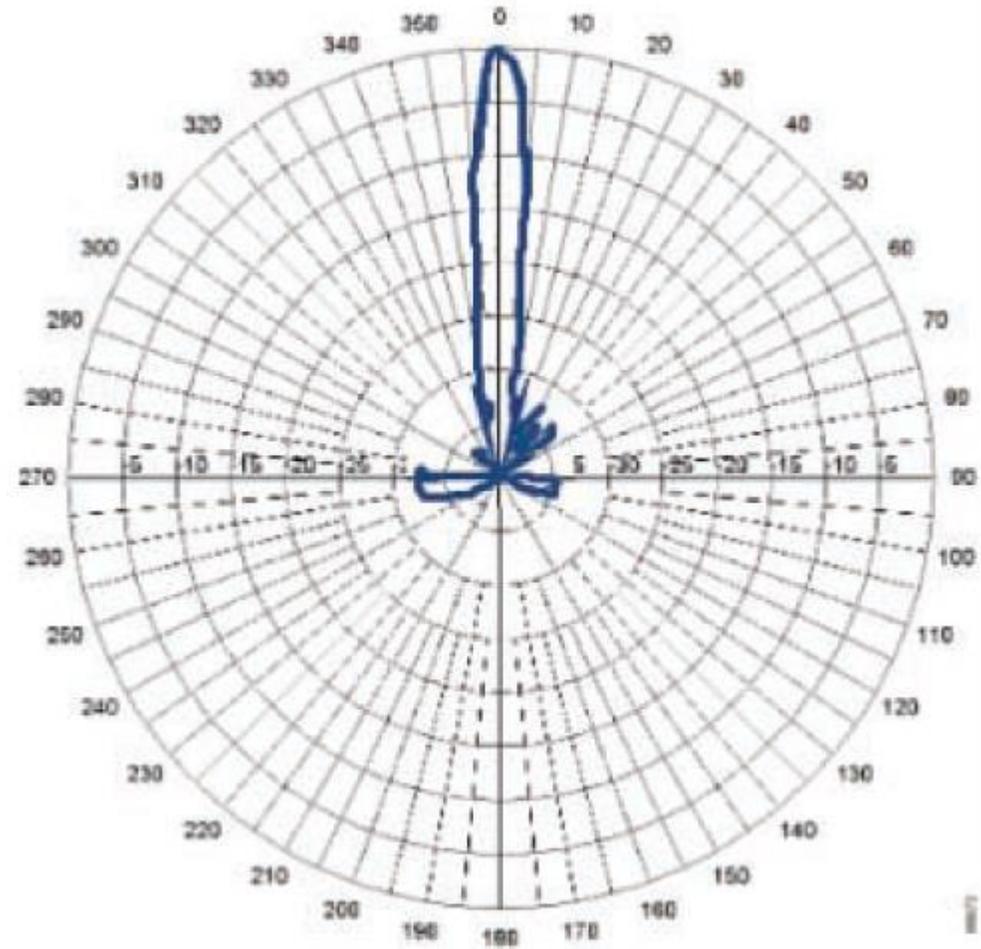


Parabolic Dish Antenna

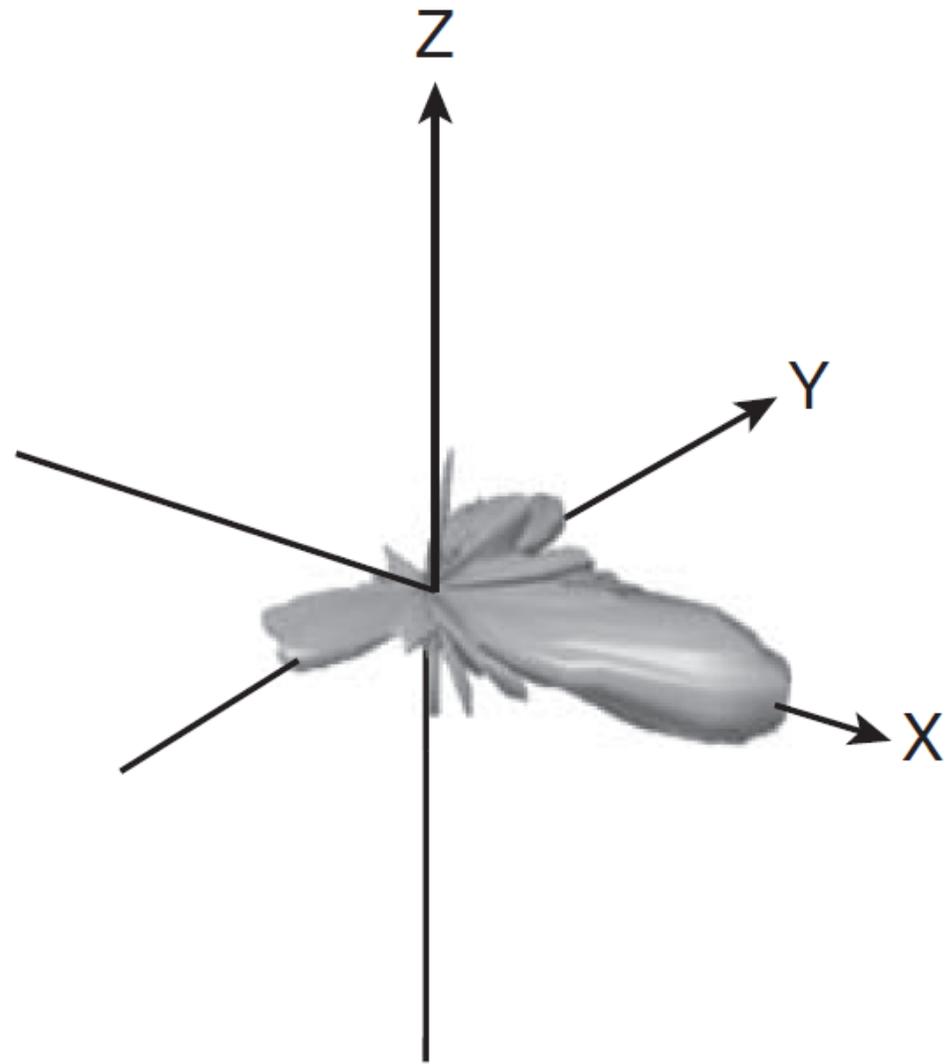
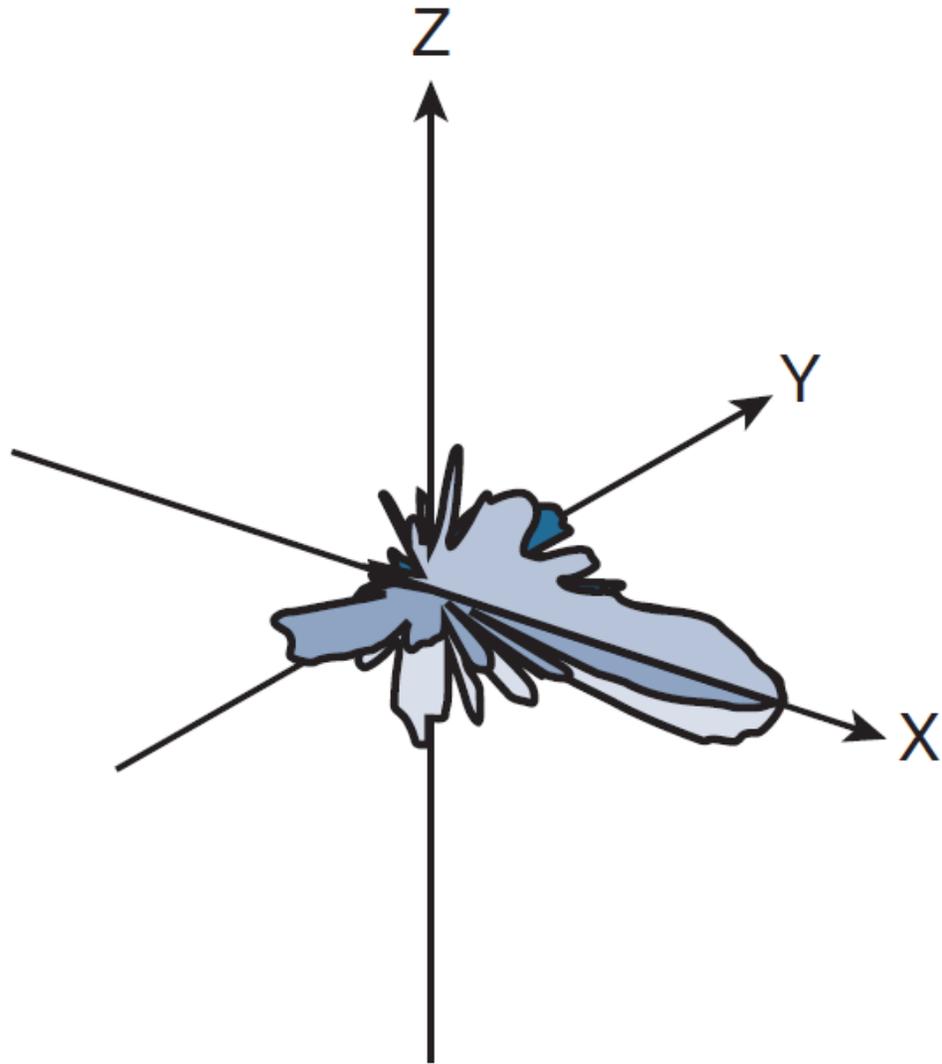
Azimuth Plane Pattern



Elevation Plane Pattern



Parabolic Dish Antenna



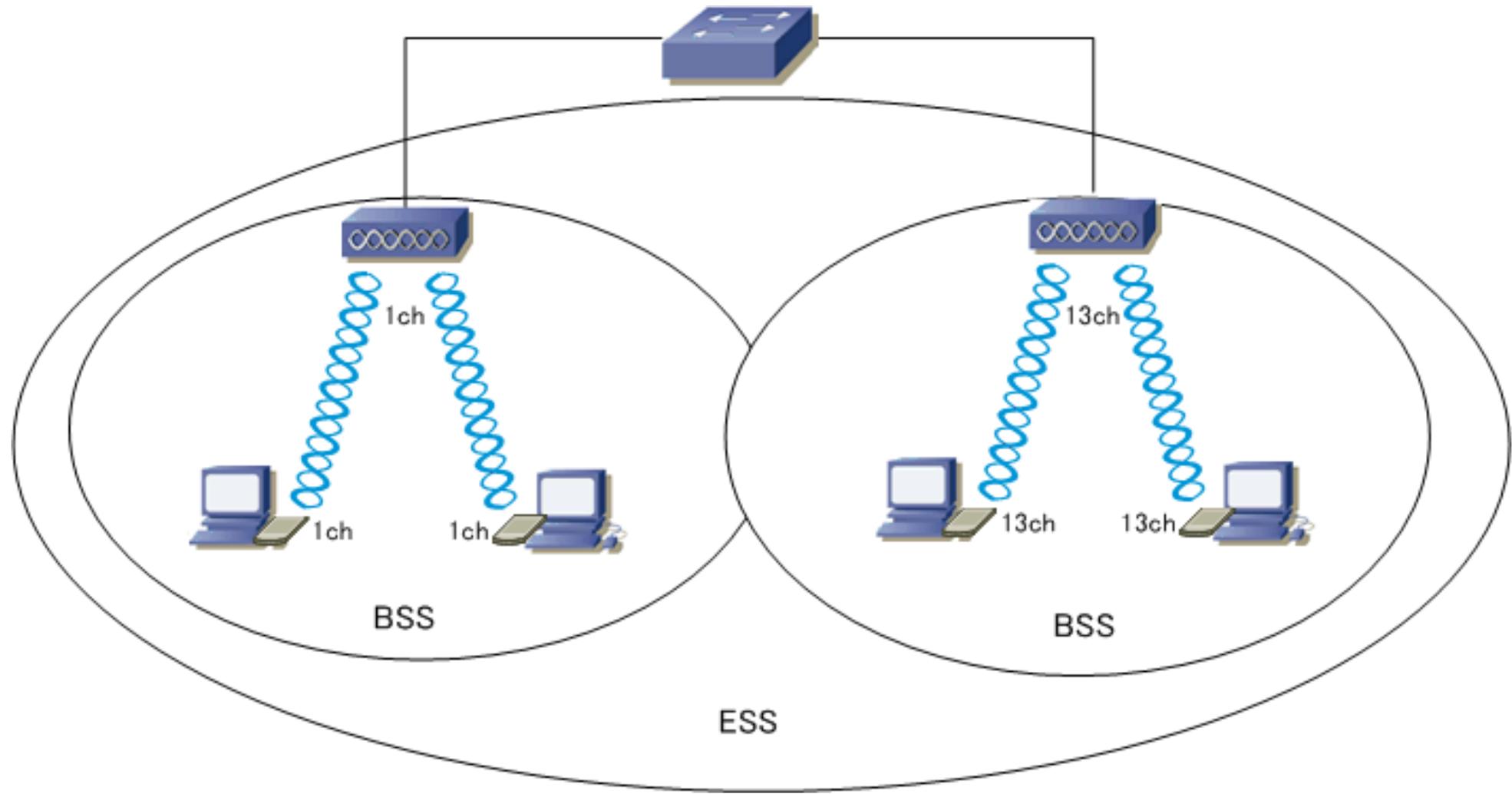
Summary of Antenna

Type	Style	Beamwidth		Gain (dBi)	
		H Plane	E Plane	2.4 GHz	5 GHz
Omnidirectional	Dipole	360°	65°	2.2	3.5
	Monopole	360°	50°	2.2	2.2
	Integrated	360°	150°	2	5
Directional	Patch	50°	50°	6–8	7–10
	Yagi	30°	25°	10–14	—
	Parabolic dish	5°	5°	20–30	20–30

Важные определения



ESS, BSSID, SSID



BSS

aa:bb:cc:11:22:33

BSSID

Basic Service Set
Identification

TEST-Network

SSID

Service Set
Identification

Roaming

802.11k

**Radio Resource
Management**

802.11r

**Fast Basic Service Set
Transition**

802.11v

**Wireless Network
Management**

Band steering

2,4 to 5

CSMA

CSMA/CA

**Carrier Sense Multiple
Access / Collision
Avoidance**

CSMA/CD

**Carrier Sense Multiple
Access / Collision
Detection**

Спасибо!