التوصية ITU-R S.1001-1*

استعمال أنظمة في الخدمة الثابتة الساتلية من أجل عمليات الإنذار والإغاثة في حالة حدوث كوارث طبيعية وحالات طوارئ مماثلة

(2006-1993)

مجال التطبيق

تتضمن هذه التوصية خطوطاً توجيهية بشأن استعمال الشبكات الساتلية في حالة حدوث كوارث طبيعية وحالات طوارئ مماثلة. كما تقدم معلومات بشأن النظام الإجمالي وتصميم المطراف الملائم للاتصالات الخاصة بالإغاثة في حالات الكوارث.

وتستجيب هذه التوصية لمتطلبات اتفاقية تامبيري لعام 2005.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن النشر السريع والموثوق لتجهيزات الاتصالات أساسي لعمليات الإغاثة في حالات الكوارث الطبيعية وحالات الطوارئ المماثلة؛

ب) أن استحالة التنبؤ بالمواقع الملازم لأحداث الكوارث الطبيعية تقتضي ضرورة النقل السريع لتجهيزات الاتصالات إلى المواقع المعنية؛

ج) أن الإرسال الساتلي الذي يستعمل المحطات الأرضية ذات الفتحة الصغيرة جداً، من مثل المطاريف (VSATs) الثابتة، والمحطات الأرضية المحمولة على متن مركبات والمحطات الأرضية التي يمكن نقلها يعتبر وسيلة ثمينة ويشكل في بعض الأوقات أحد أسلم الحلول لتوفير خدمات اتصالات الطوارئ اللازمة لعمليات الإغاثة؛

د) أن تجهيزات الاتصالات يمكن أن تؤدي طائفة متنوعة من الوظائف بما في ذلك، ودون أن يقتصر على ذلك، الاتصالات الصوتية وتقديم التقارير من الميدان، وتجميع المعطيات والإرسال الفيديوي؛

هـ) أن من المفيد توفير معلمات تقنية للمحطات الأرضية ذات الفتحة الصغيرة وتقديم أمثلة على الأنظمة المستخدمة لأغراض الطوارئ كخطوط توجيهية من أجل التخطيط لاستعمال الأنظمة في عمليات الإنذار والإغاثة،

توصي

1 بأن تؤخذ في الاعتبار العناصر الواردة في الملحق 1 عند التخطيط لاستعمال أنظمة في الخدمة الثابتة الساتلية من أجل عمليات الإنذار والإغاثة في حالة حدوث كوارث طبيعية وحالات طوارئ مماثلة؛

---

* انظر التوصية ITU-R SNG.1421 بشأن المعلومات المتعلقة باستعمال المحطات الأرضية الصغيرة لإرسال الإشارات التلفزيونية.

2 بأن تعتبر الملاحظتان التاليتان جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية.

الملاحظة 1 – تتطلب العمليات اللوجستية الخاصة بنقل تجهيزات الاتصالات وتركيزها وتشغيلها عناية خاصة من أجل الارتقاء بأداء النظام إلى أقصى حد من حيث الموثوقية وسرعة الانتشار.

الملاحظة 2 – مع أن استعمال المحطات الأرضية التي يمكن نقلها من أجل التصدي للكوارث يجعل من غير العملي إجراء تنسيق مسبق مفصل وتقييم للتداخل، فإنه ينبغي إيلاء الاهتمام لهذه الجوانب لدى استخدام نطاقات التردد المتقاسمة.

الملحق 1

استعمال محطات أرضية صغيرة في عمليات الإغاثة في حالات الكوارث الطبيعية وحالات الطوارئ المماثلة

1 المقدمة

في حالة حدوث كوارث طبيعية وانتشار للأوبئة والمجاعات، إلخ.، هناك حاجة ملحة لوصلة اتصالات موثوقة لاستعمالها في عمليات الإغاثة. ويبدو الساتل أفضل الوسائل المناسبة لسرعة إنشاء وصلة الاتصالات مع المنشآت البعيدة. وتناقش هذه الوثيقة المتطلبات الرئيسية لمثل هذا النظام الساتلي. وبافتراض أن النظام سيُشغل في مجال الخدمة الثابتة الساتلية (FSS)، يستحسن توفير محطة أرضية صغيرة، مثل محطات أرضية، من مثل المطراف الثابت ذي الفتحة الصغيرة جداً (VSAT) أو محطة أرضية موضوعة على متن مركبة أو محطة أرضية يمكن نقلها وذات نفاذ إلى شبكة ساتلية قائمة، لكي تقوم بالنقل إلى منطقة الكارثة والتركيب فيها. ومن المستحسن كذلك أن يستند النظام إلى معايير واسعة الانتشار لكي:

- تكون التجهيزات سهلة التيسر؛
- تضمن إمكانية التشغيل البيني؛
- تضمن الموثوقية.

وترد في هذا الملحق مواد قد تكون مفيدة في التخطيط لاستعمال الأنظمة في الخدمة الثابتة الساتلية في عمليات الإنذار والإغاثة (FSS) في حال حدوث كوارث طبيعية وحالات طوارئ مشابهة.

2 اعتبارات أساسية

1.2 الخدمات المطلوبة

ينبغي لمعمارية الاتصالات الأساسية لعمليات الإغاثة أن تتكون من وصلة تربط منطقة الكارثة بمراكز الإغاثة المعينة، كما ينبغي لخدمات اتصالاتها الأساسية أن تتضمن، على الأقل، المهاتفة وأي نوع من المعطيات (بروتوكول الإنترنت (IP)، داتاغرام، الفاكس، ...) والفيديو. وتستعمل في مثل هذا الإرسال تقنيات الإرسال الرقمي في معظم الحالات.

2.2 متطلبات القناة والطبقة المادية

يُعد احتمال الخطأ في البتات (BEP) إحدى الوسائل لقياس أداء القناة المشفرة في الإرسال الرقمي. ويبلغ الهدف الموصى به فيما يتعلق باحتمال الخطأ في البتات في الخدمة FSS والوارد في التوصية ITU-R S.1062 هو 10^{-6} بالنسبة للمعدل 99,8%

من الوقت في أسوأ الأشهر. وينتج احتمال الخطأ BEP هذا عن (نسبة الإشارة إلى الضوضاء ونسبة التداخل)، وهو أداء القناة، ومن التشفير، على حد سواء. وبمقدور التشفير الملائم أن يعوض، إلى درجة معينة، نوعية القناة السيئة لكنه يقلل من معدل البتات المفيد.

كما ينبغي للأوضاع الخاصة للإرسال في منطقة الكوارث في حالة عمليات الإنذار والإغاثة، على حد سواء، (مثل المناخ في الموقع وطبيعة المهمة ...) التي قد تحط من نوعية القناة، أن تؤخذ في الحسبان من خلال تعزيز التشفير. ويتمثل الحل الأمثل في توفير تشفير تكييفي، أي نظام قادر على استعادة المعلومات من القناة والرد من خلال تكييف معدل التشفير.

3.2 متطلبات الشبكة

بالنسبة لعمليات الإغاثة، بسبب المتطلبات الجوهرية لتوفير هوائيات صغيرة، يفضل تشغيل الشبكة في النطاق GHz 12/14 أو حتى في النطاق GHz 20/30. ومع أن النطاقات مثل GHz 4/6 تتطلب هوائيات أكبر، فإنها تكون ملائمة أيضاً اعتماداً على ظروف الإرسال وتغطية موارد الساتل. وبغية تجنب التداخل، ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار أن بعض النطاقات متقاسمة مع الخدمات للأرض.

وينبغي للشبكة أن توفر نوعية خدمة ملائمة. وفي حالة تقاسم الشبكة مع زبائن ليست لديهم احتياجات ملحة، ينبغي أن تكون الأولوية المطلقة لعمليات الطوارئ مما يعني أنها صنف من الخدمات "ذات حق الأولوية ". وفي هذا الصدد، قد يكون من المستصوب احتياز شبكة خاصة على نحو كامل، مع نطاقات تردد محجوزة وتسهيلات.

وعندما يكون عدد المحطات الأرضية قيد التشغيل كبيراً، قد يكون من الضروري التحكم في الشبكة بمساعدة وسيلة نفاذ متعدد مع تخصيص حسب الطلب (DAMA).

4.2 المحطات الأرضية المصاحبة

بالنسبة للمحطة (أو المحطات) الأرضية في الموقع، ينبغي دراسة مسألة توفير محطة أرضية محمولة على متن مركبة أو محطة أرضية يمكن نقلها. وقد تكون المواد الواردة في الفقرتين 3 و6 في هذا الملحق مفيدة لغرض تحديد أحجام هذه المحطات الأرضية.

وبغية تحقيق الأداء السلس للمحطات الأرضية في حالة وقوع الكوارث، من الضروري إجراء تدريب منتظم للمشغلين المحتملين والصيانة اللازمة للأجهزة. وينبغي إيلاء الأهمية، بوجه خاص، لتوفير بطاريات أو أنظمة مستقلة للتزويد بالطاقة.

3 المستويات المطلوبة للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) للمحطات الأرضية والموارد الساتلية

تبحث في هذا الجزء مستويات القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) والموارد الساتلية اللازمة من خلال حسابات ميزانية الوصلة استناداً إلى فرضية أن محطة أرضية صغيرة (محطة VSAT ثابتة أو محطة أرضية محمولة على متن مركبة أو محطة أرضية يمكن نقلها) تُشغل في منطقة الكوارث وتتصل بمحطة أرضية محورية مجهزة بهوائي أكبر.

وينبغي أن يستند اختيار معلمات النظام إلى الاعتبارات المدرجة في هذا القسم من هذا الملحق بالنسبة للنطاق GHz 4/6 والنطاق GHz 12/14 والنطاق GHz 20/30. وقد أُدرجت معلمات النظام في الجدول 1 أ) إلى 1 و).

والإبراق بزحزحة رباعي الطور (QPSK) مع 2/1 شفرة تلافيفية و4/3 شفرة تلافيفية و2/1 شفرة تلافيفية + 204/188 شفرة ريد سولومون الخارجية و2/1 شفرة تُربينية، تشكيلاً رقمياً نموذجياً، ويعد أيضاً وسيلة تصحيح أمامي للأخطاء (FEC) تستعمل بشكل عام في الوصلات الساتلية FSS. وتجدر الإشارة إلى أن الجمع بين شفرة تلافيفية بوصفها الشفرة الداخلية مع شفرة ريد سولومون بوصفها الشفرة الخارجية قد أضحى غير صالح بالتقادم من جانب التشفير التُربيني أو تشفير اختبار

التعادلية ذي الكثافة المنخفضة (LDPC) الذي يؤدي أداءً أفضل بشكل عام؛ بينما أصبح مخطط التشفير السابق جزءاً من ميراث الماضي.

ويفترض أن يكون قطر الهوائي الخاص بمحطة أرضية صغيرة (محمولة على متن مركبة أو محطة يمكن نقلها) 2,5 m أو 5 m للنطاق 4/6 GHz و1,2 m أو 3 m للنطاق 12/14 GHz و1,2 m أو 2,4 m للنطاق 20/30 GHz في هذا المثال من حساب ميزانية الوصلة. أما بخصوص المحطات 12/14 GHz و20/30 GHz، يمكن استخدام هوائيات بقطر أصغر إذا اتخذت ترتيبات ملائمة، مثل سواتل مزودة بقدر أعلى من نسبة الكسب إلى درجة حرارة الضوضاء (*G/T*) أو إذا استخدمت تقنيات الانتشار الطيفي لغرض تخفيض البث خارج المحور إلى سويات مقبولة.

وفي النطاق 4 GHz، تُعد النسبة النمطية لكسب *G/T* لمحطة أرضية هو 17,5 dB/K و23,5 dB/K لهوائي قطره 2,5 m و5 m على التوالي. وفي النطاق 12 GHz، تعد نسبة الكسب النمطية لمحطة أرضية هي 20,8 dB/k و28,8 dB/k لهوائي قطره 1,2 m و3 m على التوالي. أما في النطاق 20 GHz، فتعد نسبة الكسب *G/T* النمطية لمحطة أرضية هي 25,1 dB/K و31,1 dB/K للهوائي الذي يبلغ قطره 1,2 m و2,4 m، على التوالي. ويفترض أن تكون درجة حرارة الضوضاء لمضخم صوت منخفض بمقدار 60 K و100 K و140 K للنطاق 4 GHz والنطاق 12 GHz والنطاق 20 GHz، على التوالي. ورغم إمكانية استعمال الهوائيات كتلك ذات القياسات 45 و75 cm إلخ.، ينبغي دراسة لوائح الراديوي بما في ذلك التحديدات خارج المحور وذلك عند استخدام هذه الهوائيات. وقد لا يسمح استعمال الهوائيات الصغيرة تلبية معايير البث خارج المحور، ولذلك ينبغي تخفيض قدرة إرسال المحطة الأرضية بغية تجنب التداخل مع السواتل القريبة والخدمات الأخرى.

كما تجدر ملاحظة أن قيم القدرة e.i.r.p الساتلية والقدرة e.i.r.p للمحطة الأرضية يناسبان محطة أرضية صغيرة بزاوية ارتفاع لهوائي تبلغ 10 درجات، وهامش إجمالي قدره 2 dB.

وترد في الجدول 1و) معلمات ساتلية نمطية للحزم العالمية في النطاق 4/6 GHz، والحزم النقطية في النطاق 12/14 GHz والنطاق 20/30 GHz. كما يرد تعريف "كسب المرسل–المستجيبa#" و"المرسل–المستجيب b#" في الجدول 1و) كما هو موضح في الشكل 1.

ونتيجة لحساب ميزانية الوصلة (المحور–إلى–مطراف VSAT) في اتجاه مضاد للشمس و(المحور–إلى–مطراف VAST) في اتجاه الأرض، تقدم الجداول 2أ) و2ب) و2ج) أمثلة على مستويات القدرة e.i.r.p المطلوبة للمحطة الأرضية والموارد الساتلية بما في ذلك قدرة e.i.r.p الساتلية المطلوبة، والقدرة e.i.r.p للمحطة الأرضية وعرض النطاق المطلوب لتشكيل رقمي نمطي بالإضافة إلى وسائل FEC في النطاق 4/6 GHz والنطاق 12/14 GHz والنطاق 20/30 GHz.

ونظراً لأن عرض النطاق المطلوب مبين في اتجاه واحد، فإنه يلزم ضعف القيمة المبينة بالنسبة للاتجاهين على حد سواء. وتظهر القدرة e.i.r.p الساتلية المطلوبة المطابقة للوصلة الهابطة في الاتجاه المضاد للشمس التي هي عادةً محدودة القدرة بوجه عام. وأخيراً تطابق القدرة e.i.r.p المطلوبة للمحطة الأرضية وقدرة الإرسال القدرة الخاصة بالوصلة الصاعدة في اتجاه الأرض التي هي عادةً محدودة القدرة بوجه عام.

ولا تتضمن الحسابات أعلاه التوهين بالمطر. واعتماداً على الأوضاع المحلية، فقد يكون من الضروري توقع هامش بالنسبة للمطر. ولا يؤخذ التداخل أو التشكيل البيني في الحسبان، وعليه يلزم هامش إضافي. (انظر التوصية ITU-R P.618 بخصوص التوهين بالمطر للمناخ المحلي والتوصية ITU-R P.1432 بالنسبة لمعايير التداخل المختلفة.)

الجدول 1

المعلمات النمطية للسواتل والمحطات الأرضية والموجة الحاملة المستعملة في الحسابات

أ) المسافة إلى ذي مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) والخسارة على المسير

الارتفاع (درجات)	10
المسافة (كم)	40 600

ب) خسارة المسير (EL = 10°)

التردد (GHz)	4/6		14/12		30/20	
	4,0	6,2	12,25	14,25	20,0	30,0
طول الموجة (m)	0,08	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01
الخسارة على المسير (dB)	196,7	200,5	206,4	207,7	210,6	214,2

ج) معلمات قناة الإرسال

تشكيل FEC	**QPSK 1/2 Conv.(1)**	**QPSK 3/4 Conv.(1)**	**QPSK 1/2 Conv.(1)**	**QPSK 2/1 تشفير تربيني**	**8-PSK 2/3**
نسبة الخطأ في البتات (BER)	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
القيمة المطلوبة (dB) E_b/N_0	6,1	7,6	4,4	3,1	9,0
نسبة خطأ FEC	0,5	0,75	0,5	0,5	0,67
نسبة التشفير الخارجي	1,0	1,0	204/188	1,0	1,0
عدد البتات في الرمز	2	2	2	2	3
القيمة المطلوبة (dB) C/N	6,1	9,4	4,0	3,1	12,0

(1) طول التقييد $k = 7$.

د) كسب هوائي المحطة الأرضية ونسبة G/T

نطاق التردد (GHz)	6/4				14/12				30/20			
قطر الهوائي	m 2,5		m 5,0		m 1,2		m 3,0		m 1,2		m 2,4	
التردد (GHz)	4,0	6,2	4,0	6,2	12,25	14,25	12,25	14,25	20,0	30,0	20,0	30,0
الفاعلية	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
ذروة كسب الهوائي (dBi)	38,2	42,0	44,2	48,0	41,5	42,8	49,5	50,8	45,8	49,3	51,8	55,3
G/T (dB/K)	17,5		23,5		20,8		28,8		25,1		31,1	

هـ) كسب هوائي المحطة الأرضية المركزية ونسبة *G/T*

التردد (GHz)	4/6		12/14		20/30	
	4,0	6,2	12,25	14,25	20,0	30,0
كسب الهوائي (dBi)	55,7	59,5	57,9	59,5	58,0	61,8
نسبة *G/T* للمحطة الأرضية المركزية (dB/K)	35,0		35,0		35,0	
حجم هوائي المحطة الأرضية المركزية (m)	m 18		m 7,6		m 4,7	

و) كسب المرسل المستجيب الساتلي

الساتل	ساتل GHz 4/6	ساتل GHz 12/14	ساتل GHz 20/30
نطاق التردد (GHz)	4/6	12/14	20/30
طول الموجة (m)	0,05	0,02	0,01
نمط الحزمة	**عالمي**	**نقطي**	متعدد
نسبة *G/T* لاستقبال الساتل (dB/K)	13,0−	2,5	11,0
قدرة التشبع e.i.r.p لمرسل مستجيب لحامل موجة منفردة (dBW)	29,0	45,8	54,5
كثافة تدفق التشبع ($dB(W/m^2)$)	78,0−	83,0−	98,4−
تخفيض قدرة الخرج− تخفيض قدرة الدخل (dB)	1,8	0,9	5,0
السرعة العامة	37,3	44,5	51,0
كسب المرسل المستجيب (dB) #a	146,1	174,2	200,2
كسب المرسل المستجيب (dB) #b	55,3−	33,5−	14,0−

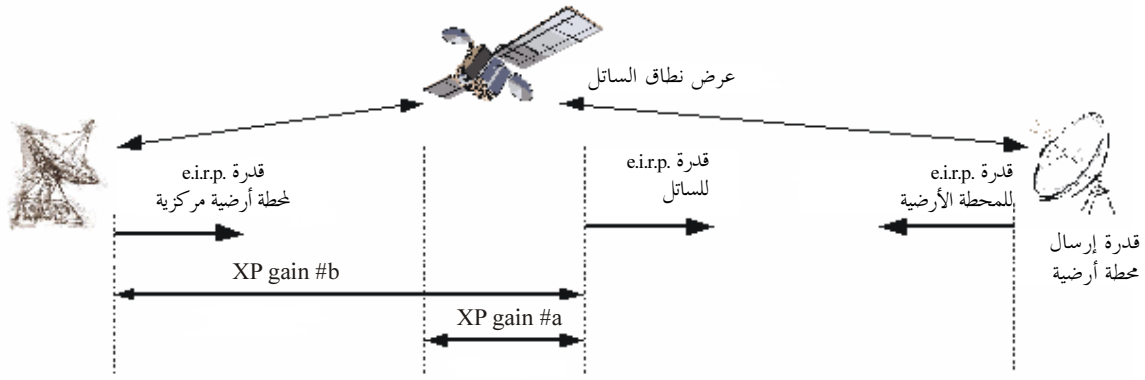
SFD: كثافة تدفق التشبع

IBO: تخفيض قدرة الدخل

OBO: تخفيض قدرة الخرج

الشكل 1

تعريف كسب المرسل المستجيب (كسب XP)



#a كسب XP = *Gs* + e.i.r.p. (تشبع ساتلي) + SFD + Δ (IBO-OBO)
#b كسب XP = قدرة e.i.r.p. لمحطة أرضية مركزية
Gs: كسب الهوائي للمتر المربع الواحد

1001-01

الجدول 2أ

أمثلة للمحتويات المطلوبة للقدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية والموارد الساتلية في النطاق GHz 4/6

IR[1]	تشكيل/FEC	QPSK 1/2 Conv.[2]		QPSK 3/4 Conv.[2])		QPSK 1/2 Conv.[2]+RS		QPSK 1/2 TC	
	قطر	m 2,5	m 5,0	m 2,5	m 5,0	m 2,5	m 5,0	m 2,5	m 5,0
kbit/s 64	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	90	90	60	60	90	90	60	60
	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	6,8	0,9	8,3	2,4	6,8	0,9	8,3	2,4
	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	46,2	46,2	47,7	47,7	46,2	46,2	47,7	47,7
	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	3,1	0,8	4,4	1,1	3,1	0,8	4,4	1,1
Mbit/s 1	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	1 434	1 434	956	956	1 434	1 434	956	956
	القدرة e.i.r.p. (dBW) للساتل	18,8	12,9	20,3	14,4	18,8	12,9	20,3	14,4
	القدرة e.i.r.p. للمحطة أرضية (dBW)	58,2	58,2	59,7	59,7	58,2	58,2	59,7	59,7
	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	50,3	12,6	71,1	17,8	50,3	12,6	71,1	17,8
Mbit/s 6	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	8 602	8 602	5 734	5 734
	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	26,6	20,7	28,1	22,2	26,6	20,7	28,1	22,2
	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	66,0	66,0	67,5	67,5	66,0	66,0	67,5	67,5
	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	302,1	75,5	426,7	106,7	302,1	75,5	426,7	106,7

[1] IR: معدل المعلومات.

[2] طول التقييد $K = 7$.

الجدول 2ب

أمثلة للمستويات المطلوبة للقدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية والموارد الساتلية في النطاق GHz 12/14

QPSK 1/2 TC		QPSK 1/2 Conv.[2]+RS		QPSK 3/4 Conv.[2]		QPSK 1/2 Conv.[2]		تشكيل/FEC	IR[1]
m 3,0	m 1,2	m 3,0	m 1,2	m 3,0	m 1,2	m 3,0	m 1,2	قطر الهوائي	
90	90	97	97	60	60	90	90	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	kbit/s 64
4,4	11,7	5,7	13,0	8,9	16,2	7,4	14,7	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	
32,6	32,6	33,9	33,9	37,1	37,1	35,6	35,6	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	
0,03	0,2	0,04	0,2	0,1	0,5	0,1	0,3	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	
1 434	1 434	1 556	1 556	956	956	1 434	1 434	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	Mbit/s 1
16,4	23,7	17,7	25,0	20,9	28,2	19,4	26,7	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	
44,7	44,7	46,0	46,0	49,2	49,2	47,7	47,7	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	
0,4	2,7	0,6	3,6	1,2	7,5	0,9	5,3	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	
8 602	8 602	9 334	9 334	5 734	5 734	8 602	8 602	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	Mbit/s 6
24,2	31,5	25,5	32,8	28,7	36,0	27,2	34,5	القدرة e.i.r.p. (dBW) للساتل	
52,4	52,4	53,7	53,7	56,9	56,9	55,4	55,4	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	
2,6	16,0	3,5	21,6	7,2	45,1	5,1	32,0	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	

[1] IR: معدل المعلومات.

[2] طول التقييد $K = 7$.

الجدول 2ج

أمثلة للمستويات المطلوبة للقدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية والموارد الساتلية في النطاق GHz 20/30

QPSK 1/2 TC		QPSK 1/2 Conv.[2]+RS		QPSK 3/4 Conv.[2]		QPSK 1/2 Conv.[2]		تشكيل/FEC	
m 2,4	m 1,2	m 2,4	m 1,2	m 2,4	m 1,2	m 2,4	m 1,2	قطر الهوائي	IR[1]
90	90	97	97	60	60	90	90	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	kbit/s 64
22,5	22,8	23,8	24,1	27,0	27,3	25,5	25,8	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	
27,7	27,7	29,0	29,0	32,2	32,2	30,7	30,7	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	
0,003	0,012	0,004	0,017	0,009	0,035	0,006	0,024	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	
1 434	1 434	1 556	1 556	956	956	1 434	1 434	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	Mbit/s 1
34,6	34,9	35,9	36,2	39,1	39,4	37,6	37,9	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	
39,8	39,8	41,1	41,1	44,3	44,3	42,8	42,8	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	
0,05	0,2	0,1	0,3	0,1	0,6	0,1	0,4	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	
8 602	8 602	9 334	9 334	5 734	5 734	8 602	8 602	عرض نطاق الساتل الموزع (kHz)	Mbit/s 6
42,4	42,6	43,7	43,9	46,9	47,1	45,4	45,6	القدرة e.i.r.p. للساتل (dBW)	
47,6	47,6	48,9	48,9	52,1	52,1	50,6	50,6	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية (dBW)	
0,3	1,2	0,4	1,6	0,8	3,3	0,6	2,3	قدرة إرسال المحطة الأرضية (W)	

[1] IR: معدل المعلومات.

[2] طول التقييد $K = 7$.

1.3 مثال بشأن حساب ميزانية الوصلة

للمزيد من التوضيح، ترد تفاصيل الجدول 2أ بشأن حساب ميزانية الوصلة (في حالة 6 Mbit/s للنطاق 4/6 GHz مع 2/1 شفرة تلافيفية لإبراق QPSK، وهوائي بقياس 2,5 m) في الجدول 3أ.

وترمز إشارة [2] الواردة في الجدول 3أ إلى القيم المدرجة في الجدول 2أ كنتيجة للحساب.

الجدول 3أ

حساب ميزانية الوصلة للجدول 2أ
(6 Mbit/s of C band with QPSK 1/2 Conv., 2.5 m antenna)

المادة	الوحدة	القيمة
A. معلمة قناة إرسال		
تشكيل		QPSK 1/2 Conv.[1]
BER		10^{-6}
E_b/N_0 (dB) المطلوبة	dB	6,1
نسبة C/N المطلوبة (dB)	dB	6,1
B. معلمة رئيسية للساتل		
(SFD) حافة حزمة	$dB(W/m^2)$	78,0−
نسبة G/T (حافة حزمة)	dB/K	13,0−
القدرة e.i.r.p لتشبع مرسل مستجيب لموجة حاملة منفردة (حافة حزمة) (dBW)	dBW	29,0
IBO	dB	5,4−
OBO	dB	4,5−
Δ(IBO-OBO)	dB	0,9
كسب لمتر مربع واحد	dB	37,3
(#a) TP كسب	dB	145,2
C. معلمة موجة حاملة للإرسال		
معدل المعلومات	kbit/s	6 144,0
نسبة FEC		0,5
نسبة (ريد سولمون) RS		1,0
معدل الإرسال	kbit/s	12 288,0
عرض نطاق الضوضاء	kHz	6 144,0
عرض النطاق الموزع[2]	kHz	8 601,6[2]

[1] طول التقييد $K = 7$.

الجدول 3أ (*نهاية*)

D. المعلمة الرئيسية للمحطة الأرضية			
G/T	dB/K	17,5 (محطة أرضية بهوائي m 2,5)	35,0 (محطة أرضية مركزية)
E. حساب ميزانية الوصلة			
		في اتجاه مضاد للشمس (محطة أرضية بهوائي m 2,5 ≥ محطة مركزية)	**في اتجاه الأرض (محطة مركزية ≥ محطة أرضية بهوائي m 2,5)**
1. نسبة C/N على وصلة صاعدة (محطة أرضية مركزية نحو الساتل E/S لوصلة صاعدة)			
القدرة e.i.r.p للمحطة المركزية	dBW	81,9	[(2)]66,0
خسارة الفضاء الحر (GHz 6)	dB	200,5	200,5
الساتل *G/T* (حافة حزمة)	dB/K	13,0−	13,0−
C/N (a)	dB	29,1	13,21
2. IM (تشكيل بيني) للمحطة الأرضية			
C/N (b)	dB	99,0	99,0
3. IM (تشكيل بيني) لساتل			
C/N (c)	dB	99,0	99,0
4. نسبة C/N لوصلة هابطة (الساتل نحو محطة أرضية)			
القدرة EIRP للساتل (حافة حزمة)	dBW	[(2)]26,6	10,7
مزايا المخطط .. إلخ.	dB	0,0	0,0
خسارة الفضاء الحر (GHz 4)	dB	196,7	196,7
نسبة *G/T* للمحطة الأرضية	dB/K	17,5	35,0
C/N (d)	dB	8,1	9,7
5. تداخل قناة			
C/N (e)	dB	99,0	99,0
مجموع *C/N* (*C/N* (a) ~ *C/N* ((e))	dB	8,1	8,1
هامش	dB	2,0	2,0
مجموع C/N	dB	6,1	6,1
كسب المرسل المستجيب (#b)	dB	55,3−	
خسارة جهاز التغذية بالطاقة	dB		0,8
كسب الهوائي للمحطة الأرضية (m 2,5)	dBi		42,0
قدرة الإرسال المطلوبة للمحطة الأرضية	W		[(2)]302,1

4 تشكيلة محطة أرضية تنقل

يمكن أن تقسم المحطة الأرضية إلى الأنظمة الفرعية الرئيسية التالية:

- هوائي،
- مضخم القدرة،
- مستقبل منخفض الضوضاء،
- تجهيزات اتصال على الأرض،
- تجهيزات تحكم ومراقبة،
- تجهيزات مطرافية بما في ذلك تجهيزات الفاكس والهواتف،
- مرافق داعمة.

ينبغي الإحالة إلى هذا القسم باعتباره خطاً توجيهياً للخصائص الفعلية للنظام والمحطات الأرضية الصغيرة مثل مقدرة الإرسال، الثقل/القد وأداء النظام الفرعي.

1.4 الوزن والقد

ينبغي أن تكون جميع التجهيزات بما في ذلك المقصورات قابلة للترزيم في وحدات ذات وزن يتيح لعدد صغير من الأشخاص التعامل معها. وإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يكون الحجم والوزن الكليين محدودين بحيث يمكن نقل التجهيزات في عنبر الأمتعة الخاص بطائرة نقل مسافرين. وبالإمكان تحقيق ما تقدم بفضل التكنولوجيا القائمة اليوم. وينبغي الاستعانة بمواصفات الوزن والقد في الطائرات المختلفة خلال عملية تصميم مطاريف الساتل الخاصة باتصالات الإغاثة في حالات الكوارث.

2.4 الهوائي

إن إحدى المتطلبات الرئيسية الخاصة بالهوائيات هي سهولة تركيبها ونقلها، ولهذا يمكن أن يتكون عاكس الهوائي من عدة لوحات مصنوعة من مواد خفيفة مثل المواد اللدائنية المقواة بالألياف أو سبائك الألمنيوم. وينظر إلى استعمال هوائي ذي قطر يتراوح بين 2,5 m و5 أمتار في النطاق 4/6 GHz. أما في نطاقات الترددات الأخرى، فتبقى الاستجابة لمتطلبات بناء الهوائي أسهل لأن من الممكن استعمال هوائيات أصغر.

ويمكن إضاءة العاكس الرئيسي للهوائي بواسطة بوق بتغذية أمامية أو بواسطة تغذية تتضمن عاكساً فرعياً. ويمكن أن يكون النمط الأخير أفضل بقليل فيما يتعلق بأداء النسبة *G/T*، لأن من الممكن الحصول على أفضل تقوس للعاكس الفرعي وللعاكس الرئيسي، لكن الاعتبارات المتعلقة بسهولة التركيب وسهولة التراصف قد تكتسي الأولوية بالنسبة إلى الاعتبارات الخاصة بالنسبة *G/T*.

ويمكن التزويد بكتيب أو بنظام تسديد أوتوماتي يتناسب مع الوزن واستهلاك الطاقة من خلال مراقبة إشارة لموجة حاملة ترسل من الساتل ويكون مدى التوحيد المحدد لها ضمن $\pm 5°$ تقريباً.

3.4 مضخم القدرة

يعتبر مضخم الكلسترون بتبريد هوائي ومضخم الموجة المترجلة TWT (من النمط اللولبي) مناسبين لهذا التطبيق لكن يفضل الأول من وجهة نظر الفعالية وسهولة الصيانة.

ورغم أن عرض نطاق الإرسال الآني صغير، قد يحتاج مضخم الخرج إلى القدرة على التوافق مع عرض أوسع للنطاق 500 MHz مثلاً، طالما أن قناة الساتل المتيسرة قد تقع في أي مكان داخل هذا النطاق.

وعندما تكون متطلبات القدرة أقل من 100 W، فان مضخم القدرة بالحالة الصلبة (FET) يكون أيضاً مناسباً.

أما في النطاق 30 GHz فإن المضخمين IMPATT وTWT ومضخمات الكلسترون تعتبر مناسبة لهذا التطبيق.

4.4 مستقبِل منخفض الضوضاء

لما كان على المستقبل منخفض الضوضاء أن يكون صغيراً وخفيفاً وقادراً على المعالجة السهلة مع صيانة قليلة فإن المضخم منخفض الضوضاء غير المبرّد هو الأكثر استصواباً.

وقد تحققت درجة حرارة من 50 K ويتوقع الحصول في المستقبل على درجات من الحرارة الأكثر انخفاضاً في النطاق 4 GHz. ويعتبر المضخم FET أكثر ملاءمة من وجهة نظر القد والوزن واستهلاك الطاقة من المضخم المعلمي. وحققت المضخمات FET درجة حرارة للضوضاء من 50 K في النطاق 4 GHz و150 K في النطاق 12 GHz. وأنجز في النطاق 20 GHz، مضخم FET بدرجة حرارة للضوضاء تساوي 300 K أو أقل في درجة حرارة الحجرة.

التذييل 1
للملحق 1

أمثلة لعمليات إقامة محطات أرضية يمكن نقلها وتنفيذ الأنظمة المعنية

1 محطات أرضية صغيرة يمكن نقلها

تمتلك معظم المحطات التي يمكن نقلها في النطاقين 12/14 GHz و20/30 GHz هوائيات بقطر يبلغ قياسه حوالي 1,2 m.

1.1 أمثلة لمحطة أرضية صغيرة يمكن نقلها جواً ومحطات أرضية صغيرة محمولة على مركبة تعمل في النطاق 12/14 GHz

طُورت أنماط متنوعة من تجهيزات المحطات الأرضية الصغيرة لاستعمالها في أنظمة اتصالات ساتلية جديدة في النطاق 12/14 GHz. وبذلت الجهود في تنفيذ المحطات الأرضية الصغيرة من أجل تخفيض القد وتحسين القابلية للنقل من أجل تسهيل استخدامها في التطبيقات العامة. وهذا يسمح باستعمال هذه المحطات الأرضية استعمالاً مؤقتاً وعند الحاجة من أجل عمليات الإغاثة في البلد المعني أو حتى على الصعيد العالمي. وتركب هذه المحطات الأرضية المؤقتة على مركبة أو داخل حاويات يمكن حملها مجهزة بهوائي صغير مما يمكّن من استخدامها في حالات الطوارئ.

إن المركبة المجهزة بمحطة أرضية تركز فيها كل التجهيزات اللازمة، مثل الشاحنة بأربعة دواليب متحركة، تتيح البدء بالتشغيل في خلال 10 دقائق تلي وصولها بما في ذلك كل عمليات الضبط اللازمة مثل خط توجيه الهوائي.

وتفكك المحطة الأرضية المحمولة قبل نقلها ثم يعاد تجميعها على الموقع نفسه في خلال 15 إلى 30 دقيقة. ويسمح عادة قدها ووزنها بأن يتمكن شخص واحد أو شخصان من حملها باليد بينما تكون الحاويات مطابقة للحدود التي تعينها القواعد التنظيمية لمنظمة الطيران الدولي (IATA) بشأن الأمتعة المسجلة. ويقدر الوزن الكلي لهذا النمط من المحطات الأرضية بما في ذلك مولد الطاقة والهوائي بمقدار 150 kg لكنه يصل في العادة إلى 200 kg. ومن الممكن أيضاً أن تحمل التجهيزات في الطائرات المروحية.

ويبين الجدول 4 أمثلة لمحطات أرضية صغيرة تُنقل مخصصة لسواتل الاتصالات اليابانية في النطاق GHz 12/14.

الجدول 4

أمثلة لمحطات أرضية صغيرة يمكن نقلها في النطاق GHz 12/14

رقم المثال	1	2	3	4[1]	5	6
نمط وسيلة النقل	المركبة المجهزة					
قطر الهوائي (m)	2,6 × 2,4	1,8	1,2	1,8	0,9	1,5 × 1,35
القدرة e.i.r.p (dBW)	72	70	62,5	65,1-71,2 (95-400 W)[2]	54-64 (20-200 W)[2]	72 (400 W)[2]
عرض نطاق التردد الراديوي (RF) (MHz)	24-27	20-30	30	1,4-60 Mbit/s	64 kbps-60 Mbit/s	1,4-60 Mbit/s
الوزن الكلي	6,4 tons	6,0 tons	2,5 tons	250 kg[3]	70 kg[4]	210 kg
الرزمة:						
– الأبعاد القصوى (m)	–	–	–	2,62 × 1,95 × 0,88	1,2 × 1,1 × 0,4 m	2,37 × 1,53 × 0,45
– العدد الكلي	–	–	–	–	1	1
– الوزن الأقصى (kg)	–	–	–	< 345 kg	–	–
سعة مولد الطاقة أو استهلاك الطاقة	7,5 kVA	10 kVA	5 kVA	~ 4 100 W	~ 4 100 W	~ 4 100 W
عدد الأشخاص المطلوب	1-2	1-2	1-2	1	1	1

رقم المثال	7	8	9	10	11	12	13	14	15
نمط وسيلة النقل	يُنقل جواً								
قطر الهوائي (m)	1,8	1,4	1,2	0,75	0,9	0,9 × 0,66	1	0,9	0,9 × 0,66
قدرة e.i.r.p (dBW)	70	64,9	62,5	42,5	44,0	51,7	55	66	51,7
عرض النطاق RF (MHz)	20-30	30	30	Up to 0,5	Up to 0,5	2	6	64 k ~ 60 Mbit/s	64 k ~ 4 Mbit/s
الوزن الكلي (kg)	275	250	200	131	141	100	110	130	39
الرزمة:									
– الأبعاد القصوى (m)	< 2	< 2	< 2	1	1,2	–	–	1 × 0,6 × 1,2	70 × 47 × 31(cm)
– العدد الكلي	10	13	8	5	5	–	–	3[5]	1
– الوزن الأقصى (KG)	45	34	20	37	37	–	–	< 43 kg	39 kg
سعة مولد الطاقة أو استهلاك الطاقة	3 kVA	0,9-1,3 kVA	1,0 kVA	< 370 W	< 370 W	< 2 kVA	< 2 kVA	~ 4100 W	750 W
عدد الأشخاص المطلوب	2-3	2-3	1-2	1-2	1-2	2	3	1	1

[1] مستعد للطيران

[2] مضخم الصوت قابل للانتقاء للغرض المحدد.

[3] الوزن الكلي لا يتضمن وزن المركبة.

[4] بدون مضخم.

[5] توجد ثلاث رزم بالأحجام 40 × 60 × 100 (cm), and 40 × 29 × 51 (cm), 26 × 60 × 72 على التوالي.

2.1 أمثلة لمحطة أرضية يمكن نقلها للعمل في النطاق GHz 20/30

صنعت عدة أنماط من المحطات الأرضية التي يمكن نقلها، في النطاق GHz 20/30 والتي يمكن نقلها في شاحنة أو طائرة مروحية وتعمل على نحو مرض في اليابان.

يبين الجدول 5 أمثلة لمحطات أرضية يمكن نقلها مخصصة للعمل في النطاق GHz 20/30.

الجدول 5

أمثلة لمحطات أرضية صغيرة يمكن نقلها ومخصصة للعمل في النطاق GHz 20/30

تردد التشغيل (GHz)	الوزن الكلي (tons)	متطلبات القدرة (kVA)	الهوائي		القدرة e.i.r.p. (dBW) القصوى	*G/T* (dB/K)	نمط التشكيل	الوقت الكلي للتركيب (h)	الموقع الطبيعي للمحطة الأرضية
			القطر (m)	النمط					
20/30	5,8	12	2,7	هوائي كاسغران	76	27	FM (تلفزيون ملون قناة واحدة) [1] أو FDM-FM (132 قناة هاتفية)	1	على شاحنة
	2	9	3	هوائي كاسغران[2]	79,8	27,9	FM (تلفزيون ملون وقناة 1)[1] وADPCM-BPSK-SCPC (3 قنوات هاتفية)	1	على الأرض
	1	1[3]	2	هوائي كاسغران	56,3	20,4	ADM-QPSK-SCPC (قناة هاتفية واحدة)	1,5	على الأرض
	3,5[4]	8,5 >	1,4	مخالف لهوائي كاسغران	68	20	تلفزيون رقمي (3 قنوات صوتية مضاعفة)[1] أو قناة صوتية واحدة	1 <	على عربة نقل مغلقة/عجلة دفع رباعي
	0,7	3	1	هوائي كاسغران	59,9	15,2	FM-SCPC (قناة هاتفية واحدة) أو DM-QPSK-SCPC (قناة هاتفية واحدة)	1	على شاحنة

[1] في اتجاه واحد.

[2] يقسم العاكس إلى ثلاث قطع.

[3] باستثناء القدرة اللازمة لتكييف الهواء.

[4] يشمل المركبة.

2 مثال لشبكة طوارئ ومحطات أرضية مصاحبة

1.2 مثال لشبكة طوارئ في إيطاليا تستعمل النطاق GHz 12/14

صُممت شبكة ساتلية للطوارئ ونفذت في إيطاليا من أجل العمل في نطاق الترددات GHz 12,5/14 عبر جهاز مرسل-مستجيب EUTELSAT. وتوفر هذه الشبكة المخصصة المبنية على استخدام تقنيات رقمية كليةً دارات للمعطيات ودارات

صوتية للطوارئ وقناة فيديوية مضغوطة بتقاسم الزمن من أجل عمليات الإغاثة وجمع المعطيات حول البيئة. وتبنى معمارية الشبكة على أساس تشكيلة شبكة فرعية مزدوجة نجمية من أجل الخدمتين وتستخدم تقنيات الإرسال الدينامي TDM-BPSK وFDMA-TDMA-BPSK من أجل قنوات في اتجاه مضاد للشمس وقنوات في اتجاه الأرض، على التوالي. وتتكون القطعة على الأرض من محطة رئيسية مركزية مشتركة للشبكتين النجميتين وهي محطة أرضية ثابتة ذات قطر يبلغ 9 أمتار ومرسل من 80 W، وعدد صغير من المحطات الأرضية التي يمكن نقلها وذات هوائيات تبلغ 2,2 m ومرسلات 110 W، وعدد من المنصات الثابتة لإرسال المعطيات لها هوائي مكافئي قطره 1,8 m ومرسل بمضخم للقدرة في الحالة الصلبة من 2 W.

وتكون لهذه المنصات مقدرة للاستقبال (نسبة *G/T* بقيمة 19 dB/k) من أجل أن تتحكم فيها المحطة الأرضية عن بعد ويكون معدل صبيب الإرسال فيها بقيمة 1,2 kbit/s. وتركب المحطات الأرضية المنقولة على شاحنة لكن من الممكن تحميلها على طائرة مروحية مخصصة للشحن إذا كانت ثمة حاجة للنقل السريع. وتتوافر لهذه المحطات نسبة *G/T* بمقدار 22,5 dB/K وهي مزودة بمجموعتين من التجهيزات تحتوي كل منها على قناة هاتفية صوتية (مشفر الصوت) بمعدل 16 kbits وقناة فاكس بمعدل 2,5 kbit/s. وتتحكم المحطة الرئيسية من بعيد في هذه المحطات الأرضية التي تكون قادرة أيضاً على إرسال قناة فيديوية مضغوطة بمعدل 2,048 Mbit/s بتشكيل SCPC-BPSK، ويلخص الجدول 6 الخصائص الرئيسية لهذه الشبكة المخصصة للطوارئ.

الجدول 6

مثال لشبكة اتصالات ساتلية للطوارئ تعمل في النطاق GHz 12/14

تسمية المحطة	قطر الهوائي (m)	*G/T* (dB/K)	قدرة المرسل (W)	الطاقة الأساسية المطلوبة (kVA)	تقنية الإرسال		مقدرة الخدمة
رئيسية	9,0	34,0	80	15,0	Tx	512 kbit/s-TDM/BPSK (+ FEC 1/2)	12 × 16 kbit/s (مشفر الصوت) قنوات صوتية
					Rx	"*n*" × 64 kbit/s-FDMA/TDMA/BPSK (+ FEC 1/2) and 2,048 Mbit/s-SCPC/QPSK (+ FEC 1/2)	12 × 2,4 kbit/s قنوات فاكس 1 × 2,048 Mbit/s قناة فيديوية
محيطة (يمكن نقلها)	2,2	22,5	110	2,0	Tx	64 kbit/s-TDMA/BPSK (+ FEC 1/2) and 2,048 Mbit/s-SCPC/QPSK (+ FEC 1/2)	2 × 16 kbit/s (مشفر الصوت) قنوات صوتية 2 × 2,4 kbit/s قنوات فاكس
					Rx	512 kbit/s-TDM/BPSK (+ FEC 1/2)	1 × 2,048 Mbit/s قنوات فيديوية
منصات تلقائية التشغيل	1,8	19,0	2	0,15	Tx	64 kbit/s-TDMA/BPSK (+ FEC 1/2)	1 × 1,2 kbit/s قناة إرسال معطيات
					Rx	512 kbit/s-TDM/BPSK (+ FEC 1/2)	

2.2 مثال لشبكة طوارئ في اليابان تستعمل النطاق GHz 12/14

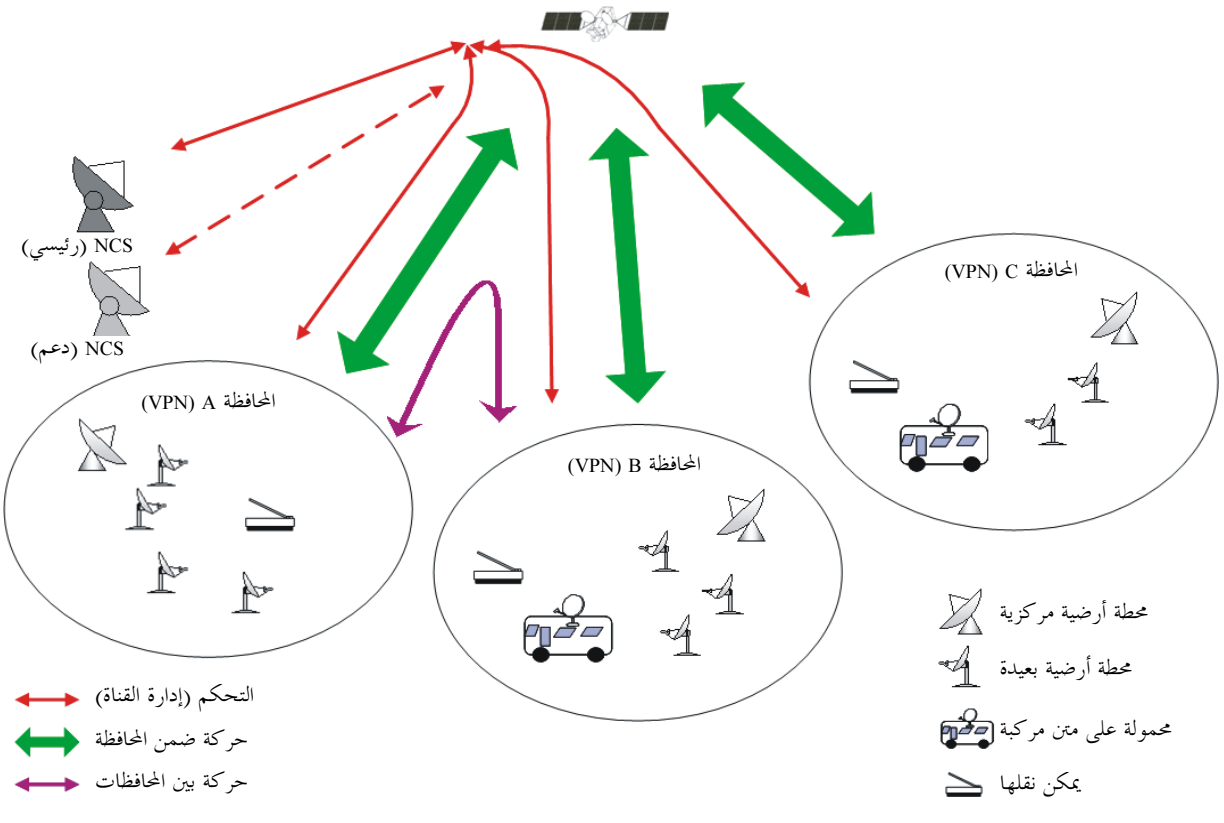
توجد في اليابان شبكة ساتلية تعمل في نطاق التردد GHz 12,5/14 ولأغراض اتصالات الطوارئ على نحو رئيسي حيث تستوعب أكثر من 4 700 محطة أرضية بما في ذلك محطات VSATs الموجودة في مكاتب البلدية وإدارات إطفاء الحريق، والمحطات الأرضية التي يمكن نقلها والمحطات الأرضية المحمولة على متن مركبة. وتوفر الشبكة خدمات إرسال صوتية وفاكس وإعلان (إرسال منفرد) وإرسال فيديوي وإرسال معطيات بروتوكول الإنترنت (IP) عالي السرعة.

وكما هو موضح في الشكل 2، تستند الشبكة إلى أسلوب النفاذ المتعدد مع التخصيص حسب الطلب (DAMA) ويتم تقاسمها على نحو فعال من جانب أكثر من 5 000 محطة أرضية. وتطلب هذه المحطات من محطة تنسيق الشبكة (NCS) تخصيص قنوات حركة من أجل إرسال الصوت والفاكس وإرسال IP قبل تمكنها من الاتصال بالمحطات الأرضية الأخرى. ويرجى ملاحظة أن هناك محطتين لتنسيق الشبكة NCS، إحداهما رئيسية وداعمة، والأخرى محطة للإغاثة.

وقد صُممت الشبكة لكي تمتلك طوبولوجية متعددة النجوم حيث تشكل كل محافظة (يرجى ملاحظة أن اليابان تتكون من 47 محافظة) شبكة فرعية مستقلة كي يتيسر للمكتب الرئيسي للمحافظة أن يصبح مركز اتصالات الطوارئ في حالة وقوع الحدث. وبفضل شبكة مجموعة المستخدمين المغلقة، يتيسر لمحطة تنسيق المحطة NCS التحكم بالموارد الساتلية وذلك تبعاً لمدى خطورة الحدث. فبمقدور محطة التنسيق NCS، على سبيل المثال، توفير أولوية للاتصالات الصادرة من محافظة معينة عند وقوع حدث طارئ على الاتصالات الروتينية من المحافظات الأخرى. كما توفر الشبكة أيضاً اتصالات فيما بين المحافظات إذا ما تطلب الأمر ذلك.

الشكل 2

تشكيل شبكة الطوارئ



أُدرج ملخص معلمات القنوات في الجدول 7. ويذكر أن هناك ستة أنماط من القنوات تتألف من قناة إعلان وحيدة لكل موجة حاملة (SCPC) (فيديو ومعطيات وفاكس) وإرسال معطيات IP وفيديو رقمي وإذاعة معطيات ساتلية وقناة مشتركة للتشوير (CSC). وتخصص قنوات SCPC (تشكيل شفري نبضي تفاضلي تكييفي (ADPCM) بالمعدل 32 kbit/s) وقنوات إرسال المعطيات IP (معدل متغير قدره 8 kbit/s-32 Mbit/s) للمحطات الأرضية بموجب طلب من المحطة NCS. ويطلب عرض النطاق الخاص بقناة إرسال المعطيات IP من محطة أرضية تستند إلى صبيبها الفوري لحركة معطيات IP ومخصصة من المحطة NCS. وعليه تقوم المحطة NCS بإدارة المورد الساتلي على نحو فعال من خلال تكييف قنوات الحركة مع عرض النطاق المتغير بواسطة خوارزمية إدارة قناة جديدة. وتكون المحطة الأرضية مخصصة لإرسال TCP/IP سريع مجهزة ببوابة TCP منقسمة إلى قسمين من أجل تعزيز إنتاجية بروتوكول TCP (انظر التوصية ITU-R S.1711).

وبغية تيسير الاتصالات من وإلى منطقة أضيرت بفعل الكوارث، فإن العمل جار لصنع محطات أرضية أصغر ذات أداء جيد. وأدرجت في الجدول 8 المعلمات النمطية لمثل هذه المحطات الأرضية. كما تجدر الإشارة إلى أن هناك نوعين من المحطات الأرضية التي يمكن تركيبها على مركبة، المحطات الأرضية من نمط (أ) صُممت كي ترسل صور متحركة كاملة سريعة في النسق MPEG-2 (أي بمعدل 6 Mbit/s) وتوفر دارة صوتية في الوقت نفسه خلال الإرسال الفيديوي. ويتعين تركيب المحطة الأرضية على مركبة كبيرة نسبياً من نوع الـ "Wagon". ومن جهة أخرى، هناك المحطة الأرضية من النمط (ب) المصممة لإرسال صورة متحركة محدودة ذات معدل منخفض عبر نظام (MPEG-4/1P) (أي بمعدل 1 Mbit/s) مع دارة صوتية قابلة للتحويل مع الإرسال الفيديوي. وتركب المحطة الأرضية على مركبة أصغر من مثل المركبات "لاند كروزر" (Land-Cruiser) ذات الدفع الرباعي. وكما هو الحال مع المحطات الأرضية من النمط (ب) المركَّبة على مركبة، فإن المحطات الأرضية التي يمكن نقلها مُصممة لإرسال صور متحركة محدودة بمعدل منخفض بواسطة نظام MPEG-4/IP بدارة صوتية قابلة للتحويل مع إرسال فيديوي. ولا يبلغ معدل إرسالها الفيديوي سوى 256 kbit/s.

الجدول 7

ملخص لمعلمات القناة الخاصة بشبكة ساتلية

المعلمات	SCPC صوت وفاكس ومعطيات	إعلان	إرسال معطيات IP	إرسال فيديوي رقمي	إذاعة معطيات ساتلية	CSC
الاتجاه	باتجاهين	باتجاهين	باتجاهين	باتجاه واحد	باتجاه واحد	باتجاهين
نفاذ متعدد[1]	DA-FDMA	PA-TDMA/ FDMA	DA-FDMA	DA-FDMA	DA-FDMA	RA-TDMA/ FDMA
تشكيل	QPSK[2]	QPSK[3]	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK[3]
معدل المعلومات	32 kbit/s	32 kbit/s	32k-8 Mbit/s[4]	7,3 Mbit/s	6,1 Mbit/s	32 kbit/s
FEC	1/2 FEC	1/2 FEC	1/2 FEC[5]	3/4 FEC+RS	3/4 FEC+RS	1/2 FEC
تجفير	غير متاحة	غير متاح	(IPSec)[6]	(متعدد 2)[6]	ضبابية	غير متاحة
فك التشفير	32k ADPCM	32k ADPCM	غير متاح	MPEG2	غير متاحة	غير متاحة

(1) ترد أدناه مختصرات مخططات النفاذ المتعدد:

DA-FDMA: تخصيص حسب الطلب– نفاذ متعدد بتقسيم التردد.

PA-TDMA: تخصيص دائم– نفاذ متعدد بتقسيم زمني.

RA-TDMA: نفاذ متعدد– نفاذ متعدد بتقسيم زمني.

(2) تستعمل قناة الرشقة بسبب تنشيط الصوت.

(3) تستعمل قناة الرشقة في اتجاه الوصلة الصاعدة.

(4) معدل متغير لنمط غير متناظر مع IP.

(5) تستعمل 3/4 FEC + RS للقنوات أعلى من 3 Mbit/s.

(6) خياري.

الجدول 8

معلمات محطة أرضية مركَّبة على مركبة ويمكن نقلها

معلمات	محطة أرضية مركَّبة على مركبة		محطة أرضية يمكن نقلها
	النمط–أ	النمط–ب	
الوصف	– صور متحركة كاملة على أساس MPEG-2 – دارة صوتية متزامنة	– صور متحركة بمعدل IP منخفض تستند إلى IP وعلى أساس MPEG-4 – دارة صوتية يمكن تبديلها مع الدارة الفيديوية	– صور متحركة بمعدل IP منخفض يستند إلى IP وعلى أساس MPEG-4 – دارة صوتية يمكن تبديلها مع الدارة الفيديوية
قطر الهوائي	1,5 m (مكافئ متخالف)	75 cm (مكافئ متخالف)	1 m (صفيف مسطح)
قدرة الخرج	70 W (SSPA)	15 W (SSPA)	15 W (SSPA)
عدد القنوات ومعدل الإرسال	فيديو: قناة واحدة (6 Mbit/s, MPEG2) صوت/IP: قناة واحدة	فيديو: قناة واحدة (1 Mbit/s, IP) صوت/IP: قناة واحدة	فيديو: قناة واحدة (256 kbit/s, IP) صوت/IP: قناة واحدة
نمط المركبة	نمط عربة	نمط لاندكروزر (مركبة دفع رباعي)	غير متاحة

3.2 مثال لشبكة طوارئ في جنوب شرق آسيا تستعمل النطاق GHz 12/14

أنشأت إحدى الوكالات في جنوب شرق آسيا نظام VSAT عريض النطاق للاتصال من طرف إلى طرف من أجل تحسين الاتصالات العريضة النطاق بين مكاتبها وتعزيز سياسات إدارة المخاطر إلكترونياً.

وتؤمن الشبكة الساتلية اتصالات بينية للمقر الرئيسي (معززة) بـــ: 13 مكتباً وطنياً و25 مكتباً إقليمياً، و72 قرية و12 مركبة للاستعمال في حالات الطوارئ. واستناداً إلى IP، تؤمن هذه الشبكة جميع الخدمات المشتركة للإنترانت مثل النفاذ إلى وحدات خدمة الويب ومُخدمات FTP والمراسلات الإلكترونية وتوزيع المحتوى من خلال بث متعدد مستمر. بالإضافة إلى ما تقدم، توفر الشبكة تطبيقات نطاق عريض ذات صلة بإدارة الأزمات (متوالية خدمات إدارة المخاطر إلكترونياً): عقد المؤتمرات الفيديوية والعمل التعاوني والصوت عبر IP.

ويحمل النظام في الظروف الطبيعية لغاية 8 Mbit/s:

- 2 Mbit/s تتقاسمها جميع الاتصالات الصوتية؛
- 3 Mbit/s لبدالات المعطيات المركزية؛
- 3 Mbit/s للمعطيات التي تتقاسمها بدالات المعطيات الأخرى.

كما يحمل النظام معدلاً يصل إلى 21 Mbit/s في حالات الطوارئ:

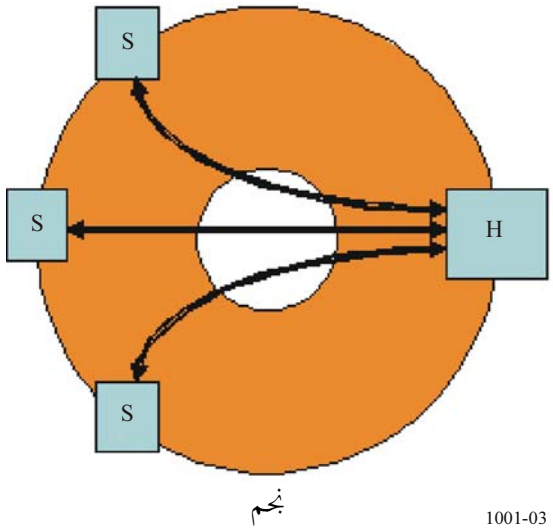
- 12 Mbit/s لإرسالين تدفقين فيديويين؛
- 9 Mbit/s لمطاريف المؤتمرات الفيديوية التي يصل عددها إلى 16.

ويستند النظام المذكور إلى شبكة ساتلية نجمية DVB-RCS، حيث تمثل RCS قناة العودة بالساتل. وتتوافق هذه التقنية مع المعيار EN 301 790 كما تيسر النفاذ إلى الخدمات المتعددة الوسائط بواسطة ساتل من خلال هوائي مكافئ. كما ورد ذلك في التوصية ITU-R S.1709 – المواصفات التقنية للسطوح البينية الإشعاعية الكهربائية للأنظمة الساتلية العالمية عريضة النطاق.

وتعتبر الطوبولوجيا المنتقاة هي الطوبولوجيا النجمية (مقابل الطوبولوجيا الشبكية) مع مركز مركب في المقر الرئيسي ومطاريف ساتلية مركّبة في المواقع البعيدة المدرجة أدناه.

الشكل 3

الطوبولوجيا النجمية



وتعد هذه الطوبولوجيا هي الأنسب لخدمات مثل عقد المؤتمرات الفيديوية نظراً لأنها في طبيعتها تتمثل في التشكيل من نقطة إلى نقاط متعددة مع وحدة تحكم متعددة النقاط كائنة في المركز. وتيسر هذه الطوبولوجيا أيضاً النفاذ إلى الإنترنت من خلال مخدم نفاذ عريض النطاق. وينبغي أن توضع خارج منطقة الكارثة ولذلك ستكون تقييدات التسهيلات المقدمة أقل حيث يمكن للهوائي على سبيل المثال أن يكون كبيراً بالقدر اللازم.

وتعمل الشبكة في النطاق GHz 12/14 (النطاق GHz 14 للوصلات الصاعدة؛ والنطاق GHz 12 للوصلات الهابطة). وتكون هوائيات النطاق GHz 14 أصغر حجماً وأخف وزناً مما ييسر استعمال ونقل المعدات. وتعد المطاريف أفضل ما توصل إليه العلم وذات أقطار تتراوح ما بين m 0,6 و m 1,2؛ ويختار القطر من أجل تحقيق المستوى الأمثل للتوفيق بين مستوى الإشارة إلى الضوضاء وسهولة النقل. ويعد النظام الفرعي للتردد الراديوي RF للمطاريف البعيدة محدداً في المعايير باعتباره وحدة خارجية.

وتتوافق الوصلة الأمامية مع معيار DVB-S الذي يتضمن تشكيل QPSK وتجميعاً للشفرة ريد سولمون (188، 204) بوصفها شفرة خارجية وشفرة 2/1 تلافيفية بوصفها شفرة داخلية. ويطلق على خدمة البروتوكول للوصلة الأمامية المختصر IP/MPE/MPEG2-TS/DVB-S[1].

وتعتمد وصلة العودة على تشكيل QPSK وشفرة تربينية بمقدار 3/2، كما يطلق على حزمة البروتوكول لوصلة العودة المختصر IP/AAL5/ATM/DVB-RCS.

وتعد تكنولوجيا النفاذ الساتلي على وصلة العودة نفاذاً ثابتاً متعدداً بتقسيم زمني متعدد الترددات MF-TDMA. كما يسمح النفاذ الثابت المذكور لمجموعة من المطاريف الساتلية بالاتصال بالمركز باستعمال مجموعة من ترددات الموجة الحاملة ذات

[1] يرمز MPE إلى كبسلة متعددة البروتوكولات.

عرض نطاقات متساوٍ بينما يقسم الوقت إلى فواصل زمنية ذات فترات متساوية. ويقوم مركز التحكم في الشبكة الكائن في المركز بتوزيع سلسلةً من الدفقات لكل مطراف ساتلي ناشط، يتم تعريف كل منها من خلال تردد وعرض نطاق ووقت بدء ومدة.

وتعزز الشبكة الساتلية نوعية الخدمة بفضل خصائص المعيار على مستوى التحكم في النفاذ إلى الوسائط MAC: المسمى "فئات المقدرة"؛ غير أن المعماريات تتيح تحديد سياسات نوعية الخدمة على مستويات أعلى مثل السياسات القائمة على أساس DiffServ أو على أساس InterServ (وبوجه عام، يفضل استعمال السياسة القائمة على أساس DiffServ).

ويمكن من المحطة المركزية التحكم في مطاريف السواتل وتشكيلها، فضلاً عن إمكانية كشف الأخطاء وتحميل البرمجيات عن بعد.