

Практичне заняття №9

Навчальні матеріали

Ціль роботи:

Відношення потужності сигналу до потужності шуму на вході приймального тракту повинна відповідати використовуваному виду модуляції.

При цьому потужність сигналу на вході приймача системи повинна бути вище відповідного для того чи іншого типу модуляції порогового рівня чутливості..

Контрольні питання

1. Чим визначається рівень чутливості приймального тракту?

2. Яка суть відношення E_b/N_0 ?

Матеріал

Для получения требуемого уровня SNR мощность сигнала на входе приемника системы должна быть выше соответствующего для того или иного типа модуляции порогового уровня чувствительности.

Пороговый уровень чувствительности R_x приемника для систем OFDM для модуляции, например, 64QAM, определяется как:

$$R_{x \text{ 64QAM3/4}} = N_o + \text{SNR}_{\text{64QAM3/4}} + 10 \log (BW_{\text{ef}}) + N_f + \text{Implementation Loss, dBW}; (1)$$

где $\text{SNR}_{\text{64QAM 3/4}}$ требуемый уровень отношения SNR для модуляции 64QAM = 21 dB;

$N_o = 10 \log (kT_o) = -144 \text{ dB(W/MHz)}$ – Receiver Noise Floor спектральная плотность мощности теплового шума приемника, kT_o – закон равномерного распределения;

N_f – значение собственного (внутреннего) шума приемника (noise figure) равно -8 dB (IEEE 802.16e-2005). Ранее считалось, что $N_f = -6 \text{ dB}$, в также $N_f = -7 \text{ dB}$ по стандарту IEEE 802.16-2004.

Значение Implementation loss равно 5 dB. Эта величина отражает так называемые потери реализации, учитывающие неидеальность приемника, ошибки квантования, фазовый шум и др.

BW_{ef} – эффективная ширина спектра группового OFDM сигнала. Эта величина пропорциональна количеству используемых поднесущих в спектре группового сигнала. За счет наличия защитного интервала между поднесущими эффективная ширина спектра OFDM сигнала несколько больше ширины канала BW. Для канала шириной 10 МГц без subchannelisation (используются все поднесущие) $BW_{\text{ef}} = 11.52 \text{ МГц}$, $10 \log (BW_{\text{ef}}) = 10.61 \text{ dB}$.

Итак,

$$R_{x \text{ 64QAM3/4}} = -101 + \text{SNR}_{\text{64QAM3/4}} + 10 \log (BW_{\text{ef}}), \text{ dBm}; (2)$$

Для других типов модуляции пороговый уровень чувствительности определяется аналогично.

Тем самым требуемый для поддержки модуляции 64QAM . пороговый уровень чувствительности системы WiMAX фиксированного доступа стандарта IEEE 802.16e-2005 при implementation loss 5 dB с шириной канала 10 МГц составляет 69.4 dBm, при $SNR_{64QAM3/4} = 21$ dB. Например, для мобильного WiMAX по стандарту IEEE 802.16e – 2005 требуемое отношение $SNR_{64QAM3/4} = 20$ dB и, соответственно, $R_{x\ 64QAM3/4} = -70.4$ dBm. По стандарту IEEE 802.16 – 2004 эта величина ранее составляла 68 dBm и $SNR_{64QAM3/4} = 24.4$ dB. Отметим, что приведенные выше значения чувствительности справедливы для приемника WiMAX, не использующего технологию разнесенного приема MIMO. Таким образом, для поддержки некоторой модуляции уровень OFDM сигнала на входе приемника Receive Strength Signal Level (RSSL) в полосе пропускания канала BW должен превышать соответствующий этой модуляции уровень чувствительности, что равносильно тому, что входной сигнал на величину SNR отношения сигнал/шум превышает уровень теплового шума с учетом внутреннего шума приемника и потерь реализации.

Таким образом, для поддержки модуляции 64QAM. уровень OFDM сигнала на входе приемника Receive Strength Signal Level (RSSL) должен быть для систем WiMAX согласно стандарту IEEE 802.16e-2005 не ниже уровня чувствительности -69.4 dB ($SNR_{64QAM3/4} = 21$ dB) в полосе ширины канала BW=10 МГц.

Реальные системы WiMAX обычно имеют более высокий по сравнению с требованиями стандарта уровень чувствительности, поскольку значение потерь реализации implementation loss 5 dB и уровень внутренних шумов приемника -8 в стандарте несколько завышено. Например, чувствительность WiMAX базовой станции UNIDATA MAXBridge BS 50 фиксированного доступа стандарта IEEE 802.16-2004 в диапазоне частот 5 ГГц в канале шириной 10 МГц для 64QAM . составляет -74 dBm (при $SNR_{64QAM3/4} = 21$ dBm ($N_f = -6$ dB, потери реализации 4 dB). Чувствительность абонентского терминала UNIDATA MAXBridge CPE 5 GHz (стандарт IEEE 802.16-2004) составляет -70.5 dBm.

В принципе, система может поддерживать модуляцию 64QAM и при значительно (на несколько dB) более низких значениях сигнала, но при этом уровень битовой ошибки будет хуже значения $BER = 10e^{-6}$.