التوصيـــة ITU-R F.1103-1*

المتطلبات والتكنولوجيات الأساسية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت العاملة في نطاقات أدنى من 3 GHz من أجل توفير توصيلات المشتركين اللاسلكية في المناطق الريفية

(المسألة ITU-R 125/9)

(2007-1994)

مجال التطبيق

تعرض هذه التوصية المتطلبات والتكنولوجيات الأساسية من أجل أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA) العاملة في نطاقات أدنى من 3 GHz لاستعمالها في التوصيلات اللاسلكية في المناطق الريفية. وتشمل المتطلبات جوانب الخدمة فضلاً عن أهداف الأداء/التيسُّر. ويصف الملحقان المعلومات التقنية والتشغيلية اللازمة على وجه التحديد لتطبيقات أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت المستخدمة في المناطق الريفية.

المفردات

RCS نظام الممركِز الراديوي

نظام لا سلكي يشيع فيه استعمال موارد الراديو (على سبيل المثال، فاصل زمني في الميدان الزمني أو قناة ترددات في ميدان الترددات) من قِبل أكثر من مشترك واحد من خلال تطبيق تقنية النفاذ المتعدد.

المختصرات

ADPCM التشكيل التكييفي للتشفير النبضي التفاضلي *(Adaptive differential pulse code modulation)*

CDMA نفاذ متعدد بتقسيم شفري *(Code division multiple access)*

E&M كهربائي ومغنطيسي *(Electrical & magnetic)*

FDD ازدواج بتقسيم التردد *(Frequency division duplexing)*

PCM تشكيل بالشفرة النبضية *(Pulse-code modulation)*

P-MP نقطة–إلى–نقاط متعددة *(Point-to-multipoint)*

P-P نقطة–إلى–نقطة *(Point-to-point)*

TDD الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن *(Time division duplexing)*

TDMA النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن *(Time division multiple access)*

TF إطار زمني *(Time frame)*

TS فاصل زمني *(Time slot)*

* ينبغي إحاطة لجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات علماً بالمسألة (Q.10).

إن جمعية الاتصالات الراديويـــة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن ثمة ضرورة عاجلة لتوفير توصيلات اقتصادية للمشتركين في المناطق الريفية لا سيما في البلدان النامية؛

ب) أن تجهيز مثل هذه الوصلات ينبغي أن يكون بسيطاً وموثوقاً لتخفيض تكاليف الإنشاء وتسهيل الصيانة والتشغيل؛

ج) أن معدل النداءات يسمح، لدى توفير مثل هذه الوصلات، أن تستعمل طرائق من مثل أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA) والأنظمة التي تستعمل تطبيقات من نقطة إلى نقاط متعددة (P-MP)؛

د) أن أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت العاملة في نطاقات التردد GHz 3 مناسبة لتوفير هذه الوصلات وأن من الضروري أن تتوفر لمصممي النظام معلومات تقنية حول هذه الأنظمة؛

هـ) أن من الصعب غالباً في المناطق الريفية، أن تنفَّذ خطوط معدنية أو أنظمة كبلات أخرى بطريقة اقتصادية، غير أنه ينبغي أن تتيسر، بقدر الإمكان، في المناطق الريفية كذلك خدمات الاتصالات المختلفة التي توفرها الخطوط المعدنية أو أنظمة الكبلات الأخرى؛

و) أن التوصية ITU-R F.1490 تحدد متطلبات نوعية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت؛

ز) أن التوصية ITU-R F.757 تتضمن المتطلبات الأساسية للنظام وأهداف الأداء الخاصة بأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت التي تستعمل تكنولوجيات معتمدة من التكنولوجيات المتنقلة التي توفر خدمات المهاتفة واتصالات البيانات،

توصـــي

1. أن توفر أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت المستعملة في وصلات المشتركين في المناطق الريفية الخدمات التي تؤمنها الخطوط المعدنية كذلك. ويمكن أن تشمل هذه الخدمات ما يلي :

- الخدمة الهاتفية الفردية بسلكين،
- مختلف أنواع الخدمة الهاتفية العمومية،
- الخدمة بأربعة أسلاك مع تشوير E&M أو بدون هذا التشوير،
- القدرة على تسيير معطيات النطاق الصوتي التي تشمل خدمات الفاكس والخدمات التلماتية الأخرى حتى معدل من البتات يبلغ على الأقل kbit/s 9,6؛

2. بأنه ينبغي للأنظمة FWA المذكورة أعلاه، في حالات كثيرة:

- أن تنقل المعطيات بمعدلات تصل إلى kbit/s 64 ضمناً،
- أن توفر، في المستقبل، النفاذ بمعدل أساسي إلى الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDN)، 2B + D؛

3. نظراً للاعتبارات الاقتصادية:

1.3 ألا تكون، رتبة الخدمة (احتمالات فقدان النداء) التي يقدمها مثل هذا النظام للمشترك عادة، أسوأ من 1%، وأن تحسب وفقاً لأحكام التوصيتين ITU-T E.506 وE.541 من التوصيات السلسلة E لقطاع تقييس الاتصالات (انظر الملاحظة 1)؛

2.3 ينبغي أن تكون أهداف أداء الأخطاء والتيسر، مطابقة لأحكام التوصيتين ITU-R F.697 وITU-R F.1400؛

4. أن تعطي الأفضلية، من أجل الاستخدام الفعال لطيف الترددات، للممركزات الراديوية والمنافذ الرقمية المتعددة الأخرى، وأن يُرجع إلى الملحق 1 من أجل الحصول على معلومات تقنية مفصلة حول الأنظمة TDMA P-MP (انظر الملحق 2)؛

5. بالنسبة لخصائص التجهيز العامة والبيئات التشغيلية، تستخدم المعلومات المتضمنة في الملحق 2 كمرجع ودليل للإدارات ومصممي الأنظمة.

6. أن تصمم طرائق تشفير الصوت المستعملة في الأنظمة الرقمية تصميماً يجعل من تكامل النظام داخل الشبكة المبدلة تكاملاً مباشراً يدخل عليها أقل تقييدات ممكنة. ويوصي بطرائق تشفير ذات معدل 64 kbit/s للتشكيل PCM و32 kbit/s للتشكيل ADPCM وفقاً للتوصيتين ITU-T G.711 وITU-T G.726، على التوالي.

الملاحظة 1 – تستطيع بعض الإدارات تبني قيم أخرى لنوعية الخدمة مثل نسبة 5%، وفقاً للظروف المحلية.

الملاحظة 2 – يمكن الاطلاع على تكنولوجيات أخرى، مثل (CDMA) وتعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) في الكتيب الخاص بالنفاذ اللاسلكي الثابت (المجلد 1 من الكتيب الخاص بالخدمات البرية المتنقلة).

المراجع

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

التوصية ITU-R F.382 – ترتيبات قنوات التردد الراديوي للأنظمة اللاسلكية الثابتة العاملة في النطاقين 2 و4 GHz

التوصية ITU-R F.697 – أهداف الأداء والتيسر الخاصة بالأخطاء للجزء المحلي الرتبة عند كل طرف توصيل شبكة رقمية متكاملة الخدمات بمعدل بتات أدنى من المعدل الأولي باستعمال أنظمة المرحلات الراديوية الرقمية

التوصية ITU-R F.701 – ترتيبات قنوات التردد الراديوي للأنظمة الراديوية من نقطة–إلى–نقاط متعددة العاملة في نطاقات التردد في المدى من 1,350 إلى 2,690 GHz (1,5 و1,8 و2,0 و2,2 و2,4 و2,6 GHz)

التوصية ITU-R F.746 – ترتيبات الترددات الراديوية لأنظمة الخدمة الثابتة

التوصية ITU-R F.757 – المتطلبات الأساسية للنظام وأهداف الأداء الخاصة بتطبيقات النفاذ اللاسلكي الثابت باستعمال تكنولوجيات مستمدة من التكنولوجيات المتنقلة التي توفر خدمات المهاتفة واتصالات البيانات

التوصية ITU-R F.1242 – ترتيبات قنوات التردد الراديوي للأنظمة الراديوية الرقمية العاملة في المدى 350 1 MHz إلى 530 1 MHz

التوصية ITU-R F.1243 – ترتيبات قنوات التردد الراديوي للأنظمة الراديوية الرقمية العاملة في المدى 290 2-670 2 MHz

التوصية ITU-R F.1400 – متطلبات وأهداف الأداء والتيسر من أجل النفاذ اللاسلكي الثابت إلى الشبكة الهاتفية العمومية التبديلية

التوصية ITU-R F.1401 – اعتبارات خاصة بتحديد نطاقات التردد الممكنة للنفاذ اللاسلكي الثابت ودراسات التقاسم المتعلقة به

توصيات قطاع تقييس الاتصالات

التوصية ITU-T E.506: التنبؤ بالحركة الدولية

التوصية ITU-T E.541: الرتبة العامة للخدمات الخاصة بالاتصالات الدولية (مشترك–إلى–مشترك)

التوصية ITU-T G.711: تشكيل شفري نبضي (PCM) للترددات الصوتية

التوصية ITU-T G.726: التشكيل التكييفي للتشفير النبضي التفاضلي 40 و32 و24 و16 kbit/s

الملحق 1

الخصائص العامة لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت باستعمال تقنيات النفاذ المتعدد بتقسيم زمني (TDMA)

1 مقدمـــة

يقدم هذا الملحق معلومات عن أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت من نقطة–إلى–نقاط متعددة باستعمال المنافذ المتعددة بتقسيم الزمن (TDMA). ويمكن لهذه الأنظمة أن تعمل بوجه عام أيضاً في أسلوب غير ممركز مثل وصلات بيانات منخفضة القدرة مخصصة مسبقاً.

وتستعمل هذه الأنظمة حالياً على نطاق واسع لتوفير خدمات البيانات الصوتية للمشترك في المقام الأول في المناطق الريفية – أو في ضواحي المدن، وعلى نحو أقل تواتراً في المناطق الحضرية.

2 الوصف العام للأنظمة

يتمثل الغرض الأساسي لهذه الأنظمة في توفير وصلة راديوية تمد الخدمات المقدمة إلى المشتركين في المناطق الريفية حيث تكون أنظمة الكبل أكثر تكلفة أو مقيدة إلى حد كبير بفعل التضاريس الأرضية أو لحماية البيئات. وينبغي لهذه الخدمات أن تؤمن إلى أكبر حد ممكن توفير نوعية الإرسال ومدى التسهيلات التي تقدم عادة للمشتركين في المناطق الحضرية.

وتوفر الأنظمة المتعددة المنافذ للمشتركين منافذ لعدة دارات يكون عددها n أصغر من العدد N لمحطات المشتركين ($N > n$). وبما أن هذا النظام هو نظام ممركز يجب أن تُقبَل نوعية خدمة معينة فيما يتعلق بمحاولات إنشاء النداءات. وتتوقف نوعية الخدمة على العدد n من الدارات، والعدد N من محطة المشتركين والحركة عند المصدر.

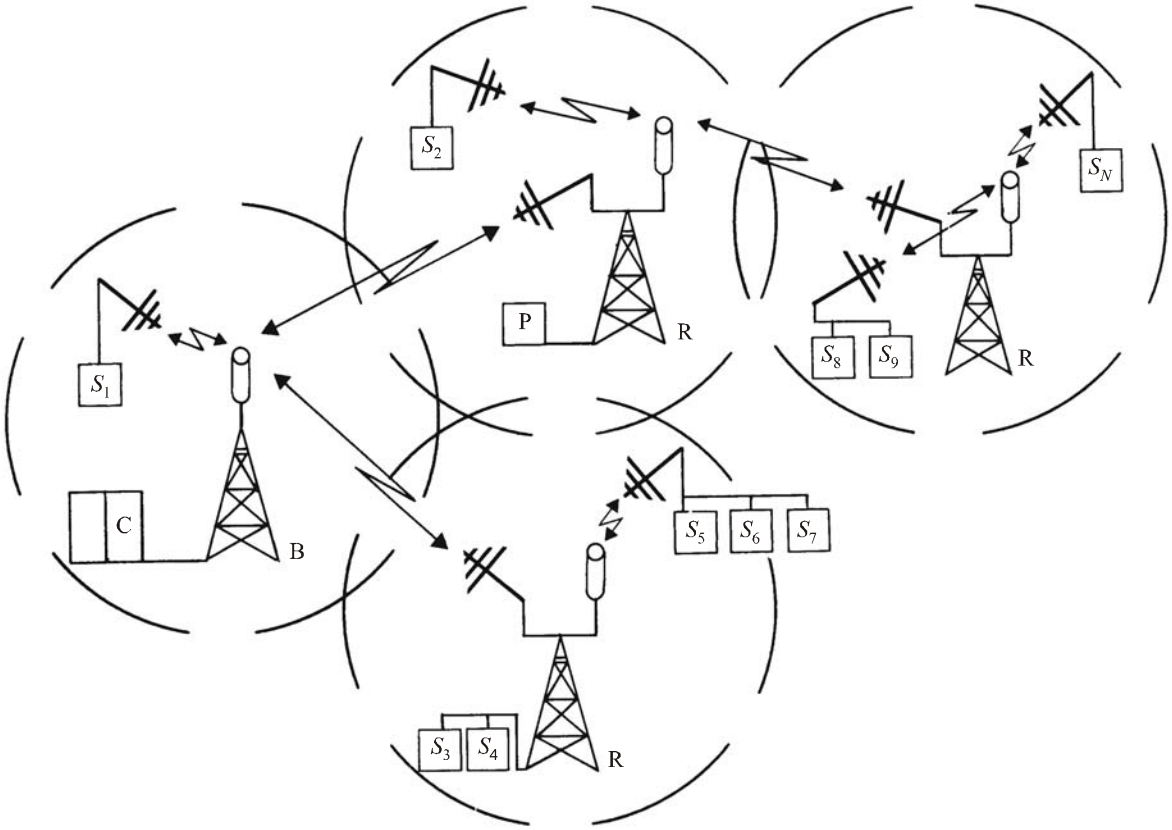
ويتألف نظام الممركز الراديوي ذي المنافذ المتعددة بتقسيم شفري (TDMA-RCS) من وحدة مرسل–مستقبل وحيدة في المحطة المركزية وعند كل محطة مشترك. وتتألف الإشارة المرسلة من فواصل زمنية n متعددة الإرسال في الزمن كل منها قادر على توفير قناة هاتفية. ويتوفر لأية محطة مشترك سبيل النفاذ إلى أي من الفواصل الزمنية n الموزعة على أساس الطلب بواسطة المحطة المركزية.

ومن الممكن إدخال محطات مكررات لتمديد نطاق الخدمة من البدالة إلى مشتركين على مسافات بعيدة. وتتشكل محطات المكررات من وحدتين مرسل–مستقبل موصولتين ظهراً–لظهر عبر تجهيز ملائم. ويمكن أن تخدم المكررات مشتركين محليين وأن تعمل باعتبارها محولات ترددات راديوية (RF) في الاتجاهين تعيد إرسال الإشارة في المناطق الراديوية المجاورة (انظر الشكل 1)، وتلغي بذلك الحاجة إلى التوصيل البيني فيما بين الخلايا.

وفي تنفيذ واحد ممكن باستعمال محطات المكررات مع التبديل المحلي، ترسل معلومات التشوير ومتطلبات التسيير والمعلومات عن حالة تشغيل شبكة النفاذ المتعدد عبر قنوات إشرافية مراقَبة بصفة مستمرة، وعند الضرورة، محدثة في جميع المحطات. وتوزع قنوات المشتركين غير المستعملة أو الفواصل الزمنية حسب الطلب على أساس استبعاد وإدراج إلى فرادى المشتركين عبر البدالات المحلية كما أن القنوات الإشرافية تُحدَّث بالمعلومات عن التوصيلات وفك التوصيلات الجديدة. ويمكن إعادة استعمال القناة ذاتها أو الفاصل الزمني ذاته عدة مرات على طول الشبكة نظراً لسهولة التبديل المحلي. ولا تلزم أي بدالة مركزية. ويتم توفير محطة مركزية كبوابة إلى الشبكة العمومية.

الشكل 1

تشكيل ممكن لنظام ممركز راديوي متعدد المنافذ بتقسيم الزمن (TDMA) للمشتركين في المناطق الريفية



: بدالة الهاتف
S_i : السطح البيني للمشترك
R : محطة المكررات
B : المحطة المركزية
P : الهاتف العمومي
C : وحدة التبديل

1103-01

3 مبادئ التشغيل

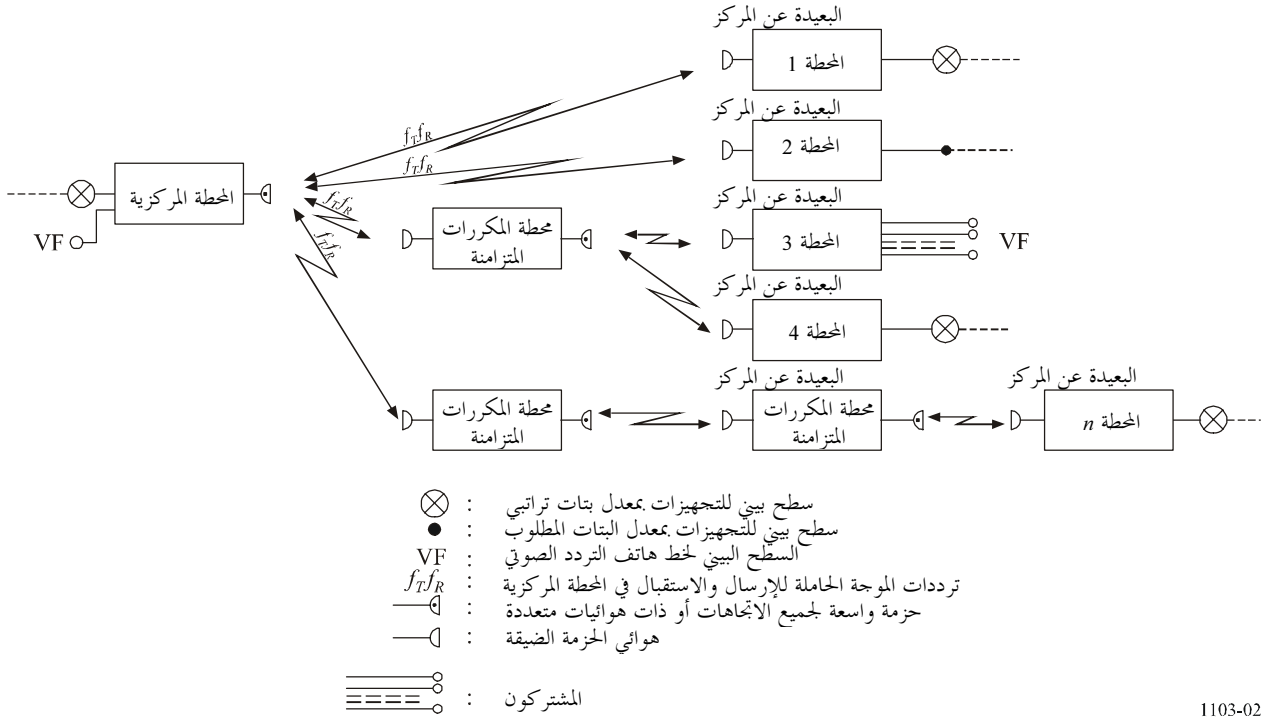
تستعمل جميع أنظمة المنافذ المتعددة بتقسيم الزمن من نقطة-إلى-نقاط متعددة مبدأ الإرسال ذاته. وترسل البيانات أو إشارات الكلام المشفرة رقمياً من المحطة المركزية في نسق تعدد الإرسال بتقسيم الزمن يستعمل تشذير البتة أو البايتة. وبدلاً من ذلك، ترسل المعلومات الخاصة بشتى المحطات البعيدة عن المركز (محطة المشتركين أو المحطة النهائية) على نحو متتابع. وفي الاتجاه العكسي، يوزع على كل محطة بعيدة عن المركز فاصل زمني تُرسل معلوماتها في غضونه. وينبغي إيلاء عناية كبيرة لضمان أن تصل تدفقات البيانات المندفعة إلى المحطة المركزية على نحو تتابعي. ويتحقق هذا بوجه عام من خلال التصميم الدقيق لنظام التحكم ومن خلال توفير تساوٍ مطلق في المهل الزمنية. وهذا التساوي إما أن يضبط مسبقاً أو يعدل دينامياً رهناً بأهداف تصميم النظام. وعندما تكون الاختلافات في وقت الانتشار قصيرة فيما يتعلق بفترة بود النظام، تكون التسوية المضبوطة مسبقاً ملائمة بوجه عام. ويبين الشكلان 2 و3 تخطيط نظام نمطي وترتيب رتل المنافذ المتعددة بتقسيم الزمن (TDMA)، على التوالي.

وبوجه عام، يجري توصيل أنظمة النقطة إلى نقاط متعددة بالشبكة في المحطة المركزية، ويفضل أن يبدو النظام نقطة–إلى–نقاط متعددة شفافاً للشبكة بدون فرض أية قيود على استعمال المنافذ المتعددة بتقسيم الزمن. وبالإضافة إلى ذلك، يتيح استعمال سطح بيني تقليدي وضع المحطة المركزية على مسافة معينة من نقطة التوصيل بالشبكة، لأنه يمكن إجراء الوصلة بهذه النقطة بواسطة الأنظمة التقليدية للراديو أو الكبل.

وفي العادة، تستعمل الإشارة المستقبلة المعاد توليدها في كل محطة بعيدة عن المركز من أجل توفير معلومات عن التوقيت للمحطة البعيدة عن المركز. ويتم الحصول على معلومات التزامن بالنسبة لإرسالات بأسلوب الرشقات من البتات الإشرافية المستقَبَلة من المحطة المركزية. ومن ثم، تتضمن كل رشقة معلومات المستهل، وبالتالي تكون الرشقات ذات فترات الرتل الطويلة مرغوبة من أجل استعمال النظام على نحو تتوافر فيه الكفاءة. إلا أن هذا النهج يمكن أن يؤدي إلى فترات تأخير عام لا يمكن قبولها في شبكة عمومية تبديلية، ومن ثم ينبغي بحث العلاقة بين كفاءة الإرسال والتأخير المسموح به في النظام بحثاً مدققاً.

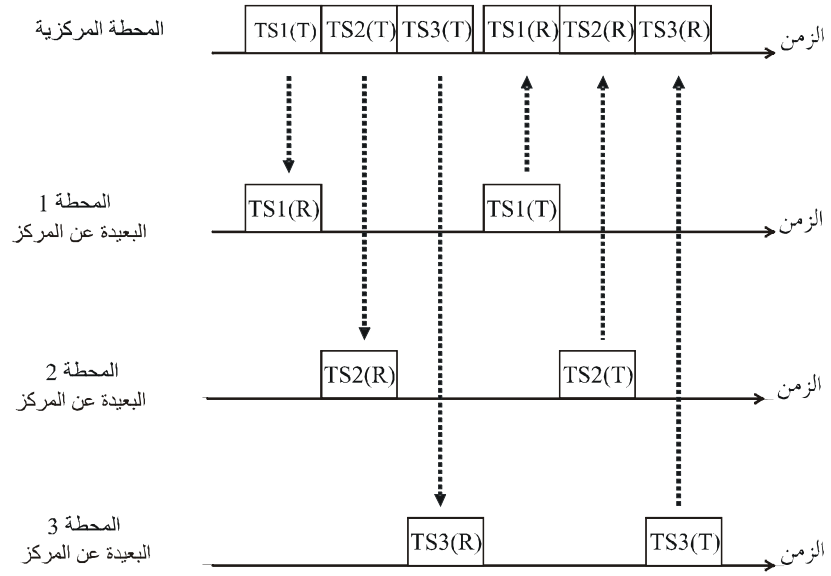
الشكل 2

تشكيل نمطي لنظام لا سلكي ثابت من نقطة–إلى–نقاط متعددة ولمنافذ متعددة بتقسيم الزمن

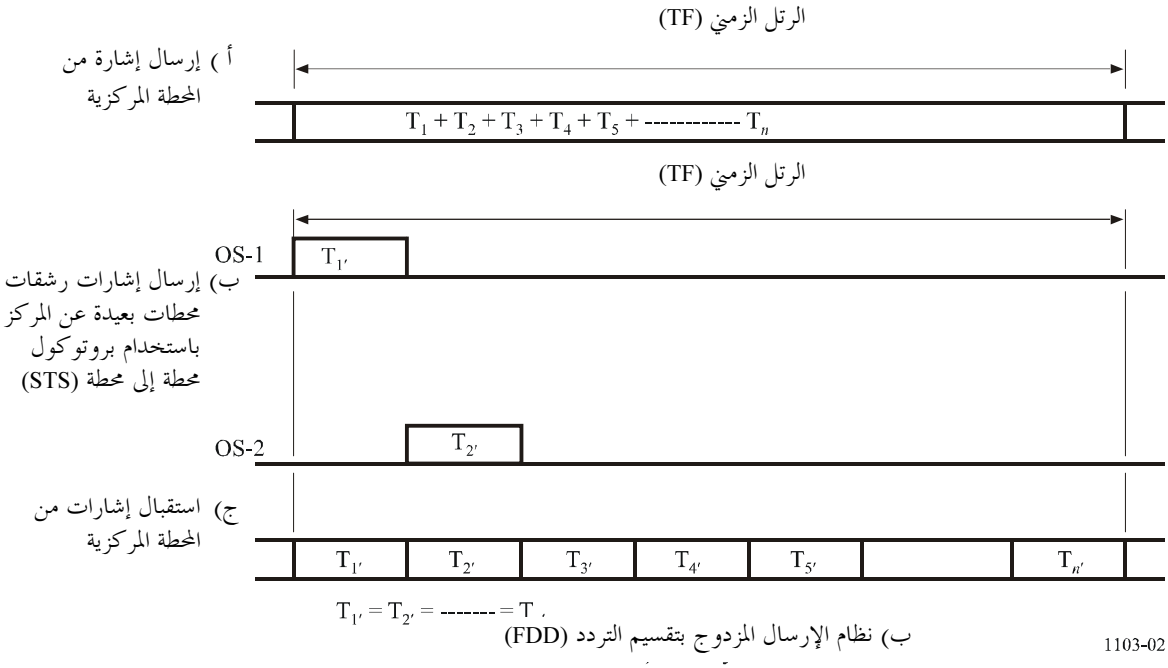


الشكل 3

ترتيبات الفواصل الزمنية (TS) في نظام المنافذ المتعددة بتقسيم الزمن (TDMA) باستعمال الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) والإرسال المزدوج بتقسيم التردد (FDD)



أ) نظام الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD)



ب) نظام الإرسال المزدوج بتقسيم التردد (FDD)

1103-02

الملحق 2

معلومات إضافية بشأن الجوانب التقنية والتشغيلية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت المستخدمة في المناطق الريفية

1 عموميات

من الضروري أن تخفض إلى أدنى حد تكلفة إنشاء البنية التحتية اللازمة للأنظمة المستخدمة في المناطق الريفية. وتشمل هذه البنية التحتية بوجه خاص ما يلي:

- توفير طرق يسهل الوصول إليها؛
- توفير سبل تبييت التجهيزات ووقايتها، وعند الضرورة، توفير تسهيلات للصيانة مثل توفير مكان إقامة للعاملين في الصيانة؛
- توفير التجهيزات اللازمة للإمدادات بالطاقة الكهربائية، بالإضافة إلى خزانات للوقود، وإذا لزم؛
- توفير حوامل للهوائيات، إلخ.

وفي الأنظمة اللاسلكية الثابتة القائمة، استنفدت تكلفة هذه البنية التحتية في أكثر الأحيان نسبة عالية جداً من النفقات.

وتجدر الإشارة إلى أنه في بعض الحالات (عند عبور أراضي مستنقعات، وصحاري، ومناطق جبلية أو أراضي أجنبية) قد يكون استعمال أنظمة المرحلات الراديوية عبر الأفق العاملة في نطاقات تردد منخفضة نسبياً أمراً مفيداً لأن ذلك سيؤدي إلى تفادي توفير محطات بعيدة عن مراكز التجمعات السكانية الهامة ويستبعد الحاجة إلى إنشاءات كبيرة. وفي هذه الحالات، قد لا تكون المكونات في حالة الصلابة مناسبة لمضخم طاقة المرسل.

ولئن كان من الصعب بوجه عام التنبؤ بالمتطلبات طويلة الأجل لطلبات الحركة من وصلات الاتصال البعيد أو وصلات النفاذ في مناطق ريفية، فإن اختيار قدرة النظام هو اختيار اقتصادي أمثل يستند إلى هذه التنبؤات. وستصبح إنشاءات التجهيزات الأولى غير اقتصادية إذا تجاوزت مقدرتها النهائية المتطلبات المستقبلية. ومن ناحية أخرى، فإن الاستعاضة عن نظام أصغر أنشئ أولاً عندما تصبح قدرته غير كافية لن يكون ضرورياً إلا بعد نمو يستغرق عدة سنوات. وعندئذ سيكون توفير نظام ذي مقدرة أعلى أمراً مبرراً كما يمكن استرداد التجهيزات الأولية لاستخدامها في وصلة حركة خفيفة أخرى. وبالإضافة إلى ذلك، ونظراً للطلب على النطاق العريض في المستقبل، فإن الأنظمة التدرجية أنظمة مرغوبة.

2 النظر في نطاق التردد

إن تحديد أي نطاق تردد أدنى من 3 GHz هو المفضل بالنسبة لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت المستخدمة في المناطق الريفية أمر يتجاوز نطاق هذه التوصية. والمعلومات الواردة في الجدول 1 من التوصية ITU-R F.746 معلومات مفيدة لمصممي الأنظمة كي ينظروا فيها من أجل اختيار نطاق التردد وكذلك ترتيبات قنوات التردد الراديوي.

كذلك، فإن التوصية ITU-R F.1401 تقدم آراء بشأن تحديد نطاقات التردد الممكنة للنفاذ اللاسلكي الثابت ولدراسات التقاسم المتعلقة به.

3 الهوائيات

ينبغي أن تكون الهوائيات في محطات المشتركين قوية ثابتة وذات مجال سطحي صغير معرض للرياح. ولدى النظر في صعوبات النفاذ إلى المواقع النائية، تكون الحاجة إلى توفير الموثوقية فائقة الأهمية. وتمثل هوائيات Yagi، إذا رُكبت بصورة حسنة، حلاً جيداً للترددات التي تصل إلى نحو GHz 1,5. وفي الترددات الأعلى، قد تستخدم أنماط أخرى من الهوائيات مثل هوائيات helix أو صفيفة ثنائيات القطب ذات العاكس، وذلك رهناً بالكسب المطلوب والتردد المستعمل. وأثبتت الهوائيات البوقية أنها تمثل حلاً وسطاً جيداً لعوامل الكسب والموثوقية والتكلفة في الترددات عند GHz 1,5 أو أعلى من ذلك.

إن استعمال الهوائي ذاته للإرسال والاستقبال هو بوجه عام استعمال أكثر اقتصادية بالنسبة لأنظمة الإرسال المزدوج بتقسيم التردد، لكن ينبغي في حالات من هذا القبيل اعتماد مسافة مباعدة أكبر بين الترددات لتفادي سد المستقبِل (مثلاً، 3% إلى 5% من متوسط التردد). إلا أن صعوبات تقنية يمكن أن تنشأ من اعتماد مسافة مباعدة كبيرة للغاية بين الترددات بسبب محدودية عرض نطاق بعض الهوائيات. وبالنسبة لأنظمة الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن، يستعمل الهوائي ذاته للإرسال والاستقبال على حد سواء، ولذلك يمكن تطبيق تشكيل الهوائي الأكثر بساطة واقتصادية.

وفي نظام متعدد المنافذ، ينبغي اختيار الهوائي (الهوائيات) في المحطة المركزية (حيث يتركز جميع المشتركين في منطقة الخدمة) بحيث تكون خصائصها الإشعاعية متوافقة على أوثق نحو ممكن مع المنطقة الجغرافية التي يتعين تغطيتها أو مع توزيع محطات المشتركين.

ولدى محطات المكررات هوائيان. وأكثر التشكيلات شيوعاً هو الهوائي الاتجاهي الموجه نحو المحطة المركزية والهوائي لجميع الاتجاهات أو ربما الهوائي ذو الحزمة الواسعة لخدمة محطات المشتركين المحليين، وعند الضرورة، لإقامة وصلات بالمكررات الأخرى.

ويوفر استعمال الهوائيات الاتجاهية عند محطة المشترك، استعمالاً أكثر كفاءة للطيف الراديوي المتيسر نتيجة تقليله التداخل المتبادل إلى أدنى حد.

4 الإمداد بالطاقة الكهربائية

ينبغي، بوجه عام، عدم استعمال مصادر الطاقة الدينامية (مجموعات المولدات) بسبب كمية الصيانة التي تحتاجها.

وتتسم الطاقة الشمسية بوجه خاص بجاذبيتها، وإن كان استعمالها يمكن أن يُقيد بفعل الأحوال المناخية التي تسود في مناطق معينة.

وبالنسبة لنظام قائم على المنافذ المتعددة بتقسيم الزمن (TDMA) يتحقق توفير الطاقة لأن المرسل لا يشغَّل إلا خلال مدة الفواصل الزمنية النشيطة. ويمكن تحقيق وفورات إضافية في الطاقة إذا قُطع التيار الكهربائي عن المستقبل وهو في حالة الراحة، وإن كان هذا يتطلب استعمال دورات عمل تتوافق مع فلسفة التشوير المعتمدة.

5 التركيب

يمكن وضع التجهيزات الراديوية في خزانة إما على قمة هيكل الحمالة التي تحمل الهوائيات مما يخفِّض خسائر الكبل لكن يجعل التركيب والصيانة أكثر صعوبة أو أسفل هيكل الحمالة من أجل تيسير تنفيذ هذه الوظائف. وإذا احتوت الخزانة على تجهيزات الراديو والسطح البيني للخط على السواء، يكون التركيب أسفل الحمالة هو الحل العملي الوحيد. وبوجه عام، ينبغي أن تكون التجهيزات صغيرة وخفيفة الوزن وقوية ويسهل تركيبها حتى في البيئات غير المؤاتية.

وينبغي أن تعمل التجهيزات المخصصة للتركيب في الهواء الطلق على نحو موثوق وفي مدى تراوح واسع فيما يتعلق باختلاف درجات الحرارة أو العمل في درجة الرطوبة العالية. والبناء الذي لا يتسرب إليه الغبار مطلوب أيضاً في مناطق مثل الصحراء. وإلا قد يتعين تركيب التجهيزات في أكشاك لحمايتها.

والمعلومات المذكورة أعلاه تطبق على تركيب التجهيزات في مواقع المشترك أو في موقع المكررات. إلا أن البنية التحتية اللازمة للتجهيزات الراديوية للمحطة المركزية قد تكون أكبر نظراً لأن التجهيزات القاعدية أكثر ضخامة، كما أن استهلاك الطاقة أعلى، إلخ.

6 الصيانة

نظراً لأنه قد يكون من الصعب في كثير من الأحيان الوصول إلى التجهيزات التي توفر الخدمة في المناطق الريفية، ينبغي أن تكون التجهيزات ذات موثوقية تماثل موثوقية أنظمة الكبل أو أكثر منها. واستخدمت بعض الإدارات أنظمة تبين أن متوسط الزمن المنقضي بين فترات الأعطال فيها تزيد على عشر سنوات بالنسبة لمحطات المشتركين.

وبالإضافة إلى ذلك، ونظراً لأن المهارات التقنية المتيسرة لصيانة التجهيزات في الأماكن النائية قد تكون محدودة، ينبغي أن ينجز التصميم بحيث يمكن تنفيذ الصيانة الميدانية من خلال لوحة بيانية أو بالاستبدال الكامل للوحدة. وينبغي تقليل التعديل الميداني إلى أدنى حد، إن لم يكن استبعاده.

ويعتبر نظام التشغيل لمراقبة واختبار عناصر الشبكة مفيداً للغاية بالنسبة للصيانة.