

Стандарт IEEE 802.11n

1. Режимы передачи
2. Технология MIMO

Методы повышения пропускной способности в стандарте 802.11n

На основе технологии OFDM:

- Сокращение числа защитных субканалов
- Уменьшение длительности защитного интервала
- Использование удвоенной ширины канала
- Применение технологии MIMO 2 x 2

Режимы передачи

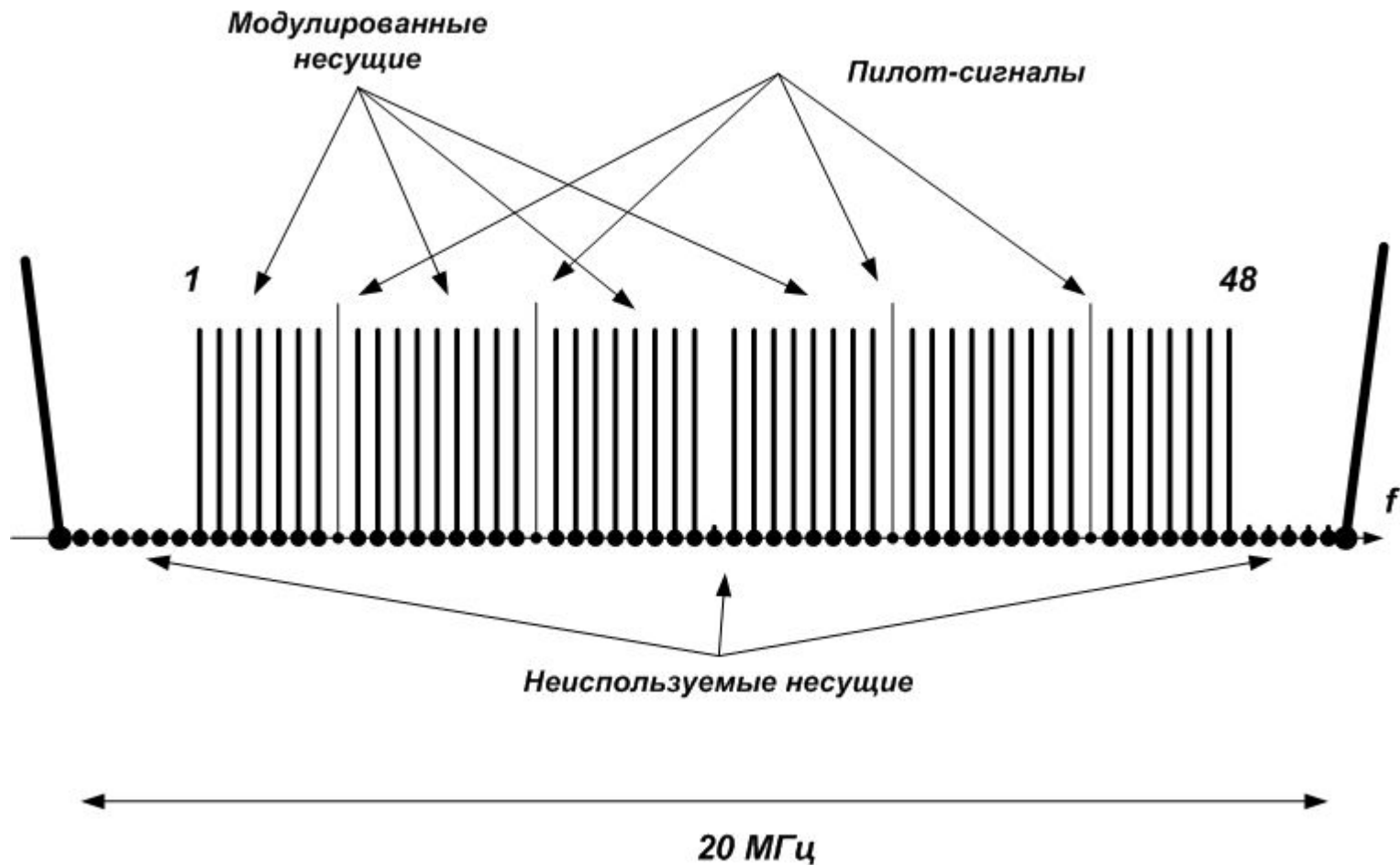
- стандартный режим передачи (L)
- режим с высокой пропускной способностью (High Throughput, HT)

В стандартном режиме передачи при ширине канала в 20 МГц используются 52 частотных OFDM-подканала (поднесущих частот), из которых 48 задействуется для передачи данных, а остальные — для передачи служебной информации (пилот-сигналов)

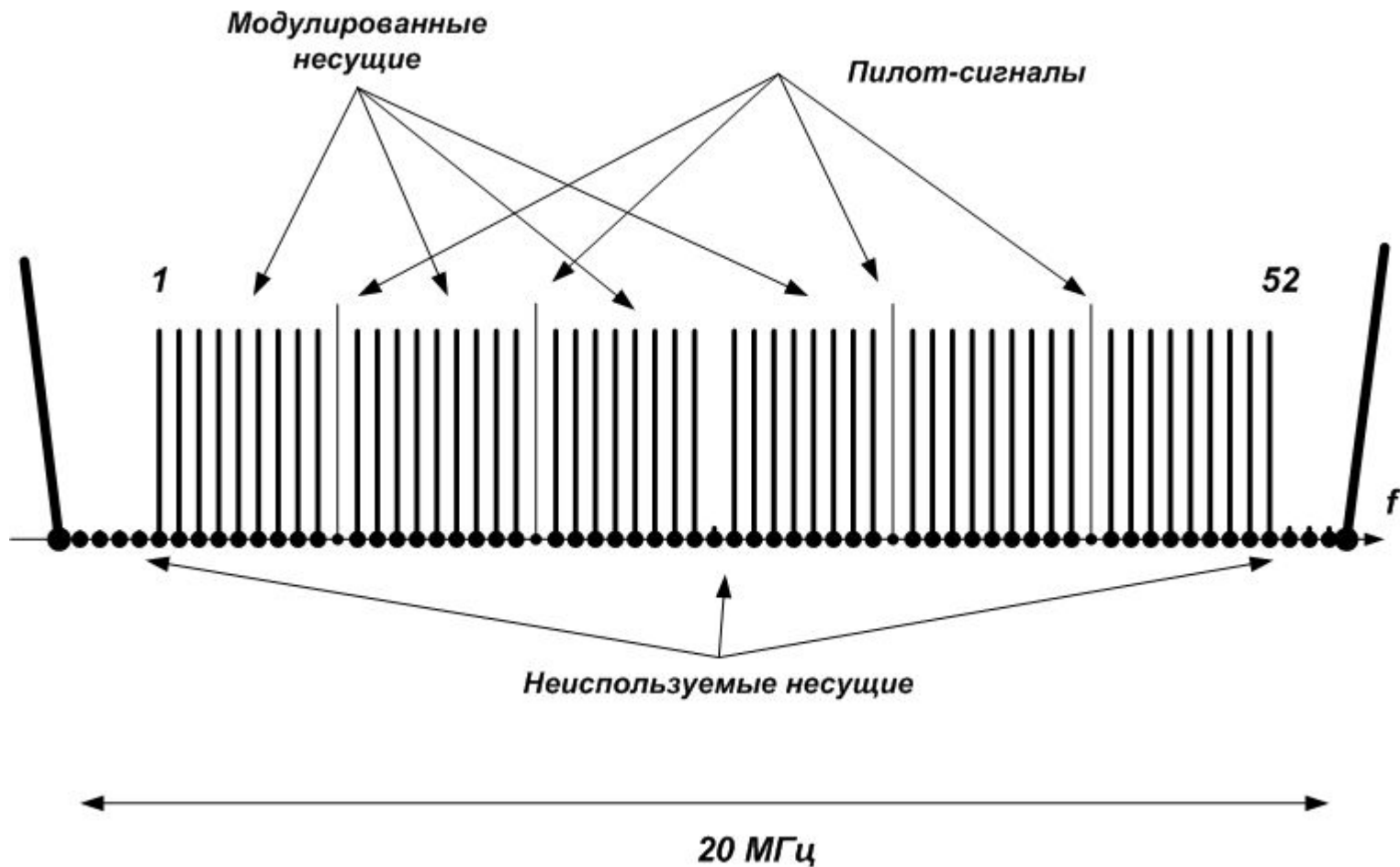
В режиме с повышенной пропускной способностью при ширине канала в 20 МГц применяются 56 частотных подканалов, из которых 52 задействуются для передачи данных, а четыре канала являются пилотными

Таким образом, при использовании канала шириной 20 МГц увеличение частотных подканалов с 48 до 52 позволяет повысить скорость передачи на 8%

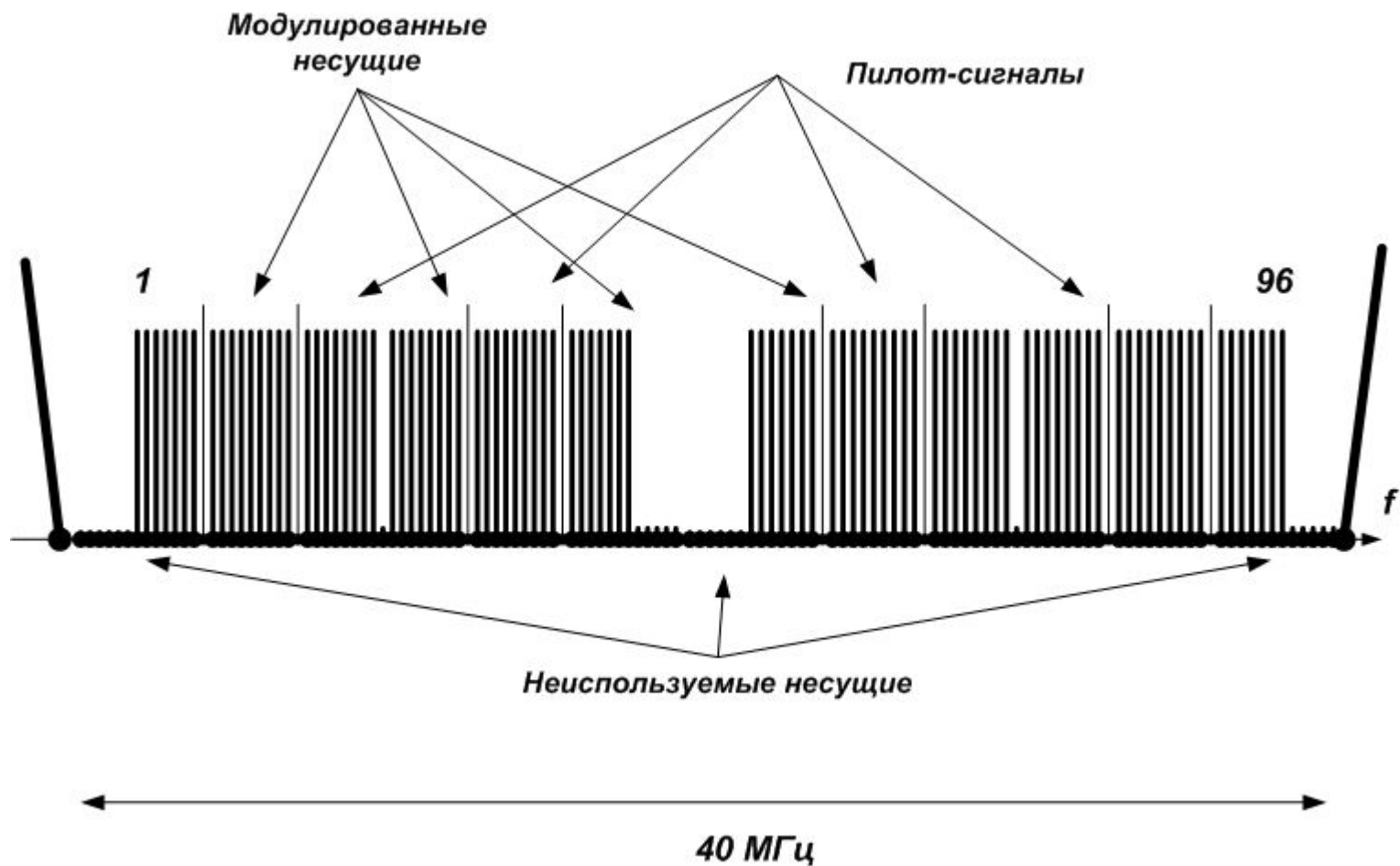
стандартный режим передачи (L) 802.11n



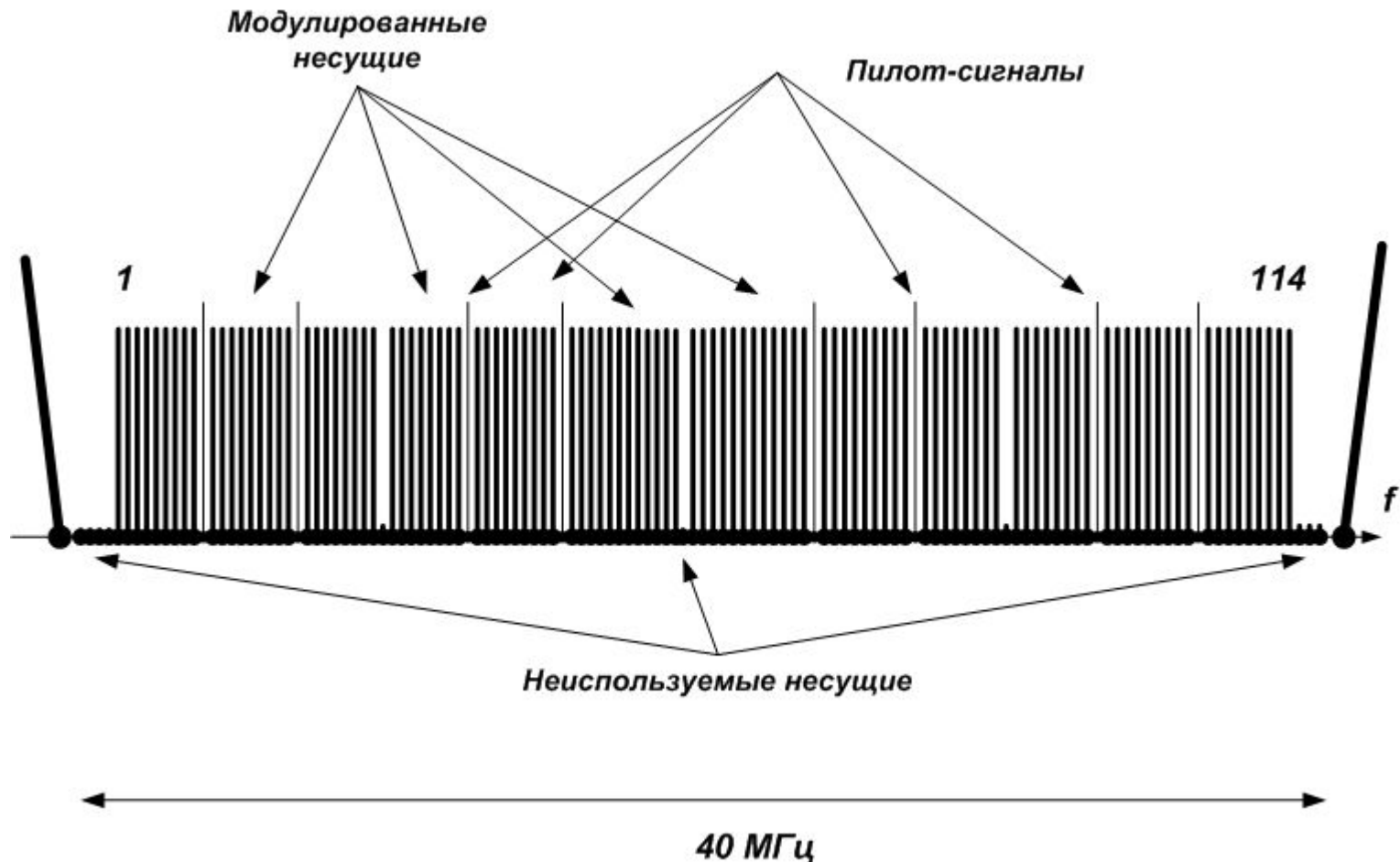
режим с высокой пропускной способностью (High Throughput, HT)



стандартный режим передачи (L) 802.11n при полосе 40 МГц



режим с высокой пропускной способностью (High Throughput, HT) при полосе 40 МГц



Соотношение между скоростями передачи, типом модуляции и скоростью сверточного кодирования в стандарте 802.11n

Модуляция	Бит на символ в субканале	Бит на символ OFDM	Скорость кода	Общее кол-во бит на символ OFDM	Скорость	
					GI=0,8 мс	GI=0,4 мс
BPSK	1	26	1 / 2	52	6,5	7,2
QPSK	2	52	1 / 2	104	13	14,4
QPSK	2	78	3 / 4	104	19,5	21,7
16-QAM	4	104	1 / 2	208	26	28,9
16-QAM	4	156	3 / 4	208	39	43,3
64-QAM	6	208	2 / 3	312	52	57,8
64-QAM	6	234	3 / 4	312	58,5	65
64-QAM	6	260	5 / 6	312	65	72,2

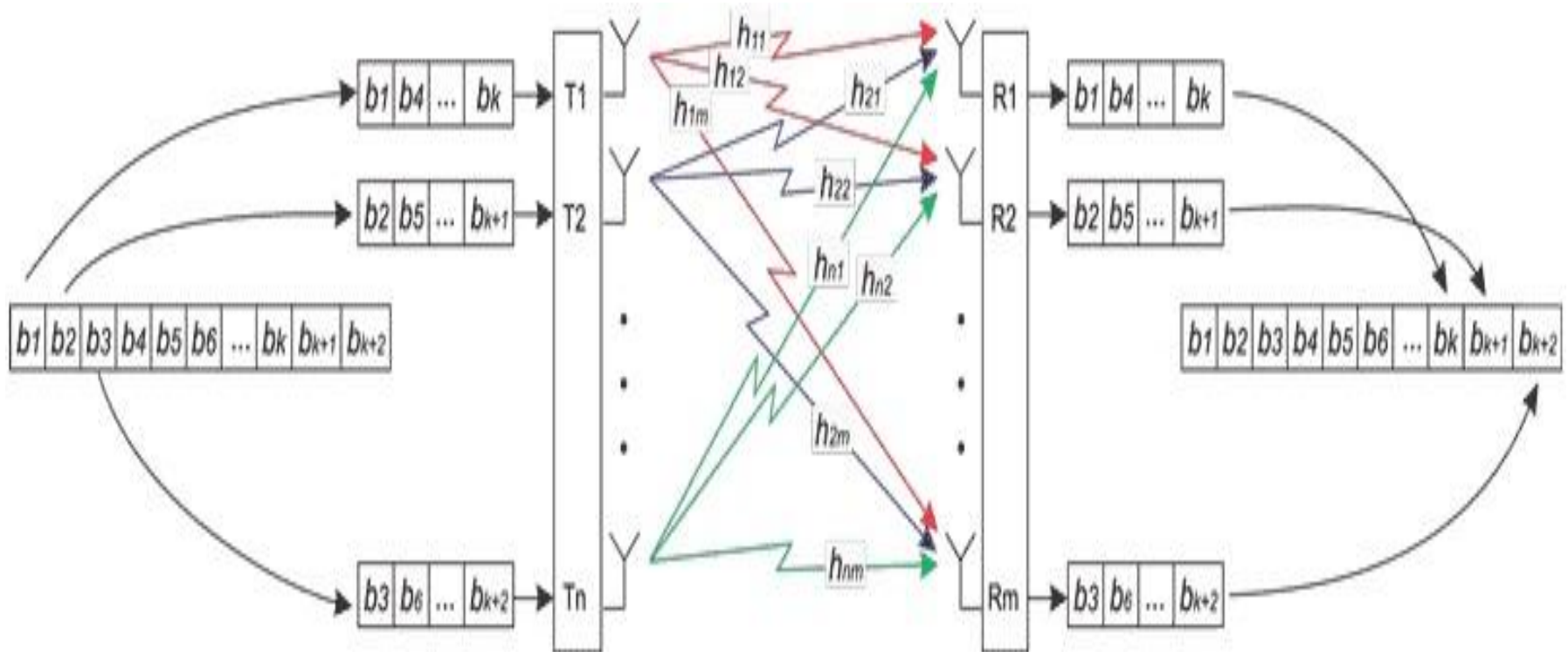
канал шириной 20 МГц, HT-режим (52 частотных подканала)

Технология MIMO

- системы с одной передающей и одной принимающей антенной, называются SISO (Single Input Single Output)
- технология MIMO (Multiple Input Multiple Output) предполагает применение нескольких передающих и принимающих антенн

Теоретически MIMO-система с n передающими и n принимающими антеннами способна обеспечить пиковую пропускную способность в n раз большую, чем системы SISO. Это достигается за счет того, что передатчик разбивает поток данных на независимые последовательности бит и пересылает их одновременно, используя массив антенн. Такая техника передачи называется пространственным мультиплексированием.

Технология МІМО



$$R_1 = h_{11}T_1 + h_{21}T_2 + \dots + h_{n1}T_n$$

Технология MIMO

$$\begin{cases} R_1 = h_{11}T_1 + h_{21}T_2 + \dots + h_{n1}T_n; \\ R_2 = h_{12}T_1 + h_{22}T_2 + \dots + h_{n2}T_n; \\ \dots \\ R_m = h_{1m}T_1 + h_{2m}T_2 + \dots + h_{nm}T_n. \end{cases}$$

$$[R] = [H] \cdot [T]$$

[H] — матрица переноса, описывающая MIMO-канал связи

$$[T] = [H]^{-1} \cdot [R]$$

$[H]^{-1}$ — матрица, обратная матрице переноса [H]

MIMO 2 x 2

канал шириной 20 МГц, НТ-режим (52 частотных подканала)

Модуляция	Бит на символ в субканале	Бит на символ OFDM	Скорость кода	Общее кол-во бит на символ OFDM	Скорость	
					GI=0,8 мс	GI=0,4 мс
BPSK	1	52	1 / 2	104	13	14,4
QPSK	2	104	1 / 2	208	26	28,8
QPSK	2	156	3 / 4	208	39	43,4
16-QAM	4	208	1 / 2	416	52	57,8
16-QAM	4	312	3 / 4	416	78	86,6
64-QAM	6	416	2 / 3	624	104	115,6
64-QAM	6	468	3 / 4	624	117	130
64-QAM	6	520	5 / 6	624	130	144,4

MIMO 2 x 2

канал шириной 40 МГц, NT-режим (114 частотных подканала)

Модуляция	Бит на символ в субканале	Бит на символ OFDM	Скорость кода	Общее кол-во бит на символ OFDM	Скорость	
					GI=0,8 мс	GI=0,4 мс
BPSK	1	104	1 / 2	208	26	28,8
QPSK	2	208	1 / 2	416	52	57,6
QPSK	2	312	3 / 4	416	78	86,8
16-QAM	4	416	1 / 2	832	104	115,6
16-QAM	4	624	3 / 4	832	156	173,2
64-QAM	6	832	2 / 3	1248	208	231,2
64-QAM	6	936	3 / 4	1248	234	260
64-QAM	6	1040	5 / 6	1248	260	288,8