

## ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА КОДИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ ЗА ОБМЕН НА ДАННИ

Тодорка Георгиева

**Abstract:** This paper discusses the problem of efficiency in coding. In coding and modulation efficiency varies, leading to a change of noise immunity. For different systems this dependence is different. The aim is to establish the optimum ratio at which quality indicator  $Q$  will be the highest.

**Key words:** efficiency, coding, noise, parameters

### Въведение

Параметрите, характеризиращи една система за обмен на информация, можем да разделим в две основни групи. В първата се включват информационните параметри шумоустойчивост и скорост на предаване. Към втората спадат технико-икономическите параметри на апаратурата: габарити и тегло, цена, време на експлоатация и надеждност (разглеждана като средно време на безотказна работа). Информационните параметри определят количеството и качеството на осъществяваните услуги, а технико-икономическите – “цената” (в широк смисъл) на тези услуги.

В съответствие с тази класификация, системите за връзка можем да сравняваме по две обобщени характеристики: качествен показател (фактор)  $Q$ , характеризиращ информационните свойства на системата и икономическа ефективност  $D$ , определяща технико-икономическите параметри.

Информационните свойства на произволна система за обмен на информация, както вече беше споменато, се отнасят за количеството и качеството на предаваната информация за даден промеждутък от време. Поради тази причина естествена характеристика на информационните свойства се явява количеството предадена информация, умножено по някакъв коефициент на качеството. Величината, определяща този коефициент, се явява шумоустойчивостта (достоверността), а количеството предадена информация – скоростта на предаване на системата. Удобно е тези величини да бъдат изчислявани в относителни единици. Тогава качественият

показател  $Q$  ще се определи като произведение на относителната шумоустойчивост  $g$  и относителната скорост на предаване  $\eta$  за определен интервал от време, отнесени към фиксирани стойности на тези величини.

$$g = G/G_0; \eta = N/N_0; \text{ или } Q = g \cdot \eta \quad (1.1)$$

Най-общо изрази за относителната шумоустойчивост при предаване на произволно съобщение се явява информационната оценка  $g$ :

където  $J_{вх} = T \cdot R_{вх}$  е количеството информация, постъпващо от източника на входа на канала ( $T$  – време за предаване;  $R_{вх}$  – скорост);

$J_{изх} = T \cdot R_{изх}$  – количество приета информация на изхода на канала, а за относителната скорост на предаване – коефициента на използване на пропускателната способност на канала

$$Q = g \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = g \cdot (1 - \alpha_1) \cdot (1 - \alpha_2) = g \cdot (1 - \alpha) \quad (1.2)$$

Най-добрата в информационно отношение система ще бъде тази с най-голям качествен показател  $Q$ .

При кодиране и модулация, ефективността се мени, което води до изменение на шумоустойчивостта. За различните системи тази зависимост е различна. Нужно е да бъде установено оптимално съотношение, при което качествения показател  $Q$  ще бъде най-голям.

**Методика**

За оценка на ефективността на една система за обмен на данни, необходимо е да бъдат въведени системни коефициенти, характеризиращи основните параметри на канала за връзка. Такива коефициенти се явяват:

1. коефициент на използване мощността на сигнала ( $\beta$ -ефективност):

$$\beta = \frac{R}{P/\sigma} = \frac{R}{S.F} = \frac{R.B}{F.S_m} \quad (1.3)$$

2. коефициент на използване на честотната лента на канала ( $\gamma$ -ефективност):

$$\gamma = \frac{R}{F} \quad (1.4)$$

$\sigma^2$  - интензивност на шумовете на входа на приемника / мощност на шума в честотната лента 1Hz /;

R – скорост на предаване на информацията [ bit/s ];

P – мощност на сигнала на входа на приемника;

F – честотна лента на приемника;

S – отношение сигнал/шум на входа на приемника ( $S=P / N$ );

$S_m$  - отношение на средната мощност на сигнала и шума на изхода на приемника

(  $S_m= P_m / N_m$  );

B – критерий за шумозащитеността на системата ( $B= S_m / S$ );

За оценка на ефективността се използват и коефициентите  $\beta^I = 1/\beta$  и  $\gamma^I = 1/\gamma$ .

Коефициентът  $\beta$  се явява важна характеристика на системите за връзка, в които по една или друга причина мощността на предавания сигнал е силно ограничена. В тези случаи е целесъобразно да се използва не средната, а пиковата мощност на сигнала за определяне на ефективността на системата – “пикова  $\beta$ -ефективност”.

$$\beta_{\text{пик}} = R \cdot \sigma^2 / P_{\text{пик}} \quad (1.5)$$

където  $P_{\text{пик}}$  е пиковата мощност на сигнала.

В други случаи най-важната характеристика се явява  $\gamma$ -ефективността. Горната граница за  $\beta$  може да бъде определена от формулата на Шенон за пропускателната способност на канал с адитивни шумове от вида нормален (бял) шум:

$$C = F \cdot \log (P / N + 1) \quad (1.6)$$

$$\text{Тогава } R \leq C = F \cdot \log (P / \sigma^2 \cdot F + 1)$$

Коефициентът на използване на пропускателната способност на канала за връзка ( $\eta$ -ефективност) се дава с израза:

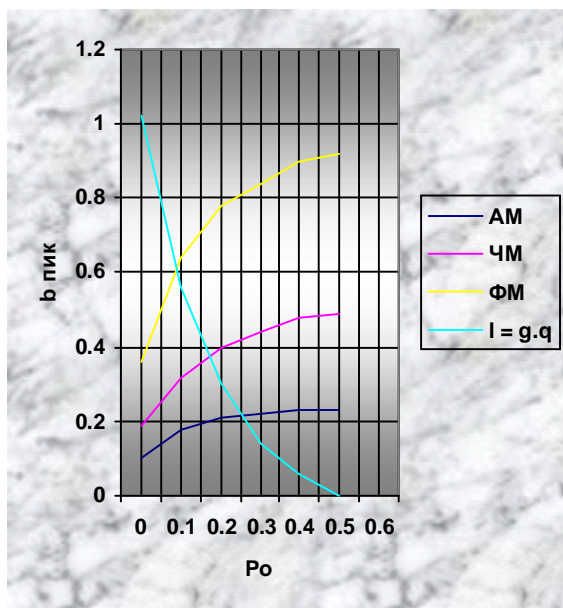
$$\eta = \frac{R}{C} \quad (1.7)$$

където C е пропускателната способност на канала.

$\eta$ -ефективността показва колко близо е скоростта на предаване до максимално допустимата според пропускателната способност на канала. Този коефициент представлява най-обща характеристика на ефективността на системата за връзка.

**Резултати**

На фиг. 1 са изобразени графичните зависимости на  $\beta$  пик от  $P_0$  при различни видове модулация и при ограничение по пиковата мощност:



Фиг 1. Зависимост на ефективността  $\beta$  от вероятността за грешно приемане на елементарен сигнал  $P_0$ .

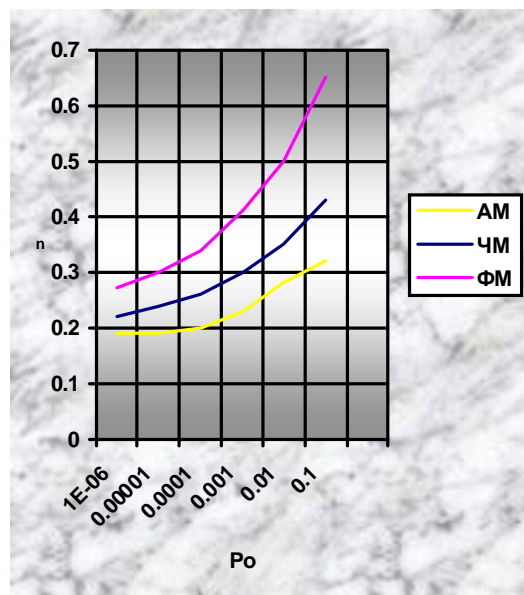
При ограничение по средна мощност кривите за  $\beta$ -ефективността за системите с фазова и честотна модулация съвпадат със съответните криви при ограничение по пикова мощност. За системи с амплитудна модулация при ограничение по средна мощност, кривата съвпада със съответната при честотна модулация.

Както се вижда от фиг. 1, че  $\beta$ -ефективността монотонно нараства с увеличаване на  $P_0$ .

Коефициентът на използване на лентата на пропускане на канала за двоични сигнали съгласно е :

$$\eta = \frac{1}{q} [1 + P_0 \cdot \log P_0 + (1 - P_0) \cdot \log(1 - P_0)] \quad (1.8)$$

където  $q = F \cdot T_0$  – характеристика на системата. В реалните системи обикновено  $q \gg 1$ . При оптимална филтрация в приемника  $q = 1$ . Необходимостта от увеличение на  $q$  се налага преди всичко от условието за достатъчно бързо затихване на преходните процеси при филтрацията сигнала в приемника.



Фиг.2. Зависимост на ефективността  $\gamma$  от вероятността за грешно приемане на елементарен сигнал  $P_0$  при различните видове модулация

Резултатите показват, че най-добро уплътняване на честотната лента на канала се получава при  $P_0$  клонящо към нула.

Сравнението между кривите на фигурата показва, че увеличението на  $\beta$ -ефективността може да бъде сметено за намаляване на  $\gamma$ -ефективността и обратно. Получаването едновременно на високо ефективно използване мощността на сигнала и на честотната лента на канала е невъзможно.

Коефициентът на използване на пропускателната способност на канала ( $\eta$ -ефективност) се дава като произведение на ефективността на системата за кодиране  $\eta_1$  и ефективността на системата за модулация  $\eta_2$ . Ефективността на системата за кодиране най-пълно се определя от излишъка на предаваните съобщения. При предаване на съобщения на български език този излишък по статистически отчети, обхващащ три съседни символа е приблизително 0,66. В този случай

$$\eta_1 = 1 - \alpha_1 = 1 - 0,66 = 0,44$$

$\eta_2$  се определя като отношение на максималната скорост на предаване  $R_0$  към пропускателната способност на канала, определена от формулата на Шенон (1.6).

$\eta_2$  показва колко може да бъде увеличена пропускателната способност на канала при прехода от предаване на двоични сигнали, към по-сложни методи за кодиране (сигнали с по-голям брой дискретни значения).

При предаване на многопозиционни сигнали, максималната скорост на предаване  $R_0$  се определя от формула (1.9)

$$R_0 = \frac{1}{T_0} [\log m + P_0 \cdot \log(P_0 / (m-1)) + (1-P_0) \cdot \log(1-P_0)] \quad (1.9)$$

Коефициентите  $\beta$  и  $\gamma$ , характеризиращи ефективността на системи за предаване на многопозиционни сигнали, се определят чрез аналогични разсъждения за съответният коефициент при предаване на двоични сигнали.

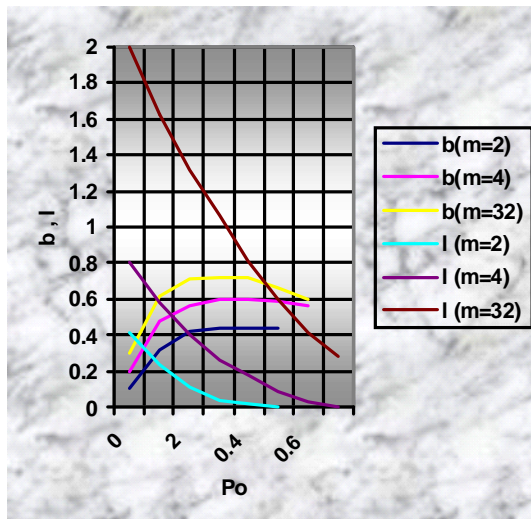
Съгласно (1.3), (1.4), (1.7) и (1.9) се получават следните изрази за ефективността:

$$\beta = \frac{K_c}{a^2} [\log m + P_0 \cdot \log(P_0 / (m-1)) + (1-P_0) \cdot \log(1-P_0)] \quad (1.10)$$

$$\gamma = \frac{1}{q} [\log m + P_0 \cdot \log(P_0 / (m-1)) + (1-P_0) \cdot \log(1-P_0)] \quad (1.11)$$

$$\eta_2 = \frac{\log m + \log [P_0 / (m-1)] + (1-P_0) \cdot \log(1-P_0)}{q \cdot \log [a^2 / (q \cdot K_c) + 1]} \quad (1.12)$$

Резултатите от аналитичните изчисления за  $\beta$  и  $\gamma$  са показани на фиг.3.



фиг. 3. Зависимост на ефективността  $\beta$  и  $\gamma$  при системи за предаване на многопозиционни сигнали, за  $m = 2$ ,  $m = 4$  и  $m = 32$ .

**Изводи:**

Използването на мощността на сигнала и честотната лента при зададена вероятност за грешка се подобряват с увеличаване на  $m$ . Максималното значение на ефективността  $\beta$  при  $m = 2$  е 0,459, при  $m = 3$  е 0,545, при  $m = 4$   $\beta = 0,595$ . При  $m = 32$ , максималната стойност на  $\beta$  е близка до граничната. Тези стойности се достигат при сравнително голяма вероятност за грешка  $P_0$ .

**Литература:**

[1] Евгений Гиндев, Надежност и ефективност на технически системи и изделия, София, 2004г.  
 [2] Орловский Е.Л. Помехоустойчивость и эффективность систем связи, Москва, 2000г.  
 [3] Липкин И.А., Теории информации и кодирования, Связь, Москва, 2001г.  
 [4] Coding of Still Pictures, JBIG Committee, Columbia, 2002г.  
 [5] ITU-T Recommendation SG8, 2000г.  
 [6] Facsimile Basic, Inter Supplementiq Revision O, Canon Inc, OCT 2002г

**За контакти**  
 Технически университет-Варна,  
 Катедра СТ, 9010 Варна,  
 ул. "Студентска"1  
 тел.:052/383-304,  
[www.tedi ng@mail.bg](mailto:www.tedi ng@mail.bg)