مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (2) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (2) 2007

فعالية نظم إرسال المعلومات الرقمية

الدكتور علي احمد*

الدكتور معين يونس**

(تاريخ الإيداع 18 / 3 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/4/30)

□ الملخّص □

إن دقة إرسال المعلومات واستقبالها تقيّم جودة نظم الاتصال. وحتى الآن لا توجد معايير وحيدة لمقارنة هذه النظم والتي من خصائصها مقاومة التشويش والفعالية والعوامل الهندسية والاقتصادية وعلاقة احتمال الخطأ مع نسبة الإشارة إلى الضجيج.

إنّ فعالية نظم الاتصال الرقمي يمكن أن تحسن جوهرياً باستخدام طرق أكثر حداثة بحيث تسمح باستخدام أفضل لقدرة قناة الاتصال ويمكن تحسين الدقة بدون زيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج باستخدام الاستطاعة والتردد. لذلك لابد من معرفة العلاقة بين هذه المعاملات ومع احتمال الخطأ وذلك باستخدام التعديل الترددي والطوري، ومقارنة هذين النظامين عند زيادة عدد مواقع الإشارة.

كلمات مفتاحية:

معامل استخدام الاستطاعة – التعديل الترددي – التعديل الطوري.

* أستاذ مساعد – قسم الاتصالات والالكترونيات – كلية الهندسة الميكانيكية & الكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.

**أستاذ مساعد – قسم الاتصالات والالكترونيات – كلية الهندسة الميكانيكية & الكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (2) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (2) 2007

Effective of Digital Information Transmitting Systems

Dr. Ali Ahmad[*]
Dr. Mouin Yonnes [**]

(Received 18 / 3 / 2007. Accepted 30/4/2007)

□ ABSTRACT □

The accuracy of transmitting and receiving information could evaluate the communication-systems-goodness. Up till now, there is no singular standardization method to compare such systems, which have noises-residency-characteristics-effectiveness, economical, engineering parameters and the probability of defects of noises-to-signal ratio relation.

Digital communication effectiveness-systems could essentially be developed using more modernized methods and allowing the use of better communication channel power. But we can develop that accuracy without increasing the noise-to-signal-ratio by using the power-frequency-parameters. This requires knowing the relation between those parameters, with defects probability, using the phase-frequency modulator. This method enables us to compare these two systems at increasing the numbers of signals location.

Key Words: Parameter Using Power, Phase Modulator**,** Frequency Modulator**.**

[*] **Associate Professor, Department of Communication and Electronic Engineering, Faculty of Mechanical and Electrial Engineering,Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Associate Professor, Department of Communication and Electronic Engineering, Faculty of Mechanical and Electrial Engineering,Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إن فعالية نظم الاتصال يمكن أن تحسن بطرائق مختلفة، منها الاستخدام الأفضل لقدرة قناة الاتصال، أو دقة الإرسال أكثر دقة، ويمكن تحسين الدقة بدون زيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج، من هذه الطرائق هو استخدام معامل استخدام الاستطاعة، ومعامل استخدام المجال الترددي اللذين يعتبران من أهم خصائص نظم الاتصال. ومقارنة فعالية أنظمة الاتصال من أجل التعديل الترددي والتعديل الطوري وعدد مواقع الإشارة مختلفة، وحساب الخطأ النسبي وذلك بأخذ احتمال خطأ مرجعي عندما يكون عدد المواقع 2 [1].

هدف البحث وأهميته:

تنحصر الغاية الأساسية من هذا البحث في إيجاد علاقة استخدام المجال الترددي والاستطاعة واللذين يعتبران العاملان الهامان في نظم الاتصال الرقمية الحديثة وإيجاد علاقة الربح بالطاقة والتردد.

مقارنة معاملات استخدام الاستطاعة والتردد عند قيم لاحتمال الخطأ وعندما يكون عدد مواقع هذه الإشارات متغيراً بهدف تحسين عمل قناة الاتصال.

طريقة البحث:

اعتمد في هذا البحث طريقة المحاكاة الحاسوبية والنمذجة الرياضية لذا تم إتباع المنهجية التالية:

- دراسة وتحليل الإشارات الرقمية المعدلة ترددياً وطورياً باستخدام توابع مكتوبة بلغة MATLAB .
- وضع النموذج النهائي لإيجاد علاقة معامل استخدام الاستطاعة ومعامل استخدام التردد عند قيم مختلفة لاحتمال الخطأ وعدد مواقع متغير للإشارات، وإيجاد الخطأ النسبي.
- مناقشة نتائج الدراسة وصياغة الاستنتاجات.

لأجل تحقيق الهدف من البحث المذكور تم تحديد نقاط البحث التالية بغية معالجة المشاكل الناتجة عن عدم الاستخدام الأمثل لقناة الاتصال .

1-بارامترات قناة الاتصال الأساسية:

إن فعالية الاتصال تقيم أحياناً بسرعة إرسال المعلومات R غير المنسوبة إلى بارامترات القناة أو الإشارة . بديهياً هذا التقييم لايعتبر تاماً.

إن سرعة إرسال المعلومات تصف فعالية استخدام زمن الإرسال فقط. والسؤال حول استخدام المجال الترددي واستطاعة الإشارة عند ذلك يبقى مفتوحاً .من أجل تقييم فعالية أنظمة الاتصال من الضروري إدخال معاملات النظام ، خصائص استخدام بارامترات القناة الأساسية. وهذه البارامترات هي[2-3] :

-معامل استخدام استطاعة الإشارة β

$$\beta = \frac{R}{P/\sigma^2} = \frac{R}{qF} = \frac{\gamma}{q} \quad \text{.....(1)}$$

-معامل استخدام المجال الترددي γ

$$\gamma = \frac{R}{F} \quad \text{.....(2)}$$

حيث $q = \frac{P}{\sigma^2 F}$. نسبة استطاعة الإشارة إلى التشويش (كثافة طيف الضجيج)

σ^2 – شدة التشويش على مدخل المستقبل .

R – سرعة إرسال المعلومات.

F– عرض المجال الترددي للقناة.

P– استطاعة الإشارة المفيدة.

إن المعامل β من أهم خصائص نظام الاتصال، لأنه إذا كانت استطاعة المرسل محددة وأعظمية من الأفضل استخدام معامل الفعالية الأعظمية لـ β.

$$\beta_{max} = \frac{R}{P_{max} / \sigma^2}$$

P_{max} – استطاعة الإشارة الأعظمية .

ومن أجل أنظمة أُخرى مثلاً في نظم الاتصال السلكية يفضل استخدام المعامل γ .

إن الحد الأعلى لـ β_0 نحصل عليه من علاقة شانون والتي تحسب قدرة قناة الاتصال مع تشويش إضافي طبيعي.

$$R \le C = F.Log_2(\frac{P}{\sigma^2 F} + 1)$$

$$\frac{R}{F} = Log_2(\frac{P}{\sigma^2 R}.\frac{R}{F} + 1)$$

$$\gamma = Log_2(\frac{1}{\beta_0}.\gamma + 1)$$

$$2^{\gamma} = \frac{\gamma}{\beta_0} + 1 \Rightarrow \beta_0 = \frac{\gamma}{2^{\gamma} - 1} .....(3)$$

β_0 –القيمة المحددة لـ β من أجل احتمال خطأ قليل.

من العلاقة (3) نجد أن الحد الأعلى لـ β_0 يساوي $\frac{1}{Ln2}$ عندما $\gamma \to 0$ (أي $F \to \infty$) .

القيمة $\frac{1}{Ln2}$ تعتبر الحد المطلق لـ β ولايمكن أن تزيد في أي نظام مع زيادة الضجيج الأبيض. إذا أخذنا المقياس اللغاريتمي نحصل من العلاقة $\gamma = q\beta$ على خطوط متساوية القيمة q وهي مستقيمات تميل بزاوية 45^0 .

إذا كان احتمال الخطأ قليلاً فإن سرعة الإرسال R تساوي سرعة إرسال المعلومات البرقية $R = \frac{1}{\tau_0}$ في هذه الحالة فان نسبة طاقة الإشارة المفيدة إلى التشتت

$$h_0^2 = \frac{P\tau_0}{\sigma^2} = \frac{1}{\beta} \text{.....(4)}$$

2-طريقة استقبال الإشارات المعدلة ترددياً:

يمكن استعمال طريقتين لاستقبال الإشارات المعدلة ترددياً حسب الغلاف (الاستقبال غير المترابط) أو بقيم الترددات (الاستقبال المترابط).

2-1 طريقة الاستقبال غير المترابط:

يتم استقبال الإشارات عبر مرشحين ضيقي المجال الترددي ثم بعد ذلك تصل الإشارات إلى كواشف يعملان على مجال ترددي ضيّق الجهد ثم إلى خرج الكاشف بحيث يكون الخرج هو الجهد الأكبر

إن جهد التشويش بدون إشارة هي قيمة عشوائية ذات توزع ريلي [2]:

$$P(X1) = \frac{X_1}{\sigma^2} e^{-\frac{{x_1}^2}{2\sigma^2}}$$

أما جهد مجموع الإشارات المفيدة والتشويش في المرشح الثاني فهو قيم عشوائية مع توزع ريلي

$$P(X_2) = \frac{X_2}{\sigma^2} e^{-\frac{{x_2}^2+a^2}{2\sigma^2}} I_0(\frac{aX_2}{\sigma^2})$$

a : مطال الإشارة

$I_0(Z)$:تابع بيسيل ذو الترتيب الصفري .

لايمكن كشف الإشارة إذا كانت X_2 أصغر من X_1 لذلك فإن احتمال الخطأ في نظام ذي تعديل ترددي

$$P_0 = \int_0^{\infty} P(X_2)dX_2 . \int_{X_2}^{\infty} P(X_1)dX_1 = \frac{1}{2} e^{-\frac{h_0^2}{2}}$$

على أساس العلاقة (2) نجد

$$P_0 = \frac{1}{2} e^{-\frac{1}{2\beta}} \Rightarrow \beta = \frac{1}{2Ln\frac{1}{2P_0}} \text{.....(5)}$$

من أجل النظام المتعدد المواقع للإشارة فمن الضروري القول إن الخطأ عند استقبال عناصر الإشارة ، يؤدي دائماً إلى خطأ في استقبال الإشارة الثنائية .إذا كانت الأخطاء متساوية الاحتمالات فإن خطأ الاستقبال ثنائي الرمز يحسب بالعلاقة[3] .

$$P_0(2) = \frac{2^{k-1}}{2^k - 1} P_0(m) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

حيث $P_0(m)$ – احتمال خطأ استقبال الإشارة متعددة المواقع $K=\text{Log}_2 m$.

إن علاقة احتمال الخطأ بشكل عام تكتب بالشكل[2]:

$$P_0(m) = \sum_{n=1}^{m-1} (-1)^{n+1} \frac{(m-1)!}{(n+1)(m-n+1)} e^{-\frac{n}{n+1} h_m^2}$$

إذا كانت n=1 فالعلاقة من أجل m موقع تتحدد بالعلاقة

$$P_0(m) = \frac{(m-1)!}{2(m-2)!} e^{-\frac{1}{2} h_m^2}$$

$$P_0(m) = \frac{(m-1)(m-2)(m-3)!}{2(m-2)(m-3)!} e^{-\frac{1}{2} h_m^2}$$

$$P_0(m) = \frac{m-1}{2} e^{-\frac{1}{2} h_m^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

إذ أن:

$$h_m^2 = h_0^2 \text{Log}_2 m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

بتبديل العلاقات (2) ، (7) ، (8) في (6)

$$P_0(2) = \frac{2^{\text{Log}_2 m - 1}}{2^{\text{Log}_2 m} - 1} . \frac{m-1}{2} e^{-\frac{1}{2} h_0^2 \text{Log}_2 m}$$

$$P_0(2)=\frac{m/2}{m-1}.\frac{m-1}{2}e^{-\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}}$$

$$P_0(2)=\frac{m}{4}e^{-\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}}$$

$$\mathrm{Ln}\frac{4}{m}P_0(2)=-\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}$$

$$\mathrm{Ln}\frac{m}{4P_0(2)}=\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}$$

$$\beta=\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\mathrm{Ln}\dfrac{m}{4P_0(2)}}\qquad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

2-2 طريقة الاستقبال المترابط:

أما عندما يكون الاستقبال مترابطاً فإن علاقة احتمال الخطأ للإشارة ذات المواقع المتعددة ترتبط بعلاقة احتمال الخطأ للإشارة ثنائية المواقع [2−3]:

$$P_0(m,{h_0}^2)\le(m-1)P_0(2,{h_0}^2)\qquad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

وقيمة احتمال الخطأ في التعديل الترددي الثنائي

$$P_0(m)=\frac{1}{2}erfc\left(\sqrt{\frac{{h_m}^2}{2}}\right)\qquad\ldots\ldots\ldots\ldots(11)$$

إذ إن:

Ref (.) : تابع الخطأ

erfc(.): متمم تابع الخطأ والذي يكتب :

$$\mathrm{erfc}(x)=\frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}}\left[1+0\frac{1}{x^2}\right]\qquad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(12)$$

بعد تبديل العلاقة (12) في (11) نجد

$$P_0(m)=\frac{m-1}{h_m\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}h_m^2} \quad \text{.....(13)}$$

نبدل (8)،(13) في (6) نحصل على

$$P_0(2)=\frac{m/2}{m-1}.\frac{m-1}{h_m\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}h_m^2}$$

$$P_0(2)=\frac{m}{2h_m\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}h_m^2}$$

$$P_0(2)=\frac{m}{\sqrt{8\pi h_m^2}}e^{-\frac{1}{2}h_m^2}$$

$$P_0(2)=\frac{m}{\sqrt{8\pi h_0^2 \mathrm{Log}_2 m}}e^{-\frac{1}{2}h_0^2\mathrm{Log}_2 m}$$

$$P_0(2)=\frac{m}{\sqrt{\frac{8\pi\mathrm{Log}_2 m}{\beta}}}e^{-\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}}$$

$$\mathrm{Ln}\left(\frac{\sqrt{\frac{8\pi\mathrm{Log}_2 m}{\beta}}}{m}\right)P_0(2)=-\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}$$

$$\mathrm{Ln}\left(\frac{m}{\sqrt{\frac{8\pi\mathrm{Log}_2 m}{\beta}}P_0(2)}\right)=\frac{\mathrm{Log}_2 m}{2\beta}$$

$$\beta = \frac{Log_2 m}{2Ln\dfrac{m}{\sqrt{\dfrac{8\pi Log_2 m}{\beta}}P_0(2)}} \quad \text{.....(14)}$$

إن التردد اللازم لإرسال إشارة ذات m موقع تتحدد بفرق التردد بين موقعين متجاورين والذي يؤخذ مساوياً $\frac{1}{\tau_0 \mathrm{Log}_2 \mathrm{m}}$ حيث m عدد المواقع .

من أجل حساب التردد لابد من أخذ الاحتياطات اللازمة من أجل ترشيح الإشارة

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{m}+2}{\tau_0 \mathrm{Log}_2 \mathrm{m}} \text{.....(15)}$$

عندئذ مجال استخدام المجال الترددي للقناة يحسب بالعلاقة:

$$\gamma = \frac{Log_2 m}{m+2} \text{.....(16)}$$

3- طريقة استقبال الإشارات المعدلة طورياً :

إن احتمال الخطأ عند استعمال التعديل الطوري يحسب بالعلاقات [4-2]:

$$\mathrm{P}_0 = \frac{1}{2}\left[1 - \Phi(\sqrt{2}\mathrm{h})\right], \mathrm{m} = 2 \text{.....(17)}$$

إذ إن:

$$\Phi(\mathrm{x}) = \frac{2}{\sqrt{2\mathrm{x}}} \int_0^{\mathrm{x}} \mathrm{e}^{-\frac{\mathrm{t}^2}{2}} \mathrm{dt}$$

وعندما m>2

$$P_0 = 1 - \Phi\left(\frac{\pi}{m}\sqrt{\frac{\log_2 m}{\beta}}\right) \text{.....(18)}$$

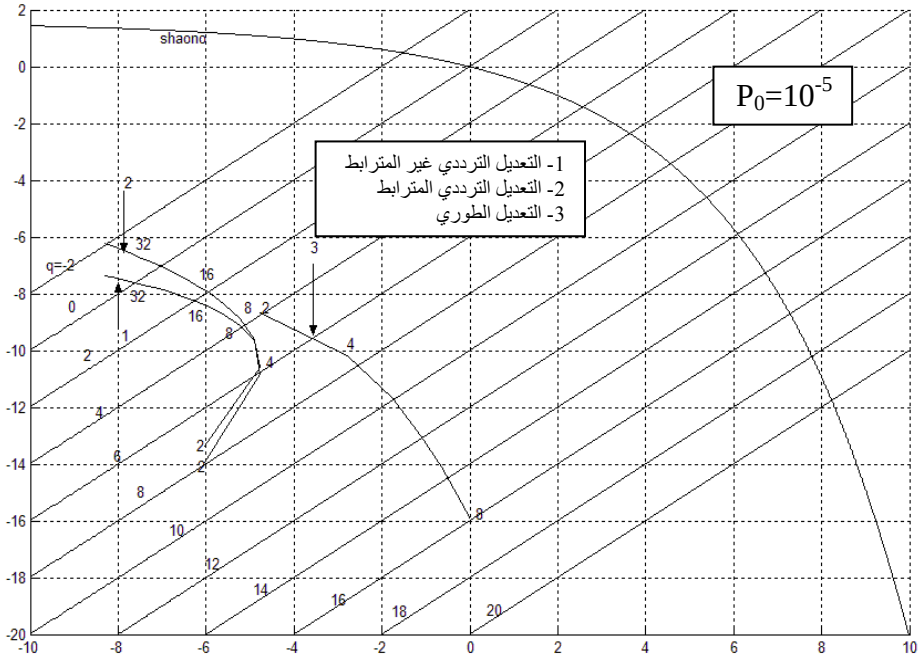
أما المجال الترددي فيعطى بالعلاقة

$$\mathrm{F} = \frac{3}{\tau_0 \mathrm{Log}_2 \mathrm{m}} \text{.....(19)}$$

ومعامل استخدام المجال الترددي للقناة يحسب بالعلاقة

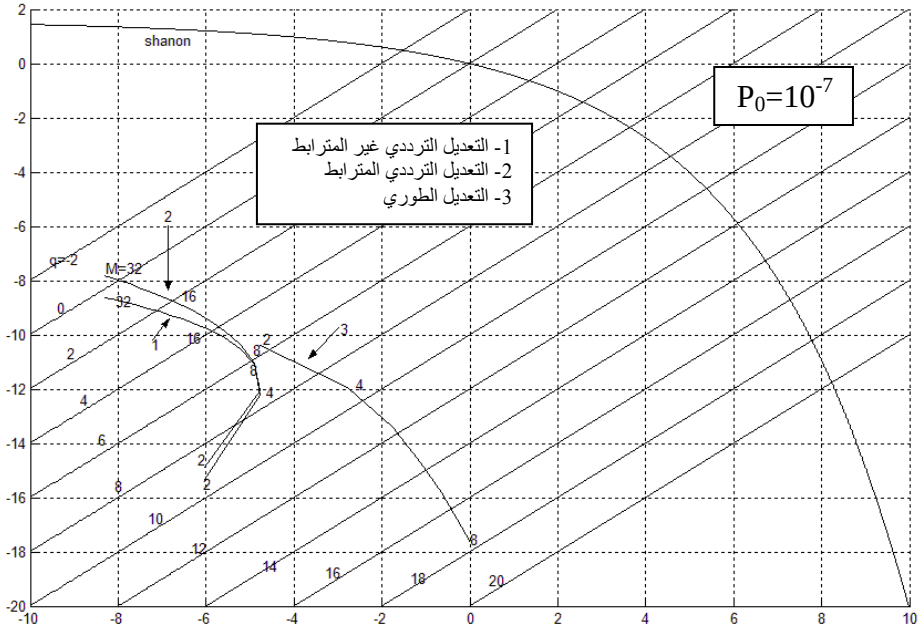
$$\gamma = \frac{Log_2 m}{3} \text{.....(20)}$$

إن نتائج الدراسة موضحة في الأشكال التالية:



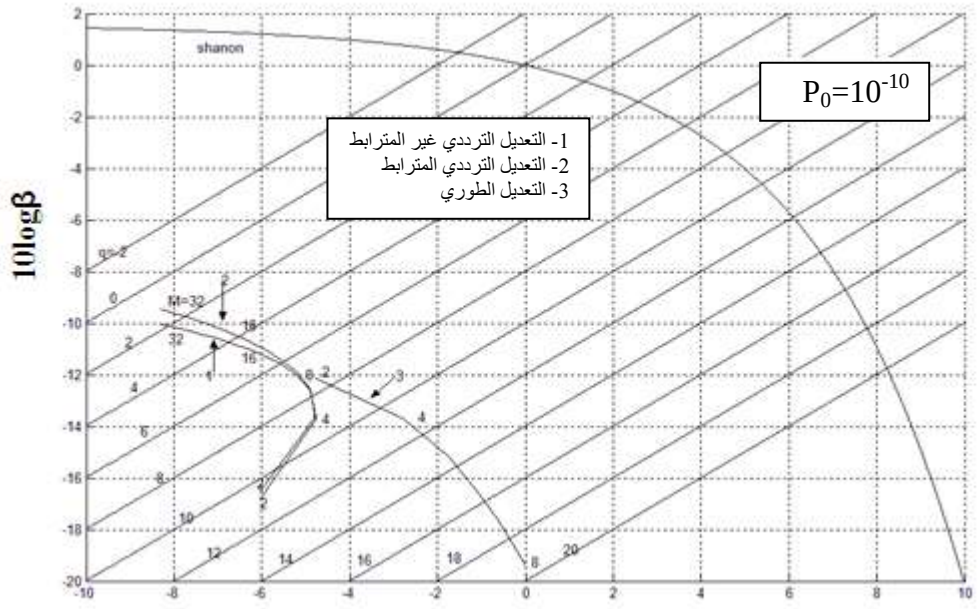
$10\log\gamma$

الشكل (1) علاقة معامل استخدام الاستطاعة مع معامل استخدام التردد عند احتمال خطأ 10^{-5}



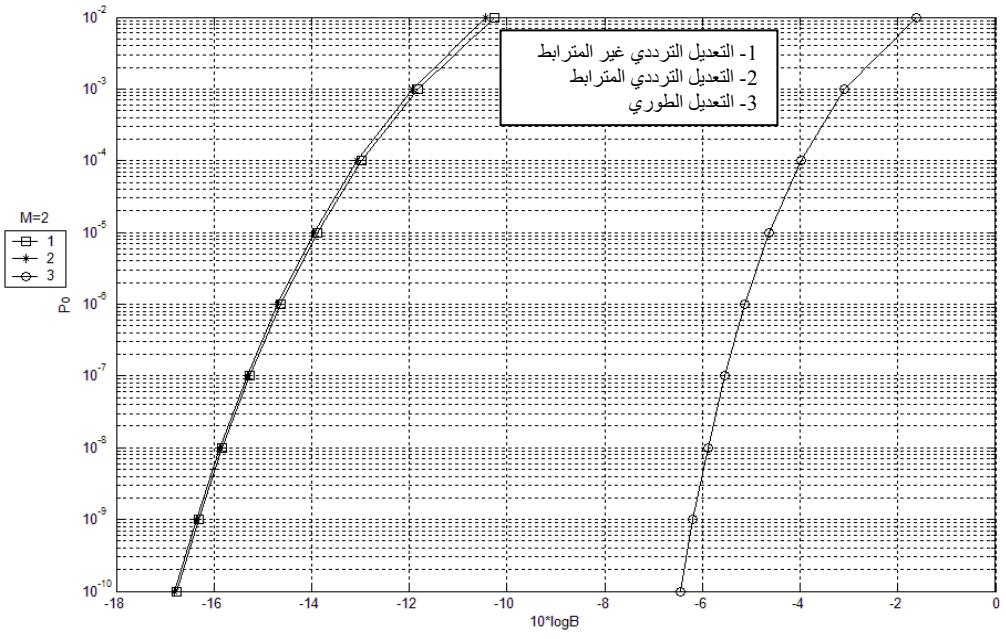
$10\log\gamma$

الشكل (2) علاقة معامل استخدام الاستطاعة مع معامل استخدام التردد عند احتمال خطأ 10^{-7}

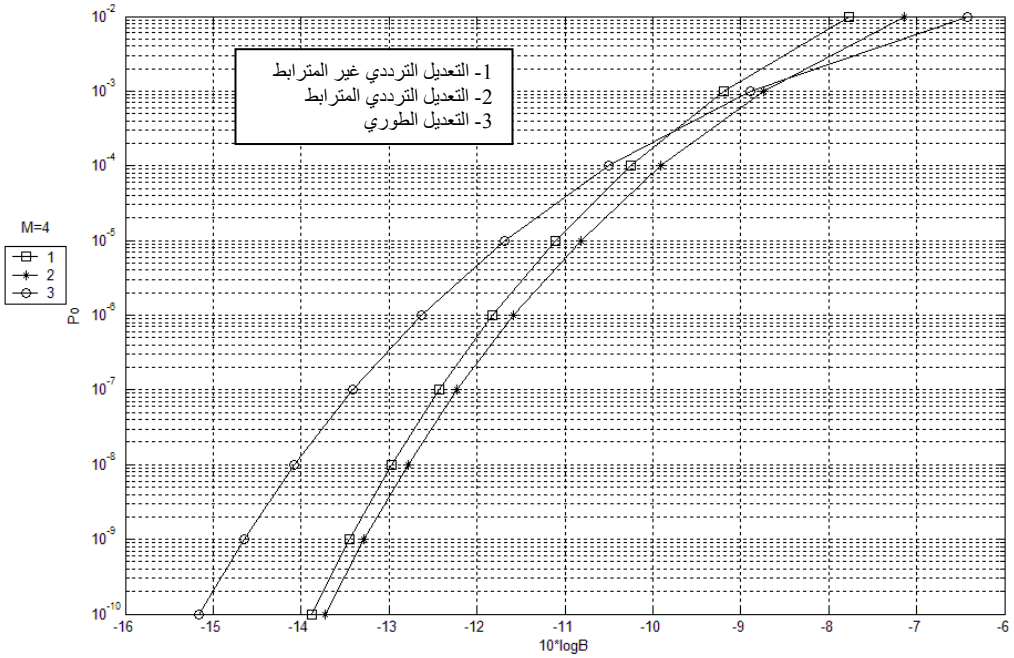


الشكل (3) علاقة معامل استخدام الاستطاعة مع معامل استخدام التردد عند احتمال خطأ 10^{-10}

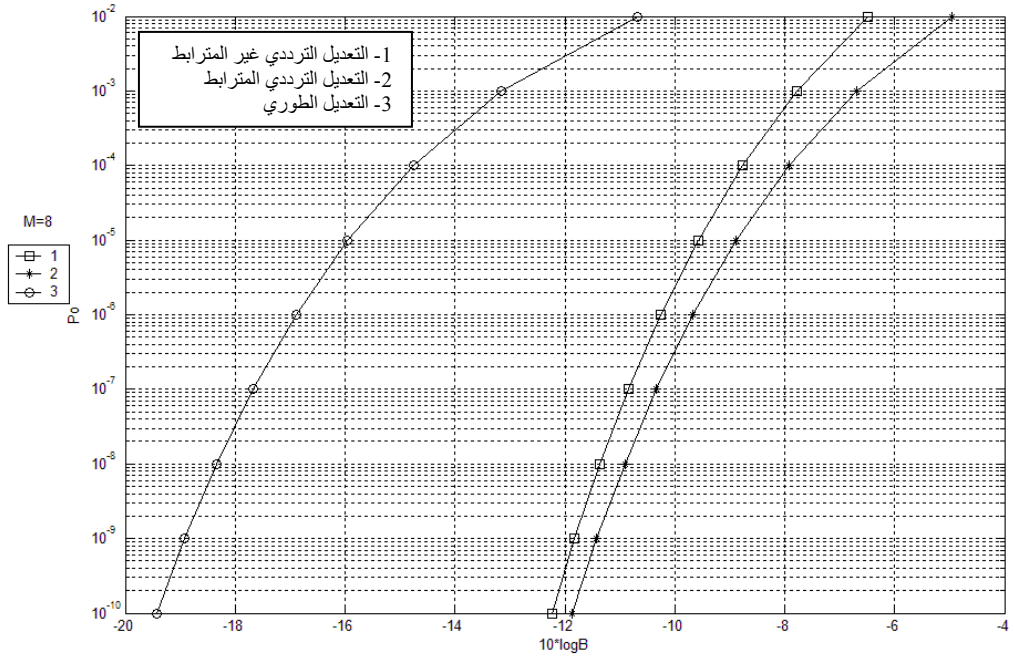
ويمكن أن نحصل على تغيرات احتمال الخطأ بالنسبة الـ β لكل من التعديل الترددي غير المترابط والتعديل الترددي المترابط و ذلك عند ثبات قيمة m . توضح نتائج هذه الدراسة في الأشكال التالية:



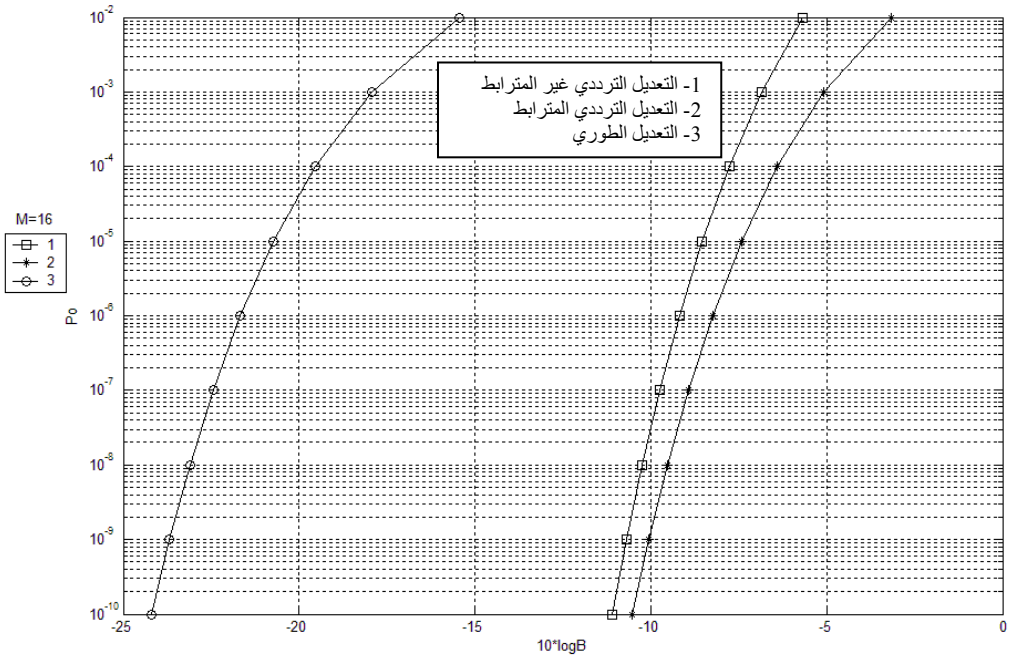
الشكل(4) يمثل علاقة معامل الاستطاعة مع احتمال الخطأ عندما m=2



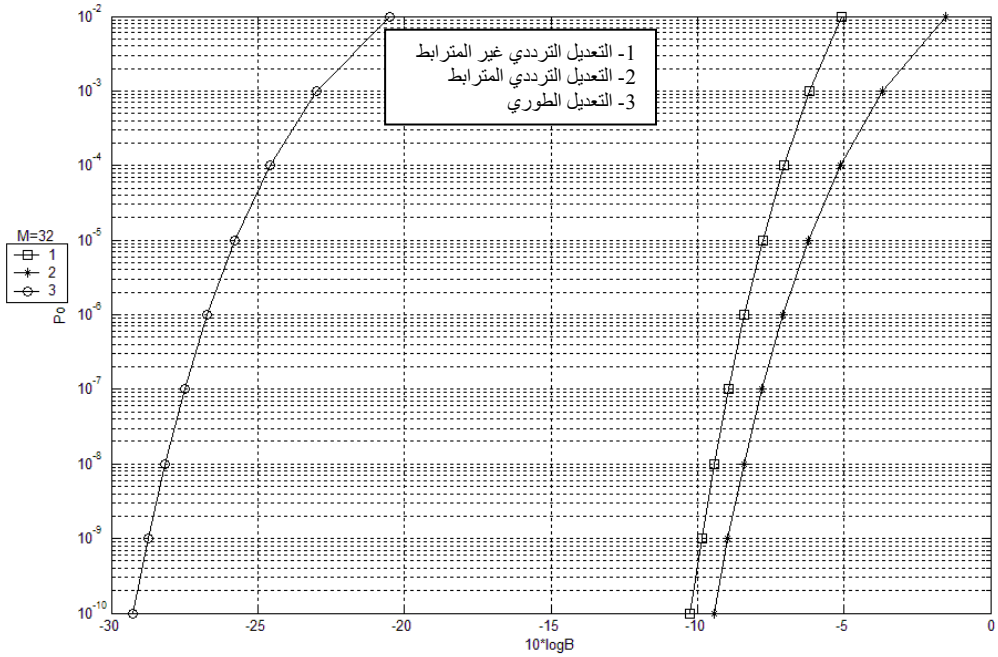
الشكل(5) يمثل علاقة معامل الاستطاعة مع احتمال الخطأ عندما m=4



الشكل(6) يمثل علاقة معامل الاستطاعة مع احتمال الخطأ عندما m=8



الشكل(7) يمثل علاقة معامل الاستطاعة مع احتمال الخطأ عندما m=16



الشكل(8) يمثل علاقة معامل الاستطاعة مع احتمال الخطأ عندما m=32

4- الخطأ النسبي:

إن الخطأ النسبي $\Delta P(m,h_0^2)$ في العلاقة (10) يعطى بالعلاقة [4-2]:

$$\Delta P(m,h_0^2) \le \frac{\sqrt{3}(m-1)(m-2)}{4\pi} E_i\left[-\frac{2}{3}h_0^2\frac{m}{m-1}\right] \quad \text{.....(21)}$$

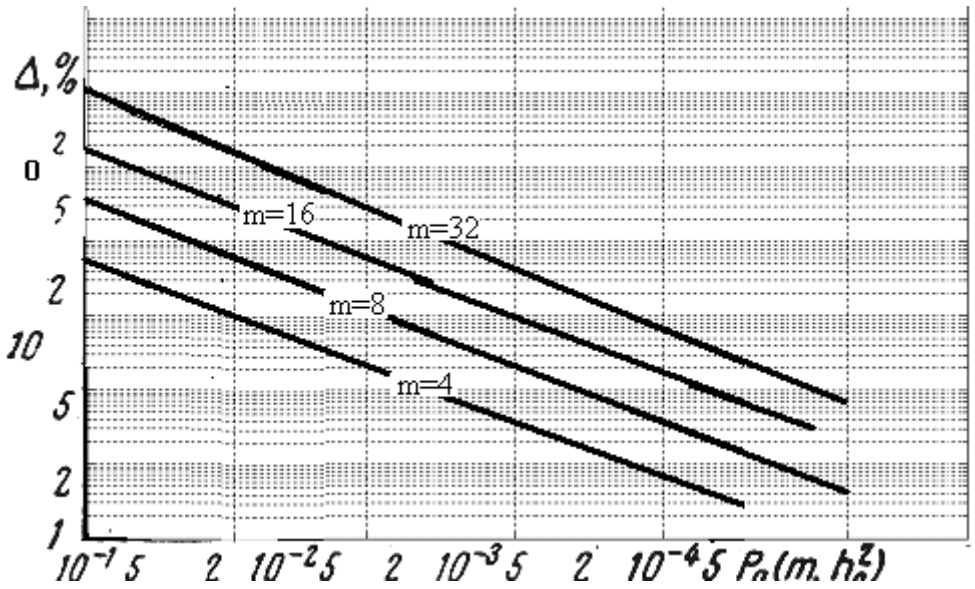
إذ إن:

$$Ei(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{e^t}{t} dt$$

والخطأ النسبي يعطى بالعلاقة :

$$\Delta = \frac{\Delta P(m,h_0^2)}{P(m,h_0^2)} \quad \text{.....(22)}$$

على الشكل (9) نوضح علاقة احتمال الخطأ النسبي عندما M=4،8،16،32 .



الشكل (9) يمثل الخطأ النسبي.

من منحنيات الشكل(9) نجد أنه عندما $m \le 32$ فإن الخسارة لاتتجاوز 15% عندما احتمال الخطأ $P_0(m,h_0^2) \le 10^{-4}$. وهذه المنحنيات يمكن أن تستعمل مباشرة من قبل المهندسين .

النتائج والتوصيات:

- من الشكل 1 نجد أنه عند استخدام التعديل الترددي المتعدد المواقع فإنه بزيادة m تزداد فعالية معامل استخدام الاستطاعة β وانخفاض فعالية معامل استخدام المجال الترددي γ .
- عند استخدام التعديل الطوري فإنه بزيادة (m) عدد المواقع فإن فعالية معامل استخدام الاستطاعة β تنخفض ، أما فعالية معامل استخدام المجال الترددد γ تزداد .
- من نتائج الحساب المبينة على الشكل (9) فإنه يسمح ليس فقط مقارنة النظام نفسه بنفسه، بل اختبار النظام البديل الذي يلبي القيم المطلوبة.
- كلما قل احتمال الخطأ قل الخطأ النسبي .
- عند استخدام التعديل الترددي كما هو مبين بالشكلين (2) &(3) نلاحظ أن المنحنيين يتقاطعان في نقطة أي يكون لهما نفس الخواص في هذه النقطة.

فعندما m=2 مثلاً نلاحظ أن معامل استخدام الاستطاعة للتعديل الترددي غير المترابط يكون أفضل أما عندما m>2 فان التعديل الترددي المترابط يكون هو الأفضل وعندما يكون لهما معامل استخدام المجال الترددي γ نفسه.

- مع زيادة m نلاحظ أن التعديل المترابط يكون أفضل و يتحسن مع زيادة m كما هو موضح بالأشكال (4) (5) (6) (7) (8).
- إن الخسارة تقل مع تخفيض احتمال الخطأ و ذلك عندما تكون $m \leq 32$.
- إن إمكانية فعالية نظم الإرسال للإشارات الرقمية تعتمد على تطور نوع التعديل وعدد مواقع الإشارة واحتمال الخطأ.

المراجع:

1- ZYOUKO.A.H, *Pomekho Ustoichiovist Effektivnost System Sviazi Izdatelstvo*, Moskva, 1999, 360p.

2- JONES.J, *Modern Communication Principles with Application to Digital Singling.* Springer-Verlag, paris, 2000, 204p.

3- BORISOV.B.A, KALMIKOV.B.B, KOVALCHUK.G.M, KOLIKOVA.F.F, *Radio Tekhmicheskie Sistime Peredachi Informatsi* (Radio Sviaz), Moskva, 1999, 304c.

4- SIZUN.H, *Radio Wave Propagation for Telecommunication Application*, Springer-Verlag, paris, 2003.