التقرير ITU-R F.2060

استعمال الخدمة الثابتة في شبكة نقل نظام الاتصالات المتنقلة الدولية–2000 (IMT-2000)

(المسألة ITU-R 221/9)

(2005)

1 مقدمة

مع تزايد الطلبات على حركة الاتصالات المتنقلة الممثلة في نظام الاتصالات المتنقلة الدولية–2000 (IMT-2000) في الآونة الأخيرة، أصبح استعمال الخدمة الثابتة (FS) في شبكة النقل ضمن البنية التحتية المتنقلة تطبيقاً هاماً.

وتؤمِّن شبكة نقل IMT-2000 التوصيلات بين محطات القاعدة المختلفة للشبكة، علاوة على التوصيلات بين محطة قاعدة واحدة ومحطات أخرى في البنية التحتية لنظام IMT-2000، من أجل التوصيل البيني لشبكة IMT-2000 مع شبكات الاتصالات الأخرى.

2 مجال التطبيق

الغاية من هذا التقرير هي تبيان كيفية استعمال الخدمة الثابتة (FS) على مختلف المستويات التراتبية لشبكة نقل IMT-2000 لضمان التوصيلات بين محطات القاعدة، وبين محطات القاعدة والمحطات الأعلى مستوى في شبكة النقل هذه. ويورد هذا التقرير مثالاً عن استعمال الخدمة الثابتة (FS) في شبكة نقل IMT-2000.

ومن الضروري استعمال الخدمة الثابتة (FS) لاستيعاب تشغيل شبكات IMT-2000 في شبكة النقل. هذا ويمكن استخدام نطاقات تردد مختلفة في الخدمة الثابتة (FS) تبعاً لتطور النظام IMT-2000 وسعات الإرسال المطلوبة.

ويورد هذا التقرير بنىً محتملة لشبكات نقل النظام IMT-2000، بما في ذلك من الاحتياجات العامة للجيل الثالث (3G) من الأنظمة الخلوية (IMT-2000). ويدرس التقرير أيضاً الاستعمال الممكن لطيف الخدمة الثابتة (FS) الذي سبق توزيعه. وبصرف النظر عن سعة شبكة الإرسال، فإن اختيار النطاقات الترددية يتوقف على الوضع المحلي في مختلف البلدان (أي النشر القائم لنطاقات التردد وعدد مشغلي نظام IMT-2000، وما إلى ذلك).

3 المراجع

سيجد القارئ مزيداً من الإرشادات في المراجع الواردة أدناه:

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

التوصية ITU-R F.758: اعتبارات متعلقة بوضع معايير التقاسم بين الخدمة الثابتة والخدمات الأخرى

التوصية ITU-R F.1245: نموذج رياضي لمخططات الإشعاع المتوسطة الخاصة بهوائيات نظام المرحلات الراديوية في خط البصر بين نقاط ثابتة، والذي يجب استعماله في بعض دراسات التنسيق وفي تقييم التداخل في مدى الترددات الذي يتراوح من 1 و70 GHz

التوصية ITU-R F.1399: مفردات مصطلحات النفاذ اللاسلكي

التوصية ITU-R M.1224: مفردات مصطلحات الاتصالات المتنقلة الدولية–2000 (IMT-2000)

التوصية ITU-R M.1390: منهجية حساب متطلبات الطيف الأرضي لنظام IMT-2000

التوصية ITU-R P.530: معطيات الانتشار وطرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم أنظمة راديوية للأرض في خط البصر

التوصية ITU-R P.676: التوهين بالغازات الجوية

التوصية ITU-R P.837: خصائص الهواطل لنمذجة الانتشار

كتيّب حول نشر أنظمة IMT-2000: http://www.itu.int/itudoc/qs/imt2000/84207.html

تقرير لجنة الاتصالات الإلكترونية (ECC) رقم 003: *الخدمة الثابتة في أوروبا، الاستعمال الحالي ولاتجاهات المستقبلية بعد العام 2002*

4 قائمة المختصرات

2G الجيل الثاني للنظام المتنقل (*2nd Generation Mobile System*)

3G الجيل الثالث للنظام المتنقل (IMT-2000) (*3rd Generation Mobile System (IMT-2000)*)

AAL طبقة تكييف أسلوب النقل غير المتزامن (ATM) (أي AAL 0، AAL 2، AAL 5، ...) (*ATM adaptation layer (i.e. AAL 0, AAL 2, AAL 5,..).*)

ATM أسلوب النقل غير المتزامن (*Asynchronous transfer mode*)

ATPC تحكم أوتوماتي في قدرة الإرسال (*Automatic transmission power control*)

BER نسبة الخطأ في البتات (*Bit error ratio*)

BS محطة قاعدة (*Base station*)

BSC مراقب محطة قاعدة (*Base station controller*)

BTS محطة مرسل–مستقبل قاعدة (*Base transceiver station*)

CBD الحي التجاري المركزي (*Central business district*)

CBR معدل بتات ثابت (*Constant bit rate*)

CCDP استقطاب مزدوج في نفس القناة (*Co-channel dual polarized*)

CS محطة مركزية (أو محطة قاعدة مركزية) (*Central station (or Central base station)*)

C/I نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (*Carrier-to-interference ratio*)

DSL خط المشترك الرقمي (*Digital subscriber line*)

FDCA التوزيع السريع للسعة الدينامية (*Fast dynamic capacity allocation*)

FL خسارة المغذي (*Feeder loss*)

FM هامش الخبو (*Fade margin*)

FS خدمة ثابتة (*Fixed service*)

FSK تشكيل بزحزحة التردد (*Frequency-shift keying*)

IMT-2000 نظام الاتصالات المتنقلة الدولية–2000 (*International Mobile Telecommunication System-2000*)

IP بروتوكول الإنترنت (*Internet protocol*)

LoS خط البصر (*Line-of-sight*)

MM متعدد الوسائط (*Multimedia*)

MSC مركز تبديل متنقل (2G أو 3G) *(Mobile switching centre (2G or 3G))*

OBQ كمية البتات المقدَّمة (*Offered bit quantity*)

PDH تراتب رقمي متقارب التزامن (*Plesiosynchronous digital hierarchy*)

P-P من نقطة إلى نقطة (*Point-to-point*)

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

PoP نقطة تواجد (لمشغّل ليف بصري) *(Point of presence (of a fibre optical operator))*

PSK تشكيل بزحزحة الطور (*Phase shift keying*)

QAM تشكيل اتساع تربيعي (*Quadrature amplitude modulation*)

RF تردد راديوي (*Radio frequency*)

RPE غلاف نمط الإشعاع (لهوائي) *(Radiation pattern envelope (of an antenna))*

SAP نقطة نفاذ إلى الخدمة (*Service access point*)

SDH تراتب رقمي متزامن (*Synchronous digital hierarchy*)

STM أسلوب النقل المتزامن (*Synchronous transfer mode*)

Sub-CS محطة مركزية فرعية (أو محطة قاعدة مركزية فرعية) *(Sub-central station (or sub-central base station))*

XPD تمييز الاستقطاب المتقاطع (*Cross-polarization discrimination*)

XPIC كابت تداخل الاستقطاب المتقاطع (*Crosspolar interference canceller*)

5 هيكل شبكة نقل IMT-2000

1.5 مثال عن المستويات التراتبية في شبكة نقل IMT-2000

تتألف شبكة نقل نظام IMT-2000 من مستويات تراتبية نقل مختلفة لاستيعاب سطوح الإرسال البينية لشبكة IMT-2000.

ويتألف تراتب شبكة IMT-2000، من حيث المبدأ، من مستويات تراتبية مختلفة، ومن عقد شبكية تُعرَّف في هذا التقرير، بواسطة مصطلحات واردة في التوصيتين ITU-R M.1224 وITU-R F.1399، على النحو التالي:

– MSC: مراكز تبديل متنقلة في شبكة IMT-2000 تنظّم تدفق الحركة الإجمالي إلى جانب تمثيل التوصيل البيني مع الشبكة الثابتة؛

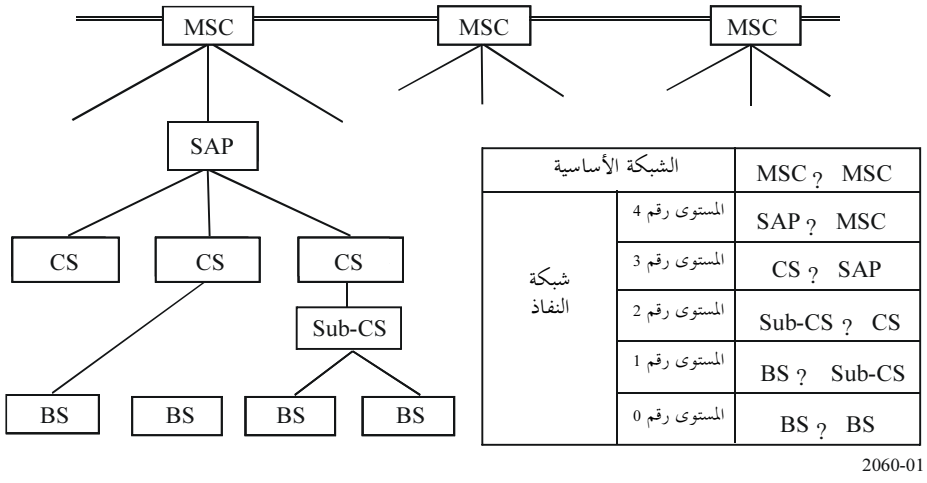
– SAP: نقطة نفاذ إلى الخدمة – هي العقدة الأساسية في الشبكة ولها وظائف تبديل لمحطات القاعدة التابعة في شبكة IMT-2000؛

- CS: محطة مركزية (أو محطة قاعدة مركزية) – هي محطة قاعدة تلتقي فيها بضع وصلات أو أكثر بأسلوب من نقطة إلى نقطة (P-P) أو من نقطة إلى نقاط متعددة (P-MP) لتوصيل محطات القاعدة المحيطة؛
- Sub-CS: محطة مركزية فرعية (أو محطة قاعدة مركزية فرعية) – هي محطة قاعدة تؤدي الوظيفة الوسيطة لنقل الحركة بين المحطة المركزية (CS) ومحطات القاعدة الأخرى؛
- BS: محطة قاعدة، هي عقدة تشكل نهاية شبكة النقل، إلا في الحالات المصنّفة كالعقد الوارد تعريفها أعلاه.

ترد في الشكل 1 الطوبولوجيا العامة لشبكة النقل في نظام IMT-2000. أما المستويات التراتبية التي يحدد كل منها وصلات التوصيل المستعملة لعدة مراتب في شبكة النقل، فسوف يُنظر فيها في الأقسام اللاحقة من هذا التقرير من منظور الخدمة الثابتة.

الشكل 1

مثال عن المستويات التراتبية لشبكات نقل IMT-2000



في مرحلة البدء، يرجّح أن تورّد الوصلات اللاسلكية الثابتة معظم التوصيلات. ومع نضوج شبكات IMT-2000 قد تحل محل تلك التوصيلات توصيلات أخرى عالية السعة (أي ألياف بصرية).

ويرد في الملحق 1 وصف لأمثلة عن طوبولوجيا مفصّلة للمستويات التراتبية لشبكة نقل IMT-2000.

2.5 متطلبات السعة وطول القفزة في شبكة النقل

يستلزم تشغيل شبكات IMT-2000 تنوّع واسع في التوصيلات البينية من حيث طول القفزة وسعة النقل. وعلى وجه التحديد، فإن سعة النقل تتوقف على احتياجات المستعمل من خدمات الاتصالات المتنقلة التي تورد التوصية ITU-R M.1390 منهجيةً لتقديرها.

ترد في الجدول 1 سعات النقل المتوقعة للتوصيلات البينية بين مختلف الطبقات. وترد في الملحق 2 دراسة مفصلة حول كيفية التوصل إلى مثل هذه التوقعات. وفي هذا الصدد، أُخذ تطور الشبكات في الاعتبار، وقدمت السعات المتوقعة للأجل القصير والطويل على حد سواء.

يبيِّن الجدول 2 مجموعة متنوعة من أطوال القفزة في مختلف البيئات التشغيلية (الريفية والحضرية) للشبكة الخلوية. ويؤدي توفر المعلومات بشأن السعة وطول القفزة إلى وسائط تخدم متطلبات الطبقات المختلفة لشبكات IMT-2000 أفضل خدمة.

الجدول 1

السعات المتوقعة لوصلة التوصيل البيني لمختلف المستويات التراتبية في شبكات IMT-2000

المستوى التراتبي[1]	الأجل القصير	الأجل الطويل
المستوى التراتبي رقم 0	Mbit/s 8-4	Mbit/s 34-4
المستوى التراتبي رقم 1	Mbit/s 34-8	STM-1 – Mbit/s 8
المستوى التراتبي رقم 2	STM-1 – Mbit/s 34	*n* STM-1 – Mbit/s 34 × *n*
المستوى التراتبي رقم 3	2 STM-1 – Mbit/s 34	*n* STM-1 – *n* STM 16
المستوى التراتبي رقم 4	*n* STM-1	*n* STM1 – *n* STM-16

[1] انظر الشكل 1 من أجل التعاريف.

الجدول 2

أطوال القفزة للتوصيل البيني لمختلف المستويات التراتبية في شبكات IMT-2000

المستوى التراتبي[1]	بيئة حضرية (km)	بيئة ريفية (km)
المستوى التراتبي رقم 0	1,4-0,5	16-5
المستوى التراتبي رقم 1	2,5-0,5	20-5
المستوى التراتبي رقم 2	5,0-2,0	20-5,0
المستوى التراتبي رقم 3	10-5	50-5,0
المستوى التراتبي رقم 4	20-0	20-0

[1] انظر الشكل 1 من أجل التعاريف.

3.5 وسائط النقل المستعملة في شبكة النقل

ليست كل هذه التوصيلات ضمن شبكة IMT-2000 أجهزة راديوية بالضرورة، إذ يتوقف ذلك على:

- طبقة الشبكة قيد الدراسة؛
- المرافق التقنية لمشغّل شبكة معيّن؛
- الإطار الاقتصادي.

ويمكن تشغيل نسبة مئوية معيّنة من التوصيلات البينية ضمن شبكات IMT-2000 على كبلات (مثل أنظمة DSL) أو ألياف بصرية.

ولمستويات الشبكة المختلفة متطلبات مختلفة من حيث سعة الاتصالات وأهداف التيسّر تبعاً لاختلاف وظائف هذه المستويات في الشبكة. وسوف تؤلف هذه المستويات شبكة نقل من خمس مستويات تراتبية، يمكن تهيئتها بوسائط نقل مختلفة:

- المستويات التراتبية ذات الأرقام 0 و1 و2 (التوصيلات بين محطات القاعدة (BS)، النفاذ من BS إلى محطة قاعدة مركزية فرعية (Sub-CS) و/أو محطة مركزية (CS) تُشغِّلها، بشكل أساسي، وصلات من نقطة إلى نقطة (P-P) و/أو من نقطة إلى نقاط متعددة (P-MP) لاسلكية ثابتة، أو الكبل؛
- والمستوى التراتبي رقم 3 (التوصيل البيني لمحطة CS ونقطة نفاذ SAP) تُشغِّلها وصلات P-P لاسلكية ثابتة وألياف بصرية؛

- المستوى التراتبي رقم 4 (التوصيل البيني بين نقاط (SAP)، ومراكز MSC، وربما بين نقطة التواجد (PoP) وشبكات الألياف البصرية) تُشغِّلها، بشكل أساسي، الألياف البصرية؛
- والشبكة الأساسية (التوصيل البيني لمراكز MSC) تُشغِّلها، بشكل أساسي، الألياف البصرية.

ومن الممكن أيضاً وجود سيناريوهات يحمل فيها توصيل بيني لمستوى تراتبي معيّن في شبكة النقل حركة الطبقات الأدنى لشبكة النقل.

6 تطبيقات الخدمة الثابتة (FS) في شبكات نقل IMT-2000

تُستعرض في هذا القسم نطاقات تردد في الخدمة الثابتة ومدى ملاءمتها/قابليتها للاستعمال في نظام IMT-2000. ويضم هذا القسم خصائص نطاق التردد ذا البعد التقني والمادي، والكثافات الممكنة في الوصلة، ومتطلبات الأنظمة الآن وفي المستقبل، فضلاً عن عوامل أخرى تؤثر على مدى ملاءمة نطاقات معيّنة وقابليتها للاستعمال. علاوة على ذلك، ترد مقارنة في الطوبولوجيات والملامح المحددة لنطاقات التردد.

1.6 خصائص نطاقات التردد في الخدمة الثابتة (FS)

يمكن عموماً استعمال كل نطاقات التردد المتيسرة للخدمة الثابتة في شبكات نقل IMT-2000. وتفحص في الأقسام التالية، خصائص تقنية لنطاقات معيّنة في الخدمة الثابتة، مثل سعات الإرسال المناسبة والتباعد بين القنوات ومستويات التشكيل والعدد المتيسر من القنوات وأطوال الوصلة النمطية.

1.1.6 معلومات بشأن نطاقات التردد الممكنة لشبكات نقل IMT-2000

يجدر ملاحظة أن الاستعمال الوطني يمكن أن يغير، في بعض الحالات، الخصائص العامة الموصوفة أدناه. بالإضافة لذلك، فقد لوحظ أنه إلى جانب هذه الخصائص التقنية والمادية الموصوفة في الجدولين 3 و4، لا بد من مراعاة عدد من العوامل الأخرى التي يمكن أن تؤثر تأثيراً كبيراً على قابلية استعمال عدد من نطاقات التردد. ويرد وصف هذه العوامل في الفقرة 4.6 حيث تُقارن متطلبات الوصلات اللاسلكية، الناشئة عن طوبولوجيا شبكة IMT-2000، بخصائص نطاقات التردد.

ونظراً لأن بنية شبكة نقل IMT-2000 وكثافتها يتطلبان عدداً كبيراً من الترددات، لا سيما للقفزات القصيرة ضمن مدى من بضعة كيلومترات إلى بضع عشرات من الكيلومترات، فإن معظم نطاقات التردد المعنية، خاصةً في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، تقع في مدى التردد أعلى من 11 GHz، رغم إمكانية استعمال النطاقات الواقعة دون 11 GHz أيضاً لوصلات معينة في المناطق التي تتسم بندرة السكان في شبكة البنية التحتية لنظام IMT-2000. لكن ينبغي الإقرار بأن نطاقات الخدمة الثابتة الواقعة دون 3,4 GHz مطلوبة لخدمة التجمعات السكانية في المناطق النائية، حيث من الضروري أن تكون أطوال القفزة طويلة بغية تقليل عدد المواقع إلى أدنى حد ممكن. وهذا هو جانب هام في توفير النفاذ الاقتصادي إلى الشبكة في المناطق النائية.

الجدول 3

خصائص نطاقات التردد الواقعة فوق GHz 3,4 لأنظمة من نقطة إلى نقطة (P-P) ومن نقطة إلى نقاط متعددة (P-MP)

النطاق (GHz)	التوصية ITU-R F.	طول الوصلة النمطي في المناطق المعتدلة مناخياً (km)
3,6	1488	(P-MP) 15-5
4	382 635	80-20
5	746 1099	80-20
6 الأدنى	383	80-20
6 الأعلى	384	80-20
7	385	80-20
8	386	80-20
10	747	50-10
11	387	50-10
13	497	35-5
14	746	35-5
15	636	30-5
18	595	25-4
23	637	20-3
27	748	12-2
32	1520	10-1
38	749	6-1
52	1496	2>
57	1497	2>

يرد في التوصية ITU-R F.746 المزيد من المعلومات عن الجدول 3 الذي يتضمن التباعد بين القنوات لكل نطاق من نطاقات التردد.

الجدول 4

سعة الوصلات اللاسلكية الثابتة وفقاً لعرض النطاق والتشكيل

عرض النطاق (MHz)	السعة (Mbit/s)						
	2 × 2	8	8 × 2	34	51	155	155 × 2
3,5	4 حالات	16 حالة					
7		4 حالات	16 حالة				
13,75، 14			4 حالات	16 حالة	32 حالة		
27,5، 28، 29,65				4 حالات	16 حالة	128 حالة	128 حالة (CCDP)
40						64 حالة	64 حالة (CCDP)
55، 56						16 حالة	16 حالة (CCDP)

الملاحظة 1 – يُستعمل تشغيل CCDP مع إلغاء الاستقطاب المتقاطع حتى التردد 13 GHz، كما يمكن استعماله في نطاقات تردد أعلى في المستقبل القريب. ويتيح هذا الأسلوب في التشغيل مضاعفة سعة كل قناة بالإرسال الآني على استقطابين متعامدين (الأفقي H والرأسي V) ضمن القناة نفسها.

الملاحظة 2 – يُشار إلى التشكيلات بعدد حالاتها الرقمية؛ فمثلاً تشكيل 4-PSK هو تشكيل رباعي الحالات.

2.1.6 تأثير المطر

الغاية من هذا القسم هو تقديم بعض المعلومات بشأن كيفية تأثير الظروف المناخية على اختيار نطاقات التردد في الخدمة الثابتة (FS) في شبكة نقل IMT-2000.

واختيار نطاق التردد الأوثق صلة بالبنية التحتية للخدمة الثابتة (FS) في الشبكة المتنقلة يعتمد على عدة معلمات: ذات طبيعة تنظيمية (أي النطاقات المفتوحة أو غير المفتوحة للخدمة الثابتة (FS)، أو إن كان الترخيص الممنوح للمشغّل يقيّد النفاذ إلى نطاقات معيّنة) أو ذات طبيعة تقنية. وفي الحالة الأخيرة، ينبغي مراعاة تأثير المطر في هذه المعلمات، وبالتالي في اختيار نطاق التردد.

ومن الواضح أن هذا الاختيار سيتوقف إلى حد بعيد على المنطقة الجغرافية التي تُنشر فيها شبكات الخدمة الثابتة (FS).

لذلك أجريت مقارنة لاستعمال نطاقات التردد 18 و23 و38 GHz من حيث قدرتها على الوفاء بمتطلبات شبكات FS الشعرية. وقد أجريت خصوصاً دراسات على الأطوال القصوى للقفزة في نطاقات التردد هذه وفقاً لبعض مناطق الأمطار الجغرافية. واستُعملت التوصية ITU-R P.837-1 لأغراض هذه الدراسات.

وكنتيجة لهذه الدراسات تبيّن في مناطق المناخ المطري M وN وP وQ المنطبقة في عدة مناطق تسود فيها ظروف مناخية مدارية أو استوائية، أن خصائص نطاق التردد 18 GHz من حيث أقصى طول للقفزة تشبه كثيراً خصائص نطاقي التردد 23 أو 38 GHz في منطقة المناخ المطري E، التي تنطبق على عدد من المناطق الجغرافية الأخرى ذات ظروف مناخية مختلفة، مثل أوروبا. ولم تعد قيم المسافة الواردة في الجدول 3 صالحة بالنسبة لمناطق المناخ المطري M وN وP وQ.

أما النطاقان 23 و38 GHz المهيّئان تماماً للاستعمال في شبكة نقل الأنظمة المتنقلة في الظروف المناخية لأوروبا، فقد لا يتمتعان بالإمكانيات نفسها في مناطق أخرى ذات خصائص هواطل مطرية أكبر. إذ يمكن أن يقتصر استعمالهما مثلاً على وصلات بالغة القصر في مناطق مكتظة بالسكان.

وبناءً على ذلك، يُتوقع من نطاق التردد GHz 18، في المناطق المنتمية إلى مناطق المناخ المطري M وN وP وQ، أن يلعب دوراً هاماً في شبكة نقل الأنظمة المتنقلة، كما هو الشأن بالنسبة للنطاقين 23 و38 GHz في أوروبا.

ترد في الملحق 3 معلومات أكثر تفصيلاً بشأن شبكات النقل المتنقلة في أوروبا ونتائج الحسابات للنطاقات 18 و23 و38 GHz.

2.6 المتطلبات التقنية لأنظمة P-P وP-MP

تعتمد المتطلبات التقنية لأنظمة P-P أو أنظمة P-MP على الجزء المستهدف من بنية شبكة IMT-2000 وعلى كثافة الوصلة الجاري النظر فيهما.

1.2.6 تعظيم استخدام الطيف

يمكن استعمال كلا نظامي P-P وP-MP لشبكة نقل IMT-2000.

في بعض الحالات، ولأسباب اقتصادية، يمكن أن تُنشر أنظمة P-P في المناطق الريفية فقط. ويمكن نشر نظاما P-P وP-MP في المناطق الحضرية والحضرية المكتظة على حد سواء. وقد يدفع الخيار بين هاتين التكنولوجيتين في المناطق الحضرية والحضرية المكتظة عوامل من قبيل متطلبات السعة في عقدة النفاذ وإدارة الحركة وطول القفزة وهدف التيسّر والقيود الملازمة في المناطق الحضرية.

ويبقى الاستعمال الفعال للطيف شرطاً أساسياً للسماح لجميع مشغّلي الشبكة بنشر الشبكة الخاصة بهم وذلك باستخدام نطاقات تردد محدودة.

ومن المهم ملاحظة أن تطبيق التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) وكابت تداخل الاستقطاب المتقاطع (XPIC) (لأنظمة التراتب الرقمي المتزامن (SDH) حيثما كان ذلك ممكناً) واستخدام هوائيات ذات غلاف مخطط إشعاع (RPE) جيد وتمييز استقطاب متقاطع (XPD) محسّن، يمكن أن تحسن كفاءة استعمال الطيف.

1.1.2.6 مزايا استعمال تركيبة من مخططي تشكيل منخفض وعال في الشبكات من نقطة إلى نقطة (P-P)

يلزم نظاما التشكيل منخفض المستوى (أي 4 حالات) وعالي المستوى (أي 16 حالة أو أكثر) في شبكة لاسلكية ثابتة.

وبالجمع بين نظامي تشكيل على مستويين منخفض وعال من الممكن تحقيق تسوية بين تكلفة الطيف وفعاليته، إذ لا يوجد حل واحد حقيقي يفي بمستلزمات كل سيناريو:

- فالمعدات التي تستعمل أنظمة تشكيل أعلى هي أعلى تكلفةً وأكثر حساسية تجاه الانحطاطات (من قبيل الانتشار المتعدد المسيرات) مقارنة بالأنظمة التي تستعمل أنظمة تشكيل أدنى؛
- مع ذلك فالأكثر فعالية هو استعمال تشكيل أعلى في الأنظمة ذات السعة الأكبر (أنظمة SDH عادةً) وذلك لتخفيض الطيف المطلوب أو السماح بالاندماج في عرض نطاق محدود، أو بالنسبة لجميع أنماط الأنظمة، في أجزاء من الشبكة التي يوجد فيها نقص قائم أو متوقع في الطيف.

علاوة على ذلك، يمكن لخطط التشكيل التكييفية أن تحقق الأداء الأمثل لصبيب حركة أنظمة P-MP باستعمال أعلى خطة تشكيل مدعمة رتبةً في أي لحظة تبعاً لظروف الوصلة (أي تأثير ظروف الانتشار) والطلبات على الحركة وقت الاتصال. وعند ربط هذا الاستعمال بعوامل أخرى خاصة بأنظمة P-MP، من قبيل مكاسب تعدد الإرسال الإحصائية، يمكن الحصول على زيادات مفيدة في استخدام الطيف. هذا وتُعتبر خطط التشكيل التكييفية سمة معيارية في معايير السطح البيني للنفاذ اللاسلكي الثابت عريض النطاق التي تضعها بعض منظمات التقييس. والاهتمام بهذه التقنية بدأ يظهر أيضاً بالنسبة لأنظمة P-P.

2.2.6 القدرة على استيعاب الحركة

بالنسبة لأنظمة P-P، تعرَّف السطوح البينية اللازمة لمعدات النقل بسعة النقل بين BS وSAP التي قد تصل إلى 4×2 Mbit/s أو 34 Mbit/s، أو بسعة النقل بين نقطتي SAP (مما يتطلب سعات نقل أعلى): 34 Mbit/s أو 2×34 Mbit/s أو $n \times$ STM-1.

بالنسبة لأنظمة P-MP، تزيد اعتبارات تغطية المنطقة من تعقيد قضية السعة. فبوسع العديد من محاور P-MP أن تنقل ما يصل إلى 130 Mbit/s 28/MHz في أي منطقة تغطية مقسّمة إلى قطاعات لكل قناة تشغيل. ومن شأن مكاسب تعدد الإرسال أن تعزز إمكانية توزيع هذا المورد على عدد من العقد ضمن منطقة التغطية.

وحتى إذا ازدادت حركة البيانات، بخصائصها التناظرية واللاتناظرية، فإن حركة الصوت ستظل كبيرة. وبالتالي، ينبغي على المعدات أن تتمكن من نقل أنماط مختلفة من المعلومات بكفاءة مع توفيرها إمكانية نقل السعة القصوى المطلوبة في الوقت المناسب للتوصيلة المعنية وتوفير الخدمة الملائمة.

غير أن طبيعة الحركة ستتغير في معرض تطور IMT-2000. فمن الممكن التحول من خدمات صوت مهيمنة إلى خدمات بيانات مما قد يؤثر على طبيعة الحركة المزمع نقلها، مثلاً، من حيث لاتناظرية الحركة بين اتجاهي الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة. وينبغي أن تتمتع أنظمة P-MP بالمرونة للاستجابة لهذه المتطلبات المتغيّرة بتكييف إما خطة تشكيل الوصلة الصاعدة/الوصلة الهابطة أو نسبة مورد وقت الإرسال بين الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة.

3.2.6 آلية النقل

تستند بعض آليات النقل إلى أسلوب النقل اللامتزامن (ATM). وتستند السطوح البينية للإرسال أساساً إلى سطوح PDH وSDH البينية المعروفة، نحو 2 Mbit/s و34 Mbit/s وSTM-0 وSTM-1، مستفيدةً إلى حد ما من طبقات تكييف ATM (طبقة AAL 1 لحركة الجيل الثاني ذي معدل البتات الثابت (CBR 2G)، وطبقتي AAL 2 وAAL 5).

ومع تطور نظام IMT-2000 مستقبلاً، قد تصبح سطوح بينية أخرى أكثر شيوعاً.

4.2.6 التيسّر والنوعية

نشر المشغلون تقليدياً شبكات وصلة التوصيل الخاصة بهم بالاعتماد على تركيبة من خطوط P-P لاسلكية ثابتة وخطوط مؤجرة سلكية. والعامل الرئيس الذي يحسم الخيار بين الوصلات اللاسلكية الثابتة والخطوط المؤجرة هو احتياجات المشغل الفردي من حيث التحكم في الشبكة ونوعية الإرسال.

وفي شبكات الوصلات اللاسلكية الثابتة عالية التغلغل، تُحدَد أبعاد التوصيلات بين محطات القاعدة المتنقلة وموقع التبديل بنسبة تيسر قدرها 99,95% أو أعلى، أي ما يقابل أربع ساعات من عدم التيسر على مدى السنة. ومن شأن استعمال تقنيات تشفير ناجعة أن يضمن تشغيلاً يكاد يكون خالياً من الخطأ خلال فترات التيسّر.

وفي هذه الظروف، يعتبر استعمال وصلات لاسلكية ثابتة للنقل بأسلوب ATM ووفق بروتوكول الإنترنت IP مناسباً. وختاماً، فإن تيسّر شبكة قائمة على وصلات لاسلكية ثابتة مسألة تتعلق بالتخطيط أساساً.

5.2.6 الحماية

تُعتبر حركة المستعملين النهائيين من أهم الأمور بالنسبة للمشغّل. فإن لم تكن الخدمة المقدمة موثوقة، سيغيّر المستعملون النهائيون مورّد الخدمة. وتقوم المعدات، ذات النوعية العالية المستكمَلة بآليات حماية إضافية، بتزويد المشغّل بالوسائل الضرورية لتقديم خدمات عالية النوعية.

يشتمل المنتَج اللاسلكي الثابت على مرافق توفّر الحماية، حسب الضرورة، للحيلولة دون تعطل المعدات ودون حدوث عوامل شاذة في الانتشار الراديوي. ويُستنسخ جزء من العتاد لدعم التشكيلات المحمية على أي من جانبي التوصيل الراديوي أو على

كليهما. ويمكن أن تُشكَّل أجهزة الإرسال إما لأسلوب الإرسال الاحتياطي الأوتوماتي أو كأسلوب إرسال احتياطي مستقل: أي بتنوع التردد (1 + 1) أو (N + 1).

كما تضيف عقدة تجميع ذكية، ذات معمارية شبكة نقل ملائمة، مستوى حماية إضافي آخر، أي لحماية الشبكة. ويمكّن هذا العنصر الوظيفي المشغِّل من بناء بنىً حلقية موثوقة على أية سعة لاسلكية ثابتة حتى 155 Mbit/s. وتعمل آليات الحماية الحلقية على المستوى الأول على توفير الحماية لكل الروافد الأولية أو المحددة بدقة، ضمن الحمولة النافعة الكلية.

3.6 كثافة وصلات P-P في شبكة نقل IMT-2000

يتعيّن عموماً استعمال هوائيات عالية الاتجاهية لزيادة كثافة وصلات P-P في شبكة النقل. لذلك، يُحبَّذ، في الشبكات الكثيفة، نمط هوائي يستند إلى التوصية ITU-R F.1245.

وينتج عن استعمال استقطابات مختلفة زيادة كبيرة في كثافة المطاريف (نظراً للاستقطاب المتقاطع للهوائي، وكذلك لعدم تساوي خسارات الانتشار الناجمة عن الهواطل الجوية، ويقتصر استعمال الاستقطاب الأفقي في الترددات الأعلى (38 GHz مثلاً) على الوصلات بالغة القصر.).

ولاستخراج نتائج أكثر واقعية، ينبغي مراعاة عوامل أخرى، مثل التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال ATPC أو معلمات مثل القنوات المجاورة أو القريبة.

وفي بعض الحالات، يمكن قبول ارتفاع عتبة الانحطاط بغية زيادة كثافة المطاريف في نشر شبكة كثيفة، على أن يظل بالإمكان تحقيق أهداف الأداء والتيسر، وكذلك التعويض عن زيادة الانحطاط في ميزانية الوصلة.

4.6 مقارنة الطوبولوجيا وخصائص الشبكة

تلقي هذه الفقرة الضوء على كيفية تنفيذ طوبولوجيات الشبكة مع مراعاة خصائص الشبكة فضلاً عن العوامل المؤثرة الأخرى للسماح بتكريس نطاقات تردد لأجزاء محددة من شبكة نقل IMT-2000.

وترد في الفقرة 2.5 من الملحق 1 معلومات بشأن طوبولوجيات الشبكة. كما يرد وصف خصائص نطاق التردد وغير ذلك من عوامل مؤثرة في الفقرتين 1.6 و2.4.6 على التوالي.

1.4.6 مقارنة الطوبولوجيا وخصائص النطاق الموصوفة في الفقرة 1.6 (دون مراعاة العوامل الأخرى)

ترد في الجدولين 5 و6 قائمتان من نطاقات التردد الممكنة لأنظمة P-P وP-MP على التوالي، فيما يخص طبقات الشبكة. ويؤخذ في الاعتبار في الجدولين خصائص الشبكة فحسب، ووجود توصيات ومعايير قابلة للتطبيق على الأجهزة في هذه النطاقات. وهي لا تراعي أي عوامل أخرى (من قبيل الاستخدامات المحددة للطيف في بلد معيّن) مما قد يكون له آثار هامة على تيسر النطاقات ومدى ملاءمتها.

الجدول 5

نطاقات التردد الممكنة لأنظمة P-P فيما يتعلق بمختلف المستويات التراتبية في شبكة IMT-2000

المستوى التراتبي[1]	نطاقات التردد (GHz)	نطاقات التردد المناسبة للمدى القصير (GHz)	نطاقات التردد المناسبة للمسافة البعيدة (GHz)
المستوى التراتبي رقم 0	64-11	57-52-38-32-27	32-27-23-18-15-13-11
المستوى التراتبي رقم 1	57-11	57-52-38-32-27	32-27-23-18-15-13-11
المستوى التراتبي رقم 2	38-11	38-32-27	32-27-23-18-13-11
المستوى التراتبي رقم 3	32-4	32-27-23-18-13	18-13-11-7,5-U6-L6-4
المستوى التراتبي رقم 4	18 >	18-13	18 >

[1] انظر الشكل 1 من أجل التعاريف.

الجدول 6

نطاقات التردد الممكنة لأنظمة P-MP فيما يتعلق بمختلف المستويات التراتبية في شبكة IMT-2000

المستوى التراتبي[1]	النطاقات الترددية المحتملة (GHz)
المستوى التراتبي رقم 0	38-32-28-26
المستوى التراتبي رقم 1	38-32-28-26
المستوى التراتبي رقم 2	3,5
المستوى التراتبي رقم 3	3,5
المستوى التراتبي رقم 4	لا يمكن التعاطي بها بنظام P-MP

[1] انظر الشكل 1 من أجل التعاريف.

4.4.6 العوامل الأخرى الواجب مراعاتها عند النظر في نطاقات تردد لبنية نظام IMT-2000 التحتية

عند النظر في نطاقات تردد لبنية نظام IMT-2000 التحتية، ينبغي أن تؤخذ عوامل أخرى عديدة في الحسبان، مثل:

- قضايا التقاسم مع خدمات راديوية أخرى؛
- ازدحام الطيف بسبب التخصيصات الوطنية القائمة؛
- قضايا التنظيم الوطني.

5.6 تطور وصلات الجيل الثاني (2G) القائمة إلى وصلات الجيل الثالث (3G)

من المرجح أن يبدأ إدخال الجيل الثالث على الشبكات القائمة في الوقت الملائم. وبالتالي، وبالنظر إلى زيادة متطلبات السعة، مقارنةً مع الجيل الثاني بما في ذلك التطبيقات المتقدمة المتاحة عادة اليوم في الجيل الثاني سيستلزم الأمر بالضرورة تحديث وصلات P-P الحالية التي تخدم هذه الشبكات.

وبالنظر إلى الصعوبات العملية التي تنطوي على تحديث وصلات PHD القائمة إلى SDH، فضلاً عن وصلات PDH إلى SDH مع ما يرافقها من زيادة عامل التيسر بسبب الانتشار (بين 99,99% إلى 99,995% عادةً)، يرد وصف مفصّل لطريقة ممكنة للانتقال من وصلات الجيل الثاني إلى الجيل الثالث مع تركيز خاص على ما يمكن أن يستتبعه من متطلبات توزيع الطيف.

1.5.6 تطور شبكات الجيل الثالث (3G)

ما برحت شبكات الجيل الثاني تعتمد بشدة على بنية P-P التحتية الراديوية لإقامة الوصلات القائمة التي تربط المركز MSC والمراقب BSC والمحطة BTS. وأغلبية هذه الوصلات من النمط PDH بسعات تتراوح بين 2 و34 Mbit/s، وفي العديد من الحالات، استُعمل نطاقا التردد 23 و38 GHz. والنطاقان يقبلان أطوال قفزة تتراوح بين <1-20 km.

وإدراكاً لزيادة سعة حركة البيانات بنسبة عالية، لن تستطيع البنية التحتية الحالية للجيل الثاني (2G) تأمين الخدمات الملازمة لأنظمة الجيل الثالث (3G)، لا سيما في المناطق الحضرية للشبكة. وبالنسبة للوصلات PDH التي توفر سعة من 16 إلى 34 Mbit/s حالياً، من المتوقع أن جزءاً كبيراً من هذه الوصلات سيختار سعات SDH وخاصة أسلوب STM-1. ويجدر ملاحظة أن وصلات PDH المنشورة كان قد خُطط لها لتقدم تيسر انتشار نسبته 99,99%. أما بالنسبة لوصلات SDH فسوف يزداد التيسر إلى ما لا يقل عن 99,995%.

وتتضمن الحركة المتنقلة التي يستند إليها التقدير الوارد أعلاه إشارات صوتية رفيعة النوعية ونقلاً عالي السرعة للرزم ونقلاً للإشارات متعددة الوسائط من متوسط/عال. ويُفترض في العام 2010 زيادة السعة المطلوبة لمحطة ما نحو أربعة أمثال مقارنة

بتلك المطلوبة لنظام من الجيل الثاني (2G) من حيث القيمة التراكمية إلى 90%. وقد تلزم سعة تتراوح بين 30 و50 Mbit/s للاستجابة لغالبية الطلب على السعة لأنظمة الجيل الثالث.

2.5.6 حدود التكنولوجيا

تحد التكنولوجيا الحالية من إجمالي كسب النظام من SDH STM-1 مقارنةً مع سعة PDH القائمة. وسوف يؤثر ذلك في الطول الأقصى الممكن إنجازه لوصلة P-P ضمن نطاق تردد معيّن. ويفضّل المشغّل في الأحوال المثالية تحويل وصلة PDH إلى SDH ضمن نطاق التردد نفسه. لكن حينما تنشر وصلة PDH الحالية بأقصى طول يمكن إنجازه للوصلة، يتعذر أحياناً على وصلة SDH الجديدة البقاء ضمن نطاق التردد نفسه.

3.5.6 كسب النظام

ترد تفاصيل أثر "فقدان" كسب النظام في الجدولين 7 و8 باستعمال أحدث الأنظمة اللاسلكية الثابتة العاملة في نطاقي التردد 23 و38 GHz.

الجدول 7

كسب النظام عند التردد 23 GHz

السعة/عرض النطاق	قدرة O/P النمطية (dBm)	كسب النظام[1] (dB)	"فقدان" كسب النظام (dB)
Mbits/s 16/MHz 14	17+	94,5	–
Mbits/s 34/MHz 28	17+	91,5	3–
STM-1/MHz 28	17+	79	15,5–
STM-1/MHz56	18+	84,5	10–

[1] نسبة إلى BER قدرها 10^{-6}، على افتراض أنظمة غير محمية.

الجدول 8

كسب النظام عند التردد 38 GHz

السعة/عرض النطاق	قدرة O/P النمطية (dBm)	كسب النظام[1] (dB)	"فقدان" كسب النظام (dB)
Mbits/s 16/MHz 14	16+	89,5	–
Mbits/s 34/MHz28	16+	86,5	3–
STM-1/MHz 28	15,5+	74	15,5–
STM-1/MHz 56	15+	77,5	12–

[1] نسبة إلى BER قدرها 10^{-6}، على افتراض أنظمة غير محمية.

يمكن قياس خسارة كسب النظام من حيث المسافة القصوى القابلة للتحقيق لسعة معيّنة ونطاق تردد معيّن. وفي نطاقات التردد الأعلى، فإن لخسارة كسب النظام أثر كبير في أقصى الطول للقفزة الممكن تحقيقه للأنظمة ذات السعة الأعلى.

وتتمثل أحد الحلول الهندسية في زيادة حجم الهوائي المكافئي لاستعادة بعض من الكسب "المفقود" في النظام، إلا أنه ينبغي مراعاة الأثر على البيئة الناشئ عن زيادة حجم الهوائي المكافئي التي قد لا تسمح بها لجان التخطيط المحلية. وعلاوة على ذلك، قد لا تستطيع البنى الحالية للبرج حمل أحجام هوائيات أكبر بسبب ما تمارسه الرياح من قيود على الحمولة.

ويجدر ملاحظة أن هذا الإجراء يمكن أن يؤثر على تخصيصات وصلة الخدمة الثابتة (FS) الأخرى فضلاً عن التوافق مع خدمات أخرى تتقاسم معها نطاق التردد نفسه، مثل الخدمات المنفعلة، ومن ثم ينبغي أخذها في الاعتبار عند تخطيط الوصلة.

ومن الناجع والاقتصادي والمناسب بيئياً، في بداية نشر أنظمة IMT-2000، أن يُستعمل الموقع نفسه مع نظام الجيل الثاني. ويعني ذلك تركيب محطات قاعدة الجيل الثالث فوق تلك الخاصة بأنظمة الجيل الثاني باستخدام المواقع نفسها. وفي مثل هذه الحالات أيضاً، ستطرأ زيادة ملحوظة في السعة المطلوبة لشبكة النفاذ الراديوي نتيجة التحول من نظام الجيل الثاني إلى نظام الجيل الثالث.

ومن الواضح أنه، للسماح بوضع وصلات PDH القائمة على نفس المسير، ينبغي التفكير في نطاقات تردد أخرى. وتتحول شبكات الجيل الثاني القائمة إلى شبكات الجيل الثالث بحيث يكون من غير الواقعي توقع إعادة تصميم كاملة للشبكة في المراحل الأولى من التطوير.

4.5.6 تقاسم الموقع

باعتبار أن وصلات الطبقة الأعلى تستطيع نقل حركة الشبكة الأدنى، فبوسع محطة MSC أن تؤوي نقاط SAP. كما يمكن أن تنطبق العلاقة نفسها على نقاط SAP والمحطة المركزية CS. فقيام مرافق العقدة على اختلاف طبقاتها بتقاسم الموقع ينطوي على ميزة الصيانة والتشغيل الناجعين.

وفي منطقة حضرية واسعة وعالية الكثافة، يستلزم الأمر عدة مراكز MSC، كما يمكن أن تتركز نقاط SAP في نفس البناء الذي تقع فيه مراكز MSC. وبالنظر إلى محدودية التراتب ستُبسَّط تشكيلة الشبكات.

6.6 تقاسم البنية التحتية بين مشغّلي الجيل الثالث (3G)

سيعود تقاسم البنية التحتية بين مشغّلي الخدمة المتنقلة بالفائدة حيثما تسمح بذلك سلطات إدارة الترددات أو تشجعه. وترد معلومات بشأن تقاسم البنية التحتية في كتيّب "نشر أنظمة IMT-2000".

7 جوانب تخصيص الترددات

1.7 استعمال تخصيصات الجيل الثاني/تحويل التخصيصات إلى الجيل الثالث

يمكن للتخصيصات القائمة لوصلات الخدمة الثابتة المستهدف استعمالها في شبكات البنية التحتية للجيل الثاني أن تطبق في شبكة بنية تحتية مؤلفة من تركيبة من الجيلين الثاني والثالث. غير أن الاستعمال المباشر لشبكة نقل IMT-2000 لتخصيصات الجيل الثاني القائمة قد يكون صعباً للغاية (بل مستحيل أحياناً) بسبب الزيادة في الطلب على السعة وازدحام الطيف.

ويعني ذلك ضمناً الحاجة إلى توفر نطاقات جديدة للترددات لاستقبال تركيبة من شبكات 3G/2G. وعلى الأجل المتوسط (الطويل)، من الممكن تطوير التخصيصات القديمة التي تتطلب سعة لازمة أكبر في النطاقات الأدنى. وتبعاً لحالة البلد المعني، فإن التحول المتعاقب الكامل للتخصيصات إلى نطاقات تردد أعلى – في المناطق الكثيفة على الأقل – يمكن أن يسمح لشبكة من الجيل الثاني (2G) بالتحول إلى تركيبة من الجيلين الثاني والثالث (3G/2G) وذلك بسبب إخلاء جزء كبير من الطيف في النطاقات الأدنى. إذ إن الطيف المكتسب في هذه النطاقات الأدنى قد يتيسر للاستعمال في تطبيقات أخرى عالية السعة لا يمكن تأمينها في النطاقات الأعلى نظراً لخسارة كسب النظام.

مع ذلك، ينبغي أن يتاح للمشغلين إمكانية تطبيق تخصيصات تردد جديدة لكل وصلة على حدة في المناطق الريفية، وأن يتاح لهم خيار إعادة استعمال المعدات اللاسلكية الثابتة القائمة.

1.1.7 التغييرات الممكنة في متطلبات تردد الشبكة المركزية

الجزء الأدنى من النطاق 6 GHz: سيستمر الاستعمال الكثيف للنطاق من أجل عرى SDH الإقليمية. وسوف يستعمل جزء من الوصلات المركبة الألياف البصرية، لكن ستبرز الحاجة على المستوى المحلي لاستعمال قنوات إضافية في نطاقات تردد أخرى مثل النطاق 6 GHz أو 4 GHz.

النطاق 13 GHz: التخصيص الوارد في الشكل 3 (الفقرة 2.2.2.7) له أوجه شبه مع ذاك المستعمل في شبكات نقل تتطلب سعة أكبر. ويشير الطيف المبيّن بالخط المنقط في الشكل 3 إلى ترتيب مشذّر بمباعدة قدرها 40 MHz يمكن استعماله لإرسال يصل حتى STM-1. وهكذا يمكن أن تتسنى إدارة الطيف المنسقة بين وصلات توصيل محطة القاعدة وشبكات النقل البعيدة/قصيرة المدى.

وسوف يصاب عدد كبير من وصلات 34 Mbit/s بالتشبع في النطاق 13 GHz. وللتصدي لهذه الزيادة في الحركة، من المهم استعمال نطاقات تردد أخرى بشروط انتشار مكافئة (مثل النطاق 11 GHz)، أو تحويل هذه الوصلات إلى سعة SDH، وذلك وفقاً للتوزيع الوطني لوصلات SDH في القنوات 28 MHz مما سيتيح مضاعفة معدل البتات بأربعة أمثال في العديد من الوصلات القائمة.

النطاق 18 GHz: لنطاق 18 GHz أهمية كبرى لوصلات SDH الحضرية والمواقع الموصلة إلى العروة البصرية الليفية في المناطق الريفية. وهو بالغ الأهمية أيضاً لوصلات (PDH) ذات معدل البتات المتوسط. وفضلاً عن ذلك، سوف يُستعمل النطاق 18 GHz لإخلاء النطاق 13 GHz وليستوعب جزءاً من الزيادة المتوقعة في الحركة على النطاق 23 GHz.

2.1.7 التغييرات الممكنة في متطلبات التردد في شبكة النفاذ

سرعان ما ستزداد معدلات البتات المطلوبة في شبكة النفاذ مع قدوم الخدمات المتنقلة الجديدة ذات السعة العالية. ويمكن تقدير المتطلبات من التردد الناتجة بواسطة محاكاة شبكة تفترض أحجام حركة مختلفة لكل محطة قاعدة في منطقة حضرية.

ويمكن التفكير في عدة حلول لمواجهة هذه الزيادة في سعة العروة المحلية:

- استعمال تشكيل أكثر كفاءة مثل 16-QAM لأن تخفيض المسافة القصوى المسموحة للقفزة يبقى مقبولاً في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية؛
- زيادة عروض النطاق (إلى 14 MHz أو حتى 28 MHz) في نطاقي التردد القائمين 23 و38 GHz؛
- استعمال نطاقات تردد جديدة تتراوح بين 23 و38 GHz، إذ أن الانشغال الحالي للنطاقين 23 و38 GHz سيزيد من صعوبة الوفاء بمتطلبات التردد الإضافية في هذين النطاقين. ويمكن إجراء تقدير مقبول للحد الأدنى لاحتياجات كل مشغل من الترددات ضمن نطاقات التردد التي تتراوح بين 23 و38 GHz عند 2×112 MHz لكل مشغّل.
- استعمال نطاقات تردد جديدة أعلى من 50 GHz للوصلات القصيرة جداً بين خلايا بيكو، مثل 52 GHz أو 57 GHz.

2.7 تخصيصات الفدرة/تدابير الحماية بين المشغلين

تحدد الكثافة اللازمة لمحطات القاعدة في المناطق الحضرية الكبرى ما يتطلبه الطيف من وصلات خدمة ثابتة لنظام IMT-2000. ويرجّح في السنوات الأولى من نشر أنظمة IMT-2000 أن يكون هناك طلباً كبيراً على محطات القاعدة (BS) في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية أساساً. ففي ألمانيا، على سبيل المثال، تلزم قرابة 10 000 محطة BS لكل مشغّل لتغطية 50% من السكان (8,5% من المنطقة). وينبغي أن ينتهي هذا النشر للشبكة في أقرب وقت ممكن. وبعد هذه السنوات الأولى من نشر نظام IMT-2000، سيلزم ما يبلغ 10 000 إلى 20 000 محطة BS للتوسع في تغطية مناطق ريفية معيّنة وتحسين القدرة

على نشر السعة في المناطق ذات الكثافة العالية. ولمواجهة الطلب على النشر السريع لمحطات القاعدة والبنية التحتية للخدمة الثابتة، يقتضي الأمر وضع إجراء لتخصيص سريع يمكن تحقيقه بوسائل عدة:

- التخصيص المحوسب لكل وصلة على حدة مع سرعة استجابة الهيئة التنظيمية؛
- تخصيص فدرات التردد؛
- بتركيبة من الطريقتين المذكورتين أعلاه.

تتميز غالبية الوصلات اللاسلكية الثابتة لتوصيل محطة القاعدة بسعة منخفضة أو متوسطة مع مسافات قصيرة بين القفزات. وإدراكاً بالعدد الكبير من الوصلات اللازمة يبدو أن إجراءات تخصيص فدرات الترددات تشكل وسيلة سريعة وعملية للإدارات ذات الموارد المحدودة. وبالنظر إلى خصائص مثل هذه الوصلات، يمكن لإجراءات تخصيص فدرات الترددات أن تكون مواتية أكثر من الطرائق الأخرى، ويتوقف ذلك على الترددات المتاحة وإجراءات تخطيط الترددات على المستوى الوطني.

ويتوقع من الإدارات الراغبة في تنفيذ تخصيص فدرات الترددات أن تراعي إمكانية تحديد العرض المناسب فضلاً عن الكمية الكلية لترددات كل فدرة يُعتزم تخصيصها.

1.2.7 مزايا تخصيصات الفدرات وعيوبها

لضمان نشر سريع وسهل، يمكن التفكير في تخصيص فدرات للمشغلين، على الأقل بالنسبة لتوصيلات محطة القاعدة.

أما مزايا تخصيصات الفدرات فهي:

- يسمح النشر السريع بالاستجابة للشروط المحددة في الترخيص؛
- التخطيط الفعال للطيف على أساس معلمات النظام النمطية؛
- التخطيط الفعال للطيف مع تقبل إمكانية التداخل من الأنظمة الخاصة بها؛
- فعالية التكاليف فيما يخص معالجة قطع الغيار والتعاقد من الباطن؛
- مستقلة عن التكنولوجيا (يمكن استعمال P-P وP-MP على قدم المساواة).

وإلى جانب المزايا المذكورة أعلاه، قد تظهر مخاطر ومثالب من قبيل:

- منازعات كبيرة/محدودة (مما يترتب عليه ضرورة التنسيق بين المشغلين)؛
- نطاقات حارسة غير مستعملة (تفضي إلى عدم فعالية استعمال الطيف)؛
- توزيعات فدرات غير مستعملة (تفضي إلى عدم فعالية استعمال الطيف).

2.2.7 إجراءات الحماية بين المشغلين في سيناريوهات تخصيص الفدرات

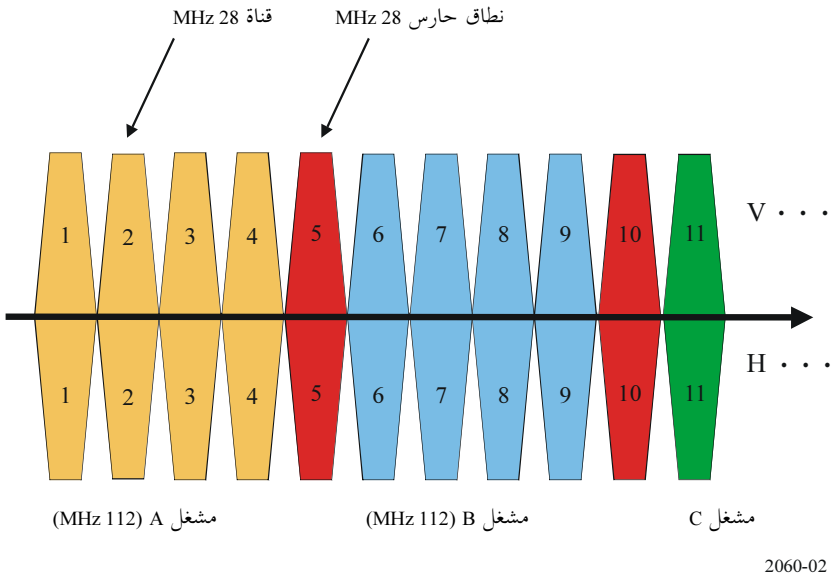
1.2.2.7 سيناريو التخصيص مع نطاق حارس

إذا طُبقت إجراءات تخصيص الفدرات، يتعين على النطاقات الحارسة أن تفصل بين تخصيصات الطيف هذه لتجنب التداخل بين مختلف المشغلين. وبوسع المشغلين ضمن الفدرات المخصصة أن يختاروا بحرية الاستقطاب وعرض النطاق بحد أقصى من عرض نطاق قابل للاستعمال (أي 28 MHz).

ويرد في الشكل 2 مثال عن سيناريو التخصيص هذا مع نطاق حارس.

الشكل 2

مثال عن سيناريو التخصيص مع نطاق حارس



ولتجنب المخاطر المذكورة في الفقرة 1.2.7، يجب تطبيق بعض الإجراءات لتفادي الاستعمال غير الفعال للطيف. وستلزم مثل هذه الإجراءات على وجه الخصوص في الحالة التي يتقاسم فيها مشغلون مختلفون موقع محطات القاعدة الخاصة بهم.

ولتفادي المنازعات الكبيرة/المحدودة، في المناطق المركزية من التشكيلات النجمية، قد يكون من الممكن مسبقاً تحديد نطاق فرعي معيَّن وفقاً لاستعمال P-MP (أي محطة مركزية فرعية (Sub-CS) بما يربو على ثلاث وصلات في كل نطاق). وإذا كان هناك ما يكفي من النطاقات الحارسة، سيكون عدد المنازعات المحتملة أقل ويمكن تجنب الكثير منها عن طريق تبادل المواقع الرئيسية المركزية بين ترددين متجاورين. ووفقاً للخبرة المكتسبة من شبكات الجيل الثاني فإن المشغلين على اختلافهم كثيراً ما يقيمون علاقات وثيقة مع بعضهم بعضاً ويكونون على إطلاع بالعُقد الهامة لكل واحد منهم.

في مثال الشكل 2، ينبغي أن يكون حجم الفدرة ملائماً ولا يقل عن 56 MHz في نطاق التردد من أجل تقليل النطاقات الحارسة إلى أدنى حد. ومن الأنسب لحجم الفدرة أن يبلغ 84 MHz أو 112 MHz غير أن ذلك يصعب تحقيقه. ونظراً لوجوب أن يكون حجم النطاق الحارس متوافقاً مع أقصى عرض نطاق قابل للاستعمال في القناة، ينبغي أن يكون عرض النطاق هذا محدوداً للمشغِّلين، على حواف الفدرة على الأقل. وبعد الانتهاء من النشر عموماً، يمكن للمشغلين استعمال النطاقات الحارسة لأغراض تحقيق الاستخدام الأمثل إن طُبق إجراء تخطيط الترددات بين المشغِّلين. وفي هذا الصدد، لا تُهدر النطاقات الحارسة، بل يؤجل استعمالها إلى ما بعد طور النشر، بل يمكن أن يكون ذلك ممكناً في حالة الأنظمة P-MP. ورغم ذلك، فإن فرص التوصل إلى حل مناسب ضئيلة حينما يتعلق الأمر باستخدام الأنظمة PM-P أو P-P.

ولضمان الاستعمال الفعال لنطاقات التردد وتجنب استخدام النطاقات للطيف غير المستعمل في كل وصلة (P-P)، يتعين موافاة السلطات بالمعلومات الواردة من مختلف المحطات المركزية (PM-P)، في شكل تقارير شهرية أو سنوية. ويمكن وضع الأجزاء غير المستعملة أو التي يندر استعمالها من الطيف في وقت لاحق تحت تصرف مشغِّلين آخرين أو تطبيقات أخرى.

2.2.7 سيناريو التخصيص دون نطاق حارس

يرد في الشكل 3 مثال عن سيناريو التخصيص دون استعمال نطاقات حارسة.

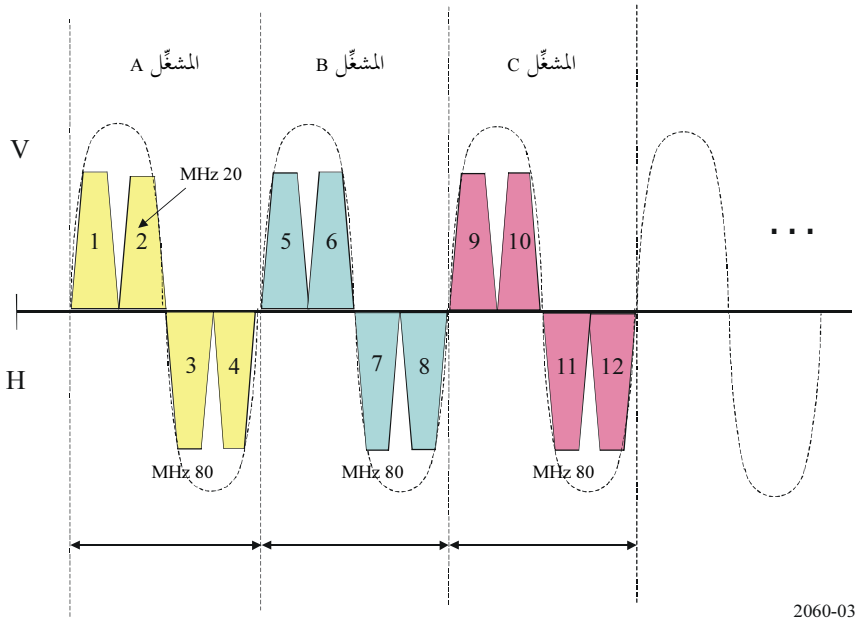
يتيح هذا التخصيص المزايا التالية:

- تؤوى أربع قنوات تردد راديوي (RF) ضمن عرض نطاق 80 MHz مخصص لمشغّل واحد؛
- تُرتَب قنوات RF المتجاورة بين مشغلين (مثل القناتين رقم 4 ورقم 5) باستقطابات مختلفة، مما سيسهم في تقليل التداخل بين المشغلين؛
- يمكن لمشغل واحد أن يستعمل قنواته من التردد الأدنى (أي القناتين رقم 1 ورقم 2) بواسطة هوائي وحيد الاستقطاب، ويزيد بعدئذ سعة الوصلة باستعمال إما مغذٍ باستقطاب معاكس أو هوائي منفصل باستقطاب معاكس.

وللتخصيص في الشكل 3 أوجه شبه مع ذاك المستعمل لشبكات النقل التي تتطلب سعة أكبر. ويشير الطيف المبيّن بالخط المنقط في الشكل 3 إلى ترتيب مشذّر بمباعدة 40 MHz يمكن استعماله لإرسال يصل حتى STM-1. وهكذا يمكن تنسيق إدارة الطيف بين وصلات توصيل محطة القاعدة وشبكات النقل الطويلة/قصيرة المدى.

الشكل 3

مثال عن التخصيص المشذّر دون نطاق حارس



3.2.7 أمثلة عن طرائق التخصيص

ترد في الملحق 4 أمثلة عن طرائق التخصيص في بعض البلدان.

4.2.7 ملخص عن جوانب التخصيص

ينبغي ملاحظة أنه إلى جانب الاستعمال الحصري الكلي لتخصيصات الفدرة وتخصيص كل وصلة على حدة توجد حلول عديدة ممكنة. وقد يكون تخصيص الفدرات مفيداً للطبقة الدنيا من شبكة البنية التحتية في نطاقات التردد فوق 20 GHz

تقريباً. علاوة على ذلك، ربما كان من المواتي السماح بالاستعمال الحصري للجزء ذي الصلة فقط من الطيف ضمن إطار زمني معيّن حتى الانتهاء من نشر الشبكة، على أن يعاد النظر في ذلك بعدئذٍ.

وبالنسبة للجزء العلوي من طبقات الشبكة حيث يرجّح وجود عدد أقل من الوصلات ذات طلبات السعة العالية (STM-1 وأكثر)، يبدو أن تخصيص كل وصلة على حدة هو الحل الأنسب.

8 الخلاصة العامة

نظراً لاختلاف المتطلبات من بلد إلى آخر، ليس من الممكن تقدير رقم دقيق لكمية الطيف المطلوب أو تحديد نطاقات التردد التي يمكن أن يوفر فيها لهذا الغرض.

فهذا قرار ينبغي أن يتخذ على الصعيد الوطني. بيد أن هناك بعض المبادئ التي يمكن مراعاتها:

- إجمالي عرض النطاق المطلوب للخدمة الثابتة (FS) في شبكات البنية التحتية لنظام IMT-2000 سوف يتحدد في الأجل الطويل أساساً بتطور IMT-2000. ويتعيّن توجيه المتطلبات الحالية باتجاه حل على الأجل المتوسط يتيح ما يكفي من الأمن التخطيطي لموردي الخدمة من حيث الجوانب الاقتصادية والنشر السريع لشبكة IMT-2000، مع مراعاة كفاءة الطيف ومتطلبات الخدمات والتطبيقات الأخرى.
- سوف تحدد كثافات الوصلة في المناطق الحضرية الطيف المطلوب للخدمة الثابتة في شبكات البنية التحتية لنظام IMT-2000، رغم أن الكمية المطلوبة للطيف والأعداد المطلقة للوصلات اللاسلكية الثابتة ستختلف من بلد لبلد ومن مشغل لآخر. وفي هذا السياق، يمكن تقدير الطيف اللازم للخدمة الثابتة لمختلف طبقات شبكة البنية التحتية لنظام IMT-2000 لمشغِّل واحد (ترد التقديرات الرقمية من أجل مشغل له فدرتين أو ثلاث تبلغ كل منها 5 MHz أي بإجمالي كمية طيف IMT-2000 قدرها 10 إلى 15 MHz). وتستند كمية الطيف التي تطلبها مختلف الإدارات إلى احتياجاتها الوطنية الخاصة بها من حيث:
  - عدد المشغلين؛
  - سيناريوهات تطور احتياجات المستعملين؛
  - الكثافة المستقبلية للجزء اللاسلكي الثابت من شبكات البنية التحتية؛
  - استعمال شبكات بديلة لتوفير البنية التحتية (مثل الكبل أو الألياف البصرية)؛
  - الحالة المناخية أو الطوبوغرافية؛
  - وسياسة التنظيم.
- عند النظر في نطاقات FS لبنية IMT-2000 التحتية، يمكن أيضاً مراعاة العوامل التالية:
  - الخصائص التقنية من حيث معدلات البيانات القابلة للتحقيق وطول القفزة وما إلى ذلك؛
  - قضايا تقاسم و/أو تقسيم النطاق و/أو الأولويات المولاة لمختلف الخدمات الراديوية (ذات الصلة بتوصيات الاتحاد ITU المزمع تطبيقها)؛
  - ازدحام الطيف بفعل التخصيصات القائمة.
- عند قيام السلطات الوطنية بتخصيص الترددات، يتعين التفكير في نشر سريع ومرن لشبكة البنية التحتية مما يتطلب:
  - توفير الطيف لأنظمة P-P وP-MP باستراتيجية تخصيص مناسبة؛
  - تضمين/تحسين شبكات البنية التحتية القائمة (من الجيل الثاني إلى الجيل الثالث مثلاً) حيثما يكون ذلك ملائماً وممكناً؛

– إمكانية تقاسم البنية التحتية (بين البنى التحتية للجيلين الثاني والثالث الخاصة بالمشغل، أو بين مشغلين متنقلين مختلفين) حيثما يكون ذلك ملائماً وممكناً.

الملحق 1

الطوبولوجيا المفصّلة لشبكة نقل IMT-2000

1 التوصيل بين محطات BS وCS

إن كان لنقطة نفاذ الخدمة (SAP) أن تخدّم عدداً كبيراً من محطات BS ينبغي بناء شبكات فرعية للحصول على تركيز إضافي من التوصيلات البينية العقدية في الشبكة. ولضمان هذا التركيز الإضافي، تُضمّن محطات CS مع وظائف تبديل ATM في شبكة النقل، كما يمكن ملاحظته في الشكل 1. ويمكن إنجاز التوصيلات بين محطات BS وCS إما بمعماريتي P-P وP-MP أو بتركيبة منهما.

1.1 تطبيقات P-P

تعتبر الوصلات اللاسلكية لخدمة P-P الثابتة وسائط نقل بالغة الأهمية في معمارية شبكة النفاذ الراديوي في نظام IMT-2000. ويتمثل أحد المجالات الرئيسية لهذه التطبيقات في التوصيل البيني لمحطات القاعدة ومراكز التبديل ضمن الشبكة. ويمكن لتطبيقات P-P أن تهيمن على النفاذ من التطبيقات الخلوية إلى الشبكة. ويمكن العثور على نطاقات تردد مناسبة لتشغيل الوصلة اللاسلكي تبعاً للمتطلبات التي تشمل:

– طول القفزة؛

– السعة اللازمة؛

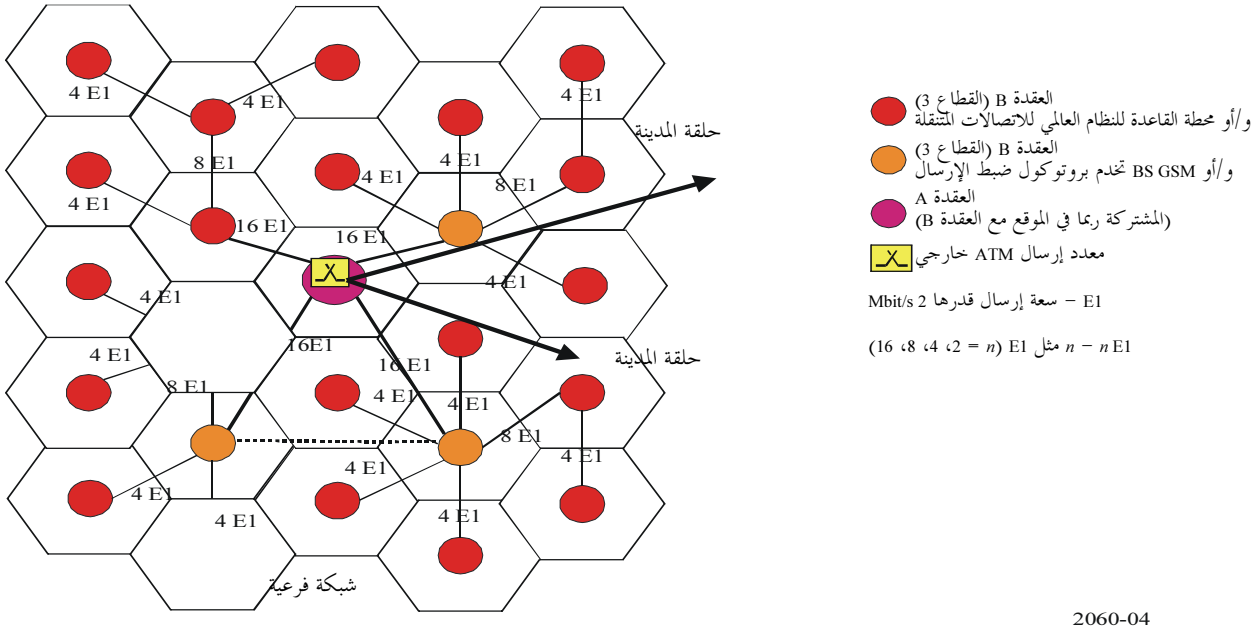
– تيسر الهدف.

إلا أن النفاذ المباشر لخلية معينة إلى محطة BS قد يؤدي إلى طول قفزة يتطلب تركيب هوائيات كبيرة. وقد يتسبب ذلك في مشاكل عويصة عند التركيب لا سيما في نقاط التركيز الكبرى (CS) ضمن الشبكة. لذا، بدلاً من التوصيلات البينية المباشرة، ينبغي استعمال سلاسل وصلات P-P التي تشمل إجمالي السعات على طول سلسلة الوصلات بين محطة BS الخلوية ومركز التبديل خاصةً في بيئة الضواحي والريف.

في البيئتين الحضرية والحضرية المكتظة بالسكان، تتيح كثافة محطات BS الاستعمال الفعال للشبكتين النجمية والنجمية الفرعية مع خاصية وظيفية للتركيز المسبق أو التركيز على الأقل، وذلك بإدخال محطة مركزية فرعية في الخدمة. ومع ذلك يمكن للبنية التقليدية أن تشكل حلاً ممكناً، طالما كانت القوة المحركة في الشبكات المتنقلة هي التغطية الراديوية للنظام المتنقل، وليس الشروط المثلى لشبكة النقل. وسيتطلب هذا الواقع دوماً مرونة معينة من شبكة النقل تفضي أحياناً إلى زيادة في الطلب على الطيف. يبين الشكل 4 بنية ممكنة لشبكة نجمية فرعية بما في ذلك سلاسل وصلات P-P.

الشكل 4

مثال لبنية شبكة فرعية لنفاذ BS باستخدام شبكة فرعية نجمية وسلاسل وصلات FS



في هذه المعمارية القائمة على وصلات P-P الثابتة، تُجهز كل محطة CS بهوائيات اتجاهية يوجه كل منها باتجاه محطة BS محددة. ومحطات BS مزودة أيضاً بهوائيات اتجاهية يوجه كل منها باتجاه إما محطة CS أو محطة BS أخرى بحيث تؤلف معها نجمة فرعية أو سلسلة من وصلات FS.

ولهذا الحل المزايا التالية:

- عدد محدود من تركيبات الوصلة لموقع معين؛
- أطوال قصيرة للقفزة؛
- هوائيات صغيرة نظراً للترددات العالية المستعملة؛
- تخفيض التجميعات المفرطة للسعات على طول السلاسل؛
- المرونة فيما يخص التغييرات/الزيادات في سعات النقل المطلوبة، وإضافة المزيد من محطات BS.

ويرد في الملحق 2 مثال عن تقدير احتياجات الطيف للشبكة الفرعية الموصوفة في الشكل 4.

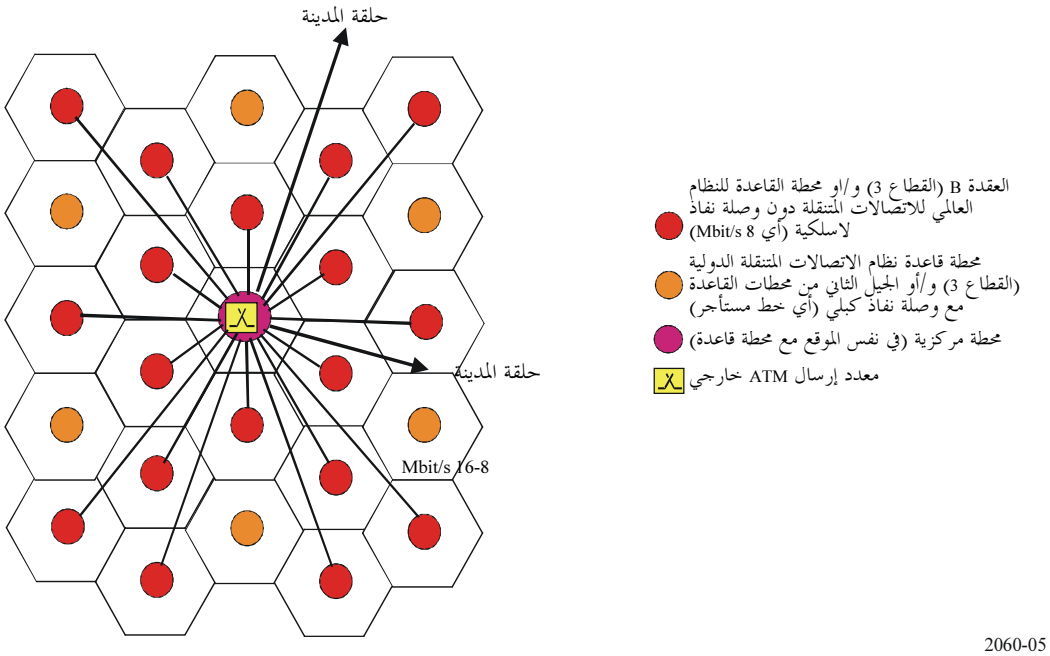
وحينما تسمح الحالة، فإن طريقة النفاذ المباشر لبناء وصلات من محطة CS (بدالة ATM) إلى أكبر عدد ممكن من محطات BS، تتمتع بالمزايا التالية:

- عدم ضرورة تقسيم الحمولة النافعة أو التوصيل البيني مع نظام آخر للنفاذ الراديوي في محطة القاعدة؛
- سهولة الحصول على شرط خط البصر مع العديد من محطات القاعدة إن كان لمحطة CS برج عالٍ.

يبين الشكل 5 مثالاً عن نشر وصلة نفاذ مباشر من محطة CS إلى محطات BS.

الشكل 5

مثال عن بنية الوصلة المباشرة من أجل نفاذ محطات BS



في هذه المعمارية القائمة على وصلات P-P الثابتة، تزود كل محطة CS بهوائيات اتجاهية يوجه كل منها باتجاه محطة BS محددة. ومحطات BS من جانبها مزودة أيضاً بهوائيات اتجاهية يوجه كل منها باتجاه محطة CS.

ينبغي دراسة تحقق شرط خط البصر (LoS) بين المحطات بعناية في سيناريوهي نشر وصلات النفاذ إلى محطات القاعدة (BS)، أي في الشكلين 4 و5. وترد في التذييل 1 للملحق 1 أمثلة عن احتمال تحقق LoS من محطة CS إلى محطة BS المحيطة، وبين محطات BS.

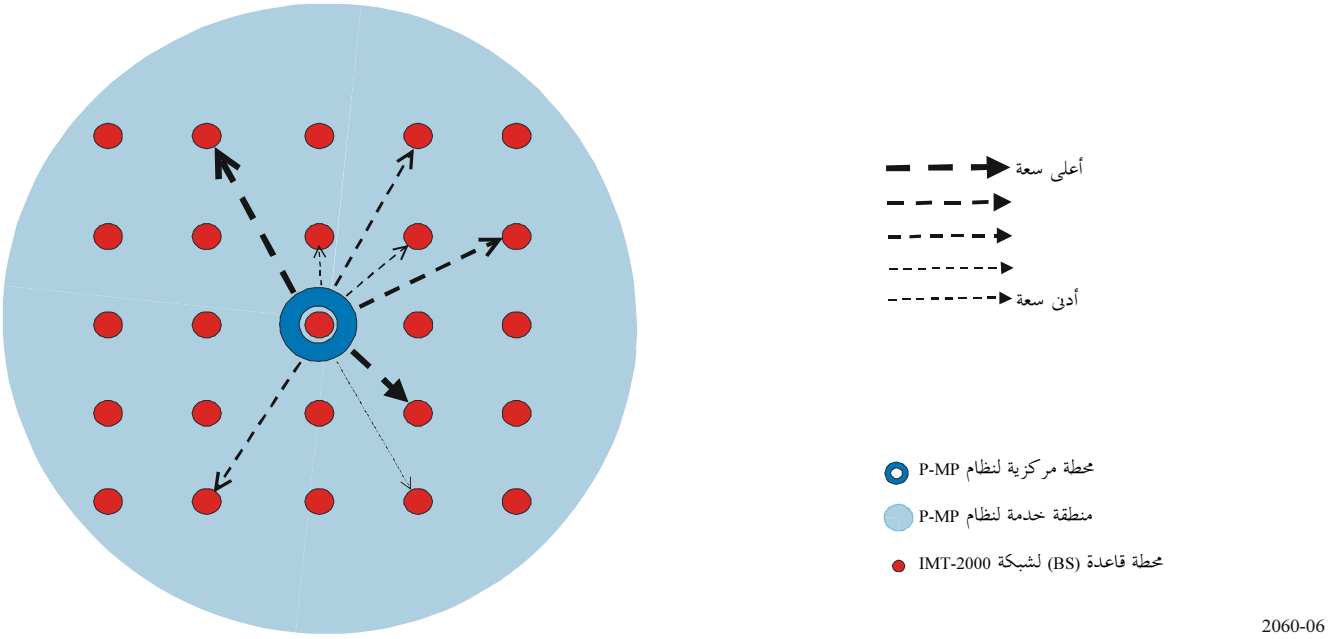
2.1 تطبيقات P-MP

في المناطق التي تتسم بكثافة عالية للخلايا داخل شبكة IMT-2000، قد يقدم استعمال تطبيقات خدمة P-MP الثابتة حلاً لتلبية متطلبات السعة للتوصيل البيني لمحطات قاعدة (BS) الخلية مع مركز التبديل. وقد يكون في استطاعة تطبيقات P-MP تخديم عدد كبير من الخلايا، خاصة إذا شُغّلت أنظمة P-MP بواسطة هوائيات قطاعية.

ترد في الشكل 6 بنية شبكة P-MP. ووفقاً للمتطلبات الفردية لكل محطة BS، يمكن توفير سعات نقل مختلفة لتخديم محطات CS في نظام P-MP.

الشكل 6

مثال لبنية شبكة P-MP للخدمة الثابتة

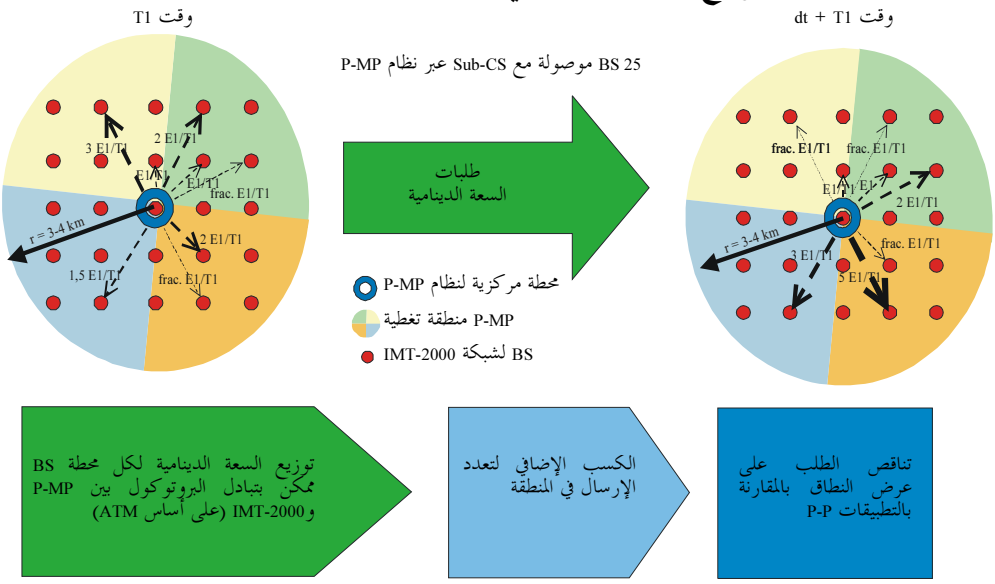


2060-06

فضلاً عن ذلك، فإن توزيع السعة الدينامية ضمن نظام P-MP ممكن ويمكن أن يعزز كفاءة هذا النظام. كما يتعين على السلوك الديناميي لأنظمة P-MP أن يتكيف مع متطلبات الحركة الراهنة لمحطة BS التي تقدم لها الخدمة. ويكون عادة زمن الاستجابة أقل من ثانية واحدة. وتُعرض في الشكل 7 مبادئ توزيع السعة الدينامية.

الشكل 7

توزيع السعة الدينامية في أنظمة P-MP للخدمة الثابتة



2060-07

يمكن أن تتعزز كفاءة أنظمة P-MP باستعمال:

- كسب تحبيـــي ATM؛
- FDCA (التوزيع السريع للسعة الدينامية)؛

– تعدد إرسال ATM.

بالإضافة لما تقدم، يمكن لأنظمة P-MP أن توفر ميزة تخفيض الأثر المرئي إلى أدنى حد.

3.1 تجميع الحلول P-MP/P-P

توجد عدة أسباب لتطبيقات الوصلة P-P، بالنظر إلى القيود الملازمة للشبكات التي يكون فيها:

– عدم وجود خط بصر (LoS) من محطة BS إلى المحطة المركزية لنظام P-MP؛

– وضع أسوأ لنسبة الموجة الحاملة إلى التداخل في بعض محطات BS الموصولة بنظام P-MP؛

– محطة BS وحيدة ذات طلبات سعة عالية ثابتة؛

– وصلات خط رئيسي لتوصيل المحطة المركزية لنظام P-MP مع نقطة نفاذ الخدمة (SAP).

ومن الأنسب عادةً تجميع ATM عبر P-MP في المراكز الكبرى حيث يكون عدد محطات BS كبيراً وحيث لا غنى عن فعالية الطيف (باعتبارها تحدد ما يلزم المشغّل من تخصيص التردد).

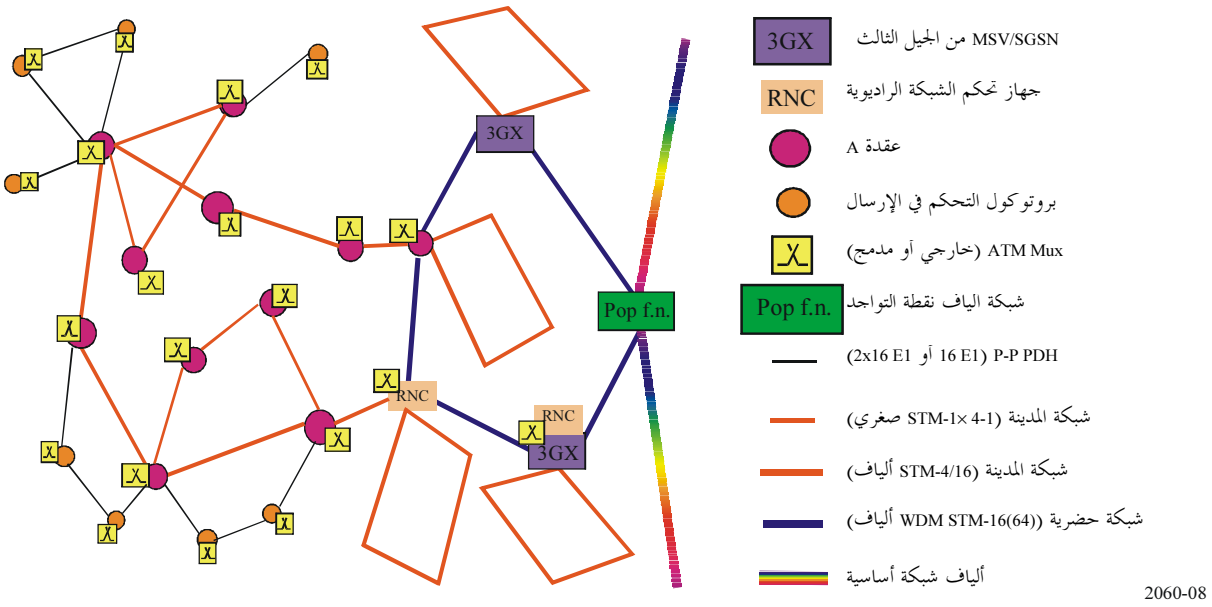
2 بنى شبكة النقل بين المحطة المركزية (CS) والشبكة الرئيسية

في نظام IMT-2000 تُكلف شبكة النقل فوق المحطة المركزية (CS) ونقطة نفاذ الخدمة (SAP) بتنظيم وإدارة تركيز المعلومات باتجاه النقطة (SAP) ثم تجاه الشبكة الرئيسية (MSC). في هذا الصدد، يرجى الإحالة إلى الشكل 1 في المتن الأساسي للتقرير. وترد في الشكل 8 بنية ممكنة لهذا الجزء من الشبكة.

ويمكن توصيل عدد معين من محطات CS عبر بنية حلقية باتجاه موقع SAP التالي. وفي إطار البنى التراتبية من المستوى رقم 3، على الأقل في السنوات الأولى من استخدام الشبكة، يمكن توقع عدد معقول من وصلات P-P SDH. وعلاوة على ذلك، لا يمكن استعمال سوى بضعة مواقع SAP، باعتبار أن العنصر الوظيفي لتعدد إرسال/تبديل ATM قد سمح بالفعل بتركيز الحركة في نقاط التركيز. وتركيز الحركة في النقطة SAP لا يذكر. وفوق مستوى النقطة SAP، يمكن تطبيق وصلات P-P SDH فوق SAP، لكن الأفضل من البداية هو استعمال توصيلات ألياف بصرية.

الشكل 8

البنية الممكنة لشبكة نقل من رتبة أعلى لنظام IMT-2000



التذييل 1
للملحق 1

عمليات محاكاة احتمال وجود خط البصر (LoS) بين محطات العقدة في بنية الشبكة الفرعية

في الفقرة 1 من الملحق 1، يرد في الشكلين 4 و5 مثالان عن بنيتين تستعملان وصلات P-P:

- نجمة فرعية وبنية سلسلة (الشكل 4)،
- بنية نفاذ مباشر (الشكل 5).

ويبين الجدول 5 أن متوسط احتمال وجود خط بصر (LoS)، من محطات CS إلى محطات قاعدة مجاورة ضمن مسافة 5 كيلومترات، هو حوالي 92%. ويشير ذلك إلى إمكانية بناء وصلة نفاذ مباشر من CS إلى عدد من محطات القاعدة بواسطة هوائي يزيد ارتفاعه عن 40 متراً.

الجدول 9

مثال عن احتمال وجود خط البصر (LoS) بين محطة CS ومحطة BS

المحطة CS (ارتفاع الهوائي)	عدد محطات BS ضمن 5 km	احتمال وجود LoS بالنسبة إلى محطات BS ضمن 5 km (%)
رقم 1 (82 m)	52	96,2
رقم 2 (98 m)	71	83,1
رقم 3 (71 m)	63	90,5
رقم 4 (99 m)	60	93,3
رقم 5 (49 m)	38	97,4
رقم 6 (54 m)	24	95,8
رقم 7 (43 m)	26	100
رقم 8 (43 m)	31	87,1
رقم 9 (96 m)	31	93,6
المتوسط (70 m)	44,5	92

من ناحية أخرى، أجريت دراسة أخرى لاحتمال وجود خط بصر (LoS) بين محطات BS وذلك استناداً إلى بنية نفاذ BS القائمة على الشكل 4. وترد النتيجة كمثال في الجدول 10 الذي يبيّن إمكانية الحصول على احتمال عالٍ لخط البصر (LoS) حتى بهوائيات منخفضة الارتفاع (20-40 متراً).

الجدول 10

مثال عن احتمال وجود خط بصر (LoS) بين محطات BS

	ارتفاع الهوائي (m)	عدد محطات العيّنة	متوسط احتمال وجود خط بصر (LoS) إلى أقرب 5 محطات (%)	متوسط المسافة إلى أقرب 5 محطات (m)
مجموعة الهوائيات الصغيرة	40-20	35	94	1 294
مجموعة الهوائيات المتوسطة	60-40	52	95	1 067
مجموعة الهوائيات الكبيرة	أعلى من 60	13	7	44

الملحق 2

أمثلة عن تقدير متطلبات طيف الخدمة الثابتة (FS) لشبكات IMT-2000 في المناطق الحضرية

1 مسرد الترميز والصيغ المقتضبة

الرمز	الوحدة	الوصف
A_M	km^2	المساحة في الخلية الصغرية
B_A	$Mbit/s/km^2$	معدل البتات في وحدة المساحة ولكل مشغّل
B_{AN}	$Mbit/s/km^2$	معدل البتات في وحدة المساحة لمشغلي N_O
$ß_B$	Mbit/s	معدل البتات الصافي النظري المطلوب بحسب موقع الخلية
B_B	Mbit/s	معدل البتات الصافي المخفض بالنسبة لتراتب PDH المعياري
B_Q	$kbit/h/km^2$	الوصلة الهابطة لكامل كمية البتات المعروضة
B_S	Mbit/s	معدل البتات لكل موقع خلية
B_T	MHz	عرض النطاق الكلي لطيف التردد المطلوب
B_U	MHz	عرض نطاق الوحدة
C_M	...	عدد الموجات الحاملة لكل خلية صغرية
D	km	طول القفزة
D_S	Mbit/s	معدل البتات لكل قطاع
N_C	...	كامل عدد قنوات التردد الراديوي (RF) المطلوبة في العقدة
N_O	...	العدد الكلي للمشغلين
O_A	...	معدل مفرط ATM
O_H	...	معدل مفرط للنقل التدريجي
O_S	...	معدل مفرط للتشوير
O_T	...	معدل مفرط متراكم
R_M	M	نصف قطر الخلية الصغرية
S_M	...	عدد القطاعات لكل خلية صغرية

2 مقدمة

يتضمن هذا الملحق بعض المبادئ التوجيهية لتقدير متطلبات طيف الخدمة الثابتة (FS) لشبكات إرسال IMT-2000 التي تشكل التوصيلات البينية للمواقع الخلوية (BS) والمحطات المركزية الفرعية (Sub-CS).

وهو يصف مجموعة بيانات الدخل وبعض الافتراضات وكذلك الإجراء المتبع لحساب نصف قطر الخلية المستعملة لتصميم حشد خلوي. واستناداً إلى هذه التقديرات، اختيرت تصميمات مختلفة لشبكات الإرسال في الفقرة 6 من أجل تقييم الطيف المطلوب لا سيما في النطاق GHz 38. وقد تكون النتائج قابلة للتطبيق على نطاقات أخرى أيضاً مثل 27 وGHz 32. هذا وانصب التركيز الأساسي على المناطق الحضرية والخلايا الصغرية.

ويوثَّق تصميم كل مثال عن شبكة إرسال بواسطة:

- حالة التوصيلات البينية ضمن الحشد الخلوي؛
- مقترح خطة التردد؛
- الخصائص الأساسية.

ونظر في الأداء التقني لأجهزة الإرسال المتيسرة وحُسبت مستويات التداخل لأغراض التحقق. وأخيراً قورنت جميع الصيغ من حيث عرض النطاق المطلوب والطيف المتيسر. أما النسبة بين أسوأ وأفضل حالة فقد تبين أنها تقع ما بين 2 إلى 3.

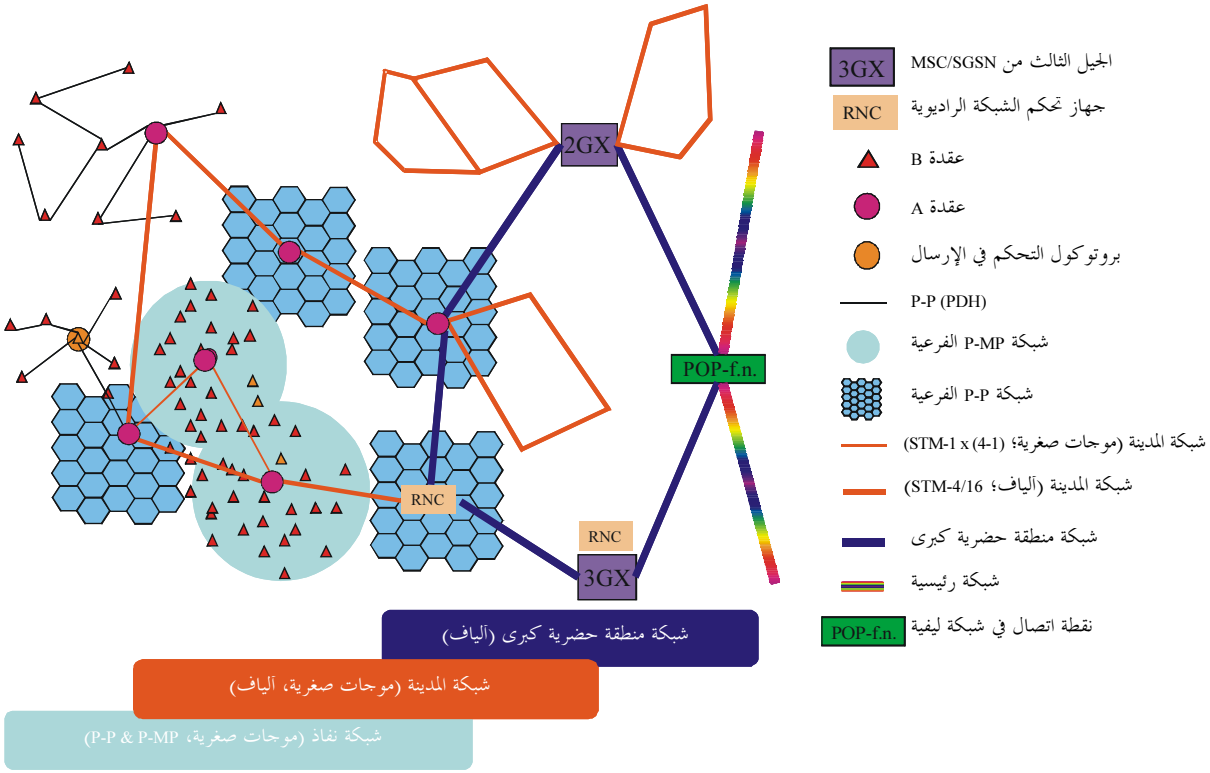
3 لمحة عامة عن شبكة IMT-2000

تمثل شبكة نقل IMT-2000 التوصيل البيني بين المستعمل المتنقل والشبكة المركزية. وتحتاج هذه البنية التحتية المتنقلة للدعم من شبكة نقل تنظم نقل المعلومات بين المستعملين المتنقلين المتمركزين في محطات BS فضلاً عن التوصيل البيني مع الشبكة الثابتة.

ترد في الشكل 9 لمحة عامة عن شبكة IMT-2000. تحدد التوصيلات البينية بين شبكة النفاذ الراديوي مع شبكة النقل، بالإضافة للسطوح البينية داخل شبكة النقل نفسها، والمتطلبات من ناحية السعات ووسائط النقل المستعملة للتوصيل البيني لكل مستويات تراتب الشبكة.

الشكل 9

لمحة عامة عن شبكة IMT-2000



2060-09

4 تقدير نصف قطر الخلية الصغرية

يُقدَّر أولاً حجم الخلية. ويبين الجدول 11 مثالاً عن حساب تقديري ضمن بلدان المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT) للكمية الكلية للبتات المتاحة على وصلة هابطة ($kbit/h/km^2$) للعام 2005.

الجدول 11

الكمية الكلية للبتات المتاحة (OBQ) على الوصلة الهابطة ($kbit/h/km^2$) للعام 2005

الخدمات	وسط المدينة/ منطقة حضرية (داخل المباني)	مناطق الضواحي (داخل المباني أو في الشارع)	سكنية (داخل المباني)	منطقة حضرية (للمشاة)	منطقة حضرية (للمركبات)	منطقة ريفية داخل المباني وخارجها
متعددة الوسائط ومتفاعلة بمعدل عال	$8 10 \times 3,78$	$5 10 \times 4,73$	$3 10 \times 5,37$	$6 10 \times 8,69$	$6 10 \times 2,17$	$4 10 \times 1,66$
متعددة الوسائط بمعدل عال	$8 10 \times 2,76$	$6 10 \times 5,24$	$5 10 \times 2,77$	$7 10 \times 7,86$	$5 10 \times 1,35$	$3 10 \times 1,72$
متعددة الوسائط بمعدل متوسط	$7 10 \times 2,21$	$5 10 \times 2,62$	$4 10 \times 1,38$	$6 10 \times 6,42$	$4 10 \times 1,10$	$1 10 \times 8,62$
بيانات مبدلة	$7 10 \times 9,58$	$5 10 \times 2,99$	$3 10 \times 9,22$	$6 10 \times 4,76$	$5 10 \times 3,66$	$3 10 \times 5,61$
مراسلة بسيطة	$6 10 \times 2,76$	$4 10 \times 5,53$	$3 10 \times 2,92$	$5 10 \times 8,29$	$3 10 \times 1,42$	$1 10 \times 1,82$
صوت	$8 10 \times 3,52$	$6 10 \times 1,29$	$4 10 \times 5,98$	$7 10 \times 8,20$	$6 10 \times 3,56$	$4 10 \times 3,46$
الإجمالي	$9 10 \times 1,13$	$6 10 \times 7,62$	$5 10 \times 3,68$	$8 10 \times 1,81$	$6 10 \times 6,24$	$4 10 \times 5,86$

تبيّن مقارنة النتائج في صف "الإجمالي" خدمتين فقط تمثلان أهمية لإجراء مزيد من التقديرات فيما يتعلق بسعة نقل نظام FS:

- خدمة الحي التجاري المركزي (CBD) الذي يتطلب ما مجموعه $1{,}13 \times 10^{9}$ kbit/h/km^2؛
- الخدمة الحضرية (للمشاة) ما مجموعه $1{,}81 \times 10^{8}$ kbit/h/km^2.

وتقع جميع الفئات الأخرى دون الحصيلتين الإجماليتين المذكورتين أعلاه بكثير بحيث يمكن إهمالها لأغراض تقدير سعة النقل المطلوبة. كما لم تؤخذ في الاعتبار الكمية الكلية للبتات على الوصلة الصاعدة لأنها ضئيلة؛ وبالمقابل، تتوازن عادة حمولة الوصلات اللاسلكية الثابتة في الاتجاهين الأمامي والخلفي.

يبلغ إجمالي كمية البتات المقدَّمة OBQ في بيئة CBD عشرة أمثال الكمية المتاحة في البيئة الحضرية (للمشاة)، لكن نظراً لأن الخلايا الصغرية تخدّم هذه الكمية أساساً، فهي لا تؤخذ في الاعتبار عند تقدير نصف قطر الخلية الصغرية.

الجدول 12

افتراضات لحسابات جديدة

الموضوع	الترميز	القيمة	الوحدة	ملاحظة
الكمية الكلية للبتات المقدمة على الوصلة الهابطة	B_Q	$1{,}81 \times 10^{8}$	kbit/h/km^2	من الجدول 11
العدد الكلي للمشغلين	N_O	4	---	وفقاً لسيناريوهات التطور
عدد الموجات الحاملة في كل خلية صغرية	C_M	2	---	افتراض
عدد القطاعات في كل خلية صغرية	S_M	2	---	افتراض
معدل البيانات في كل قطاع	D_S	0,9	Mbit/s	افتراض

الجدول 13

حساب نصف قطر الخلية الصغرية انطلاقاً من قيم الجدول 11

الموضوع	الترميز	الحساب	النتيجة	الوحدة
معدل البتات لكل موقع خلية صغرية، صافي	B_S	$C_M \times S_M \times D_S$	3,6	Mbit/s في كل موقع خلية
معدل البتات بالنسبة لعدد المشغلين ولكل وحدة مساحة (مُقرب)	B_{AN}	$B_Q/3600$	52	Mbit/s/km^2
معدل البتات لكل مشغل وكل وحدة مساحة	B_A	B_{AN}/N_O	13	Mbit/s/km^2
المساحة لكل خلية صغرية	A_M	B_S/B_A	0,277	km^2
نصف قطر الخلية الصغرية (مُقرب)	R_M	$620 \times A_M^{1/2}$	**330**	M

5 نموذج الحشد

1.5 اعتبارات عامة

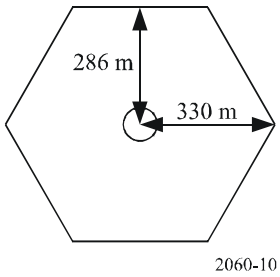
الاعتبارات:

- لا تُستعمل سوى الخلايا الصغرية في التشغيل الأول؛

- تُستعمل وصلات FS P-P للتوصيل البيني لموقع الخلية مع عقدة. ويُراعى معدل البتات الإضافي عند تحديد سعة النقل على وصلة P-P، على النحو المشار إليه في الجدول 14 مثلاً؛
- ينصبّ التركيز خصوصاً على المنطقة الحضرية. فإذا تواءمت نتائج طيف التردد المطلوب لوصلات FS P-P مع طيف التردد المتيسر، فلن يكون هناك نقص في الضواحي والمناطق الريفية.

الشكل 10

أبعاد الخلية الصغرية



2060-10

الجدول 14

تحديد سعة النقل المطلوبة في كل موقع خلية صغرية للوصلة اللاسلكية الثابتة

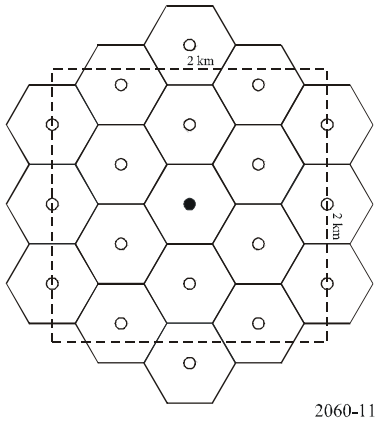
الموضوع	الترميز	الحساب	القيمة	الوحدة
معدل البتات في كل موقع خلية صغرية، صافي	B_S	$C_M \times S_M \times d_S$	3,6	Mbit/s في كل موقع خلية
معدل بتات عالي للتشوير	O_S		1,15	---
معدل بتات عالي للنقل التدريجي	O_H		1,40	---
معدل بتات عالي ATM يتراوح من 20% حتى 70%، بحسب الخدمة	O_A		1,45	---
تراكم معدل البتات العالي	O_T	$O_S \times O_H \times O_A$	2,33	---
سعة النقل المطلوبة (إجمالي معدل البتات لكل موقع خلية صغرية)	$ß_B$	$O_T \times B_S$	8,4	Mbit/s في كل موقع خلية
إجمالي معدل بتات منخفض متكيف مع تراتب PDH المعياري	B_B		8	Mbit/s في كل موقع خلية

2.5 تصميم الحشد

يتكون حشد ما، في هذا السياق، من عدد من الخلايا الصغرية متساوية الحجم (على النحو المبين في الشكل 10) وتُرتب بحيث تغطى منطقة تربيعية (الشكل 11). وتوصل كل محطة من محطات BS المتوالية بمحطة مركزية فرعية عن طريق وصلات P-P.

الشكل 11

تصميم حشد km 2×2 بمحطة sub-CS واحدة في المركز



تُعرّف شبكات الإرسال قيد الدراسة في الجدول 15.

الجدول 15

المعلمات التي تؤخذ في الاعتبار لحسابات الإرسال

شبكة الإرسال	المعلمة
330	نصف قطر الخلية الصغرية (m)
2	الموجات الحاملة لكل خلية صغرية
2	القطاعات لكل خلية صغرية
km 2 × 2	حجم الحشد
14	عدد الخلايا الصغرية/الحشد التقريبي
13	وصلات FS لكل حشد
الفقرة 3.6	تفاصيل التصميم
الفقرة 4.6	ملخص النتائج

6 تصميم شبكة إرسال

1.6 لمحة عامة

تقيَّم البنى المختلفة لتصميم شبكة إرسال بالتوصيل البيني لخلايا صغرية مع عقدة حشد واحدة. ويعتمد تقدير إجمالي طيف التردد المطلوب على حسابات التداخل. وقد استُعملت خصائص تجهيزات حقيقية (معدات راديوية وهوائي) لمحاكاة عدة تشكيلات.

2.6 بعض تعاريف عمليات المحاكاة

1.2.6 عرض نطاق الوحدة

أدخل مؤشر عرض نطاق الوحدة B_U بغية قياس طيف التردد المشغول حسب الإجمالي المطلوب لمعدل البتات لكل وصلة (أو حسب سعة النقل). وتعتمد هذه القيمة على خطة تشكيل رباعية المستوى (4-FSK أو 4-QAM)، كما تمثل في حالات خاصة ترتيب قنوات خطة الترددات ذات الصلة. أما إذا استُعملت سعات نقل مختلفة، فيُضبط B_U عند أصغر قيمة.

الجدول 16

سعة النقل مقابل عرض نطاق الوحدة (B_U)

B_U (MHz)	سعة النقل (Mbit/s)
7	4 × 2 أو 8
14	8 × 2
28	16 × 2 أو 34

2.2.6 عرض نطاق طيف التردد المطلوب

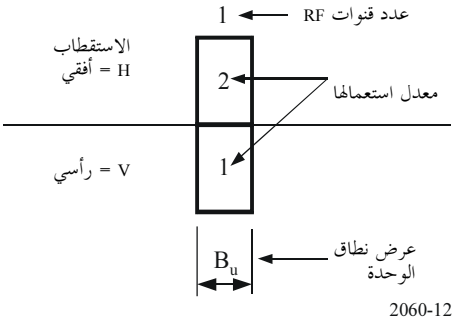
يتوقف عرض نطاق إجمالي طيف التردد المطلوب على تصميم شبكة التوصيل البيني. وهو معرّف من أجل إنجاز حشد واحد (ولمشغل واحد) كما يلي:

$$B_T = N_C \times B_U$$

حيث تمثل N_C عدد قنوات التردد الراديوي (RF) المتعاقبة في محطة أو محطات SUB-CS بما فيها القنوات "الحارسة" (عند الضرورة لتحقيق قيمة *C/I* معرفة مسبقاً). لذلك لا يتعين تقييم سوى N_C لكل نمط من تصميم شبكة النقل. أما الحشود المجاورة ذات التصميم المختلف، فأثرها ضئيل على الحشد قيد الدراسة.

الشكل 12

(مثال) خطة التردد



3.2.6 نطاق الترددات

يختار نطاق الترددات وفقاً لطول القفزة *d*، حيثما ينطبق ذلك.

الجدول 17

نطاق الترددات مقابل طول القفزة *d* (مثال)

طول القفزة *d* (km)	نطاق الترددات (GHz)
يصل إلى 0,7	52 أو 56 أو 58
يصل إلى 5	38

4.2.6 المستوى عند دخل المستقبل

في كل الأحوال، يكون المستوى عند دخل المستقبل −40 dBm ضمن تسامح قدره ±1 dB. ومن ثم:

- سوف تُضبط قدرة الخرج للمرسل المقابل وفقاً لذلك؛
- و/أو سوف تُختار الهوائيات بشكل مناسب.

5.2.6 متطلبات *C/I*

يعتمد اختيار قناة التردد الراديوي على نتائج حساب التداخل و$C/I \geq 55$ dB.

6.2.6 الاستقطاب

يُستعمل الاستقطاب الأفقي أو الرأسي حسب طول القفزة (أو لتحسين فك الاقتران).

3.6 تصميم شبكة إرسال

تُقيَّم تصميمات مختلفة لشبكة النقل من أجل حشد حجمه 2×2 km. وتُدرس صيغتان لكل من البنى التالية:

- الصيغة 1.x – تعمل كل الوصلات في نطاق التردد نفسه (38 GHz مثلاً)؛
- الصيغة 2.x – تُختار كل الوصلات بطول d > 0,7 من نطاق > 38 GHz (58 GHz مثلاً)؛

حيث يشير x إلى رتبة البنى وفقاً للفقرات الفرعية من 1.3.6 إلى 3.3.6 (x = 1 للبنية 1 مثلاً).

1.3.6 البنية 1

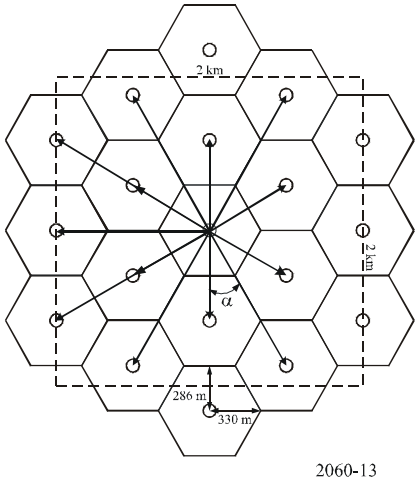
في هذه البنية، توضع المحطة SUB-CS في مركز الحشد تقريباً وتوصل كل محطة BS بوصلة P-P فردية (الشكل 13).

الخصائص الرئيسية:

- يبلغ أدنى طول للقفزة 0,6 km تقريباً؛
- ويبلغ أقصى طول للقفزة 1,2 km تقريباً؛
- وتبلغ السعة لكل وصلة 8 FS Mbit/s (B_U = 7 MHz).

الشكل 13

تصميم التوصيلات البينية للبنية 1



2060-13

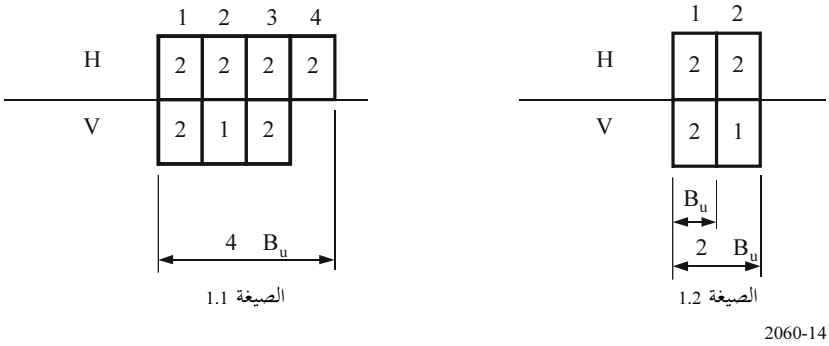
الجدول 18

الخصائص الرئيسية للبنية 1

الصيغة	النطاق الترددي (GHz)	عدد الوصلات	قنوات RF المطلوبة	طول القفزة *d* (km)
1.1	38	13	$N_C \geq 4$	0,6 <
1.2	38	7	$N_C \geq 2$	1 <
	58	6	$N_C \geq 2$	0,7 >

الشكل 14

خطط التردد GHz 38 للبنية 1

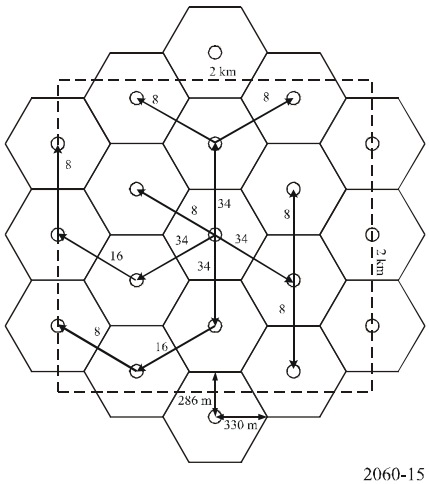


2.3.6 البنية 2

في هذه الحالة، يوصل ما مجموعه ثلاث خلايا مع العقدة على التسلسل. وطول القفزة هو ذاته لجميع الوصلات وفي حدود 0,6 km تقريباً. والزاوية في التوصيلات المجاورة أكبر أساساً منها في البنية 1 نظراً لأن التوصيلات المؤدية إلى محطة SUB-CS أقل عدداً.

الشكل 15

تصميم التوصيلات البينية للبنية 2



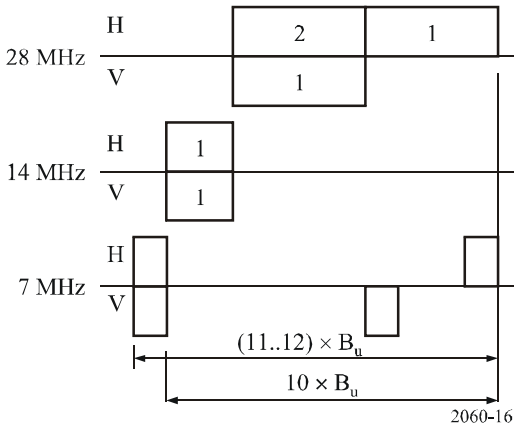
الجدول 19

الخصائص الرئيسية للبنية 2

سعة النقل Mbit/s	نطاق الترددات (GHz)	التشكيل	المباعدة بين القنوات (MHz)	عدد الوصلات
8	38	4 FSK, 4-QAM	7	7
16	38	4 FSK, 4-QAM	14	2
34	38	4 FSK, 4-QAM	28	4

الشكل 16

خطط التردد GHz 38 للبينة 2



إذا عملت كل الوصلات في النطاق GHz 38، فإن عرض النطاق المطلوب هو $B_U \times (12..11)$ (الصيغة 2.1). أما إن عملت كل وصلات Mbit/s 8 في النطاق GHz 58، فإن عرض النطاق المطلوب هو $B_U \times 10$ (الصيغة 2.2).

3.3.6 البنية 3

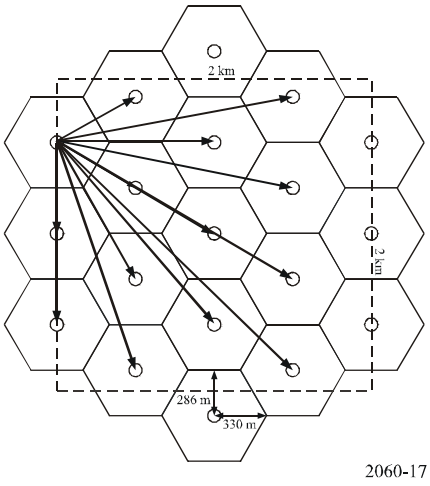
تشكل هذه الحالة تغييراً مقارنة بالبنية 1. إذ تُزاح المحطة SUB-CS من المركز إلى إحدى حواف الحشد. وتوصل كل خلية بوصلة منفصلة. وفي حالات كثيرة تستعمل هذه البنية في سويسرا.

وتتسم هذه التشكيلة بما يلي:

- الزاوية المحصورة الكلية هي بحدود 90º؛
- ومتوسط الزاوية بين وصلتين متجاورتين هو $\alpha \leq 7$º؛
- وأدنى طول للقفزة هو في حدود km 0,6؛
- وأقصى طول للقفزة هو في حدود km 2,1؛
- والسعة لكل وصلة FS هي Mbit/s 8 (B_U = MHz 7).

الشكل 17

تصميم التوصيلات البينية للبنية 3



الجدول 20

الخصائص الرئيسية للبنية 3

الصيغة	نطاق التردد (GHz)	عدد الوصلات	قنوات RF المطلوبة	طول القفزة *d* (km)
3.1	38	13	$N_C \geq 11..13$	0,6<
3.2	38	10	$N_C \geq 6$	0,7<
	58	3	$N_C \geq 2$	0,7>

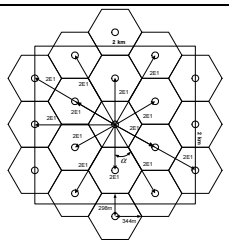
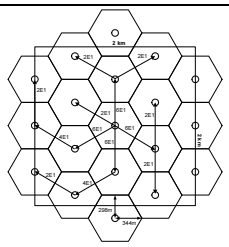
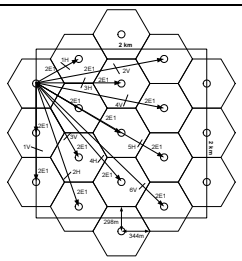
تضم الصيغة 3.1 بعض الوصلات على التوازي. بينما تتجنب الصيغة 3.2، في كل الحالات تقريباً، وجود الوصلات العاملة على التوازي وذلك بتشغيل كل الوصلات بطول قفزة يقل عن 0,7 km في نطاق 58 GHz.

4.6 ملخص البنى المختلفة

تُقارن في الجدول 21 الخصائص الرئيسية ونتائج البنى والصيغ المختلفة قيد الدراسة.

الجدول 21

مقارنة البنى المختلفة لشبكة نقل

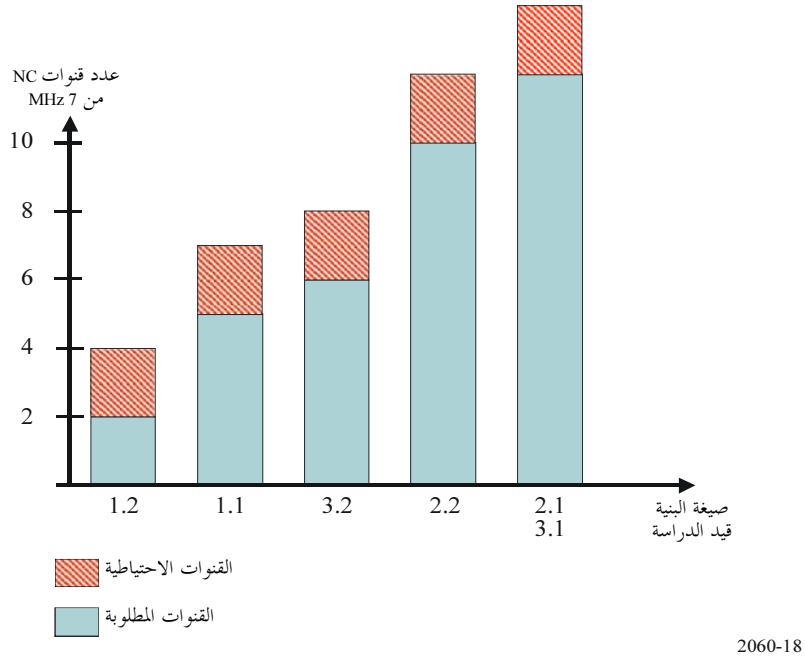
بنية شبكة الإرسال		الصيغة	كامل عرض النطاق المطلوب B_T	الوصلات "الموازية" للعقدة	اختلاف سعة النقل	GHz 58 لوصلات تبلغ d < km 1
الشكل 13		1.1	$\geq 4 \times B_U$	نعم	لا	لا
		1.2	$\geq 2 \times B_U$	لا	لا	نعم
الشكل 15		2.1	$\geq (11...12) \times B_U$	لا	نعم	لا
		2.2	$\geq 10 \times B_U$	لا	نعم	نعم
الشكل 17		3.1	$\geq (11...13) \times B_U$	نعم	لا	لا
		3.2	$\geq 6 \times B_U$	لا	لا	نعم

يورد الشكل 18 لمحة بيانية شاملة على المتطلبات المقدرة من الطيف في الخدمة الثابتة (FS). وتجري مقارنة عرض النطاق المطلوب ضمن نطاق GHz 38 لكل بنية وصيغة في شبكة النقل.

وإثر هذه الدراسة، يمكن تقدير الطلب على التردد لكل مشغل في حدود MHz 70 تقريباً، وذلك في نطاق GHz 38. ويتعين إضافة طلب قناتي MHz 7 لكل من متطلبات الطيف. وتعتبر هذه القنوات الاحتياطية لازمة للتقليل من التداخل بين الحشود المتجاورة إلى أدنى حد، ويضاف إلى ذلك احتياطي قدره MHz 7 للتوصيل البيني في الخلايا الصغرية.

الشكل 18

عض النطاق الكلي اللازم في النطاق 38 GHz؛ "المنطقة الحضرية"



الملحق 3

تأثير المطر في شبكة نقل IMT-2000

يتضمن هذا الملحق نتائج لدراسة مكرسة لتأثير المطر على شبكة نقل نظام IMT-2000. وتركز هذه الدراسة على نطاقات التردد المستعملة على نطاق واسع في أوروبا، وهي 18 و23 و38 GHz على وجه التحديد.

وتوحي نتائج هذه الدراسة بأن اختيار نطاقات التردد لشبكة نقل IMT-2000 يتأثر بشدة بالظروف المناخية التي تُصادف في منطقة معينة. ويتجلى ذلك بمثال مستقى من تجربة مشغل فرنسي في مناطق تتباين فيها الخصائص المناخية بشدة.

1 شبكات النقل المتنقلة في أوروبا

صدر في فبراير 2002، تقرير (ECC) 003 بعنوان "Current use and future trends post-2002". وتبين الدراسات التي أجراها عدد من الإدارات أن النطاقين 23 و38 GHz هما النطاقان الرئيسيان المستعملان في أوروبا لشبكات البنية التحتية للخدمة الثابتة (FS). ويرد في الجدول 22 عدد الوصلات وكذلك العدد المقابل للنطاقين 18 و24,5-26,5 GHz.

الجدول 22

عدد وصلات الخدمة الثابتة (FS) في أوروبا في عام 2001 في النطاقات المختلفة

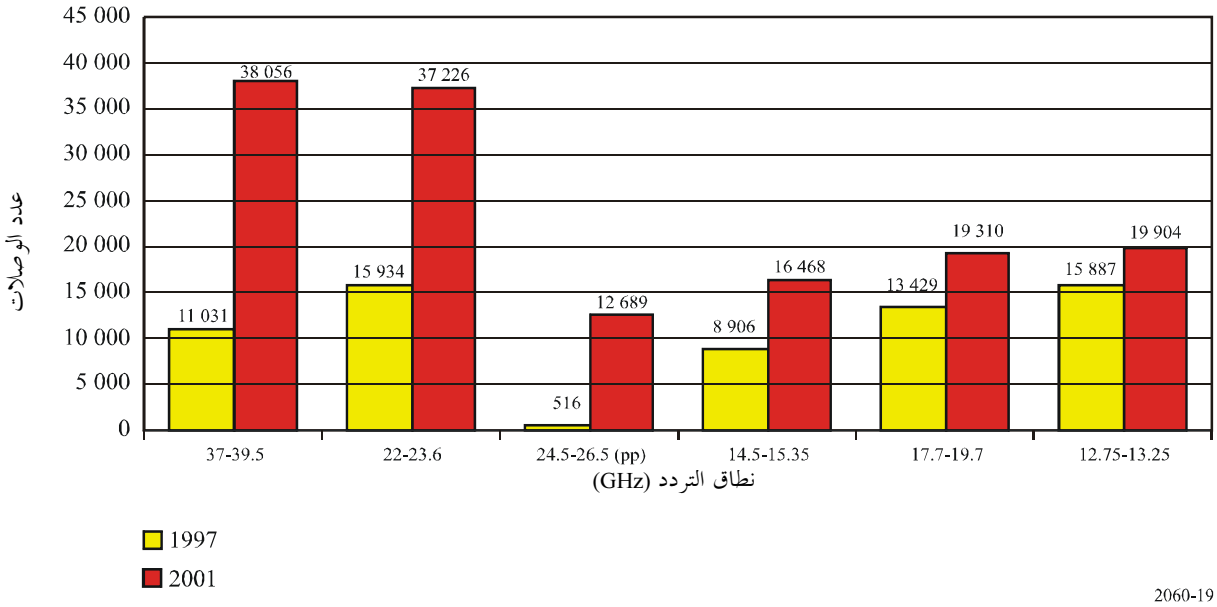
نطاق التردد (GHz)	عدد الوصلات في أوروبا
19,7-17,7	19 310
23,6-22	37 226
26,5-24,5 (ملاحظة)	12 689
39,5-37	38 056

ملاحظة – هذا النطاق هو أحد النطاقات المشار إليها "كنطاقات GHz 27" في الجدول 3.

يبيّن المخطط الدرجي في الشكل 19، أن النطاقين GHz 39,5-37 وGHz 23,6-22 هما جلياً النطاقان المستعملان في أوروبا لشبكات البنية التحتية.

الشكل 19

مقارنة استعمال مختلف نطاقات التردد في أوروبا في العامين 1997 و2001
(مستقاة من تقرير ECC 003)



2060-19

2 مقارنة تأثير المطر على استعمال الخدمة الثابتة (FS)

حُسب هامش الخبو المتيسر في مناطق مطرية جغرافية مختلفة للنطاقات 18 و23 و38 GHz كدالة لطول الوصلة، وذلك كي يتسنى مقارنة تأثير المطر على استعمال الخدمة الثابتة (FS) في نطاقات تردد مختلفة.

1.2 حساب الهامش كدالة لطول القفزة

يستند الحساب إلى التوصية ITU-R P.530، بتوفير أدنى قدر من التيسر يبلغ 99,99%، وإلى التوصية ITU-R P.676. أما أنظمة الخدمة الثابتة (FS) قيد النظر فهي من نقطة إلى نقطة (P-P) وتؤخذ خصائصها من التوصية ITU-R F.758. وفي بعض الحالات، استُعملت خصائص أنظمة قيد التشغيل حالياً في بلدان معينة ذات مناخات معتدلة أو مدارية.

ويحسب هامش الخبو (FM) كما يلي:

$$FM = P_r - P_{r,min}$$

أو:

$$FM = G_e + G_r + P_e - L_T(p) - FL - P_{r,min}$$

حيث:

FM: هامش الخبو

P_e: قدرة الدخل عند البث (قدرة المرسل) (dBm)

$L_T(p)$: الخسارة الكلية (من المطر عند p%) ومن الغازات ومن الانعراج) (dB)

FL: خسارة المغذي (الإجمالية: عند البث والاستقبال) (dB)

$P_{r,min}$: الحد الأدنى عند الاستقبال (من أجل نسبة BER قدرها 10^{-6} عادةً) (dBm)

G_e: كسب الهوائي عند البث (المرسل) (dBi)

G_r: كسب الهوائي عند الاستقبال (المستقبل) (dBi).

الملاحظة 1 – نظراً لأن الأمر يتعلق بالأنظمة من نقطة إلى نقطة (P-P) في الخدمة الثابتة (FS) في الحسابات التالية، $G = G_r = G_e$.

2.2 نتائج الحسابات في المناطق E وM وN وP وQ

في جميع الحالات، يبلغ الارتفاع 0º وp = 0,01%.

واستناداً إلى الحسابات المعروضة في الفقرة 1.2، تقترح أدناه مقارنة مباشرة بين المدى المتيسر لأطوال القفزة في النطاقات 18 GHz في المنطقة Q، و23 و38 GHz في المنطقة E.

وقد استُعملت الخصائص الواردة في الجدول 23:

الجدول 23

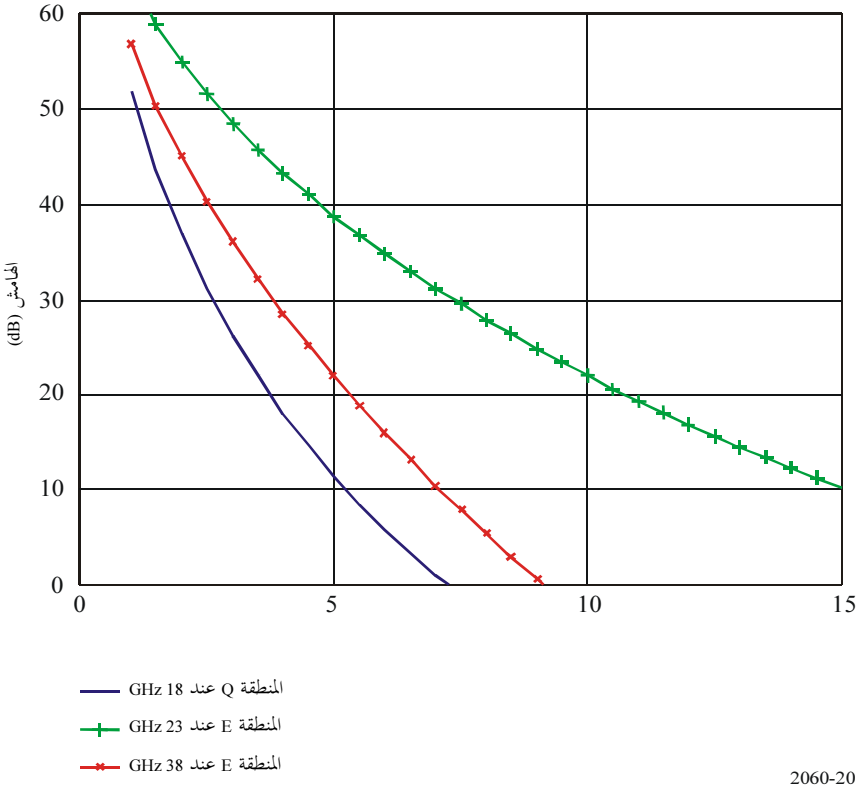
خصائص النظام بالنسبة للحسابات المعروضة في الشكل 20

التردد (GHz)	18	23	38
FL (dB)	3	4	4
P_e (dBm)	25+	25−	25−
G (dBi)	45	46	46
$P_{r,min}$ (dBm)	72,4−	78−	78−

تُعرض نتائج هذه المقارنة في الشكل 20. ويبدو أن هناك أوجه شبه كبيرة بين مجموعة أطوال القفزة التي يقدمها النطاق 38 GHz في المنطقة المناخية E وتلك التي يقدمها النطاق 18 GHz في المنطقة المناخية Q التي يقوم فيها النطاق 18 GHz بالدور نفسه (لشبكة البنية التحتية تحديداً) بدلاً من النطاق 38 GHz في المنطقة المناخية.

الشكل 20

مقارنة بين المجموعة المتيسرة من أطوال القفزة في النطاقات GHz 18 في المنطقة Q، و23 وGHz 38 في المنطقة E



3 الحالة القائمة في الأقاليم الفرنسية ما وراء البحار

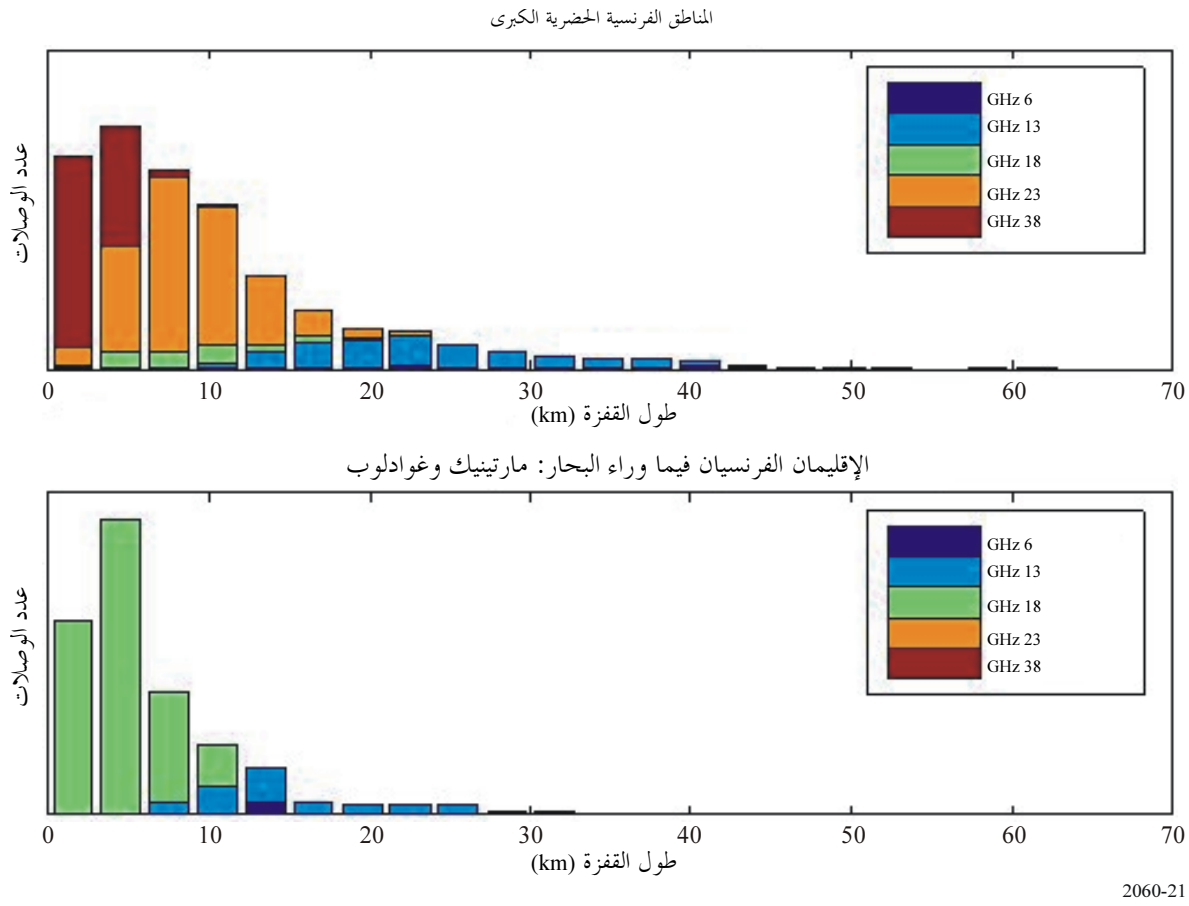
بالنظر إلى التوهين بالمطر، لا يستعمل المشغل الفرنسي النطاقين 23 وGHz 38 في الإقليمين الفرنسيين غوادالوب والمارتينيك الواقعين فيما وراء البحار. ويبلغ أعلى نطاق تردد يُستعمل للخدمة الثابتة (FS) دعماً لشبكة بنية IMT-2000 التحتية، GHz 18.

وترد في الشكل 21 مقارنة لتوزيع نطاقات التردد كدالة لطول القفزة للمدن الحضرية الفرنسية الكبرى وللإقليمين غوادالوب والمارتينيك فيما وراء البحار.

الملاحظة 1 – للإحاطة علماً، العدد الإجمالي للوصلات قيد الدراسة في المخطط الدرجي التالي هو: 460 5 في الأقاليم الفرنسية الحضرية الكبرى و241 في الأقاليم الفرنسية فيما وراء البحار.

الشكل 21

توزيع الوصلات على البنية التحتية للشبكات المتنقلة في فرنسا بما فيها أقاليمها فيما وراء البحار



الملحق 4

أمثلة عن تخصيصات التردد في بعض البلدان

1 طريقة تخصيص فدرات الترددات في النرويج

وُزعت فدرات التردد في النرويج في النطاقات 23 و24,5-26,5 و38 GHz. وبسبب الطلب الكبير على الموارد المحدودة المتاحة لسلطة الترخيص، فقد أتيحت فدرات الترددات للمشغلين على أساس "من يصل أولاً يُخدم أولاً". وعلاوة على ذلك، رُخِّصت هذه الفدرات لمشغلين جدد بالشروط التالية:

- تمنح الرخص دون تشديد في القيود التنظيمية التقنية. إذ يتحمل المشغلون المسؤولية عن أي تداخل تسببه أنظمتهم. وإن وقع تنازع بين مشغلين، فللمشغل الذي وضع نظامه في الخدمة أولاً الأولوية.
- بنهاية كل عام، يجب على المشغلين موافاة سلطة الترخيص بمعلومات مفصلة عن الوصلات التي أنشؤوها.
- يمكن في أي وقت تقييم استخدام الطيف الموزع على أي مشغِّل. وإذا اعتبرت السلطة أنه لا توجد ضرورة لفدرة التردد بأسرها، يجوز سحب الترخيص والاستعاضة عنه بتراخيص فردية.

2 إجراء تخصيص وصلة تلو الوصلة في المملكة المتحدة

يسمح نظام تخصيص الوصلات الثابتة، وهو نظام محدود الضوضاء وضعته وكالات الاتصالات الراديوية في المملكة المتحدة، التي اندمجت الآن مع مكتب الاتصالات (OFCOM)، بالاستجابة لطلبات العملاء بطريقة مرضية. ويقوم مكتب الاتصالات بإدارة كل نطاق تردد في الخدمة الثابتة؛ ويجري تحديث نظام التخصيص وفقاً لمعايير تخصيص الترددات ذات الصلة (من قبيل أدنى طول للقفزة وفئات الهوائيات المسموح بها وما إلى ذلك). بعد ذلك، تجري كل التخصيصات عبر نظام التخصيص على أساس كل وصلة على حدة.

وفي استمارة طلب الترخيص، يقدم العميل تفاصيل المواقع المفضلة فضلاً عن الخصائص التقنية للوصلة المطلوبة: أي التجهيزات والاستقطاب والتيسر. وفي معظم الحالات، تُخصص القنوات في أعلى نطاق تردد ملائم، للاستجابة لمتطلبات العميل؛ باستثناء النطاق GHz 59-57 المستثنى من الترخيص والنطاق GHz 66-64 الذي يرخص به مصحوباً بعملية تسجيل.

وقبل تخصيص الوصلة، يقوم النظام بإقرار صلاحية التطبيق ويتحقق مما يلي:

- المواقع محددة أو معروفة، وإمكانية إنشاء مواقع عند الطلب؛
- وجود تشكيلة عالية/منخفضة وخط البصر (LoS)؛
- اعتماد الهوائيات المستعملة لنطاق التردد المعني وفقاً لمواصفات المصنّع؛
- الموافقة على استعمال التجهيزات من أجل النطاق؛
- كون أطوال الوصلة مناسبة.

فإن كان التطبيق صالحاً، تُنفَّذ فحوص تقنية إضافية تشمل:

- زوايا الارتفاع والسمت الصحيحة للهوائي؛
- التحقق مما إذا كان التيسر المطلوب أعلى من 99,99%.

وبعد عملية التحقق هذه، يمضي روتين التخصيص للوقوف على معالم الأرض حول طرفي الوصلة وبينهما؛ على سبيل المثال، مناطق ريفية أو حضرية أو مائية أو مشجرة وما إلى ذلك؛ ويُحسب خلوص منطقة فرنيل وهامش الخبو وما يلزم من القدرات المشعة المكافئة المتناحية (EIRP).

وفي إطار عملية التخصيص، ينبغي فيما بعد تحديد جميع الوصلات في النطاق نفسه داخل منطقة التنسيق. بعدئذ، يقوم مهندس التخصيص بانتقاء قناة/أو سلسلة من القنوات من كل القنوات المتيسرة. وتُحسب كل إشارات التداخل من إلى كل مستعمل آخر في منطقة التنسيق، ويجري تقييمها لتحديد إمكانية التداخل. ومن ثم تُخصص أول قناة متيسرة خالية من التداخل. هذا ويمكن إبطال هذا النظام يدوياً من أجل حالات خاصة.

وتُخصص الترددات لكل وصلة مؤقتاً بعد التنسيق مع وصلات (P-P) الأرضية الثابتة القائمة والخدمات الأخرى. ولا يخول الإشعار بترددات مؤقتة السلطة بتشغيل وصلة (P-P) أرضية ثابتة، بل إن الغاية منه هي مساعدة مقدم الطلب في التبكير بشراء التجهيزات وتشكيلها. ولا تصدر الرخصة رسمياً إلا عند تلقي كل التصاريح مع تأكيدات من كافة الأطراف المعنية.