

4g rádiós interfész mérése 1.

1. Mit jelentenek az EVM, a fázishiba, a MER és RHO paraméterek? (Képlet, a képletben szereplő paraméterek, változók azonosítása)

- EVM – Error vector magnitude – hibavektor abszolút érték
 - az N darab hibavektor négyzetes középértékének és a konstelláció legnagyobb amplitúdójú pontjának a hányadosa. Azt fejezi ki, hogy az eredő hibajel-energia hányad része a legnagyobb amplitúdójú szimbólum energiájának.

$$EVM = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[(I_j - \tilde{I}_j)^2 + (Q_j - \tilde{Q}_j)^2 \right]}}{|v_{max}|}$$

- $|v_{max}|$ - a legnagyobb szimbólumhoz tartozó vektor hossza
- I_j - a vett szimbólum in-phase komponense
- Q_j - a vett szimbólum kvadratúra komponense
- \tilde{I}_j - az ideális jel in-phase komponense
- \tilde{Q}_j - az ideális jel kvadratúra komponense
- Fázishiba – A bejövő jel fázisa eltér az ideálistól

$$\theta_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_i^2}$$
 - Fázishibák négyzetes átlaga
 - θ_i – egy fázishiba
- MER – modulation error ratio – modulációs hiba-arány
 - a digitálisan modulált jel jel-zaj viszonyának (SNR, Signal to Noise Ratio) egy mérési módja.

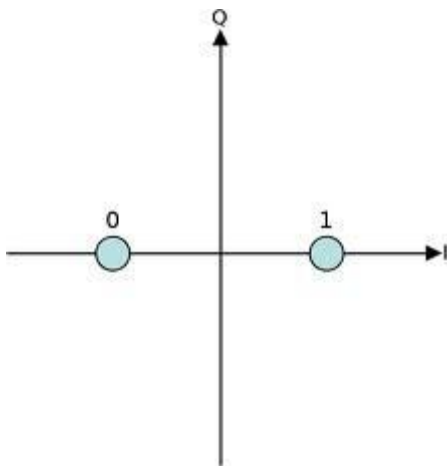
$$MER = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{I}_j^2 + \tilde{Q}_j^2)}{\sum_{j=1}^N \left[(I_j - \tilde{I}_j)^2 + (Q_j - \tilde{Q}_j)^2 \right]}$$

- I_j - a vett szimbólum in-phase komponense
- Q_j - a vett szimbólum kvadratúra komponense
- \tilde{I}_j - az ideális jel in-phase komponense
- \tilde{Q}_j - az ideális jel kvadratúra komponense

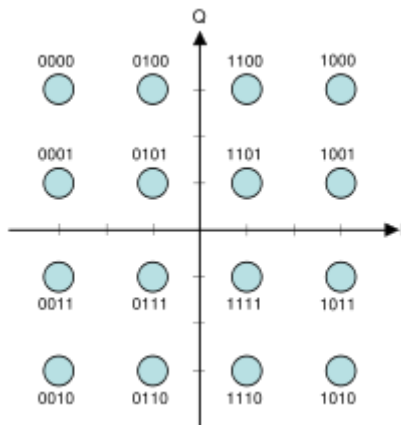
- ρ – moduláció minőségének mértéke.
 - Kiszámításához a vevőben visszaállított jelalak és az ideális jelalak közötti korrelációt kell meghatározni
 - A ρ 0 és 1 közötti értékeket vehet fel a korrelálatlan és a teljesen korrelált eseteknek megfelelően.

2. Rajzolja fel egy BPSK, egy 16-QAM modulációs konstellációs diagrammját!

- BPSK



- 16-QAM



3. Mit nevezünk szimbólumnak egy moduláció során? Mit jelent a szimbólumidő? Hány bitet tudunk átvinni egy szimbólumon belül adott konstellációs méret (pontok száma) esetén?

- Szimbólum – elemi jel, melyet a moduláció képez a forrás-szimbólumból.
- Szimbólumidő – szimbólumhoz tartozó idő.
- $\text{bitek száma} = \log_2(\text{pontok száma})$

4. Hogyan számítjuk ki egy M-QAM moduláció átlagos bitenergiáját az átlagteljesítményből?

$$P_j = \frac{\bar{E}_s}{T_s} = \frac{\log_2 M \cdot \bar{E}_b}{T_s}$$

P – modulált jel átlagteljesítménye

E_s – modulált jel átlagos szimbólumenergiája

E_b – modulált jel átlagos bitenergiája

T_s – szimbólumidő

$$\bar{E}_b = \frac{T_s \cdot P_j}{\log_2 M}$$

5. Hogyan adunk becslést egy átviteli rendszer (fizikai) maximális bitsebességére, ha ismerjük a szimbólumidőt, illetve a moduláció típusát (a konstelláció méretét)?

Egyvívős rendszerben:

$$R = W_{ch} \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_r}{N_0 \cdot W_{ch}} \right)$$

P_r / N_0 – jel-zaj viszony

W_{ch} – csatorna sávszélessége

Kedvező SNR mellett a fizikai sebesség becsülhető a moduláció maximális szintjével.

$$R = W_{ch} \log_2 M = \frac{1}{T_s} \log_2 M$$

6. Mit jelent a dBm? Írja fel a dBm és Watt közötti átváltás képletét mindkét irányba!

- dBm – decibel miliwatt
- $[dBm] = 10 \log([W]) + 30$
- $[W] = 10^{\frac{[dBm]-30}{10}}$

7. Hogyan számítjuk ki egy jel teljesítményét dBm-ben megadott spektrális teljesítménysűrűség értékének felhasználásával adott RBW beállítás mellett?

- BW_{signal} – jel sávszélessége
- RBW – Resolution Bandwidth – teljes felbontási sávszélesség
- G – spektrális energiasűrűség (dBm)
- Feltételezés: a jel spektruma négyzög, teljesítménysűrűsége a sávszélességén állandó
- $P_{dBm} = G + 10 \log \left(\frac{BW_{signal}}{RBW} \right)$

8. Milyen hatások okozzák elsősorban a fadinget?

- Többutas terjedés
- Rádiós csatornában véletlenszerűen mozgó tárgyak okozta reflexió