التقريـــر ITU-R F.2061

أنظمة الاتصالات الراديوية الثابتة في الموجات الديكامترية (HF)

(2006)

1 مقدمة

إرسالات الأنظمة العاملة بالموجات الديكامترية (HF) العالي نوعان، تكييفي وغير تكييفي. وتعتمد الأنظمة غير التكييفية على تدريب المشغل وعلى كفاءاته المهنية في تقدير متغيرات الانتشار والتداخل وفي إيجاد قناة واضحة وموثوقة. أما الأنظمة التكييفية فتجعل من هذه العملية عملية أوتوماتية. وعلى الرغم من المزايا الوفيرة للأنظمة التكييفية ومنها عدم الحاجة إلى تدريب عالٍ للمشغل، فإن الأنظمة غير التكييفية ستستمر بالعمل في المستقبل المنظور. وهناك احتمالات التداخل بين هذين النوعين من الأنظمة. وتتطلب خصائص إرسال الأنظمة التكييفية وغير التكييفية مجموعات مختلفة من المعطيات من أجل التمكن من إجراء تحليل دقيق للمواءمة الكهرمغنطيسية في بيئة معينة.

وتتخذ الاتصالات الحديثة العاملة في النطاق HF أيضاً ملامح خاصة تشكّل حلاً حيوياً لكثير من احتياجات الاستجابة في حالات الطوارئ. وتقدم أنظمة هذا النطاق (HF) وشبكاته وسائل اتصالات فائقة التنوع إلى جمهور عريض من المستعملين المنخرطين في مجال الحماية العامة والأنشطة الإنسانية. كما أن هذه الأنظمة قادرة على نقل معدات موثوقة وقليلة التكاليف إلى المناطق النائية وقليلة السكان.

وفي حاله توقف عمل الاتصالات العادية بسبب الكوارث الطبيعية (مثل الزلازل) وغيرها من حالات الطوارئ يمكن تركيب أنظمة هذا النطاق MF/HF بسرعة كبيرة من أجل توفير وصلات اتصالات الطوارئ الضرورية في مرحلة الإنذار الأولى أو أثناء تنسيق عمليات الإغاثة.

2 الأنظمة غير التكييفية

1.2 مقدمة

يتعين على المشغل في العمليات اليدوية للتشغيل غير التكييفي اليدوية أن يضبط معلمات النظام للحصول على أقصى أداء، وذلك من خلال مراقبة ظروف الأيونوسفير وتتبع ظروف الانتشار المتغيرة واختيار شروط التشغيل (وأولها التردد) على نحو يتيح للإشارة أن تنتشر على أفضل وجه.

وبيئة الانتشار بالتردد العالي متباينة جداً ويتعذر التكهن بها في الأجل القصير. فالانتشار في هذا النطاق يتم أساساً بأسلوب الموجة الأيونوسفيرية ويستعمل انكسار الموجات الراديوية في الغلاف الجوي (الأيونوسفير)، أو يكون في بعض الحالات بأسلوب الموجات السطحية.

2.2 الانتشار

ويرد وصف الأيونوسفير وانتشار الموجات الراديوية في الأيونوسفير في الكتيب الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد بعنوان "الأيونوسفير وآثاره على انتشار الموجات الراديوية" – وفي توصيات السلسلة P ذات الصلة والصادرة عن نفس القطاع (ITU-R P.368 وITU-R P.369 وITU-R P.371 وITU-R P.434 وITU-R P.531 وITU-R P.532 وITU-R P.533 وITU-R P.534 وITU-R P.535). ويمكن الحصول على مزيد من المعلومات في الكتيّبين الصادرين عن قطاع الاتصالات الراديوية في القطاع أيضاً وهما "تصميم أنظمة الإذاعة عالية التردد" و"أنظمة وشبكات الاتصالات تكييفية الترددات العاملة في نطاقات التردد MF/HF".

وبإيجاز يتشكل الأيونوسفير في طبقات الجو العليا للأرض على ارتفاع حوالي 80 km بتأثير إشعاعات التأين الآتية من الشمس. ويتوقف ارتفاع التأين وكثافته على الإشعاع الواصل والعناصر المكونة للجو وتغيرها تبعاً للارتفاع وغيره وعلى المجال المغنطيسي للأرض والدوران في الجو الأعلى. ويتغير الإشعاع الشمسي الوارد عادة بتغير دورة النشاط الشمسي التي تستغرق فترتها حوالي 11 سنة كما يظهر على سبيل المثال في عدد البقع الشمسية على سطح الشمس.

ويؤين الإشعاع الوارد جزءاً من غازات الجو الأعلى وتشكل الإلكترونيات الطليقة الناتجة الأيونوسفير الذي يتميز بخاصية انكسار أو انعكاس الموجات الراديوية. وفي الأجزاء السفلية من الأيونوسفير يكون عمر الإلكترونات الطليقة محدوداً قبل أن تضمحل من جديد في الجو. وتختلف كثافة التأين نسبياً باختلاف زاوية ارتفاع الشمس. وتسمى هذه الأجزاء السفلية من الأيونوسفير المنطقتين أو الطبقتين D وE. وفي الجزء الأعلى من الأيونوسفير أي في المنطقة F تتمتع الإلكترونات بعمر أطول، وتتأثر كثافة التأين بشدة بالرياح والمجال المغنطيسي للأرض.

ويتوقف التردد الأقصى الذي قد ينعكس شاقولياً من طبقة أيونوسفيرية على كثافة التأين، ويسمى التردد الحرج. وترتبط كثافة التأين وبالتالي التردد الحرج بالموقع الجغرافي وزاوية ارتفاع الشمس، ويتغير بتغير الساعة واليوم والفصل بسب تغيرات الإشعاع الشمسي والبيئة الشمسية الأرضية والرياح في الجو الأعلى والمجال المغنطيسي للأرض. كما تسبب الأجزاء السفلية من الأيونوسفير توهيناً في الإشارات الراديوية بينما يغير التفاعل مع المجال المغنطيسي للأرض أيضاً استقطاب الإشارة.

ويمكن اعتبار الانتشار الأرضي انعكاسات بزوايا ورود مائلة تصدر عن طبقات الأيونوسفير، وقد تضاف أساليب انتشار أخرى إلى انعكاسات متعددة واردة من الأيونوسفير ومن سطح الأرض. ويرتبط التردد الأقصى للانتشار في كل أسلوب بالتردد الحرج وبزاوية ارتفاع طبقة الانعكاس. وبذلك تتكون الإشارة المستقبلة عادة من مجموع عدة أساليب انتشار لكل منها قوته ولحظة وصوله واستقطابه الخاص والمتغير.

ويمكن التنبؤ استناداً إلى أسس إحصائية بالمتغيرات للأجل الطويل التي تطرأ على ظروف الانتشار تبعاً للساعة واليوم والفصل ودورة النشاط الشمسي. وهناك طرائق التنبؤ الواردة في التوصية ITU-R P.533 وأنواع من الطرائق الأخرى.

ولا تتمكن طرائق التنبؤ للأجل الطويل من إعطاء تقدير دقيق للتردد الأفضل للاستعمال في تاريخ وساعة معينين على مسير راديوي محدد. وجرت العادة تقليدياً على استعمال تردد أدنى نوعاً ما من التردد الأقصى القابل للاستعمال (MUF) الذي جرى التنبؤ به على نحو يضمن وصول إشارة مرضية في معظم أيام الشهر. ويجري إعداد برنامج تغييرات التردد في اليوم، وذلك لكل شهر من الشهور، بحيث تبقى الاتصالات قابلة للاستخدام. ويستعمل المشغل القائم على إدارة الدارة برامج الترددات هذه فضلاً عن خبرته والظروف الطبيعية الفعلية لذلك اليوم لاختيار أفضل تردد من المجموعة المحدودة المتاحة، ويضمن بذلك إدارة تشغيل الدارة دقيقة بدقيقة.

وتوفر تنبؤات الأجل الطويل أيضاً معلومات عن أساليب الانتشار النشيطة وزوايا الارتفاع المطلوبة لإشعاع الهوائي.

وأسلوب الانتشار بالموجة الأرضية أسلوب مستقر يمكن التنبؤ به. ويرد وصفه في التوصية ITU-R P.368، وطريقة التنبؤ متاحة في برمجية موجودة في الموقع الإلكتروني للقطاع ITU-R. ولا يصلح هذا الأسلوب في مدى الموجات الديكامترية إلا على بعد مئات الكيلومترات فوق سطح البحر، أما في الجزء السفلي من هذه الترددات فعلى بعد أقل بكثير فوق سطح الأرض. غير أن هذا الأسلوب قد يكون غاية في الأهمية إذا ما اجتمعت الظروف الملائمة.

ويخضع تشغيل الدارة لأساليب الانتشار وللتغييرات الأيونوسفيرية للأجل الطويل وللخبو الناجم عن الشدة والاستقطاب. وثمة عوامل للأجل القصير يصعب التكهن بها لكنها تبقى عوامل حاسمة.

وقد يحدث مزيد من التأين في الجزء السفلي من الأيونوسفير على ارتفاع 100 km تقريباً دون التمكن من التنبؤ به بصورة صحيحة، وينتج عن عوامل جوية وعناصر متبقية وعن آليات أخرى على ارتفاعات عالية وفوق خط الاستواء على حد سواء.

وقد يؤثر هذا التأين المتفرق للطبقة E تأثيراً كبيراً على انتشار الموجات الراديوية، وقد يفضي إلى أسلوب انتشار إضافي.

وتساهم أيضاً الإشعاعات الناتجة عن انفجارات على سطح الشمس بصورة كبيرة وغالباً ما تكون اندفاعات من الشمس تطلق أشعة فوق البنفسجية وأشعة سينية وجزيئات عالية الطاقة وبلازما من الجزئيات متوسطة الطاقة من شأنها أن تنتشر لاحقاً في الرياح الشمسية وتصل إلى الأرض عبر البيئة الشمسية الأرضية. وعندما تبلغ هذه الإشعاعات المنطقة المجاورة للأرض تسفر مباشرة عن تأين إضافي. كما أنها تتفاعل مع المجال المغنطيسي للأرض مما قد يسبب تأيناً في المناطق القطبية وتغيراً في درجة حرارة غازات التعادل الموجودة في الجو الأعلى وتغيراً في نظام الرياح وتوزيع التأين. وتدعى هذه الظواهر بالعواصف المغنطيسية الأرضية والأيونوسفيرية وقد يكون لها تأثير كبير على انتشار الموجات الديكامترية. ومن غير الممكن التنبؤ بحدوثها قبل وقت طويل ولا يمكن التنبؤ بآثارها بصورة دقيقة حتى قبل ساعات قليلة من حدوثها. وقد ينجح مشغل الدارة بفضل كفاءته في أن يحافظ على بعض الاستمرارية في التشغيل أثناء العاصفة ولكنه مضطر إلى العمل بطريقة تجريبية محفوفة بالأخطاء إذ أن الخبرة في هذا الميدان محدودة. وثمة طريقة واحدة مجدية في خطوط العرض المرتفعة حيث تكون العواصف على أشدها، وهي تقنية تنوع المسارات التي تستخدم مسارات راديوية بديلة لكي تتجنب المناطق الأكثر اضطراباً، لكن ذلك يتطلب تيسر المعلومات بسرعة على مستوى الشبكة.

وتحتاج الآن الاتصالات الحديثة بالموجات الديكامترية إلى معدلات معطيات مرتفعة وأنظمة بنطاقات أعرض. ويرتبط أداء هذه الأنظمة بمدد الانتشار في المسارات المتعددة للأساليب النشيطة في لحظة معينة والتي تنجم عن الانتشار من الطبقات المختلفة وغير ذلك. كما يتغير التأين أيضاً بسبب الرياح الجوية بحيث يتخذ كل أسلوب بفعل أثر دوبلر تخالفاً مختلفاً للتردد. وعند خطوط العرض الاستوائية قرب خط الاستواء المغناطيسي يمكن للطبقات المتأينة أن تتفكك بعد هبوط الليل في مناطق متفرقة حيث تبث الإشارات مع تمديد مدد الانتشار والترددات. أما في خطوط العرض المرتفعة فإن طبقات التأين تتفكك بتأثير العواصف الأيونوسفيرية، ويترافق ذلك أيضاً مع انتشار إشارات بتمديد كبير لوقت الانتشار والترددات.

وفيما يتعلق بهذه الأنظمة التي تستعمل الانتشار بالموجة الأرضية ولا توفر اتصالات طويلة المدى عبر الأيونوسفير، ينبغي انتقاء الترددات بالإفادة من ظروف الانتشار من أجل الحد من الانتشار غير المطلوب. ويشمل ذلك انتقاء ترددات، أثناء ساعات النهار، تحت أقل تردد قابل للاستعمال (LUF) في أساليب الانتشار المتاحة، وانتقاء ترددات أثناء الليل فوق التردد MUF على المسارات الطويلة للهوائي قيد الاستعمال. وجدير بالذكر أن التردد LUF مرتبط بالدورة الشمسية التي تزداد بازدياد أدلة النشاط الشمسي. وينبغي توخي الحيطة عند استعمال ترددات أعلى من التردد MUF ليلاً في المناطق الاستوائية لأن ذلك قد يحدث انتشاراً على مسافة طويلة من نوع "تغيير التوافقيات" أو عبر الاستوائي. كما يتعين أيضاً أن تكون المرسلات والمستقبلات مزودة بمقدرات توليف سريع تتيح تغطية كامل مدى الترددات التي يتوقع فيها التشغيل التكييفي.

3 الأنظمة التكييفية

1.3 المقدمة

النظام التكييفي بالموجات الهكتومترية/الديكامترية (MF/HF) هو نظام يؤدي أوتوماتياً (أي، دون حاجة إلى تدخل مشغل راديوي) وظائف إنشاء وصلات اتصالات راديوية وتبادل المعلومات بطريقة تتواءم مع التغييرات والاحتمالات العالية للتداخلات الملازمة لانتشار نطاقات الموجات الهكتومترية (MF)/الديكامترية (HF) عبر الأيونوسفير. وإضافة إلى ذلك، تستطيع الأنظمة التكييفية أن تراقب انشغال الطيف بطريقة منتظمة، وأن تنتقي ترددات التشغيل بحيث تتجنب تداخلات لمستعملين آخرين وذلك بصورة أكثر فعالية من أنظمة كثيرة غير تكييفية قيد التشغيل حالياً.

2.3 الخصائص التشغيلية

فيما يلي الخصائص الرئيسية للأنظمة التكييفية بالترددين MF وHF:

- *الحد الأدنى من تدريب المشغل:* تنشئ الأنظمة التكييفية وصلات الترددين MF وHF وتحافظ عليها وتوقفها دون الحاجة إلى تدخل المشغل تقنياً؛ مما يخفف من الحاجة إلى موظفين راديويين مدربين.

- *اعتمادية متزايدة:* إن النسبة المئوية من الوقت التي تضمن خلالها الأنظمة التكييفية خدمة عالية الجودة أعلى بكثير من تلك التي تتطلبها الأنظمة التقليدية بالتردد الثابت. وذلك نتيجة استعمال الانتقاء التكييفي للترددات والتكرار الأتوماتي عند الطلب (ARQ) والانتقاء التكييفي لأشكال الموجات الأكثر ملاءمة.
- *المرونة:* يحلل النظام التكييفي باستمرار معلومات تقييم نوعية الوصلات ويحدثها بحيث يتمكن من اختيار الترددات والتشكيلات النسب للحركة وذلك في كل لحظة من اللحظات. ويقلل هذا التصرف التكييفي إلى أبعد حد من الفترات الزمنية التي لا تستطيع المحطات أثناءها أن تتصل بعضها ببعض، وتزيد من إمكانيات استعمال طاقة أقل في الخدمتين الثابتة والمتنقلة على حد سواء.

استخدمت الاتصالات الراديوية بالموجات الهكتومترية (MF) والموجات الديكامترية (HF) خلال عقود عديدة في اتصالات المسافات الطويلة. وتتمتع هذه الاتصالات بخصائص إيجابية يمكن تعزيزها وأخرى سلبية يمكن استبعادها من خلال استعمال تقنيات الأتمتة والتكييف. ومن مزايا الاتصالات في النطاق HF الإرسال فعال التكاليف عبر المسافات الطويلة. ومن مساوئها الحاجة إلى الكثير من اليد العاملة والانتشار المتغير والاعتمادية المتوسطة عموماً وعرض النطاق المحدود للمعطيات. وتتطلب الاتصالات في النطاق الراديوي HF تحسين الشروط إلى أفضل مستوى لجعلها اعتمادية إلى حد معقول. وتتوقف اعتمادية الإرسالات الراديوية HF بعدد كبير من العوامل منها:

- تردد التشغيل؛
  - أ) درجة تأين الأيونوسفير وتوزيعه؛
  - ب) المسافة الفاصلة بين المحطات (عدد القفزات)؛
- قدرة التشغيل؛
- التشكيل؛
- قيم النسبة SNR المطلوبة؛
- الإجراءات المتعلقة برأسية التشوير (أي مراقبة الخطأ، وتنظيم الاتصال وغير ذلك).

وفي الإجراءات التشغيلية اليديوية التي استخدمت حتى عهد حديث يتعين على المشغل لتحسين الاتصالات HF أن يكيف معلمات النظام للحصول على أفضل أداء من خلال مراقبة ظروف الأيونوسفير وتتبع ظروف الانتشار المتغيرة وانتقاء الظروف التشغيلية (أي التردد في المقام الأول) التي تسمح للإشارة بالانتشار على أفضل وجه. وبسبب ما تتطلبه اتصالات الترددين HF وMF من يد عاملة كثيرة وخبرة طويلة ومهارات فإنها تمثل هدفاً مباشراً لتبرير استعمال تقنيات الأتمتة والتكييف. إذ تخفف تقنيات الأتمتة المستخدمة حالياً من أعباء المشغل من خلال إضافة أنظمة فرعية تتولى إدارة الطيف وإنشاء الوصلات والحفاظ على التوصيل وغير ذلك. وتساهم هذه التقنيات في خفض المستوى المطلوب من كفاءات المشغل الراديوي أو وكيل الاتصالات ومسؤولياتهما. وسيبدو النظام الراديوي بعد إضافة الأتمتة مثل نظام "اضغط وتكلم مباشرة على أفضل قناة" بينما أنه يتكون فعلياً من جهاز اتصال متعدد القنوات يقوم بوظائف كثيرة غير ظاهرة.

1.2.3 وصف عام

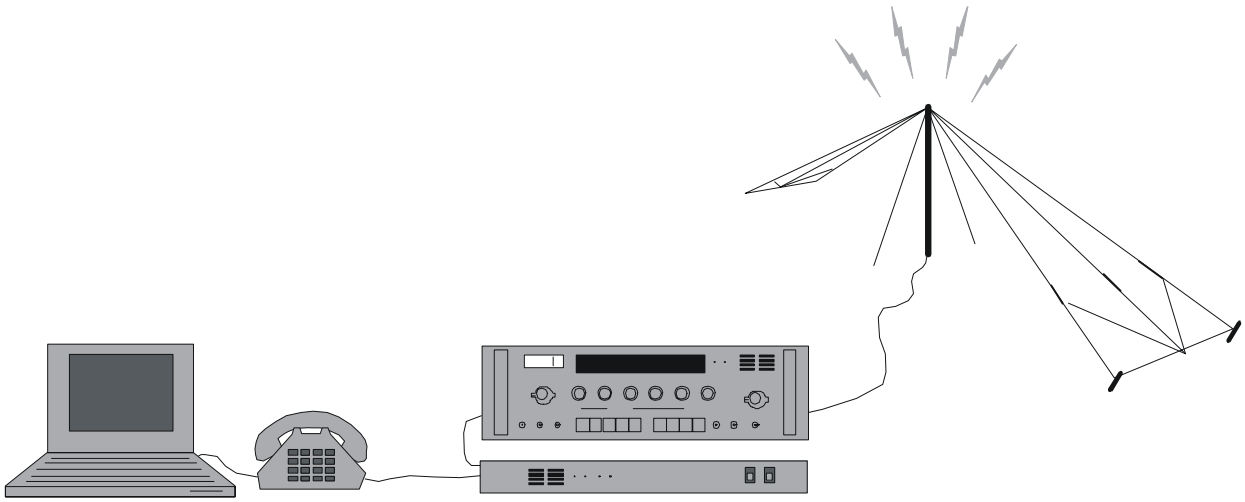
فيما يلي وصف مجموعة وظائف مشتركة تدخل في معظم أنواع الأنظمة التي جرى تطويرها. ولا تعني كلمة "مشترك" بالضرورة هنا أن هذه الوظائف تعمل بنفس الطريقة وأنها تتيح نفس الاتصالات البينية بل تعني مجرد أن هذه الأنظمة لها نفس نمط الوظائف.

ويرد وصف مفصل لهذه الوظائف في التوصية ITU-R F.1110 – الأنظمة الراديوية التكييفية للترددات الأدنى من 30 MHz تقريباً.

وتتألف المحطة التكييفية المعرفة هنا بأنها المحطة التي تزود المشغل بوصلة راديوية، من العناصر التالية

الشـــكل 1

محطة تكييفية نمطية



Rap 2061-01

والوظائف الرئيسية لوحدة التحكم في النظام التكييفي هي إدارة الترددات وتقييم نوعية الوصلة وإعداد الوصلة وإنشاؤها والمحافظة على التوصيل وفكه.

2.2.3 إدارة الترددات وتقييم نوعية الوصلة

قد تتوفر جميع الترددات لوصلة محددة وتخزينها النظام في مجموعة ترددات. ويستعمل بعض الأنظمة التكييفية ترددات مختلفة لكل من المرسل والمستقبل بينما تستعمل بعضها الآخر نفس التردد للإرسال والاستقبال. ويلجأ بعض الأنظمة التكييفية إلى تقاسم الترددات حيث تخزن مجموعة فرعية من الترددات المتاحة في مجموعة لأغراض النداء، بينما لا تستعمل الترددات المتبقية إلا للحركة؛ ويتم تنسيق اختيار ترددات الحركة في وصلة ما باستعمال ترددات النداء. وتخزن عموماً من خمسة إلى عشرة ترددات في مجموعة الترددات؛ وبعض الأنظمة التكييفية قادرة على تخزين ما يصل إلى عدة مئات من الترددات واستعمالها.

وتتفحص المحطة عندما لا تكون مشغولة بالحركة ترددات المجموعة وتتمهل عند كل تردد بقدر من الوقت كافٍ لكشف نداء واصل.وتقوم بعض الأنظمة بنفس الوقت بتحليل القناة دون جهد من خلال قياس سوية التداخل أو الضوضاء في كل تردد.

وتجمع المعلومات عن تقييم نوعية الوصلة بعد فك توصيلها. وتستعمل هذه المعلومات لانتقاء الترددات الملائمة للحركة بين محطات الشبكة. وفي حال مرور حركة قليلة في الشبكة يمكن تنشيط وظيفة السبر الأتوماتي لتقييم نوعية الوصلات. وترسل إحدى المحطات في فترات منتظمة إشارة سبر خاصة لكل تردد من ترددات المجموعة. وتحدّث جميع المحطات الأخرى في الشبكة التي تكشف إشارة السبر هذه جداول تقييمها لنوعية الوصلات.

3.2.3 السبر

ترسل إشارة السبر بشكل أحادي باتجاه واحد في فواصل زمنية دورية إلى القنوات غير المشغولة. وعند التنفيذ يضاف مؤقت إلى جهاز التحكم وظيفته إرسال إشارات سبر دورية (في حال عدم انشغال القناة). وليس السبر عملية تفاعلية أو تقنية ثنائية مثل الاستطلاع. لكن تحديد التوصيلية اعتباراً من المحطة بالاستماع إلى إشارة سبرها يعني احتمالاً كبيراً (لكنه لا يؤكد) للتوصيلية الثنائية ويمكن إجراؤه بسهولة في المستقبل. وترسل على الأقل المعلومات عند الإشارة (العنوان) إلى المشغل أما بالنسبة إلى المحطات المزودة بذاكرات تحاليل التوصيلية ونوعية الوصلات (LQA) فتخزن المعلومات لاستعمالها لاحقاً للتوصيل. وإذا أتت محطة ما على إرسال إشارات في أي من القنوات الواجب سبرها قد لا يكون من الضروري إعادة السبر

في هذه القنوات قبل انتهاء فترة السبر الدوري الذي يبدأ من جديد بعد انتهاء الإرسال الأخير. وعلاوة على ذلك إذا أجري استطلاع في شبكة (أو مجموعة) محطات يمكن استخدام أجوبتها كإشارات سبر لشبكة (أو مجموعة) محطات الاستقبال. وجميع المحطات قادرة على القيام بسبر دوري للقنوات غير المشغولة والمرتبة مسبقاً. ويمكن تنشيط وظيفة السبر وكذلك ضبط الفترات الزمنية الفاصلة بين عمليات السبر إذا ما اختار المشغل أو المراقب ذلك وحسب متطلبات النظام.

وتعرض المحطات أتوماتياً ومؤقتاً عناوين جميع المحطات التي يتم الاستماع إليها مع تنبيه يختاره المشغل إذا تيسرت هذه العناوين و لم تكن خاضعة لمراقبة مباشرة من المشغل أو المراقب.

وتشبه بنية السبر بنية النداء الأساسي؛ بفارق أن إرسال الهوية إلى محطة الإرسال كاف. وتستخدم أنظمة السبر بالأسلوب غير المتزامن ALE (إنشاء الوصلة أتوماتياً) من الجيل الثاني (2G) والجيل الثالث ALE (3G) إرسالاً موسعاً لضمان أن تتمهل مستقبلات التفحص عند القناة النشيطة على الأقل مرةً واحدة أثناء الإرسال. والسبر إجراء خياري في الأنظمة 3G ALE بالأسلوب المتزامن. ويستغرق إرسال السبر 3G ALE المتزامن عند الضرورة أقل من ثانية واحدة.

4.2.3 إعداد الوصلة وإنشاؤها

تنشأ الوصلة باستعمال هاتف عادي أو شبكة معطيات أو مطراف المشغل. وعندما تتلقى المحطة أمر إنشاء وصلة تختار التردد الأكثر ملاءمة افتراضاً في مجموعة الترددات. ويضبط المستقبل على ذلك التردد ويقوم جهاز التحكم بقياس سوية الطاقة في ذلك التردد. وإذا تجاوزت سوية الطاقة عتبة معينة يفترض أن التردد يشغله مستعمل آخر ويستبعد. ويحاول جهاز التحكم باستعمال ثاني أفضل تردد. وفي حال عدم التوصل إلى تردد قابل للاستعمال تصدر علامة "فشل" وترسل إلى المشغل، وإلاَّ يبدأ النداء.

وعندما تكشف المحطة المطلوبة نداء تجيب أوتوماتياً وتعلم مشغلها به. وتؤكد المحطة الطالبة استقبالها للإجابة ويمكن عندئذٍ إرسال الرسائل أو يمكن نقل الوصلة إلى المشغلين لأغراض المهاتفة.

1.4.2.3 الأنظمة 2G ALE

عند وجود عدة محطات وضرورة اختيار أفضل تردد في شبكات ذات محطات قاعدة متعددة يختار النظام عادة أفضل زوج ترددات/محطات قاعدة لكل وصلة مع العقدة المتنقلة. وثمة حالتان هما: الطالب يختار والمجيب يختار.

في الحالة الأولى، وإذا بدأ الكيان المتنقل النداء. فإنه يطلع على قاعدة معطياته المحلية للقياسات ويصنف الأزواج قناة/محطة. ثم توضع النداءات مع محطات محددة على ترددات محددة حسب ترتيب تنازلي إلى أن ينجح التوصيل. أما إذا بدأ النداء من الكيان الثابت فتستخدم قاعدة معطيات موحدة في تسيير النداءات إلى الكيان المتنقل عبر محطة قاعدة وأفضل القنوات المؤدية إلى ذلك الكيان.

وفي الحالة الثانية يرسل الكيان المتنقل نداءه بمجمله إلى الشبكة. وتقارن محطات القاعدة نوعية الإشارة المستقبلة من أجل تحديد المحطة المجيبة.

وفي التشغيل من نقطة إلى نقطة يتعذر اختيار المحطة وتصنف الترددات فقط بحسب ترتيب محاولات التوصيل.

وليس هناك ما يضمن تخصيص أفضل تردد في كل حالة. وتتيح القياسات الحديثة تثبيت الترتيب الذي تم فيه اختبار القنوات لكن الاستعمال الفعلي للقناة يتحدد تبعاً للظروف الجارية للانتشار ودرجة الانشغال والتداخل. ويحاول النظام إقامة التوصيل بالتردد الأفضل لكنه يقبل بأول توصيل قابل للاستعمال.

وفيما يتعلق بفعالية النفاذ إلى القنوات يقوم النظام 2G ALE بالتنصت قبل الإرسال. وعندما تزيد حمولة الشبكة 2G ALE عن معدلها يستقر معدلها على سوية الإشباع بدلاً من أن يتناقص مع ازدياد الحمولة.

وتستعمل الأنظمة خوارزميات مختلفة لتصنيف القنوات والتي ستستعمل في إقامة النداءات ALE. ويبحث عادة عن القنوات الجيدة على الرغم من أنها قد لا تكون القناة الأفضل.

2.4.2.3 الأنظمة 3G ALE

صممت الأنظمة 3G ALE خصيصاً لتعمل في ظروف الحركة الكثيفة وهي تمثل تحسيناً نسبة إلى الأنظمة 2G ALE من حيث استعمالها الفعال للطيف. وتستعمل هذه الأنظمة بروتوكول نفاذ متزامناً في الفواصل الزمنية بين القنوات إضافة إلى قنوات منفصلة للنداء وللحركة. وتستعمل قنوات الحركة المنفصلة بمعدلات تقارب 100% من قدرتها بينما يختلف استعمال قنوات النداء تبعاً للتطبيق لكن معدلها عادة أقل من معدل قنوات الحركة. وكما هو الحال في الخدمات الخلوية والخدمات الراديوية التي تتقاسم الموارد فإن إقامة النداء تحتاج إلى قنوات أقل مما تحتاجه حركة النداء، ويعطي أسلوب التقاسم فعالية أكبر من الأسلوب الذي يجمع النداءات والحركة على نفس الترددات.

وفيما يتعلق باختيار أفضل قناة في النظام 3G ALE، فإن إقامة النداء تكتمل بانتقاء أول قناة نداء صالحة من مجموع القنوات المتزامنة العاملة وبعد ذلك تنقل الحركة باستعمال التردد الذي تفاوض بشأن المشاركون أثناء إقامة النداء. وهو لا يقع بالضرورة في نفس النطاق الذي تعمل في قناة إقامة النطاق. وقد تتطلب المحافظة على الوصلة 3G ALE أثناء سير الحركة إعادة تقييم الحالة بشكل دوري ولربما تغيير التردد من أجل الحفاظ على نوعية أداء ملاءمة.

3.4.2.3 معدل المسح

1.3.4.2.3 النظام 2G ALE

تتراوح معدلات المسح عادةً بين قناتين وعشر قنوات في الثانية (تتراوح مدة المراقبة من 100 إلى 500 ms للقناة الواحدة). وبالإمكان توفير سرعة مسح أكثر ارتفاعاً. وتمدد المستقبلات وقت مسح إشارات النظام 2G ALE ليصل إلى 784 ms للقناة الواحدة وتحاول أن تزامنها مع الإشارة الداخلة.

2.3.4.2.3 النظام 3G ALE

تقاسم الوصلات هو خيار من خيارات النظام 3G ALE. وعندما لا يلتزم النظام 3G ALE بأي بروتوكول 2G ALE أو 3G ALE فإنه يقوم بمسح قنوات النداء المخصصة للتنصت على النداءات 2G ALE و3G ALE. وهو يترك حالة المسح عندما يتلقى أو يُنشئ نداءً ما.

وتمسح المستقبلات 3G ALE بالأسلوب المتزامن بمعدل 1,35 أو 5,4 ثانية/للقناة. وتخصص إدارة الشبكة محطات لمجموعات مراقبة. وتقوم كل مجموعة مراقبة بالتنصت على قناة مختلفة أثناء فترة المسح وفقاً للمعادلة التالية:

$$D = ((T / 5.4) + G) \bmod C$$

حيث:

D: عدد قنوات المراقبة

T: الثواني بعد منتصف الليل (توقيت الشبكة)

G: عدد مجموعات المراقبة

C: عدد القنوات في قائمة المسح

يجدر بالذكر أن أرقام القنوات الناتجة تتراوح بين 0 إلى C-1.

تمسح الأنظمة 3G ALE التي تستعمل الأسلوب غير المتزامن 3G ALE قنوات النداء المخصصة بمعدل لا يقل عن 1,5 قناة/ثانية. وفي معدلات المسح البالغة 10 قنوات/ثانية يمكن تمديد فترة المراقبة (المسح) المقابلة البالغة 100 m حتى 667 ms، حسب الاقتضاء، من أجل تقييم الإشارات المستقبلة. وإذا لم تكشف أي بداية رشقة 3G ALE أثناء الفترة البالغة 667 ms يمكن للنظام إعادة المسح. وتحتوي الأنظمة 3G ALE على آليات من أجل المحافظة على التزامن بين جميع قواعد التوقيت للمحطات في شبكة ما. وعندما يعمل نظام 3G ALE بأسلوب التزامن يجب ألا يتجاوز الفرق بين أول لحظة وآخر لحظة 50 ms. وفي الشبكات غير المتزامنة يتحدد مدى أزمنة الشبكة المسموح بها من خلال المستوى الراهن لحماية التوصيل حسب الاقتضاء.

وتتوفر وسائل التزامن الخارجي من اجل ضبط التوقيت المحلي استناداً إلى المصادر مثل النظام العالمي للاستدلال الراديوي (GPS) أو المستقبل GLONAS. ولا يجوز أن تختلف قاعدة التوقيت الداخلي عن توقيت المصدر الخارجي بعد تحديثه مباشرة بأكثر من دقيقة. ويتجاوز عادة تباين قاعدة التوقيت مقدار جزء من مليون.

وعند عدم توفر مصدر خارجي للتزامن تحافظ الأنظمة 3G ALE على التزامن باستعمال بروتوكولات إدارة التزامن أثناء الإرسال.

والسبر غير ضروري عموماً في الأنظمة 3G ALE. إذ يمكن استخدام معرفة قنوات الانتشار في الشبكات المتزامنة من أجل تأجيل بداية النداء وبالتالي تخفيف انشغال قنوات النداء. لكن معرفة قنوات الانتشار في أسلوب المسح المتزامن ليس لها سوى تأثير ضئيل على دور كمون التوصيل إلاَّ إذا سحبت القنوات غير المستعملة من قائمة المسح. وعندما تحتوي شبكة متزامنة على محطات "مخدمات" متعددة من أجل إتاحة التنوعية الجغرافية لمحطات "الزبائن" التي تطلب مجموعة من المخدمات، ينبغي أن تشرع المخدمات بعملية السبر بهدف استحداث قاعدة معلومات عن قياسات الانتشار في محطات الزبائن لاختيار أفضل مخدم للنداء. ويتألف السبر المتزامن من وحدة معطيات بروتوكول (PDU) التبليغ. وقد يكون السبر في الشبكات غير المتزامنة 3G ALE مفيداً إن تعذر الحصول على معطيات الانتشار بوسائل أخرى.

5.2.3 الحفاظ على التوصيل وفكه

عندما تكون الوصلة قيد المعالجة في وحدة التحكم كأن تكون في حالة تسيير رسائل نصية أو بيانات فإنها تستطيع التكيف مع التغييرات التي تحدث في ظروف الوصلة. فإذا تراجع أداء الوصلة مثلاً يطرأ الانتقال إلى تردد جديد أتوماتياً.

وبإمكان المشغل أو مدير وحدة التحكم أن يفك توصيل الوصلة. وتصدر وحدة التحكم في مثل هذه الحالة الأوامر المناسبة التي تضمن فك توصيل الوصلات في كلتا المحطتين وبطريقة منهجية. وبعد ذلك تستعيد المحطات عمليات مراقبة الترددات في مجموعة الترددات.

3.3 خصائص شكل الموجة

1.3.3 شكل الموجة 2G ALE

1.1.2.3 المقدمة

يصمم شكل الموجة 2G ALE للمرور عبر نطاق التمرير الراديوي في التجهيزات الراديوية المعيارية للنطاق الجانبي الوحيد. ويتيح شكل الموجة هذا مقدرة مودم رقمي متين ومنخفض السرعة يستعمل لأغراض متعددة منها النداء الانتقائي وإرسال البيانات. وتعرف هذه الفقرة شكل الموجة بما فيه النغمات والدلالات والتوقيت والمعدلات ودرجة دقتها.

2.1.3.3 النغمات

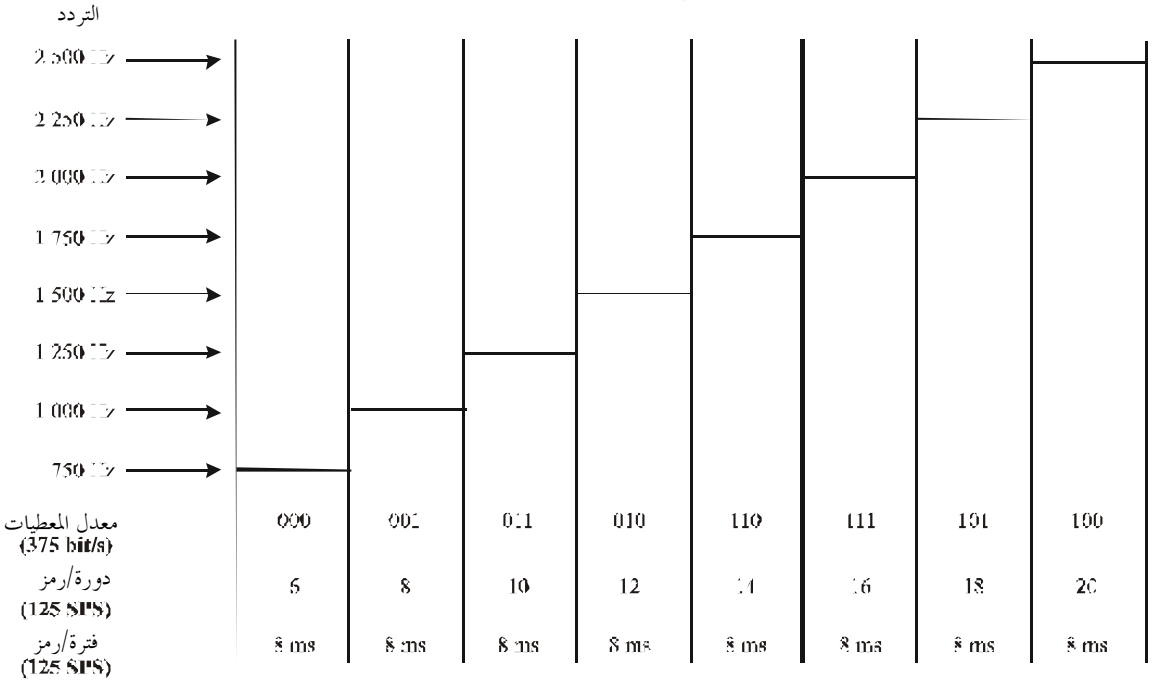
يقابل شكل الموجة عادةً تشكيلاً يخالف التردد (FSK) مع ثماني نغمات متعامدة، نغمة واحدة (أو رمز) في المرة الواحدة. وتمثل كل نغمة ثلاث بتات من المعطيات تنتظم على النحو التالي (البتة الأقل دلالة على اليمين)

000	Hz 750
001	Hz 1000
011	Hz 1 250
010	Hz 1 500
110	Hz 1 750
111	Hz 2 000
101	Hz 2 250
100	Hz d2 500

ويبين الشكل 2 ترتيب النغمات FSK الثماني في نطاق التمرير ومددها بالثواني وبالدورات وتخصيصات البتات للاستعمال في التشوير ALE. ويلاحظ أن تخصيصات البتات مرتبة بحيث ينجم عن أخطاء إزالة التشكيل لنغمة واحدة خطأ بتة واحدة لا غير.

الشـــكل 2

تشكيل FSK ثماني البتات لشكل الموجة 2G ALE



ملاحظة – تتم انتقالات الرموز بأسلوب الطور المستمر

Rap 2061-02

3.1.3.3 الكلمة 2G ALE

الوحدة الأساسية للإرسالات 2G ALE هي كلمة ALE. وتضم كلمة ALE 24 بتة من معطيات البروتوكول التي تتشكل عادةً من 3 بتات استهلالية (لتعريف نمط كلمة ALE) تليها 21 بتة لتوقيع النداء أو بيانات تشغيلية ALE أخرى. ويستخدم التطبيق FEC لكل كلمة ALE بهدف زيادة قناتها وبموافقة تشفير Golay بمعدل 1/2 وإطناب ثلاثي. ويبلغ وقت إرسال كل كلمة AlE مشفرة 392 ms. وتضم أقصر إرسالات 2G ALE ثلاث كلمات: وهذا الإرسال القصير شائع الاستعمال في عمليات تنظيم الاتصال 2G ALE. وتضم الإرسالات الأطول التي تستعمل للشروع بإقامة وصلات طور نداء مسح مدته 10 s. وتصل مدة أطول إرسال 2G ALE ممكن (نادر الاستعمال) 20 دقيقة.

4.1.3.3 أشكال موجات المعطيات 2G ALE

تستعمل حالياً مجموعة من تشكيلات المعطيات لنقل المعطيات في قنوات التردد HF بما فيها تشكيلات النغمة الموازية (OFDM) وتشكيلات النغمة المتسلسلة (PSK وQAM) هي الأكثر استعمالاً حالياً للتشغيل في القنوات بالتردد 3 kHz.

2.3.3 تتابع أشكال الموجات 3G ALE

يستعمل تتابع من أشكال الموجات بالرشقات القابلة للقياس لأغراض البروتوكولات المتكاملة 3G ALE التالية: ALE (ويسمى أيضاً إقامة الوصلات أو LSV) وإدارة الحركة (TM) والحفاظ على الوصلة أتوماتياً (ALM) ووصلات المعطيات بكمون منخفض (LDL) ووصلات المعطيات عالية المعدل (HDL).

1.2.3.3 التشكيل

يتميز شكل الموجة 3G ALE برشقات قصيرة من التشكيل بتغيير الطور. وتستعمل تنوعات شكل الموجة بالرشقات هذا لإدارة الوصلة 3G ALE وإرسال البيانات. ويلخص الجدول المبين أدناه خصائص مجموعة شكل الموجة 3G ALE.

الجـــدول 1

مثال لخصائص شكل الموجة 3G النمطية

شكل الموجة	الاستخدام	مدة الرشقة	الحمولة النافعة	التشفير FEC	التشوير	نسق المعطيات	معدل التشفير الفعلي
BW0	3G-ALE PDUs	613,33 ms 472 1 رمزاً رموز	26 بتة	المعدل 1/2 $k = 7$ تلافيفي (لا توجد بتات تحشية)	13 × 4 فدرة	دالة وولش المتعامدة بـ16 بتة	1/96
BW1	وحدات PDU لإدارة الحركة؛ وحدات PDU للأشعار باستلام HDL	1,30667 s 136 3 رمزاً رموز	48 بتة	المعدل1/3، $k = 9$ تلافيفي (لا توجد بتات تحشية)	9 × 16فدرة	دالة وولش المتعامدة بـ16 بتة	1/144
BW2	وحدات PDU لمعطيات الحركة HDL	640 + $(n \times 400)$ ms 1 536 + $(n \times 960)$ رمزاً n = 3 أو 6 أو 12 أو 24	$n \times 1881$ بتة	المعدل 1/4، $k = 8$ تلافيفي (7 بتات تحشية)	لا يوجد	32 غير معروفة/ 16 معروفة	متغير: من 1/1 إلى 1/4

الجـــدول 1 (*تتمة*)

شكل الموجة	الاستخدام	مدة الرشقة	الحمولة النافعة	التشفير FEC	التشوير	نسق المعطيات	معدل التشفير الفعلي
BW3	وحدات PDU لمعطيات الحركة LDL	373,33 + (n × 13,33) ms 32n + 896 PSK رموز، $n = 32 \times m$, $m = 1, 2, \ldots, 16$	$8n + 25$ بتة	معدل 1/2، $k = 7$ تلافيفي (7 بتات تحشية)[2]	فدرة تلافيفية	دالة وولش المتعامدة بـ16 بتة	متغير: من 1/12 إلى 1/24
BW4	وحدات PDU لإشعار باستلام LDL	640.00 ms PSK 1 536 رموز	2 بتة	لا يوجد	لا يوجد	دالة وولش المتعامدة بـ4 بتة	1/1920

[1] لا يضم إلا التصحيح الأمامي للخطأ (FEC) والتشفير بدالات وولش، ولا يتضمن معطيات معروفة أو بتات تحشية مشفر تلافيفي.

[2] يتجاوز عدد بتات التحشية في هذه الحالة العدد الأدنى المطلوب لملء المشفر التلافيفي بمقدار بتة واحدة؛ مما يجعل عدد البتات المشفرة مضاعف 4 كما هو مطلوب في نسق تشكيل دالات وولش.

ويمكن استخدام أشكال موجات أخرى، مثل شكل موجة مودم النغمة التسلسلية وشكل الموجة بمعدل بيانات مرتفع، في نقل البيانات ونقل الإشارات الصوتية الرقمية في وصلات الدارة المنشأة باستعمال البروتوكول 3G-ALE والبروتوكول TM.

2.2.3.3 تجميع الشفرات

تستخدم بروتوكولات وصلة البيانات 3G ALE تقنية تكييفية متطورة تسمى تجميع الشفرات من شأنها تعزيز قيمة كل رشقة طاقة ترسل في قناة HF. ويحتفظ بالقرارات المبرمجة لكل رمز واصل في المستقبل عندما تحتوي رتل البيانات أخطاء غير قابلة للتصحيح. وتنقل الإرسالات المعادة للرتل بتات تصحيح خطأ إضافية تجمَّع بطريقة تماثلية في المستقبل مع طاقة الإشارة التي وصلت سابقاً، بحيث تتخذ الرموز التي تصل مع نسبة SNR أعلى وزناً أقوى في دالة التجميع مما يسمح بخفض معدل الأخطاء في الرتل قابل للقياس، وبزيادة قدرة الأنظمة 3G ALE على نقل البيانات في القنوات بنسبة SNR ضعيفة وتداخل قوي.

4.3 تقنيات زيادة سرعة البيانات

يمكن لذلك تنظيم القنوات في النطاقات الذي يستند إلى استعمال عدة قنوات بتردد 3 kHz.

1.4.3 التشغيل في النطاقات الجانبية المستقلة (ISB)

يوجد حالياً مودمات تنقل بيانات في عدة نطاقات جانبية مستقلة في نفس الوقت. وتضم هذه المودمات أجهزة تشكيل PSK/QAM لكل قناة سمعية لكنها تستخدم مشفراً واحداً للتصحيح الأمامي للأخطاء يتوزع تدفق بتات خرجه في قنوات الإرسال المتفرقة. وعندما تعمل هذه القنوات بترددات متلاصقة فإن النسبة SNR في القنوات تتقارب على الرغم من أن أخطاء القنوات لا تكون مترابطة تماماً. لذلك فإنه من الممكن تحسين الخرج نوعاً ما باستعمال التجميع المتنوع.

وتقدم مودمات النطاق ISB حالياً معدلات بيانات تصل إلى 32 kbit/s في قناتين (اسميتين) بتردد 3 kHz وإلى 64 kbit/s في أربع قنوات.

2.4.3 التشغيل في قنوات غير متلاصقة

عندما لا تتوفر القنوات المتلاصقة بكميات تكفي لتلبية احتياجات البيانات لابد من اللجوء إلى التشغيل في القنوات غير المتلاصقة وفي هذه الحالة قد تتغير قيم النسبة SNR في القنوات تغيراً كبيراً بحيث لا يعود توزيع تدفق بتات مشفر واحد بين القنوات هو التوزيع الأفضل. وبدلاً عنه يتم توليد تدفقات بتات مشفرة مستقلة لكل نطاق قناة. وتجري مراقبة التدفق بشكل منفصل لكل نطاق قناة على نحو يحافظ على المعدل الإجمالي للبيانات قريباً من الحد الأقصى الممكن للترددات المستعملة.