مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (13)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (13) 2003

تصميم المحطات الأرضية

الدكتور صادق حبيب علي*

(قبل للنشر في 2003/5/7)

□ الملخّص □

يهدف هذا البحث إلى استعراض الطرق المتبعة لحساب وتصميم المحطات الأرضية (الإرسال والاستقبال) والعوامل المؤثرة في تصميم الوصلات الفضائية.

من أهم العوامل المؤثرة في الوصلات الفضائية والتي يتناولها البحث هي العوامل التي يمكن التحكم بقيمتها في محطتي الإرسال والاستقبال الأرضيتين.

إن التحكم بهذه العوامل يمكننا من تحديد نقطة عمل المستقبل–المرسل أو الترانسبوندر The Transponder في الساتل (القمر الصناعي) بحيث نحصل على أداء أفضل للبث الفضائي والاستفادة القصوى من المجال الترددي الساتلي المستأجر في الساتل. لقد تم في هذا البحث استنتاج معادلات تتعلق فقط بهامش الوصلة النازلة M_d وتم حساب جميع محددات الوصلة الفضائية بناء على قيم مختلفة لهذا العامل. كما تمت المقارنة بين وصلات الأنظمة المختلفة التي تستخدم قيما مختلفة لمعدل التصحيح الأمامي للأخطاء Forword Error Correction(FEC)
وهي: FEC = 1/2, 2/3, 3/4.

لقد تم اقتراح استخدام FEC =7/8 كبديل عن الأنظمة الثلاثة السابقة لما يقدمه هذا النظام من زيادة في كمية المعلومات المرسلة وتحسين نسبة الحامل إلى الضجيج.

*مدرس متفرغ في قسم الهندسة الإلكترونية –كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين – اللاذقية–سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (13)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (13) 2003

Design of Earth Station

Dr.Sadek Ali*

(Accepted 7/5/2003)

□ ABSTRACT □

This research presents the methods used to calculate and to design earth stations (transmit and receive stations) and parameters,which affect the design of satellite links (up and down links). However, the most important parameters,the research deals with,are the parameters that can be controlled by the earth stations.These parameters enable us to define the operation point of the satellite transponder; so that we can get a better performance and maximize exploitation of the rented satellite band.

In this research equasions related to margin of down link(only) have been deduced and all the link parameters have been calculated according to different values concerning this parameter.

The research also compare between the different link systems, wich use different rates of forword error correction(FEC): FEC=1/2,2/3,3/4).

Finally, the research recommends the use of FEC =7/8 instead of the three previous system in order to increase the amount of transmitted information and improve carrier – to-noise ratio C/N.

***Lecturer in Ateletronic Engineering Department- Faculty of Me & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia,Syria.**

مقدمة:

مـن المعـروف أن هنـاك دولا وشـركات تمتلـك سـواتلا (ذات سـعات مختلفـة) محـددة الأغـراض (للبـث التلفزيوني،الاذاعي،الهاتفي....الخ).تقوم هذه الدول بتأجيرالمجال الترددي (الأقنية) لدول ومؤسسات مختلفة لقاء مبالغ ماليةكبيرة.

الهدف من البحث:

نهدف من خلال هذه الدراسة الى معرفة كيفية الاستفادة القصوى من المجال الترددي المستأجر بحيث تمتلئ بالمعلومات دون زيادة عرضها أو دخول الحامل في حالة الاشباع.ان عدم الأستفادة من كامل عرض المجال المستأجر يعني ببساطة أننا ندفع مبلغا ماليا للجهة المالكة للقمرعن كامل المجال دون الاستفادة الا من جزء منه فقط.

لتحقيق ذلك لا بد من دراسة وتصميم نظام الاتصال الفضائي ومعرفة المعاملات التي تتحكم بجودة الوصلة الفضائية وتحديد المعاملات التي يمكن التحكم بقيمتها في المحطات الأرضية التي تملكها الدول المستأجرة للأقنية الساتلية.لقد تبين من خلال البحث أن أهم المعاملات التي نستطيع التحكم بها للصاعدة M_{up}وM_d في المحطات الأرضية هي عاملا الوصلتين النازلة وكذلك، معدل تصحيح الخطأ ،الطاقة المرسلة عبر هوائي المحطة الأرضية،عرض المجال الذي يشغله الحامل.

طريقة البحث:

نقوم في هذا البحث بتصميم وصلة فضائية تربط مدينتين متباعدتين جغرافياعبر الساتل 704 –INTELSAT لتأمين الخدمات الهاتفية وايجاد المعادلات الرياضية المحددة للنظام ككل ومن ثم ربط هذه المحددات بعامل الوصلة النازلة الذي سيكون وحده المتغير بين معاملات النظام.

الدراسة التحليلية للبحث:

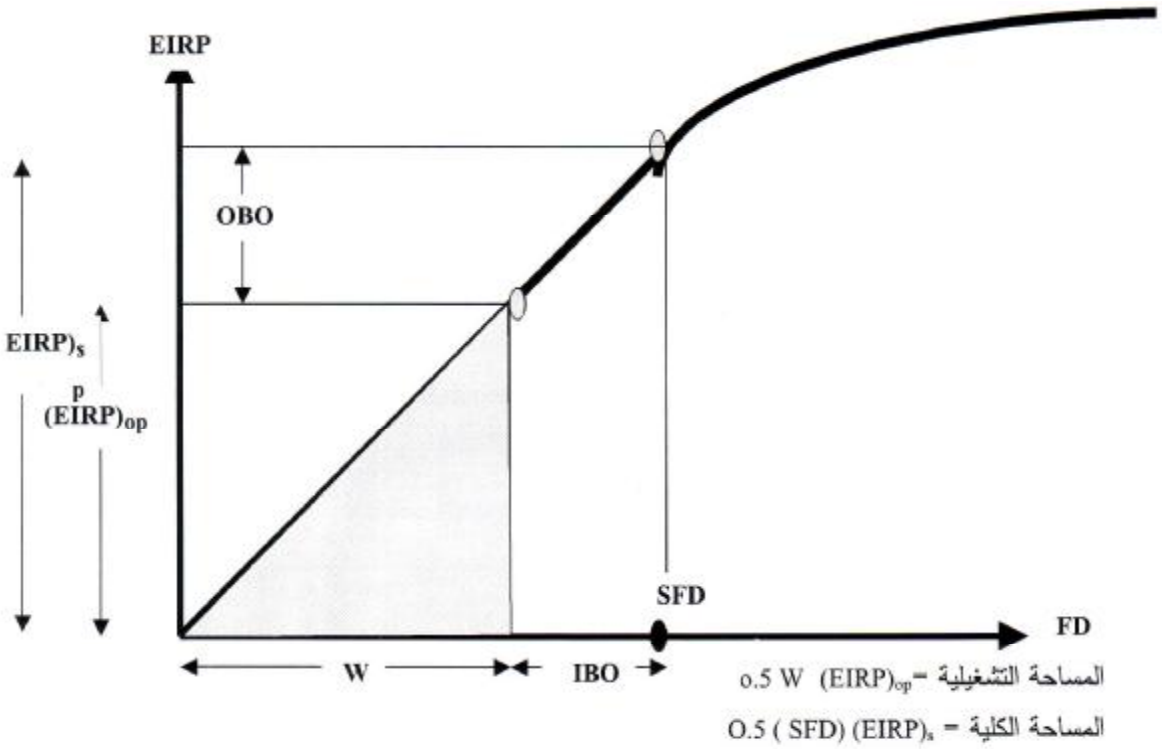
تحدد وصلة الساتل (التابع الصنعي)على انها وصلة محطة الارسال الأرضية–القمر لصناعي–محطة الاستقبال الأرضية.وتعرف الوصلة الصاعدة على أنها الجزء الذي يتألف من محطةالارسال الأرضية والساتل في حين تعرف الوصلة النازلة على أنها الجزء المؤلف من القمر الصناعي ومحطة الاستقبال الأرضية[1]. يبين الشكل(1) وصلة فضائية نموذجية.

يعتبر القمر الصناعى بمثابة عدة محطات ارضية لها هوائيات بابعاد واحجام مختلفة ويحوى على عدة اجهزة لمحطات مختلفة. يتكون الساتل فى الاغلب من16 مستقبل–مرسل (Transponder)، يختلف كل منهاعن الاخر حسب التصميم المخصص له والمجال الترددي الذي سيعمل عليه (Ku or C).

تعتمد قيمة ربح الاستطاعة للساتل على قيمة اشارة الدخل مع مراعاة تحديد نقطة عمل الترانسبوندربحيث تكون فى المنطقة الخطية من ميزاته دون الوصول الى منطقة الاشباع، ذلك لان العمل فى المنطقة غيرالخطية يؤدى الى تشوهات تسمى تشوهات التعديل البيني (Inter Modulation Distortion). لتفادي هذا النوع من التشويه فأننا نسعى الى الابتعاد عن منطقة اشباع الترانسبوندر بعدة ديسبيلات كي نضمن العمل فى المنطقة الخطية. يعرف هذا المبدأ في تحديد منطقة عمل الترانسبوندر بمنطقة التراجع Back Off ،ويتم ذلك من خلال:

1- التحكم بقيمة الإستطاعة المشعة الايزوتروبية المكافئة Equivelent Isotrpically Radiated Power(EIRP) بمقدار يعرف بتراجع الخرج (Output (OBO Back Off.

2- التحكم بقيمة كثافة تدفق الأشباع Saturation Flux Density(SFD) من اجل انقاص كمية الإستطاعة الضائعة بمقدار يعرف بتراجع الدخل Input Back Off(IBO). للتقليل من كمية الإستطاعة الضائعة فى مضخمات صمامات الموجة المسافرة .Travelling Wave Tube Amplifiers (TWTAs) كما هو مبين في الشكل(2).



الشكل(٢) – ميزات عمل الترانسبوندر

ثوابت المحطة الأرضية

نأخذ توضع المحطتين بشكل اختياري أما بقية الثوابت فتختار وفق توصيات

.[2] Intelsat Earth Station Standard(IESS409,first&second part)

	Bالمحطة	Aالمحطة
التوضع	N^0(15.5 (خط عرض	(13^0)
	E^0(30.5 (خط طول	(53^0)
G/T	23.8 dB/k^o	35.6 dB/k^o
عامل بيتا	β_d=1.7 dB	β_{up} =0.6 dB

ثوابت الحامل [3]:

FEC	1/2	
معدل خطأ الخانات	$1*10^{-10}$	
التردد العامل	F_{up}=11.65GHz	F_d=5.87GHz
معدل إرسال المعلومات	1024Mbits/s	
المجال الذي يشغله الحامل	278.900KHz	

ثوابت وبارامترات الجزء الفضائي (Space Segment Parameters)[4,5,6]:

EIRP	32.7 dBW
عرض المجال	63MHz
SFD	-87dBW/m^2
G/T	-4.8dB/k^0
C/I	19dB
X	1.8dB

تحسب المسافة بين المحطتين والساتل وفق العلاقة التالية [7] :

1- بعد المحطة A عن القمر الساتل INTELSAT– 704 الذي يتوضع عند 66^0 درجة بالعلاقة التالية[7]

$$D = [\, r^2+s^2 - 2\, rs\, (\cos\ C)\,]^{1/2} \qquad (1)$$

$$C = \cos^{-1} [\, \cos x_1 - \cos (x_2 - x_3)\,] \qquad (2)$$

حيث :

r = نصف قطر الأرض عند خط الاستواء (6,378.14 km)

s = نصف قطر مدار الساتل (42,164.57 km)

x_1 = خط عرض المحطة الأرضية (15.5^0)

x_2 = موقع القمر الصناعي (66^0)

x_3 = خط الطول للمحطة الأرضية(30.5^0)

بتعويض القيم العددية في العلاقة(2) نجد:

$$C= \cos^{-1} (0.8035)$$

$$D_A = 37,233.8377 \text{ km}$$

2-بعد المحطة الأرضية B عن الساتل :

باستخدام نفس المعادلات السابقة نحصل علىD_B: D_B = 37,097.93 Km

تحسب ضياعات الوصلتين الصاعدة والنازلة بالعلاقة التالية[1] :

$$L_{up,d} = 20 \log D_{A,B} + 20 \log F_{up,\,d} + 92.5 \text{ dB} \qquad (3)$$

اذ ان :

D = بعد القمر عن المحطة الأرضية بالـ km.

F = التردد بالـ GHz.

بتعويض القيم العددية في العلاقة (3) نجد :

$$L_u = 205.25 \text{ dB}$$
$$L_d = 199.279 \text{ dB}$$

الاستطاعة المشعة المكافئة العاملة للقمر الصناعي $(EIRP)_{sat-op}$:

نحسب إستطاعة الاشعاع الأيزوتروبية المكافئة للساتل بالعلاقة التالية [1] :

$$(EIRP)_{sat-op} = C/T - G/T - \beta_d + L_d + M_d \qquad (4)$$

حيث:

C/T–نسبة الحامل الى درجة حرارة الضجيج وتساوي 160.3 dBW/K^o–[5].

G/T – نسبة لربح الى درجة حرارة الضجيج الخاصة لمحطة الاستقبال الأرضية وتساوي (23.8dB/K^o) [4]

M_d – قيمة هامشية يتم التحكم بقيمتها بمحطة الاستقبال لتعويض الضياعات الناتجة عن الأمطار ، الغبار،الفراغ الحر،الغلاف الجوي وخطأ توجيه الهوائي (dB). بما أن هذه الضياعات ذات قيم عشوائية فقد وضعت عدة نماذج وطورت، بالأعتماد على قيمة التردد المستخدم والمنطقة الجغرافية التي تتوضع فيها المحطة الأرضية، لتعطي قيما تجريبية معقولة [8].

β_d = عامل بيتا للوصلة النازلة، يعتمد على موقع المحطة الأرضية داخل منطقة التغطية الساتلية ويساوي (dB 1.7) [4].

بتعويض القيم العددية في المعادلة السابقة نجد :

$$(EIRP)_{sat-op} = -160.3 - 23.8 + 199.279 - 1.7 + M_d$$

$$= 13.779 \text{dBW} + M_d \qquad (5)$$

مقدار التراجع عن نقطة تشبع خرج ترانسبوندر الساتل (Output-Back off (OBO.

تعطى علاقته بالشكل التالي [1] :

$$OBO = ERIP_{saturation} - EIRP_{operation} \qquad (6)$$

للساتل [4]. $ERIP_{saturation} = 32.7 \text{dBW}$ تؤخذ قيمة

$$OBO = 32.7 - 13.779 - M_d \qquad (7)$$

$$= 18.921 - M_d \qquad (8)$$

يحسب مقدار التراجع عن نقطة تشبع دخل الترانسبوندر Input-Back off (IBO) بالعلاقة التالية [1] :

$$IBO = OBO + X \qquad (9)$$

حيث X – تمثل نسبة ضغط الربح ما بينIBO و OBO للترانسبوندروتختلف قيمتها من أجل حامل مفرد وعدة حوامل، تساوي 1.8dB للحامل المفرد [9,10].

بتعويض القيم العددية في العلاقة (9) نجد :

$$IBO = 17.121 - M_d \qquad (10)$$

نحسب الآن كثافة تدفق الإستطاعة المشعة العاملة للوصلة الصاعدة W بالعلاقةالتالية [1]:

$$W = SFD - IBO \qquad (11)$$

حيث :

W – Uplink Operational Flux Density كثافة تدفق الإستطاعة العاملة للوصلة الصاعدة.

SFD– Saturation Flux Density هي كثافة تدفق إستطاعة الاشباع من المحطة باتجاه الساتل وتساوي- 87 dB [4].

$$W = - 87 - 17.121 + M_d$$

$$W = -104.121 + M_d \qquad (12)$$

المحطة الأرضية :

- الإستطاعة المشعة الايزوتروبية المكافئة،للمحطة الارضية [1] :

$$EIRP_{station} = W + L_{up} - G_{1m}{}^2 - \beta_{up} + M_{up} \qquad (13)$$

تأخذ الرموز في هذه المعادلة نفس التعاريف السابقة لكنها للوصلة الصاعدة أما $G_{1m}{}^2$ – فهو ربح الهوائي مقدرا بالديسبل لكل متر مربع من مساحة سطحه ويحسب بالعلاقة التالية [1] :

$$GdB/1m^2 = 10\log\lambda + 20\log F + 20 \log d + 20.4dB \qquad (14)$$

حيث :

λ,d,F – هي مردود الهوائي (0.75, 0.55)، قطر الهوائي والتردد العامل مقدرا بالـGHz. على الترتيب [1,11]. نأخذ المردود 0.7 والقطر3.8 متر.

بتعويض القيم العددية في العلاقة السابقة نجد :

$$G_{dB/1m2} = 51.77dB$$

اذن :

$$EIRP_{station} = 48.759 + M_d + M_{up} \qquad (15)$$

- حساب نسبة الحامل الى درجة حرارة الضجيج للوصلة الصاعدة C/T :

$$(C/T)_{up} = EIRP_{station} - (G/T)_{sat} - L_{up} + \beta_{up} - M_{up} \qquad (16)$$

تؤخذ $(G/T)_{sat}$ مساوية 4.8dB وβ_{up} مساوية 0.6 dB [4] .

اذن :

$$(C/T)_{up} = -160.691 + M_d \qquad (17)$$

وللوصلة النازلة :

$$(C/T)_d = (EIRP)_{sat\text{-}op} - L_d + (G/T)_{sat} + \beta_d - M_d = - 160 \text{ dB/K}^o$$

الساتل:

· نسبة الحامل الى درجة حررة الضجيج عند تداخل أقنية الوصلتين الصاعدة والنازلة بنفس القناة $(C/T)_{co-ch}$ [1] :

$$(C/T)_{co-ch} = C/I +10\log (BW) -228.6dB \quad (18)$$

حيث :

C/I – نسبة الحامل الى تداخل الأقنية ويؤخذ مساوياdB 19 [5].

BW –عرض المجال المخصص للحامل ويساوي 278900Hz.

بتعويض القيم العددية في المعادلة السابقة نجد :

$$(C/T)_{co-ch} = -155.15dBW/K^0$$

· نسبة الحامل الى درجة حرارة الضجيج في الساتل بوجود التعديل البيني im.

$$(C/T)_{sat-im}=EIRP_{sat} -SAT_{im} +10 \log(4KHz) -192.5dB \quad (20)$$

حيث :

SAT_{im}- التعديل البيني في ترانسبوندر الساتل. تؤخذ قيمته عند حافة المجال وفق توصيات (Intelsat VII,ZONE/ZONE Beam) مساوية – 37.0dBW/4KHz [6].

بتعويض القيم العددية نجد :

$$(C/T)_{sat-im}= -141.721 +M_d \quad (21)$$

· نسبة الحامل الى درجة حرارة الضجيج لمضخم الإستطاعة في الساتل بوجود التعديل البيني :

$$(C/T)_{HPA-im} = (ERIP)_{stat} -A-X-192.6dBW/K^o \quad (22)$$

حيث :

X –عامل تصحيح ،يساوي 1.5dB [12].

A – ثابت يدل على قيمة التعديل البيني في مضخم الإستطاعة العالية ويحدد عند زاوية ارتفاع مقدارها 10^o درجات وعند حافة المجال، يساوي -21dB w/4KHz [13].

$$(C/T)_{HPA-im} = -160.841 + M_d \quad (23)$$

<u>نسبة الحامل الى درجة حرارة الضجيج للوصلة كاملة :</u>

تحسب هذه النسبة بالعلاقة التالية[1]:

$$1/(C/T)_{tot} = \{ 1/(C/T)_{up} +1/(C/T)_d + 1/(C/T)_{HPA} + +1/(C/T)_{Sat-im} + 1/(C/T)_{co-ch} \} \quad (24)$$

أو بالشكل:

$$10\log\{1/(C/T)_{tot}\}= 10 \log\{ 1/(C/T)_{up} +1/(C/T)_d + 1/(C/T)_{HPA} +1/(C/T)_{Sat-im} + 1/(C/T)_{co-ch} \}$$

(25)

<u>نسبة الحامل الى كثافة الضجيج(C/N_0) Carrier- to-Noise Density</u>

$$C/N_0 = (C/T)tot + 228.6\ dBK^0 \quad (26)$$

<u>نسبة الحامل الى الضجيج Carier-to-Noise Ratio (C/N)</u>

$$C/N = C/N_0 -10\log(BW) \quad (27)$$

$$= C/N_0 -54.454 \quad dB.Hz \quad (28)$$

حيث:

BW – عرض المجال الذي يشغله الحامل مقدرا بالهرتز.

نلاحظ أن المعادلات (5,8,10,12,17,21,23) تابعة لهامش الوصلة النازلة (margin) M_d الذي يمكن التحكم به في المحطة الأرضية كما أسلفنا لذا قمنا بحساب محددات الوصلة للأنظمة الثلاثة من أجل قيم M_d المختلفة. تبين الجداول (1,2,3) نتائج الحساب.

أما الجدول (4) فيبين حساب بارامترات الوصلة للنظام المقترح أستخدامه FEC=7/8 علما أن المؤسسة العربية للاتصالات الفضائية عرب سات مازالت تستخدم الأنظمة الثلاثة الأولى وبالأخص FEC=3/4 [14].

حساب الوصلة الفضائية

((FEC= 1/2

M_d	20.702	18.702	16.702	14.702	12.702	10.702
OBO	481.-0	1.519	3.519	5.519	7.519	9.519
IBO	1.319	3.319	5.319	7.319	9.319	11.319
(EIRP)sat.	33.181	31.181	29.181	27.181	25.181	23.181
W	-88.319	-90.319	-92.319	-94.319	-96.319	-98.319
(C/T)up	-142.989	-144.989	-146.989	-148.989	-150.989	-152.989
(C/T)d	-161.3	-161.3	-161.3	-161.3	-161.3	-161.3
(C/T)co-ch	155.145	155.145	155.145	155.145	155.145	155.145
(C/T)sat-im	-122.319	-124.319	-126.319	-128.319	-130.319	-132.319
$(C/T)_{HPA-im}$	-131.910	-133.910	-135.910	-137.910	-139.910	-141.910
(C/T)tot.	-162.033	-162.107	-162.14	-162.208	-162.235	-162.551
C/No	66.567	66.493	66.46	66.392	66.365	66.049
C/N	12.113	12.038	12.005	11.937	11.911	11.591

M_d	8.702	6.702	4.702	2.702	1.702	0.702
OBO	11.519	13.519	15.519	17.519	18.519	19.519
IBO	13.319	15.319	17.319	19.319	20.319	21.319
(EIRP)sat.	21.181	19.181	17.181	15.181	14.181	13.181
W	-100.319	-102.319	-104.319	-106.319	-107.319	-108.319
(C/T)up	-154.989	-156.989	-158.989	-160.989	-161.989	-162.989
(C/T)d	-161.3	-161.3	-161.3	-161.3	-161.3	-161.3
(C/T)co-ch	155.145	155.145	155.145	155.145	155.145	155.145
(C/T)sat-im	-134.319	-136.319	-138.319	-140.319	-141.319	-142.319
$(C/T)_{HPA-im}$	-143.910	-145.910	-147.910	-149.910	-150.910	-151.910
(C/T)tot.	-162.836	-163.279	-163.885	-164.700	-165.193	-165.742
C/No	65.764	65.321	64.715	63.900	63.407	62.858
C/N	11.309	10.866	10.260	9.445	8.952	404.8

حساب الوصلة الفضائية

((FEC= 2/3

M_d	20.702	18.702	16.702	14.702	12.702	10.702
OBO	-1.781	0.219	2.219	4.219	6.219	8.219
IBO	-3.581	-1.581	0.419	2.419	4.419	6.419
(EIRP)sat.	34.481	32.481	30.481	28.481	26.481	24.481
W	-83.419	-85.419	-87.419	-89.419	-91.419	-93.419
(C/T)up	-139.988	-141.988	-143.988	-145.988	-147.988	-149.988
(C/T)d	-160.9	-160.9	-160.9	-160.9	-160.9	-160.9
(C/T)co-ch	-155.1455	-155.1455	-155.1455	-155.1455	-155.1455	-155.1455
$(C/T)_{HPA-im}$	-140.139	-142.139	-144.139	-146.139	-148.139	-150.139
(C/T)sat-im	-121.017	-123.017	-125.017	-127.017	-129.017	-131.017
(C/T)tot.	-162.048	-162.080	-162.130	-162.207	-162.328	-162.513
C/No	66.552	66.520	66.470	66.393	66.272	66.087
C/N	12.097	12.065	12.0155	11.938	11.817	11.6325

M_d	8.702	6.702	4.702	2.702	0.702
OBO	10.219	12.219	14.219	16.219	18.219
IBO	8.419	10.419	12.419	14.419	16.419
(EIRP)sat.	22.481	20.481	18.481	16.481	14.481
W	-95.419	-97.419	-99.419	-101.419	-103.419
(C/T)up	-151.988	-153.988	-155.988	-157.988	-159.988
(C/T)d	-160.9	-160.9	-160.9	-160.9	-160.9
(C/T)co-ch	-155.1455	-155.1455	-155.1455	-155.1455	-155.1455
$(C/T)_{HPA-im}$	-152.139	-154.139	-156.139	-158.139	-160.139
(C/T)sat-im	-133.017	-135.017	-137.017	-139.017	-141.017
(C/T)tot.	-162.715	-163.197	-163.772	-164.552	-165.557
C/No	65.885	65.403	64.828	64.048	63.043
C/N	11.4305	10.9485	10.3735	9.5935	8.5885

حساب الوصلة الفضائية

(FEC= 3/4)

M_d	20.702	18.702	16.702	14.702	12.702	10.702
OBO	-1.581	0.419	2.419	4.419	6.419	8.419
IBO	0.219	2.219	4.219	6.219	8.219	10.219
(EIRP)sat.	34.281	32.281	30.281	28.281	26.281	24.281
W	-90.8	-92.8	-94.8	-96.8	-98.8	-100.8
(C/T)up	-141.589	-143.589	-145.589	-147.589	-149.589	-151.589

(C/T)d	-160.2	-160.2	-160.2	-160.2	-160.2	-160.2
(C/T)co-ch	-155.145	-155.145	-155.145	-155.145	-155.145	-155.145
(C/T)sat-im	-121.219	-123.219	-125.219	-127.219	-129.219	-131.29
$(C/T)_{HPA-im}$	-143.839	-145.839	-147..839	-149.839	-151.839	-153.839
(C/T)tot.	-161.350	-161.426	-161.544	-161.724	-161.994	-162.392
C/No	67.250	67.174	67.056	66.876	66.606	66.208
C/N	12.795	12.719	11.601	12.421	12.151	11.753

M_d	8.702	6.702	4.702	2.702	0.702
OBO	10.419	12.419	14.419	16.419	18.419
IBO	12.219	14.219	16.219	18.219	20.219
(EIRP)sat.	22.281	20.281	18.281	16.281	14.281
W	-102.8	-104.8	-106.8	-108.8	-110.8
(C/T)up	-153.589	-155.589	-157.589	-159.589	-161.589
(C/T)d	-160.2	-160.2	-160.2	-160.2	-160.2
(C/T)co-ch	-155.145	-155.145	-155.145	-155.145	-155.145
(C/T)sat-im	-133.219	-135.219	-137.219	-139.219	-141.219
$(C/T)_{HPA-im}$	-155.839	-157.839	-159.839	-161.839	-163.839
(C/T)tot.	-162.955	-163.656	-164.712	-165.931	-167.735
C/No	65.645	64.944	63.888	62.669	60.865
C/N	11.1905	10.4895	9.4335	8.2145	6.1135

حساب الوصلة الفضائية

((FEC =7/8

M_d	20.702	18.702	16.702	14.702	12.702	10.702
OBO	-2.481	-0.481	1.519	3.519	5.519	7.519
IBO	-0.681	1.319	3.319	5.319	7.319	9.319
(EIRP)sat.	35.181	33.181	31.181	29.181	27.181	25.181
W	-86.319	-92.8	-94.8	-96.8	-98.8	-100.8
(C/T)up	-140.989	-142.989	-144.989	-146.989	-148.989	-150.989
(C/T)d	-159.3	-159.3	-159.3	-159.3	-159.3	-159.3
(C/T)co-ch	-153.8656	-153.8656	-153.8656	-153.8656	-153.8656	-153.8656
(C/T)sat-im	-120.319	-122.319	-124.319	-126.319	-128.319	-130.319
$(C/T)_{HPA-im}$	-142.939	-144.939	-146.939	-148.939	-150.939	-152.939
(C/T)tot.	-160.326	-160.403	-160.521	-160.426	-160.695	-161.373
C/No	68.274	68.197	68.079	68.174	67.905	67.227
C/N	13.8195	13.7425	13.6245	13.7195	13.4505	12.7725

M_d	8.702	6.702	4.702	2.702	0.702

OBO	9.519	11.519	13.519	15.519	17.519
IBO	11.319	13.319	15.319	17.319	19.319
(EIRP)sat.	23.181	21.181	19.181	17.181	15.181
W	-102.8	-104.8	-106.8	-108.8	-110.8
(C/T)up	-152.989	-154.989	-156.989	-158.989	-160.989
(C/T)d	-159.3	-159.3	-159.3	-159.3	-159.3
(C/T)co-ch	-153.8656	-153.8656	-153.8656	-153.8656	-153.8656
(C/T)sat-im	-132.319	-134.319	-136.319	-138.319	-140.319
$(C/T)_{HPA-im}$	-154.939	-156.939	-158.939	-160.939	-162.939
(C/T)tot.	-161.194	-162.708	-163.702	-164.921	-166.344
C/No	67.406	65.892	64.898	63.679	62.256
C/N	12.9515	11.4735	10.4435	9.2245	7.8015

النتائج والتوصيات:

بناء على العلاقات الرياضية التي حصلنا عليها وعلى النتائج الحسابية المرتبة في الجداول الأربعة نلاحظ ما يلي:

1. تكون بعض المعاملات في الوصلة الفضائية ثابتة ولاتتأثر بتغيرات العاملM_d لأنها ثوابت في السائل تحددها الجهات الصانعة للقمر مثل:
   (C/T)d وكذلك (C/T)co-ch.
2. عندما تكون قيمةM_d كبيرة (20.702dB) فان الترانسبوندر في كل الأنظمة يعمل في المنطقة اللاخطية أي أن نقطة العمل تتجاوز نقطة الاشباع (OBO يأخذ قيما سالبة).
3. نحصل على أفضل قيم للعاملين (IBO& OBO) في الأنظمة الأربعة للنظام الذي يستخدم FEC=7/8 عندما يأخذ M_d قيما تنحصر بين(16.702dB-0.702dB) ،اذ نلاحظ من الجداول قيمة العاملين في هذا النظام أصغر من مثيلاتها في الأنظمة الأخرى.
4. عندما M_d =16.702 dB فاننا نحصل في النظام المقترح على نقطة عمل للترانسبوندر أقرب ما يمكن من نقطة الاشباع دون الوصول اليها (IBO=3.319dB&OBO=1.519dB) وهذا يعني انه عند هذه القيمة يمكن الاستفادة من كامل عرض المجال المستأجر تقريبا.
5. يعطي النظام المقترح أفضل($C/N\&C/N_0$ (من أجل كل قيم M_d باستثناء القيمتين الأخيرتين ،اذ يعطي النظامان الأول والثاني أفضلية بسيطة عند هاتين القيمتين.

مما سبق نقترح استخدام النظام الذي يستخدم FEC = 7/8 علىأن تأخذ M_d قيمة مساوية 16dB لأنه يمكننا من الأستثمار الأمثل للمجال الساتلي المستأجر وارسال أكبر كمية من المعلومات ذلك لأن FEC = 7/8 تعني استخدام سبع خانات للمعلومات من أصل ثمانية أما الخانة الثامنة فانها تستخدم لتصحيح الأخطاء. كما يقدم هذا النظام مناعة أفضل للضجيج من الأنظمة الأخرى وذلك على مجال واسع من قيم M_d.

المراجع :

.....

1. INTELSAT Earth Station Technology,Revision 5,June 1999.
2. IESS-410-First &Second Parts.
3. IESS-308-Appendix –D.
4. IESS-410-Appendix –A,D-tab (1,3-a).
5. IESS-410-tab 1-a.
6. IESS-410-tab 2-a,2-b.
7. INTELSAT HANDBOOK ON COMPRESSED TELEVISION ,Revesion 2,July 1999.
8. ITU report 564-2 ,1990 & report 721-1 ,1990.
9. IESS-410-Appendix D,B –tab-3, note 3A.
10. SSOG-308,Annex 7.
11. INTELSAT VSAT HANDBOOK ,September 1998.
12. IESS-601, tab –1.
13. IESS-402 ,tab – 1.
14. المؤسسة العربية للأتصالات الفضائية عرب سات –الدورة التدريبية حول تقنيات المحطات الأرضية. تونس: 14 ولغاية 26 يناير 2002.