

المساهمة في تحديد معايير اختيار منظومة الـ VSATs عند استخدامها لربط شبكات الاتصال

* الدكتور صادق علي

** الدكتور علي احمد

سهاد حلوم***

(تاريخ الإيداع 7 / 2 / 2007. قُبل للنشر في 20/5/2007)

□ الملخص □

يتضمن البحث دراسة منظومة الـ VSATs (Very Small Aperture Terminal) التي تستخدم لربط شبكات الاتصال وذلك عبر الأقمار الصناعية. تقدم هذه الدراسة تحليل للوصلة الفضائية المستخدمة لنقل الإشارات عند معدلات إرسال مختلفة (192-64-96-32 Kbps) باستخدام طرق تعديل متعددة (BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK) وكيفية اختيار أبعاد الهوائيات بما يضمن تحسين نسبة استطاعة البت إلى استطاعة الضجيج E_b/N_0 والتي تؤدي بدورها إلى تحسين نسبة استطاعة الحامل إلى استطاعة الضجيج C/N .

تم التوصل من خلال البحث إلى نتائج تساعد في اختيار أبعاد الهوائيات المستخدمة في منظومة الـ VSATs من أجل معدلات إرسال مختلفة وتقنيات تعديل رقمية مختلفة وذلك من أجل ضمان جودة الإشارة .

الكلمات المفتاحية: نظم الاتصالات الفضائية، الطرفية ذات الفتحة الصغيرة جداً VSAT، شبكات الطرفية ذات الفتحة الصغيرة جداً، نسبة الحامل إلى الضجيج C/N.

* أستاذ مساعد-قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.
** أستاذ مساعد-قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.
*** طالب ماجستير - قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.

Contribution to Defining the Methods of VSAT Systems Used in Connecting Telecommunication Networks

Dr. Sadek Ali *
Dr. Ali Ahmad **
Sohad Hlloum***

(Received 7 / 2 / 2007. Accepted 20/5/2007)

□ ABSTRACT □

This research is a study of VSAT systems which are used in connecting Telecommunication Networks by satellite communication system. The study includes a theoretical analysis of satellite link (up and down links) that transports the signals through different rates (32, 64, 96,192 kbps) and modulation (BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK) It also shows how to select antenna diameter to improve the value of energy per information bit to noise density (E_b/N_o), which in its turn improves the value of carrier to noise ratio (C/N).

The research comes up with some conclusions that would help in choosing the best suitable antenna diameter that is used in VSAT systems for different rates and modulation types to improve signal quality.

Keywords: Satellite communication, Very Small Aperture Terminal, VSAT network, Carrier-to- noise

* Associate professor, Department of Communication Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate Professor, Department of Communication Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Communication Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يتألف نظام الاتصال الفضائي من: جزء فضائي (space segment), يقوم بتخديم جزء أرضي (ground segment) تعتمد مواصفات كل جزء على طبيعة نظام الاتصال (نظام اتصال ثابت أو متحرك mobile) وبشكل عام يمكن القول إن نظام الاتصال الفضائي مكون من:

- (1) القمر الصناعي (الجزء الفضائي).
- (2) المحطات الأرضية (واحدة للإرسال وأخرى للاستقبال).

يوجد العديد من النماذج للمحطات الأرضية المستخدمة وإحدى هذه النماذج هي الطرفية ذات الفتحة الصغيرة جداً (VSAT) والتي تتصف بكلفة قليلة بالمقارنة مع بقية النماذج. التطبيقات الأساسية لشبكات VSATs تتضمن: شبكات الأعمال المصرفية، فنادق، خطوط طيران، بورصة، حكومة إلكترونية، المؤتمرات المباشرة، الشبكات الهاتفية.

الهدف من البحث:

نهدف من خلال هذه الدراسة تقديم شرحاً مختصراً للوصلة الفضائية المستخدمة لنقل الإشارات عند معدلات إرسال مختلفة 32-64-96-192 Kbps وكيفية اختيار أبعاد الهوائيات لمنظومة الـ VSATs بما يضمن تحسين نسبة استطاعة البت إلى استطاعة الضجيج E_b/N_0 والتي تؤدي بدورها إلى تحسين نسبة استطاعة الحامل إلى استطاعة الضجيج C/N .

تم التوصل إلى نتائج تساعد في اختيار أبعاد الهوائيات المستخدمة في منظومة الـ VSATs من أجل معدلات إرسال مختلفة وتقنيات تعديل رقمية مختلفة وذلك من أجل ضمان جودة الإشارة .

طريقة البحث:

دراسة وصلة فضائية لنقل إشارة باستخدام محطتي VSATs ذات معدلات إرسال صغيرة (32-64-96-192 Kbps) وذلك باستخدام أبعاد هوائيات متنوعة لمحطتي الإرسال والاستقبال حيث يتراوح قطر الهوائي بين (1-2m) وأيضاً باستخدام تقنيات تعديل رقمية مختلفة.

تم إجراء البحث في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات في العام 2006

•م

(1) طرفية الـ VSAT (Very Small Aperture Terminal) : [1]

الطرفية ذات الفتحة الصغيرة جداً أو ما يسمى المحطة الأرضية الصغيرة وعادة ما تستخدم كطرفية بعيدة في الشبكة حيث تقوم بتزويد المستخدم بخدمة تضاهي خدمة الشبكات الأرضية. وعادة تكون هذه الطرفية جزء من شبكة اتصال تعتمد على الترتيب الهرمي بحيث تحوي الشبكة عناصر أخرى والتي تكون عبارة عن محطات أرضية ذات حجوم أكبر والتي تسمى hub وتتميز بفتحات هوائي أكبر وعادة ما تستخدم للتحكم بمجموعة من محطات VSATs. حيث تكون طرفية VSAT عبارة عن جهاز اتصال مع هوائي صغير يتراوح قطره بين 0.35m و 3.5m .

(1-1) مكونات محطة الـ VSAT :

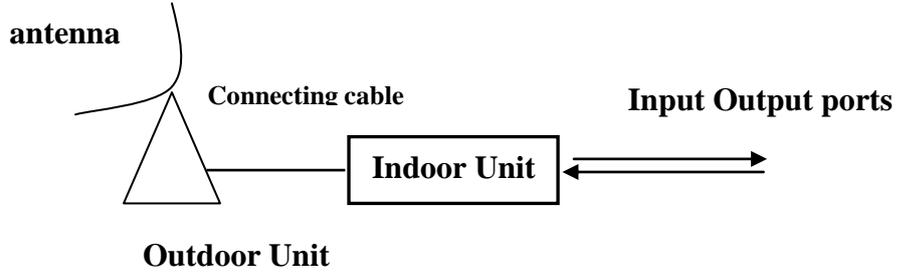
تتكون محطة الـ VSAT من: (1) هوائي (antenna).

(2) وحدة خارجية ODU (Out Door Unit).

(3) وحدة داخلية IDU (In Door Unit).

(4) كابلات الربط (connecting cable).

كما هو موضح بالشكل التالي:



الشكل (1) بنية طرفية VSAT

1-1-1 الهوائي (antenna):

عبارة عن هوائي صغير قطره أقل من 3m وله ربح أقل من ربح هوائيات المحطات الكبيرة الحجم واستطاعة أقل أيضاً.

1-1-2 الوحدة الخارجية ODU:

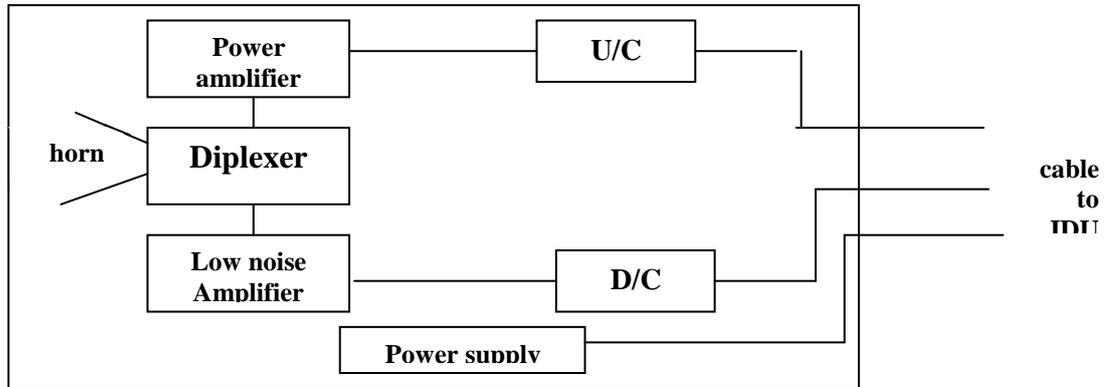
تقوم هذه الوحدة بتضخيم للوصلتين الصاعدة والهابطة وذلك عبر مضخم الإرسال ل (SSPA)

(Solid State Power Amplifier) ومضخم الاستقبال المنخفض الضجيج LNA

(Low Noise Amplifier) و تحويل التردد للوصلتين الصاعدة والهابطة عبر المحولات للوصلة الصاعدة Up

(converter) U/C (Down converter) D/C كما هو مبين بالشكل (2) حيث تمثل هذه الوحدة

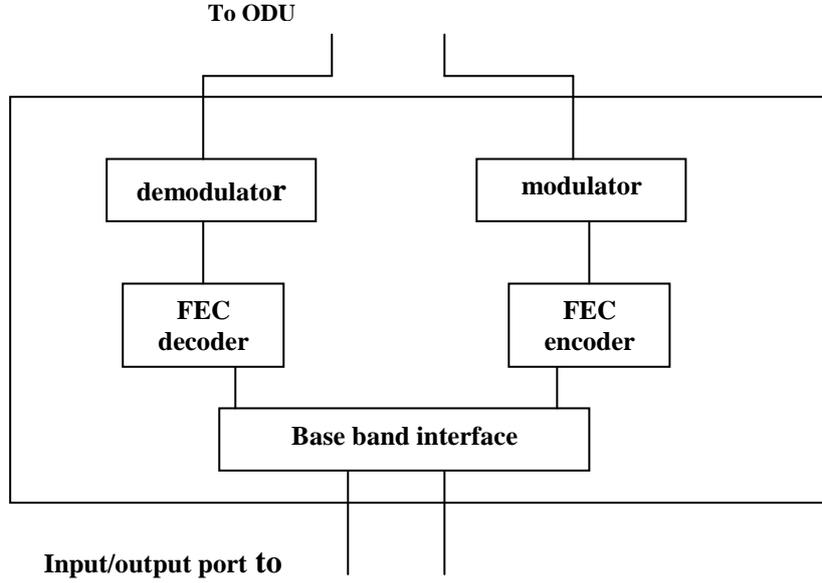
جهاز الإرسال والاستقبال لأنها تتضمن كل من SSPA و LNA .



الشكل (2) بنية الوحدة الخارجية ODU

1-1-3 الوحدة الداخلية IDU :

تمثل واجهة الربط مع المستخدم حيث يمثل خرجها الإشارة الأصلية بعد فك تعديلها والتي تحمل معلومات المستخدم ويمثل دخلها الإشارة التي يجب أن ترسل عبر القمر الصناعي. بتحديد أكبر فإن هذه الوحدة هي الواجهة للربط مع الشبكة المحلية.



الشكل (3) بنية الوحدة الداخلية IDU

1-2 تقنيات الوصول إلى القمر الصناعي لشبكات [2]: VSATs

يوجد ثلاث تقنيات مستخدمة هي :

1-2-1 شبكات VSAT ذات تقنية تخصيص حامل ترددي لكل قناة (SCPC VSAT) (single channel per carrier):

تستخدم في هذا النوع طريقة الوصول المتعدد بالتقسيم الترددي FDMA (Frequency Division Multiple Access) مع قناة واحدة لكل حامل SCPC وتعمل هذه التقنية في الشبكتين النجمية والمختلطة حيث تستخدم تقنية الوصول المتعدد بالتخصيص عند الطلب DAMA (Demand Assignment Multiple Access) وذلك عند نقل الصوت وهذا يزيد من فاعلية المجال الترددي للترانسبوندر وهو مناسب من أجل شبكات الهاتف الريفي.

1-2-2 شبكات VSAT ذات تقنية الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني (Time TDMA VSAT) (Division Multiple Access):

نستخدم في هذا النوع محطة HUB أو محطة رئيسة وعدد من طرفيات VSATs البعيدة حيث تستخدم هذه التقنية في الشبكات النجمية. يستخدم الاتصال الداخل (من الطرفية البعيدة إلى المحطة المركزية) تقنية الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني TDMA ويكون بمعدلات تتراوح من 32Kbps إلى 112Kbps بينما يستخدم الاتصال الخارج (من المحطة المركزية إلى الطرفيات البعيدة) تقنية التجميع بالتقسيم الزمني TDM ويكون بمعدل يتراوح من 56kbps إلى 1.544Mbps.

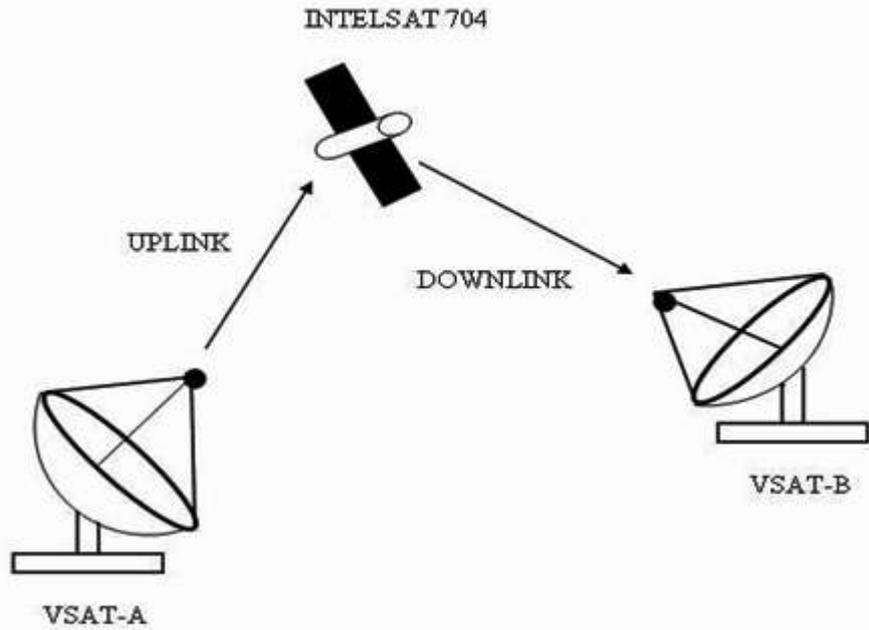
(1-2-3) شبكات VSAT ذات تقنية الوصول المتعدد بتقسيم الكود (Code Division CDMA VSAT**:Multiple Access)**

تستخدم هذه التقنية محطة مركزية ومحطات بعيدة وتستخدم هذه التقنية في الشبكات النجمية حيث تستخدم تقنية الوصول المتعدد بتقسيم الكود CDMA وذلك عن طريق نشر طيف الإشارة .

(2) دراسة جودة الإشارة لوصلة فضائية باستخدام محطتي VSATs ذات معدلات إرسال مختلفة:

دراسة وصلة فضائية لنقل إشارة باستخدام محطتي VSATs ذات معدلات إرسال صغيرة (32-64-96-192 Kbps) وذلك باستخدام أبعاد هوائيات متنوعة لمحطتي الإرسال والاستقبال حيث يتراوح قطر الهوائي بين (1-2m) وأيضاً يتم استخدام تقنيات تعديل رقمية مختلفة.

يتم الاتصال بين محطتي الـ VSATs عبر القمر الصناعي INTELSAT 704 الذي يتوضع عند 66 درجة شرقاً. تعرف وصلة القمر الصناعي على أنها وصلة محطة الإرسال الأرضية-القمر الصناعي محطة الاستقبال الأرضية وتعرف الوصلة الصاعدة Uplink على أنها الجزء الذي يتألف من المحطة المرسله والقمر الصناعي وتعرف الوصلة الهابطة down link على أنها الجزء الذي يتألف من القمر الصناعي ومحطة الاستقبال الأرضية كما في الشكل(4).[1]



الشكل(4)

2-1) بارامترات الجزء الفضائي: [3,4,5]

يتم الاتصال بين محطتي الـ VSATs عبر القمر الصناعي INTELSAT 704 الذي يتوضع عند 66 درجة شرقاً وباستخدام مناطق تغطية نصف كروية HIME لكلا المحطتين:

الجدول (1) بارامترات الجزء الفضائي

EIRP _{saturation}	32.8 dBw
عرض المجال الترددي	36 MHz
SFD	-87 dBw/m ²
G/T	8.7dB/k
C/I	17dB
X	1.8

2-2 ثوابت محطتي [6] VSATs:

نأخذ توضع المحطتين بشكل اختياري أما بقية الثوابت فهي وفق توصيات INTELASAT EARTH STATION

الجدول (2) ثوابت محطتي VSATs

محطة الاستقبال B	محطة الإرسال A	التوضع
(31.7)° E	خط طول (32.5)° E	
(5.0)°N	خط عرض (15.5)°N	
$\beta_d=1.7\text{dB}$	$\beta_{UP}=2.5\text{ dB}$	عامل بيتا
(49.63)°	(49.46)°	زاوية الارتفاع

حيث عامل بيتا (β) يعتمد على موقع المحطة الأرضية داخل منطقة التغطية للقمر الصناعي. [4]

2-3 ثوابت الحامل [7]

الجدول (3) ثوابت الحامل

FEC	3/4
التردد العامل (F_{UP}/F_d)	6.0237650/3.798765 GHz

2-4 حساب المسافة بين المحطتين والقمر وفق العلاقة التالية: [8]

$$D = [r^2 + s^2 - 2 * r * s * \cos(c)]^{1/2} \quad (1)$$

إذ إن المعامل c يعطى بالعلاقة التالية:

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

1- بعد محطة الإرسال A عن القمر الصناعي INTELASAT 704 تحسب من العلاقاتين (1,2):

إذ إن :

r: نصف قطر الأرض عند خط الاستواء ويساوي (6378.14Km) .

s: نصف قطر مدار القمر الصناعي (42164.57Km).

x₁: خط عرض المحطة الأرضية ويساوي (15.5)° من الجدول (2).

x₂: موقع القمر الصناعي ويساوي (66)°.

x₃: خط طول المحطة الأرضية ويساوي (32.5)° من الجدول (2).

بتعويض القيم العددية بالعلاقاتين (1),(2) نجد:

$$C_A = (36.4890)^\circ$$

$$D_A=37230.220 \text{ Km}$$

2- بعد محطة الاستقبال B عن القمر الصناعي INTELSAT 704 :

باستخدام نفس العلاقاتين السابقتين وتعويض ثوابت المحطة B نحصل على مايلي:

$$C_B=(34.31)^\circ$$

$$D_B=37094.930 \text{ Km}$$

2-5) حساب الضياعات للوصلتين الصاعدة والهابطة:

تحسب الضياعات للوصلتين الصاعدة والهابطة بالعلاقات التالية: [8]

1- للوصلة الصاعدة:

$$L_{up}=20\log D_A+20\log F_{UP}+92.5 \text{ dB} \quad (3)$$

إذ إن :

D_A [km]: بعد المحطة A عن القمر الصناعي ومحسوبة مما سبق.

F_{UP} [GHZ]: تردد الوصلة الصاعدة حيث $F_{UP}=6.0237650 \text{ GHZ}$ من الجدول (3).

بتعويض القيم العددية في العلاقة (3) نجد:

$$L_{up}=199.515 \text{ dB}$$

2- للوصلة الهابطة:

$$L_d=20\log D_B+20\log F_d+92.5 \text{ dB} \quad (4)$$

إذ إن :

D_B [km]: بعد المحطة B عن القمر الصناعي ومحسوبة مما سبق.

F_d [GHZ]: تردد الوصلة الهابطة حيث $F_{UP}=3.7987650 \text{ GHZ}$ من الجدول (3).

بتعويض القيم العددية في العلاقة (4) نجد:

$$L_d=195.479 \text{ dB}$$

2-6) حساب ربح الهوائي لمحطة الاستقبال VSAT-B :

تعطى علاقة الربح للهوائي بالشكل التالي: [8]

$$G_{r[db]}=10\log \eta +20 \log F_d+20\log d +20.4 \quad (5)$$

إذ إن:

η : مردود الهوائي ويعتمد على التصنيع وتتراوح قيمه بين (50-75)%. نأخذ قيمته في هذه الدراسة [1] 75%

F_d [GHZ]: تردد الوصلة الهابطة حيث $F_d=3.7987650 \text{ GHZ}$ من الجدول (3).

d [m]: قطر هوائي محطة الاستقبال الأرضية.

بتعويض القيم العددية في العلاقة (5) نحصل على العلاقة التالية:

$$G_{r[db]}= -1.25+12.04+20\log d+20.4$$

$$G_{r[db]}= 31.19+20\log d \quad (6)$$

نلاحظ أن هذه العلاقة تربط بين الربح وقطر الهوائي .

2-7) حساب نسبة الربح إلى درجة حرارة الضجيج الخاصة بمحطة الاستقبال الأرضية G/T:

تعطى نسبة الربح إلى درجة حرارة الضجيج الخاصة بمحطة الاستقبال الأرضية G/T وفق العلاقة التالية: [8]

$$(G/T)_{r[db/k]}= G_{r[db]}- 10\log T_{sys[k]} \quad (7)$$

إذ إن :

$G_{r[dB]}$: ربح هوائي الاستقبال من العلاقة (6) .

$T_{sys[k]}$: درجة حرارة الضجيج للنظام وتعطى بالعلاقة:

$$T_{sys}=T_{ant}+T_{LNA}+T_F \quad (8)$$

إذ إن :

T_{ant} : درجة حرارة الضجيج للهوائي وهي تابع لزاوية الارتفاع وتحدد قيمتها من جداول خاصة [8] $T_{ant}=17\text{ K}$

T_F : درجة حرارة الضجيج للمغذي ($T_F=1\text{ K}$) . [8]

$T_{LNA}=45\text{ K}$ درجة حرارة الضجيج للمضخم المنخفض الضجيج حددت قيمتها من جداول خاصة. [8]

بتعويض القيم العددية في العلاقة (8) نجد:

$$T_{sys}=63\text{ K}$$

بالتعويض بالعلاقة (7) :

$$(G/T)_{r[dB/k]}= G_{r[dB]}-17.99 \quad (9)$$

2-8 حساب الاستطاعة المشعة المكافئة للعامل للصناعي $EIRP_{SAT}$

: (Equivalent Istropically Radiated Power)

تحتسب الاستطاعة المشعة الأيزوتروبية المكافئة للقمر الصناعي بالعلاقة التالية: [8]

$$EIRP_{SAT[dBW]}=C/T_{[dB/k]} - (G/T)_{r[dB]} - \beta_{d[dB]} + L_{d[dB]} + M_{d[dB]} \quad (10)$$

إذ إن :

C/T : نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج وتعتمد على قيمة معدل الإرسال المستخدم وتحدد من جداول خاصة متعلقة بالجهة المصنعة للقمر الصناعي. من أجل دراستنا ننقيد بتوصيات الانتلسات التي تعطى بالجدول التالي [4] .

الجدول(4)علاقة C/T مع معدل الإرسال R حسب توصيات الانتلسات

R(bps)	32	64	96	192
C/T(dB/K)	-172.0	-169.5	-167.0	-164.8

$\beta_d=1.7\text{ dB}$ من الجدول (2) .

$L_d=195.497\text{ dB}$ من العلاقة (4).

M_d : استطاعة احتياطية يتم التحكم بقيمتها لتعويض الضياعات الناتجة عن الأمطار والغبار والفراغ

الحر والغلاف الجوي وخطاً التوجيه حيث تعطى بالعلاقة:

$$M_d=L_1+L_2+L_3 \quad (11)$$

إذ إن :

L_1 : الضياعات الناتجة عن التخمد الناتج عن المطر للوصلة الهابطة ويعتمد على التردد المستخدم وزاوية

الارتفاع وتحدد من جداول خاصة $L_1=0.17\text{ dB}$. [8]

L_2 : الضياعات الناتجة عن الغلاف الجوي للوصلة الهابطة ويعتمد على التردد المستخدم وتحدد من جداول

خاصة $L_2=0.25\text{ dB}$. [8]

L_3 : ضياعات الملاحقة وتكون هنا معدومة بالنسبة للهوائيات الصغيرة والثابتة . [8]

بتعويض قيم الضياعات في العلاقة (11) نجد:

$$M_d=0.42\text{ dB}$$

و بالتعويض في العلاقة (10) :

$$EIRP_{SAT[dBW]} = C/T_{[dB/k]} - (G/T)_r[dB] + 194.99_{[dB]} \quad (12)$$

2-9) حساب مقدار التراجع عن نقطة الإشباع لخرج الترانسبوندر للقمر الصناعي

(Output Back Off)OBO:

إن مضخم الاستطاعة العالية HPA من العناصر اللاخطية وبالتالي يجب أن تكون نقطة العمل لخرج الترانسبوندر تحت نقطة الإشباع لتجنب التشوهات اللاخطية وهذا يتطلب تراجع على دخل الترانسبوندر (Input Back Off) IBO والذي يقابله تراجع على خرجه OBO وذلك للحصول على نقطة العمل الصحيحة .حيث يعطى تراجع الخرج(OBO) بدلالة تراجع الدخل (IBO) بالعلاقة التالية:[8]

$$OBO_{[dB]} = IBO_{[dB]} - X_{[dB]} \quad (13)$$

إذ إن :

X: تمثل نسبة ضغط الريح ما بين IBO و OBO للترانسبوندر وتختلف قيمتها من أجل حامل مفرد و عدة

حوامل وتساوي 1.8dB للحامل المفرد .[9]

أما علاقة OBO فتعطى بالشكل التالي:[1]

$$OBO = EIRP_{saturation[dBw]} - EIRP_{operation[dBw]} \quad (14)$$

إذ إن:

$EIRP_{saturation}$: الاستطاعة المشعة الايزوتروبية المكافئة عند عمل الترانسبوندر في منطقة الإشباع وهي

تساوي 32.8dBW من الجدول (1). [3]

$EIRP_{operation}$: الاستطاعة المشعة المكافئة العاملة للقمر الصناعي من العلاقة (12).

بالتعويض في العلاقة (14) نجد :

$$OBO = 32.8 - EIRP_{SAT} \quad (15)$$

ومن العلاقة (13) بتعويض قيمة X نحصل على:

$$IBO = OBO + 1.8 \quad (16)$$

2-10) حساب كثافة تدفق الاستطاعة المشعة العاملة W للوصلة الصاعدة :

تعطى كثافة تدفق الاستطاعة المشعة العاملة W للوصلة الصاعدة بالعلاقة التالية:[8]

$$W_{[dBw/m^2]} = SFD_{[dBw/m^2]} - IBO_{[dB]} \quad (17)$$

إذ إن:

SFD: هي كثافة تدفق استطاعة الإشباع من المحطة باتجاه القمر الصناعي وتساوي $-87dBW/m^2$

من الجدول (1). [3]

بالتعويض في العلاقة (17) نجد :

$$W_{[dBw/m^2]} = -87.0 - IBO_{[dB]} \quad (18)$$

2-11) حساب الاستطاعة المشعة الايزوتروبية للمحطة الأرضية المرسلية $EIRP_{TX STATION}$:

تعطى الاستطاعة المشعة الايزوتروبية للمحطة الأرضية المرسلية بالعلاقة التالية: [8]

$$EIRP_{TX\ station[dBW]} = W_{[dBw/m^2]} + L_{UP[dB]} - G_{1m^2[dBm^2]} - \beta_{up[dB]} + M_{up[dB]} \quad (19)$$

إذ إن:

$$G_{1m^2} : \text{هو ربح الهوائي لكل متر مربع من سطحه مقدراً بالديسبل والذي يعطى بالعلاقة التالية: [8]}$$

$$G_{1m^2[dBm^2]} = 10 \log \eta + 20 \log F_{UP[GHZ]} + 20 \log d_{[m]} + 20.4_{[dB]} \quad (20)$$

إذ إن:

η : مردود الهوائي ويساوي هنا 100% لكل $1m^2$. [8].

$F_{UP[GHZ]}$: تردد الوصلة الصاعدة حيث $F_{UP}=6.0237650$ GHz من الجدول (3).

بالتعويض بالقيم العددية في العلاقة (20) نجد:

$$G_{1m^2} = 37 \text{ dBm}^2$$

و لدينا من العلاقة (3): $L_{up}=199.515 \text{ dB}$

ومن الجدول (2) لدينا: $\beta_{up} = 2.5 \text{ dB}$

M_{UP} : استطاعة احتياطية يتم التحكم بقيمتها لتعويض الضياعات الناتجة عن الأمطار والغبار والفراغ الحر والغلاف الجوي وخطأ التوجيه حيث تعطى بالعلاقة:

$$M_{UP} = L_1 + L_2 + L_3 \quad (21)$$

إذ إن:

L_1 : الضياعات الناتجة عن التخميد الناتج عن المطر للوصلة الصاعدة ويعتمد على التردد المستخدم وزاوية

الارتفاع وتحدد من جداول خاصة $L_1=0.20\text{dB}$. [8]

L_2 : الضياعات الناتجة عن الغلاف الجوي للوصلة الصاعدة ويعتمد على التردد المستخدم وتحدد من جداول

خاصة $L_2=0.33 \text{ dB}$. [8].

L_3 : ضياعات الملاحقة وتكون هنا معدومة بالنسبة للهوائيات الصغيرة والثابتة. [8].

بتعويض قيم الضياعات بالعلاقة (21) نجد: $M_{UP} = 0.53 \text{ dB}$

بتعويض القيم العددية بالعلاقة (19) نجد:

$$EIRP_{TX\ station[dBW]} = W_{[dBw/m^2]} + 160.545_{[dBm^2]} \quad (22)$$

2-12 حساب الاستطاعة المطلوبة على خرج مضخم الاستطاعة العالية (HPA)

(High Power Amplifier) لمحطة الإرسال الأرضية:

تعطى الاستطاعة المطلوبة على خرج مضخم الاستطاعة العالية (HPA) لمحطة الإرسال الأرضية بالعلاقة

التالية: [8]

$$P_{HPA[dBW]} = EIRP_{TX\ station[dBW]} - G_{TX[dB]} + L_f[dB]$$

إذ إن:

L_f : الضياع الناتج عن المغذي ويساوي 1dB . [8]

G_{TX} : ربح هوائي محطة الإرسال والذي يعطى بالعلاقة التالية: [8]

$$G_{TX} = 10 \log \eta + 20 \log F_{UP} + 20 \log d + 20.4 \quad (24)$$

إذ إن:

η : مردود الهوائي ويعتمد على التصنيع وتتراوح قيمه بين (50-75)%. نأخذ قيمته في هذه الدراسة 75% [11].

F_{UP} [GHZ]: تردد الوصلة الهابطة حيث $F_{UP}=6.0237650$. GHZ من الجدول (3).

d [m]: قطر هوائي محطة الإرسال الأرضية.

بتعويض القيم العددية في العلاقة (24) نحصل على العلاقة التالية:

$$G_{TX} = 34.41 + 20 \log d \quad (25)$$

نلاحظ أن هذه العلاقة تربط بين الريح وقطر الهوائي لمحطة الإرسال. بإجراء الحساب على أقطار مختلفة وذلك بافتراض أننا نستخدم الأبعاد نفسها لهوائيات المحطتين (نفس النموذج لمحطتي VSATs) بتعويض قيم

$EIRP_{TX}$ و G_{TX} المقابلة لأقطار هوائيات مختلفة في المعادلة (23) نحصل على قيم P_{HPA} .

2-13 حساب نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج للوصلة الصاعدة $(C/T)_{up}$:

تعطى العلاقة لحساب نسبة الحامل إلى الضجيج للوصلة الصاعدة بالشكل: [8]

$$(C/T)_{up[dB/k]} = EIRP_{TX} + (G/T)_{SAT} - L_{up} + \beta_{up} - M_{up} \quad (26)$$

إذ إن:

$(G/T)_{SAT}$: نسبة الريح إلى درجة حرارة الضجيج للقمر وتحدد من الجهة المصنعة للقمر الصناعي وتكون

مساوية لـ $-8.7dB$ في دراستنا. [3]

بقية الحدود مشروحة سابقاً.

بتعويض القيم العددية في العلاقة (26) نجد:

$$(C/T)_{up} = EIRP_{TX} - 206.245 \quad (27)$$

2-14 حساب نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج للوصلة الهابطة $(C/T)_d$:

تعطى العلاقة لحساب نسبة الحامل إلى الضجيج للوصلة الهابطة بالشكل: [8]

$$(C/T)_{d[dB/k]} = EIRP_{SAT} + (G/T)_r - L_d + \beta_d - M_d \quad (28)$$

إن قيم $EIRP_{SAT}$ و $(G/T)_r$ موضحة بالعلاقتين (9,12) على التوالي وبقيّة الحدود محسوبة سابقاً. بتعويض

القيم العددية في العلاقة (28) نجد:

$$(C/T)_d = EIRP_{SAT} + (G/T)_r - 196.76 \quad (29)$$

2-15 حساب نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج في القمر الصناعي بوجود التعديل البيني $(C/T)_{sat-im}$:

تعطى نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج في القمر الصناعي بوجود التعديل البيني بالعلاقة التالية: [8]

$$(C/T)_{sat-im[dBw/k]} = EIRP_{SAT} - SAT_{im} + 10 \log 4 \text{ KHZ} + 10 * \log k \quad (30)$$

$$(C/T)_{sat-im} = EIRP_{SAT} - SAT_{im} + 10 \log 4 \text{ KHZ} - 288.6dBw$$

إذ إن:

K : ثابت بولتزمان حيث $10 * \log k = -288.6 \text{ dBw}$

SAT_{im} : التعديل البيني في ترانسبوندر القمر الصناعي حيث تؤخذ قيمته عند حافة منطقة التغطية وفق

توصيات (INTELSAT VII, HIME/HIME BEAM) وتساوي [5] $-37dBW/4KHZ$.

$$(C/T)_{sat-im} = EIRP_{SAT} - (-37) - 192.5dB$$

بتعويض القيم العددية في العلاقة (30) نجد:

$$(C/T)_{sat-im[dBw/k]} = EIRP_{SAT} - 155.5 \quad (31)$$

2-16) حساب نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج عند تداخل الأتنية للوصلتين الصاعدة والهابطة بنفس القناة (C/T)_{co-ch} :

تعطى نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج عند تداخل الأتنية للوصلتين الصاعدة والهابطة بالقناة نفسها بالعلاقة التالية: [8]

$$(C/T)_{co-ch} = C/I + 10 \log(BW) - 228.6 \quad (32)$$

إذ إن :

BW: عرض المجال الترددي الذي يشغله الحامل مقدراً بـ HZ وتعتمد على قيمة معدل الإرسال المستخدم وتحدد من جداول خاصة متعلقة بالجهة المصنعة للقمر الصناعي .من أجل دراستنا تعطى بالجدول التالي . [7]

الجدول(5)علاقة عرض الحزمة الترددية **BW** مع معدل الإرسال **R** حسب توصيات الانتلسات

R(bps)	32	64	96	192
BW(HZ)	25600	51200	76800	153600

C/I: نسبة الحامل إلى تداخل الأتنية تحدده الجهة المصنعة للقمر الصناعي ويؤخذ مساوي 17.0 dB من

الجدول خاصة من أجل دراستنا . [4]

بتعويض القيم العددية بالعلاقة (31) نجد :

$$(C/T)_{co-ch} = 10 \log(BW) - 211.6 \quad (33)$$

2-17) حساب نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج لمضخم الاستطاعة في القمر الصناعي بوجود التعديل

البيني (C/T)_{HPA-im} :

تؤخذ هذه القيمة بالاعتبار عندما يكون تراجع الخرج (OBO) لمضخم الاستطاعة العالية HPA أقل من 7dB عند العمل بعدة حوامل . لكن في دراستنا نعتبر أن $OBO > 7 \text{ dB}$ لذلك نهمل هذه الخطوة. [8]

2-18) حساب نسبة الحامل إلى درجة حرارة الضجيج للوصلة كاملة (C/T)_{tot} :

تعطى نسبة الحامل إلى الضجيج للوصل كاملة بالعلاقة التالية: [8]

$$1/(C/T)_{tot} = 1/(C/T)_{up} + 1/(C/T)_d + 1/(C/T)_{co-ch} + 1/(C/T)_{sat-im} + 1/(C/T)_{HPA-im} \quad (34)$$

أو بالعلاقة:

$$10 \log[1/(C/T)_{tot}] = 10 \log[1/(C/T)_{up} + 1/(C/T)_d + 1/(C/T)_{co-ch} + 1/(C/T)_{sat-im} + 1/(C/T)_{HPA-im}] \quad (35)$$

حيث جميع الحدود بالقيم العددية.

2-19) حساب نسبة الحامل إلى كثافة الضجيج (C/N_o) :

تحسب نسبة الحامل إلى كثافة الضجيج بالعلاقة التالية: [8]

$$C/N_{o[dB.Hz]} = (C/T)_{tot} + 228.6 \quad (36)$$

2-20) حساب نسبة الحامل إلى الضجيج (C/N) :

تحسب نسبة الحامل إلى الضجيج بالعلاقة التالية: [8]

$$C/N_{[dB]} = C/N_o - 10 \log(BW) \quad (37)$$

إذ إن :

BW: عرض المجال الترددي الذي يشغله الحامل مقدر بـ HZ تحدد قيمته من الجدول (5) .

2-21) حساب نسبة الحامل إلى الضجيج (C/N) من أجل طرق تعديل مختلفة للحامل:**(A) تعديل BPSK :**

تعطى استطاعة البت إلى كثافة الضجيج بالعلاقة التالية: [8]

$$E_b/N_0 = C/N_0 - 10 \log (R) \quad (38)$$

إذ إن:

R: معدل الإرسال.

من العلاقتين (38,37) نحصل على العلاقة التالية:

$$C/N = E_b/N_0 - 10 \log (BW/Z * BW) \quad (39)$$

وذلك باعتبار أن:

$$R = Bw * Z \quad (40)$$

إن قيمة Z تعتمد على نوع التعديل والتي تعبر عن عدد البتات المرسل في كل عينة وتعطى بدلالة مستويات

الإشارة المرسل M بالشكل التالي:

$$Z = \log_2 M \quad (41)$$

ففي التعديل BPSK يكون لدينا:

وبالتعويض في العلاقة (41) نجد : Z=1

بتعويض قيمة Z بالعلاقة (39) نجد: C/N=E_b/N₀**(B) تعديل QPSK :**

في التعديل QPSK تكون قيمة M بالشكل : M = 4

وبالتعويض في العلاقة (41) نجد : Z=2

بتعويض قيمة Z بالعلاقة (39) نجد :

$$C/N = E_b/N_0 - 10 \log R/2 * R$$

$$C/N = E_b/N_0 - 10 \log 0.5$$

$$C/N = E_b/N_0 + 3.0103 \quad (42)$$

ملاحظة: نعتبر أن E_b/N₀ ثابت لمختلف أنواع التعديل (نحصل عليه باعتبار أن قيمته هي نفسها C/N في

حالة التعديل BPSK والناجمة من العلاقة (37)).

(C) تعديل 8PSK :

في التعديل 8PSK يكون لدينا : M = 8

وبالتعويض في العلاقة (41) نجد : Z=3

بتعويض قيمة Z بالعلاقة (39) نجد :

$$C/N = E_b/N_0 - 10 \log R/3 * R$$

$$C/N = E_b/N_0 - 10 \log 0.3333$$

$$C/N = E_b/N_0 + 4.7712 \quad (43)$$

(D) تعديل 16PSK :

في التعديل 16PSK يكون لدينا: M = 16

وبالتعويض في العلاقة (41) نجد : Z=4

بتعويض قيمة Z بالعلاقة (39) نجد :

$$C/N = E_b/N_0 - 10 \log R/4 * R$$

$$\begin{aligned} C/N &= E_b/N_o - 10 \log 0.25 \\ C/N &= E_b/N_o + 6.0206 \end{aligned} \quad (44)$$

(E) تعديل 32PSK :

في التعديل 32PSK لدينا: $M=32$

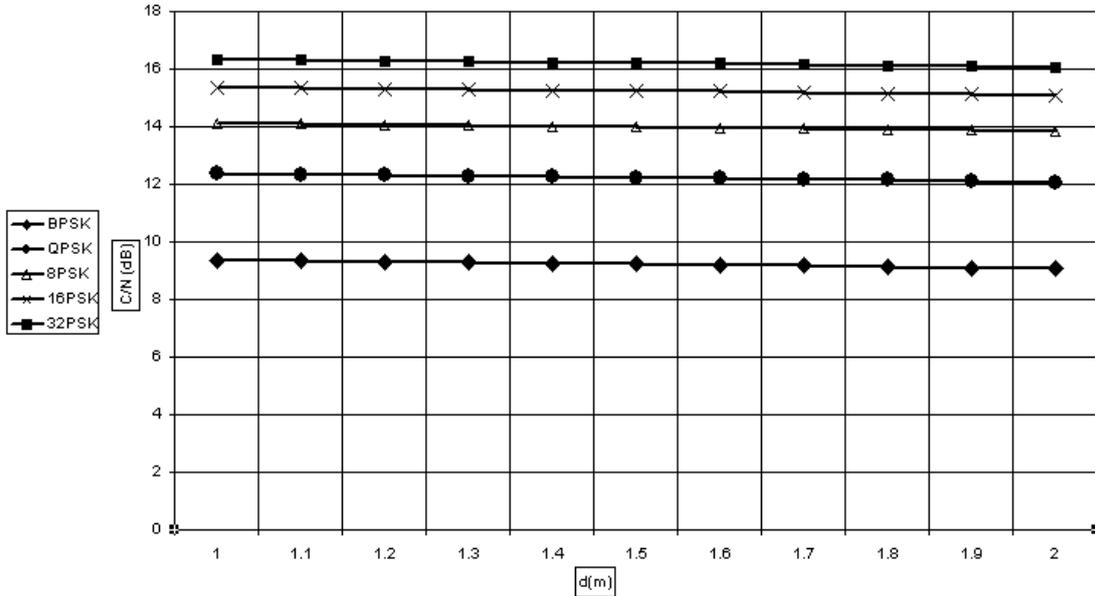
وبالتعويض في العلاقة (41) نجد: $Z=5$

بتعويض قيمة Z بالعلاقة (39) نجد :

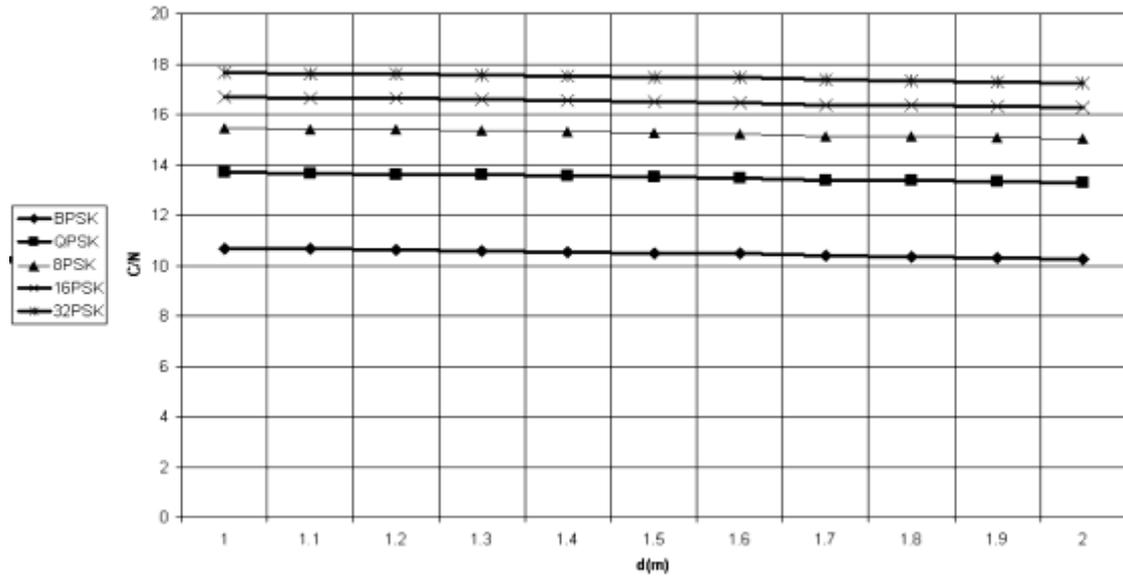
$$\begin{aligned} C/N &= E_b/N_o - 10 \log R/5 * R \\ C/N &= E_b/N_o - 10 \log 0.2 \\ C/N &= E_b/N_o + 6.9897 \end{aligned} \quad (45)$$

(3) تطبيق الدراسة من أجل أبعاد مختلفة لهوائي المحطتين:

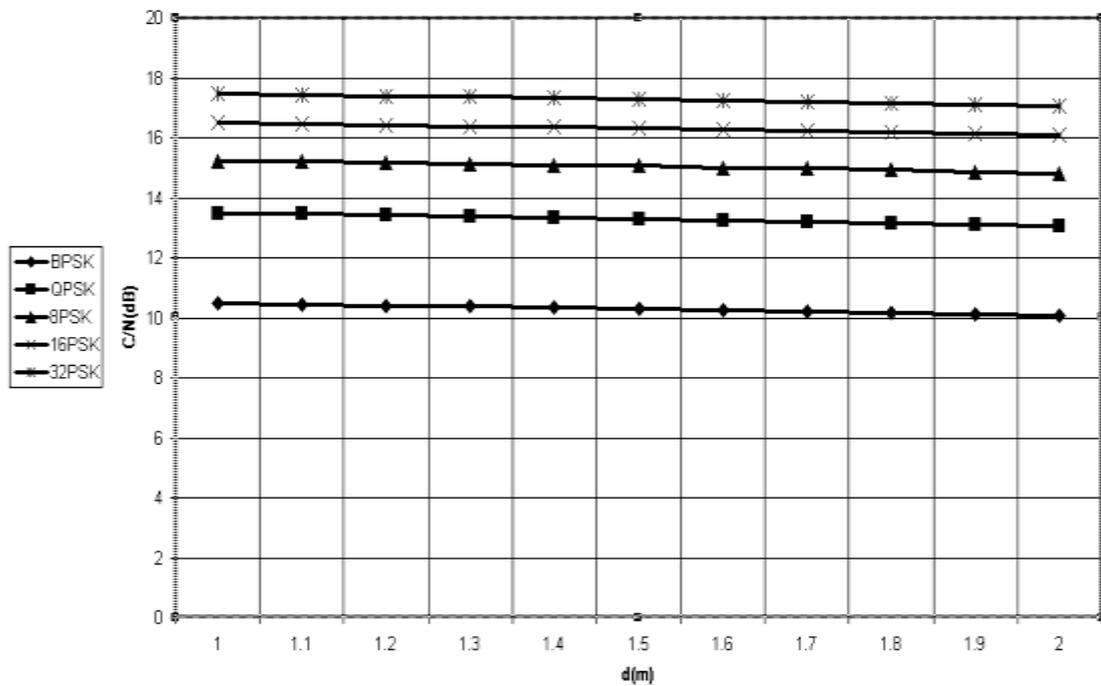
بإجراء الحساب على أقطار مختلفة وذلك بافتراض أننا نستخدم الأبعاد نفسها لهوائيات المحطتين (نفس النموذج لمحطتي VSATs) وباستخدام لغة البرمجة Matlab6 نحصل على الأشكال البيانية للبارامترات الأساسية الهامة التالية:



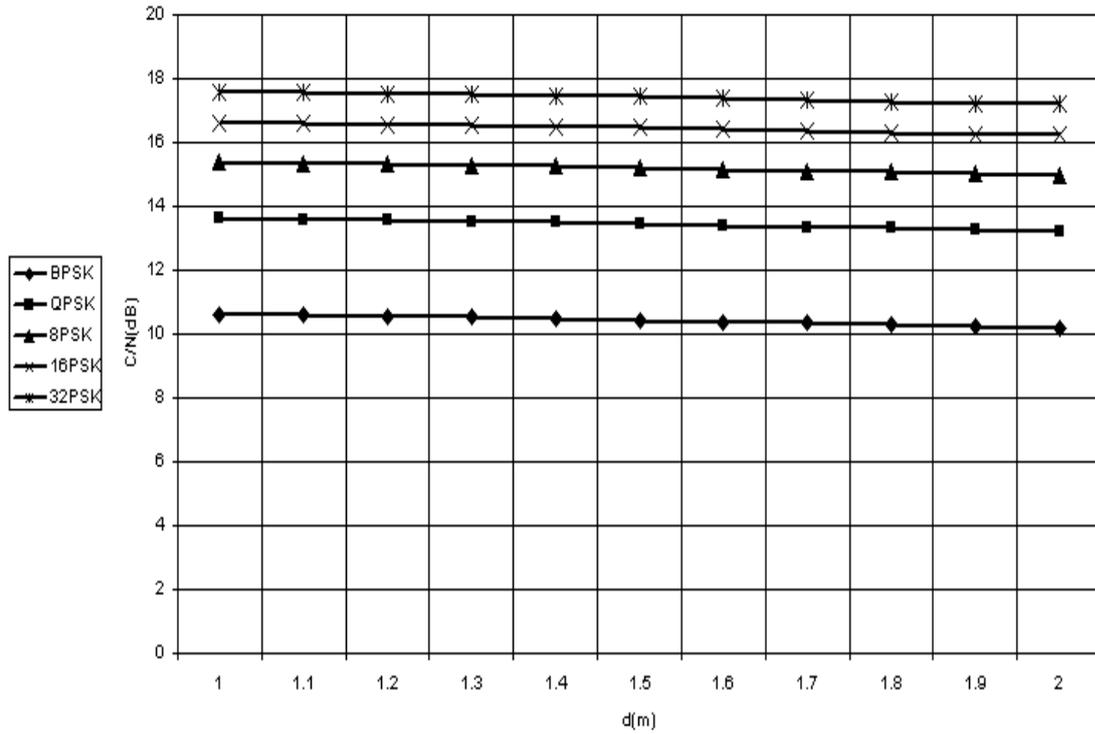
الشكل (5) علاقة C/N (dB) مع قطر الهوائي d (m) عند معدل إرسال 32kbps



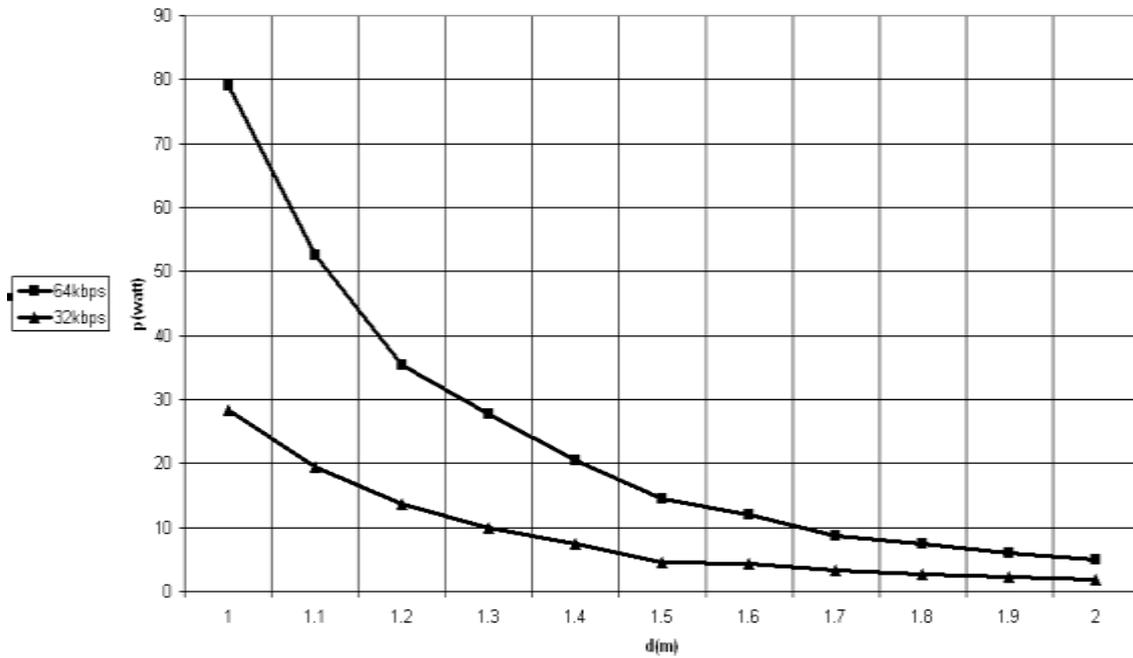
الشكل (6) علاقة C/N(dB) مع قطر الهوائي d(m) عند معدل إرسال 64kbps



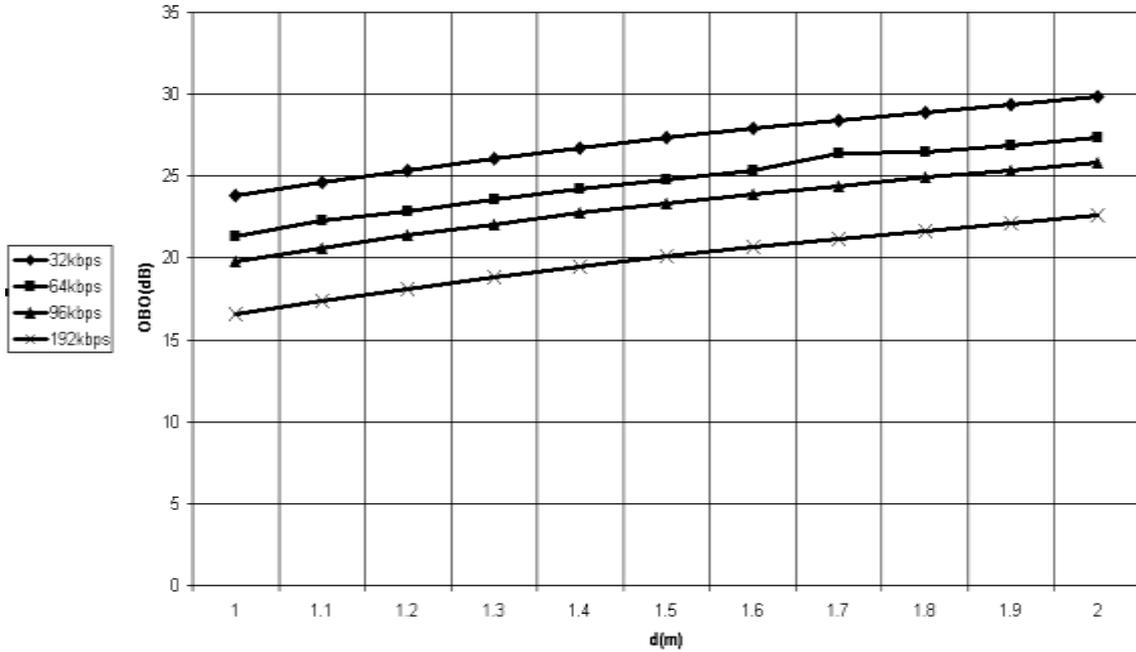
الشكل (7) علاقة C/N(dB) مع قطر الهوائي d(m) عند معدل إرسال 96kbps



الشكل(8)علاقة C/N(dB) مع قطر الهوائي d(m) عند معدل إرسال 192kbps



الشكل(9)الاستطاعة المطلوبة من HPA بالنسبة لقطر الهوائي عند معدلي إرسال مختلفين



الشكل (10) العلاقة بين OBO وقطر الهوائي

النتائج والتوصيات:

إن العلاقة بين حجم الهوائي والبارامترات المهمة (C/N , OBO, P_{HPA}) الأخرى موضحة في الأشكال (5 حتى 10) حيث كل شكل يوضح القيم النموذجية لكل بارامتر .

أولاً:

الأشكال (5-6-7-8) تؤكد أن عامل الجودة C/N الأفضل لقناة الاتصال يوافق الهوائيات ذات الحجم الأصغر. من جهة أخرى نلاحظ أنه عند استخدام نفس الهوائي (عند نفس القطر للهوائي) تزداد قيمة C/N باستخدام تقنيات تعديل ذات مستويات تعديل أعلى وذلك من أجل معدلات إرسال مختلفة.

ثانياً:

نلاحظ من الشكل (9) أن العلاقة بين حجم الهوائي والاستطاعة المطلوبة من HPA عكسية أي حجم هوائي أكبر يتطلب استطاعة أقل وبالتالي نقترح بأن يتم اختيار حجم الهوائي بالموازنة مع الاستطاعة المطلوبة من HPA، وكما نلاحظ أنه بزيادة معدلات الإرسال تزداد قيمة الاستطاعة المطلوبة من الـ HPA .

ثالثاً:

نلاحظ من الشكل (10) عند المقارنة بين قيم العامل (OBO) مع معدلات إرسال مختلفة أن هذه القيم تتناقص باستخدام معدلات إرسال أعلى وأبعاد هوائيات أصغر وهذا يعني أنه عند المعدلات المرتفعة للإرسال والأبعاد الصغيرة للهوائي يمكن الاستفادة أكثر من عرض المجال المستأجر. ومن جهة أخرى يجب أن نلاحظ أنه بزيادة معدلات الإرسال أو تخفيض قطر الهوائي تزداد قيمة الاستطاعة المطلوبة من الـ HPA وبالتالي يجب تحقيق موازنة بين هذين المعاملين .

رابعاً:

نلاحظ أن بعض المعاملات في الوصلة الفضائية ثابتة ولا تتأثر بتغير قطر الهوائي المستخدم في محطتي الإرسال والاستقبال لأنها ثابتة في القمر تحدها الجهات الصانعة للقمر الصناعي مثل:

$$(C/T)_{co-ch} \text{ وكذلك } (C/T)_d .$$

مما سبق يمكن ملاحظة أن الأبعاد المتوسطة لقطر الهوائي تحقق توازن بين المعاملات المذكورة سابقاً وبالتالي نقترح استخدام طرفية VSAT بقطر 1.8m لأنها تحقق ما ذكرناه سابقاً من جهة ومن جهة أخرى فهي متوفرة كنموذج من طرفيات VSAT IBS والتي تمثل النموذج H2 .

المراجع:

- 1- *INTELSAT VSAT HANDBOOK* ,Washington ,September, 1998,306 .
- 2- *INTELSAT Digital Satellite Communication Technology* .Revision 2, Aprile 1995,445.
- 3- *IESS-410*,Appendix-A,D.tab(1,3-a),217.
- 4- *IESS-410*.tab 1-a .
- 5- *IESS-410*.tab 2-a,2-b .
- 6- *IESS-410*,First &Second Part.
- 7- *IESS-308*,Appendix –D.
- 8- *INTELSAT Earth Station Technology* ,Revision 5, June 1999,316.
- 9- *IESS-308*,Appendix –D,B.tab-3,not 3A .