## أنظمة الاتصالات اللاسلكية المتنقلة الخاصة

مع وجود أنظمة الاتصالات الهاتفية اللاسلكية الخلوية مثل نظام GSM التي تعمل وفقاً له شبكة الهاتف الجوال في المملكة، وهذا يشهد نمواً كبيراً وشبكات واسعةً في جميع أنحاء العالم، تبقى الكثير من استخدامات الاتصالات المتنقلة خارج نطاق العمل المثالي لهذه الأنظمة.

من هذا النوع من الأنظمة ما يعرف بأنظمة الاتصالات اللاسلكية المتنقلة الخاصة Private Mobile Radio أو ما يعرف اختصاراً بـ PMR.

وتستخدم أنظمة الاتصالات اللاسلكية المتنقلة من قبل الكثير من الجهات الحكومية مثل الخدمات البلدية، الأمن، الإسعاف، الإطفاء وغيرها.

كما تستخدم جهات الخدمات الأخرى مثل الكهرباء وشركات التعدين والبترول والطيران وسكك الحديد والجهات الصناعية هذه الأنظمة؛ لغرض تسهيل أعمال الصيانة والتشغيل لمرافقها وخدماتها.

لكن السؤال الذي يطرح نفسه، هل من الممكن أن تلبي أنظمة GSM هذه المتطلبات؟

وللإجابة عن هذا السؤال أنه لا يمكن لأنظمة الاتصالات اللاسلكية الخلوية والحديثة منها مثل GSM تلبية المتطلبات التي تغطيها أنظمة الاتصالات اللاسلكية الخاصة، بالرغم من انتشار و اتساع شبكة GSM نظراً لاختلاف المواصفات لكل منهما، ونظراً لطبيعة الاستخدامات الخاصة لأنظمة الاتصالات اللاسلكية الخاصة، (بالرغم من استحداث إمكانية استخدام نظام GSM في عملية الإرسال بالضغط Push to Talk).

فبينما صممت أنظمة الهاتف النقال الخلوي لتقديم الاتصال بين شخصين، تعتمد أنظمة الاتصالات اللاسلكية الخاصة على الاتصال بين المجموعات Group.

وهناك اختلاف واسع بين شبكات الاتصالات اللاسلكية الخاصة وشبكات الهاتف النقال فشبكات الهاتف النقال (GSM أو UMTS مثلاً) شبكات ضخمة تغطي مناطق واسعة بحجم بلد عادةً وذات ارتباط بشبكات عالمية يتحكم فيها نظام معقد من تحديد موقع الجهاز والتحويل من خلية إلى أخرى.

كما تتطلب استخدامات الاتصالات اللاسلكية الخاصة زمن نفاذ سريع ومتطلبات معولية كبيرة وتحمل للظروف الجوية القاسية والصدمات وهو أمر غير متوافر في أجهزة الاتصالات اليدوية العاملة بنظام GSM مثلاً.

أما النقاط الثلاث التي تضمن استمرار أنظمة الاتصالات اللاسلكية الخاصة فهي:

1- **الغرض والتصميم:** توفر شبكات الاتصالات اللاسلكية الخاصة وسيلة للاتصال بالمجموعات والتحكم في الاتصال بالمجموعات، كما توفر سرعة الاتصال للمحادثات الضرورية والمهمة بما يعرف بمبدأ الأولوية Priority لقد أصبحت الأنظمة الحديثة منها قادرةً على توفير اتصالات المعلومات. فعلى سبيل المثال يتم الاتصال بأي من المجموعات التي يبلغ عددها 15 مثلاً بضغط زر الإرسال Press to Transmit والنتيجة أن جميع المجموعات ستتسلَّم البلاغ خلال ثانية.

ويمكن لبعض أنظمة الاتصال الخاصة تقديم بعض الخدمات مثل ربط مجموعات مختلفة أو تحويل المكالمات أو توفير خاصية البريد الصوتي أو الارتباط بالشبكة الهاتفية.

كما يمكن الحصول على بعض الميزات الخاصة في أجهزة الاتصالات العاملة بالأنظمة اللاسلكية الخاصة، والتي تكون ضرورية لبعض الاستخدامات مثل الصلاحية للعمل في داخل المصانع التي تتعامل مع الغازات القابلة للاشتعال، مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية، أو مصافي البترول أو مصانع الكيمياويات أو البتروكيماويات بحيث لا تؤدي إلى حدوث أي نوع من الشرر الذي قد يؤدي إلى حصول حرائق أو ما يعرف بميزة السلامة الحقيقة Intrinsically Safe.

2- **المعولية والتحكم:** إن شبكة الاتصالات اللاسلكية المخصصة لهذا الغرض هي تحت السيطرة الكاملة للجهة المستفيدة وبذلك يمكن

استخدام الوسائل لضمان عدم استخدام الشبكة في غير الأغراض التي أنشئت من أجلها وهناك الكثير من التقنيات المستخدمة والتي يمكن من خلالها التعرف على المستخدم الذي يسيء استخدام الشبكة.

كما أن القنوات اللاسلكية التي تستخدم في أغراض السلامة والنواحي الأمنية تكون عادة مزودة بمسجلات صوتية للرجوع إلى تلك التسجيلات عند الحاجة إليها، وتشترك الأنظمة اللاسلكية الخاصة مع أنظمة الهاتف النقال في تقسيم مناطق الخدمة إلى خلايا يتم خدمتها بواسطة محطة مركزية تتضمن مكرراً لاسلكياً Radio Repeater.

كما تصمم أنظمة الاتصالات اللاسلكية الخاصة لتحقيق خدمات مضمونة في جميع الظروف، فكثيراً ما تصمم المكررات Repeaters بحيث تكون لكل قناة لاسلكية محطتا تكرار، الأولى بوضع عامل والأخرى بوضع احتياطي ليتم تشغيلها تلقائياً أو يدوياً عند تعطل الأولى، كما يزود النظام المركزي المكون من عدة محطات تكرار لاسلكية في أغلب الأحيان بمعدات إضافية، مثل الهوائي وكابلات التوصيل المرتبطة به ليتم استخدامها في حال حصول أي عطل في تلك المعدات.

3- **التكلفة**: بالنسبة للجهات التي تستخدم عدداً كبيراً من الأجهزة فإنه من الاقتصاد أن يكون لها شبكة اتصالات لاسلكية خاصة بها واعتماداً على حجم الاستخدام يمكن استعادة التكاليف

المستثمرة في إنشاء الشبكة في فترة قصيرة وشبكات الاتصالات اللاسلكية الخاصة أصبحت كالمقسمات الهاتفية الخاصة PABX، والتي تعد جهازاً أساسياً في الشركات الكبيرة والصغيرة لتمرير المكالمات الهاتفية داخل الشركة دون تكلفة إضافية على فاتورة الهاتف ودون التزاحم على الخدمة الهاتفية.

**مقدمة تاريخية**

تعود خدمة الاتصالات المتنقلة الخاصة إلى العشرينيات من القرن الميلادي الماضي، وأول التجارب نفذتها شرطة مدينة ديترويت الأمريكية عام 1921م، جاءت بعدها شرطة لندن عام 1923م وطُبق استخدام هذه الخدمة من شرطة ديترويت عام 1928 م وكانت باتجاه واحد ( بطريقة مشابهة للبث الإذاعي بتضمين صوتي AM).

وفي عام 1935 ابتكر التضمين الترددي Frequency Modulation بما فيه من مزايا عالية الجودة، مما جعل معظم أقسام الشرطة في الولايات المتحدة تتحول إلى التضمين الترددي بحلول عام 1940م.

وبقي استخدام الاتصالات المتنقلة اللاسلكية حكراً على الخدمات المدنية مثل البلديات و الطوارئ والأمن حتى انتهاء الحرب العالمية الثانية التي شهدت تطوراً في استخدام الاتصالات اللاسلكية أُنتج فيها أول جهاز اتصال لاسلكي يدوي عام 1940م.

بدأت الاتصالات اللاسلكية المتنقلة الخاصة باستخدام المدى (80 ميجاهرتز) ثم (132-174 ميجاهرتز) ثم أضيف النطاق الترددي (400-470 ميجاهرتز) في الستينيات الميلادية بينما استخدم النطاق الترددي 800-900 ميجاهرتز لأول مرة عام 1974م في الولايات المتحدة.

**أنواع الاتصال اللاسلكي**

1- الاتصال البسيط Simplex : وتعمل الأجهزة اللاسلكية في هذا النوع باستخدام تردد لاسلكي واحد في الإرسال والاستقبال وتكون تغطية النظام محدودة عادةً.

2- الاتصال شبه الثنائي Semiduplex : وتعمل الأجهزة اللاسلكية في هذا النوع باستخدام ترددين، أحدهما للإرسال والآخر للاستقبال وتستخدم فيه محطات تكرار Repeater بترددات معاكسة للتردد المستخدم في الأجهزة الطرفية ولا يتيح هذا النوع إمكانية الإرسال والاستقبال في آن معاً بالنسبة للأجهزة الطرفية ومعظم أنظمة الاتصالات المتنقلة الخاصة الموجودة في العالم تعمل على هذا النوع.

3- الاتصال الثنائي الكامل Full Duplex: هو مشابه للنوع السابق عدا إمكانية الإرسال والاستقبال في آن معاً بالنسبة للأجهزة الطرفية.

**التقنيات المستخدمة**

1- التقنية التقليدية Conventional: لا تزال هذه التقنية هي الأكثر شيوعاً في أنظمة الاتصالات اللاسلكية الخاصة وخاصة في الدول النامية التي تستورد هذه التقنية حيث تستخدم إرسالاً بتضمين FM الضيقة في الإرسال وتكون بعرض مدى تردد 25، 12.5 كيلوهرتز لكل قناة حيث تستخدم رموز النداء للتعارف بين المتصل والمتصل عليه.

ويتم عادةً استخدام عدة قنوات لاسلكية تخصص كل قناة لمجموعة من المستخدمين وقد أضيفت للأنظمة اللاسلكية العاملة بهذا النوع من التقنية الكثير من التطويرات ومن هذه الميزات :

1- النغمة الحارسة Channel Guard أو CTCSS : وهي عبارة عن تردد أو مجموعة ترددات تحت السمعية يتم إرسالها وتضمينها مع الإشارة الصوتية بحيث تعمل مفتاحاً للجزء الخاص بالاستقبال في الأجهزة الأخرى، وبذلك فإن جهاز الاستقبال لا يكون عاملاً عند استقباله لإشارات لاسلكية لا تصاحبها هذه النغمة.

ويتم الاستفادة من هذه الميزة لمنع التداخل والتشويش على القناة اللاسلكية.

2- شفرة التعارف Identification Code : وهي عبارة عن إشارة رقمية أو مكونة من عدة نغمات يمكن من خلالها التعرف على

الجهاز المرسل وهناك عدة أنواع من هذه الشفرات حسب الشركات الصانعة.

ومنذ التسعينيات أصبحت جميع الأجهزة اللاسلكية عاملة بتقنية إلكترونية تدعى بمصنع الترددات اللاسلكية Frequency Synthesizer الذي يعمل بتقنية قفل الطور Phased Locked loop ويتم برمجة الجهاز على التردد المطلوب بواسطة برامج حاسوبية تخزن في جهاز حاسوب من خلالها يبرمج الجهاز اللاسلكي بعد ربط الجهاز اللاسلكي بالمنفذ التسلسلي للحاسوب Serial Port عبر وحدات موائمة إلكترونية Interfacing.

**التقنية المباشرة التلقائية Trunking**

تستخدم تقنية المباشرة التلقائية القنوات اللاسلكية بكفاءة كفاءة جيدة لتقدم مدى واسعاً من خدمات الاتصال وتتجاوز كذلك عدداً من القيود الموجودة في أنظمة الاتصالات اللاسلكية العاملة بالتقنية التقليدية مثل السعة أو حجم الاتصالات أو القدرة على نقل البيانات Data.

ففي أنظمة الاتصالات اللاسلكية العاملة بالتقنية التقليدية تخصص قناة لاسلكية لمجموعة محددة من المستخدمين؛ لذا فإن المستخدمين داخل هذه المجموعة عليهم الانتظار لحين انتهاء مستخدم القناة، ليستطيع البدء في النداء وإجراء الاتصال.

كما تحجز القنوات في أنظمة الاتصالات اللاسلكية العاملة بالتقنية الاعتيادية لمجموعة من المستخدمين حتى في حالة كون القناة غير مستخدمة وهذا أمر غير كفء في استخدام موارد محدودة غير قابلة للزيادة، هي الترددات اللاسلكية.

**الشكل (19-1) جهاز اتصال لاسلكي يعمل بنظام TETRA مركب في سيارة**

من هذا الواقع نشأت الحاجة إلى ابتكار نوع جديد للاستفادة من الموارد المتاحة من القنوات اللاسلكية، ومنها جاءت أنظمة الاتصالات اللاسلكية المباشرة التلقائية، حيث تستخدم جميع القنوات من قبل جميع المستخدمين أو المجموعات.

ففي هذه الأنظمة يتولى النظام تخصيص أي من القنوات غير المستخدمة لبدء النداء عند بدأ الاتصال وبعد الاتصال تتحرر القناة

ويمكن استخدامها من قبل مجموعة أخرى وهذا يعني إمكانية استيعاب سعة اتصال أكبر باستخدام العدد نفسه من القنوات اللاسلكية.

أما مستخدم شبكة الاتصالات العاملة بالتقنية المباشرة التلقائية فيستفيد من عدة نواح هي : زيادة سعة الشبكة بالعدد نفسه من القنوات وإمكانية توفير خصوصية لمحادثة المشترك وسهولة الاستخدام أي ليس على المستخدم معرفة رقم القناة العاملة في أي منطقة جغرافية وهو ما يحدث في الشبكات الكبيرة بل يستعيض عنها بضغط على زر الإرسال أو إدخال رقم محدد.

ويمكن لأنظمة الاتصال اللاسلكية الخاصة الحديثة العاملة بالتقنية المباشرة التلقائية تقديم المزايا الآتية مقارنةً بالأنظمة التقليدية.

1- كفاءة أكبر في استغلال الموارد الترددية للشبكة.

2- إمكانية إرسال الصوت والبيانات في الشبكة نفسها مثل معلومات عن موقع الجهاز النقال عند تركيبه في السيارات اعتماداً على جهاز استقبال GPS أو معلومات الحالة Telemetry (الظروف الجوية، كمية المنتج، الإشارة إلى حصول عطل... إلخ ).

3- إجراء أنواع مختلفة من الاتصالات مثل المكالمات الشخصية، مكالمات المجموعة، تحويل الاتصال، وضع سلسلة لأولويات الاتصال حسب الأهمية، خدمات البريد الصوتي، الاتصال الجماعي بجميع المستخدمين على مستوى الشبكة.

بالإضافة إلى بعض الخدمات التي يمكن الحصول عليها من الأنظمة التقليدية الحديثة مثل إظهار رقم المتصل، الارتباط بالشبكة الهاتفية، الاتصال ثنائي الاتجاه التام Full Duplex عند إجراء الاتصال الهاتفي، ووضع تعرفة للخدمة عند وجود شبكة كبيرة تشغل من قبل شركة مركزية تستوفي أجوراً من مستخدمي الخدمة.

**محاسن وعقبات**

بالرغم من المزايا العديدة للأنظمة المباشرة التلقائية إلا أن العديد من الجهات تتردد في استخدام هذه التقنيات الحديثة لعدة أسباب منها:

1- لكون العديد من الجهات تمتلك أنظمة اتصالات لاسلكية خاصة عاملة بالتقنية التقليدية وتؤدي مهمتها بصورة جيدة وقد رُكبت قبل مدة قصيرة ( يتراوح العمر التشغيلي للأنظمة من هذا النوع من 10-15 عاماً ) مما يجعل التحول إلى التقنيات المباشرة التلقائية نوعاً من الترف.

2- ارتفاع تكلفة الأنظمة العاملة بالتقنية المباشرة التلقائية عن تلك العاملة بالتقنية التقليدية.

3- التطور التقني الكبير في الأنظمة المباشرة التلقائية مما يجعل صيانتها أكثر تعقيداً خاصةً بالنسبة إلى الدول النامية التي تستورد التقنية.

وبالرغم من انتشار تقنية المباشرة التلقائية Trunking أوروبيا إلا أنها لم تشهد المستوى نفسه في الانتشار في المملكة لكن هناك

العديد من الجهات في عدد من المجالات قد استفادت من هذه التقنيات الحديثة.

**ويمكن تقسيم الأنظمة المباشرة التلقائية إلى نوعين :**

1- الأنظمة ذات المعايير المفتوحة: وهي أنظمة وُضعت معاييرها ومواصفاتها من قبل جهات مستقلة ثم أعلن عن تلك المعايير ولم تفرض عليها حقوق براءة الاختراع وحصلت على دعم العديد من الشركات الصانعة التي وافقت على تبني هذه المعايير.

تكتسب الأنظمة ذات المعايير المفتوحة تلك التي أعدت من قبل جهات أوروبية اهتماماً متزايداً نظراً لعدد من المزايا تتمثل فيما يأتي:

1- إمكانية استخدام أجهزة يدوية ومتنقلة من عدة شركات صانعة وهذا ما ولد منافسةً بين المصنعين أدت إلى انخفاض أسعار تلك الأجهزة وتوافر العديد من الأنواع منها ذات الأشكال والملحقات المختلفة.

2- إمكانية الحصول على المزايا الإضافية بسهولة في هذه الأنظمة مثل استخدامها في التحكم عن بعد أو نقل معلومات الموقع أو إرسال الفاكس.

3- إمكانية استمرار عمل النظام مدة طويلة نتيجة وجود عدد كبير من المصنعين.

أما هذه المعايير فإنها تشمل حالياً نوعين هما:

**أ- معيار MPT 1327:** وقد أُعدت مواصفات هذا النظام من قبل وزارة التجارة والصناعة البريطانية، حيث أعد هذا المعيار ليغطي الأنظمة المحلية الصغيرة وحتى تلك التي تغطي بلداً بأكمله، وهو الآن أكثر معايير أنظمة الاتصالات اللاسلكية المباشرة التلقائية شيوعاً في العالم وهناك عدد من الجهات التي ركبت أنظمة من هذا النوع في المملكة والشرق الأوسط.

يمتاز هذا المعيار بأن الأنظمة العاملة به تعمل بأي من الفاصل الترددي 12.5 و 25 كيلو هرتز وقد خصصت إحدى القنوات لتحمل إشارة التحكم Signaling الذي يرسل بتضمين FSK أي أن إشارة التحكم بتخصيص القناة هي إشارة رقمية أما إرسال الصوت فيتم بالطريقة التناظرية وبتضمين ترددي FM.

ولم يكن هذا النظام هو أول الأنظمة اللاسلكية المباشرة التلقائية Trunking بل سبقه عدد من الأنظمة مثل Mobitex و Radiocom 2000 وعدد من الأنظمة المسجلة.

وقصة ابتكار المعيار تتلخص في أن وزارة الصناعة والتجارة البريطانية قد طلبت من المصنعين تقديم عروضهم عن المعيار التي تنوي تبنيه وتنصح باستخدامه في بريطانيا وكانت شروطها هي أن تكون التقنية المستخدمة في التحكم معلومةً لجميع المصنعين الأمر الذي أخرج الأنظمة المسجلة من المنافسة أما الشرط الآخر الذي وضعته فهو أن يكون النظام العامل بهذا المعيار قادراً على استيعاب عدد كبير

من المستخدمين وأنواع الاستخدام للإيفاء بجميع متطلبات الأنظمة اللاسلكية وهو الأمر الذي لم يكن متوافراً في الأنظمة الأخرى.

وكانت شركة فيلبس من أكثر الشركات التي عملت مع وزارة الصناعة والتجارة البريطانية في أبحاث تطوير معيار MPT 1327 وكان من ضمن ابتكاراتها في هذا المعيار بروتوكول النفاذ العشوائي باستخدام إطار من إشارة ALOHA.

ويمكن لأنظمة الاتصال بهذا المعيار أن تغطي عدداً يصل إلى مليون مشترك وبـ 32 خلية تغطية وكذلك بآلاف القنوات اللاسلكية.

لكن ما حدث بعد ذلك في تطبيق الأنظمة وخاصةً الكبيرة التي تشمل عدداً كبيراً من المواقع والخلايا، فقد كانت مواصفات المعيار المحددة لا تغطي بعض النقاط؛ لذلك أضافت كل شركة صانعة تلك النقاط ولم تكن تلك الإضافات متفق عليها من قبل لجنة المصنعين مما أفقد المعيار الأسس التي اعتمدت منذ البداية والتي تهدف أن يكون مشغل النظام قادراً على الاختيار بين عدد كبير من المستخدمين، بل اقتصرت هذه الإمكانية على الأنظمة الصغيرة.

ويقول عدد من المختصين من الشركات التي تنتج أنظمةً بمعايير أخرى: إن هذا المعيار يحتوي على عددٍ من العيوب التي تجعله ضعيفاً من ناحية الكفاءة التشغيلية ويجعله عرضةً للمشكلات كما أنه لا يحتوي في مواصفاته على أي تقنيات للتشفير مما يجعله غير مرغوب فيه بالنسبة للجهات التي ترغب في حماية اتصالاتها كالجهات الأمنية.

**ب - معيار TETRA**

أعد هذا المعيار من قبل معهد معايير الاتصالات الأوروبي وأطلق عليه اسم Trans European Trunked Radio وعرف اختصاراً باسم TETRA من بادئات الاسم الكامل.

وقد أعد هذا المعيار ليُستخدم من قبل جهات الأمن والسلامة في أوروبا ولهذا يوفر هذا النظام درجة عالية من التشفير والسعة ومعدل إرسال سريع للبيانات وكفاءة عالية في استخدام الطيف الكهرومغناطيسي، ويستخدم التقنية الرقمية؛ لذا فإنه يشبه بنظام GSM في الاتصالات الهاتفية المتنقلة بل يتفوق عليه في سرعة نقل البيانات.

ومن المؤكد أن هذا المعيار لن يغير أو يبدل أنظمة الاتصالات المباشرة التلقائية الحديثة الأخرى التناظرية، لكنَّ المعيارين سيبقيان جنباً إلى جنب بالإضافة إلى الأنظمة اللاسلكية التقليدية.

وتبنى العديد من دول أوروبا الغربية معيار TETRA ليكون نظاماً لاسلكياً يشمل البلاد بأكملها لخدمة الأمن والسلامة وبنطاق ترددي 380-400 ميجا هرتز ووجدت أولى أنظمة TETRA في نهاية عام 1996 م ثم طرحت الشركات الصانعة الأجهزة اللاسلكية بنطاق 410 - 430 ميجا هرتز في عام 1998 م ثم صنعت الأجهزة بالنطاق الترددي 450-470 ميجا هرتز و806-825 ميجاهرتز و851-870 ميجاهرتز عام 2000م.

ويعمل معيار TETRA بالتقنية الرقمية الكاملة فالقنوات الترددية في هذا النظام هي بفاصل ترددي 25 كيلو هرتز تستوعب أربع قنوات اتصال بالتراسل المتعدد بالتقسيم الزمني Time Division Multiple Access وبإمكان القناة الواحدة نقل بيانات بمعدل 7.2 كيلو بت / ثانية ويمكن للنظام إرسال بيانات بسرعة أعلى وبحد أقصى 28.8 كيلو هرتز كما يمكن من خلال هذا النظام إجراء الارتباط بالشبكة الهاتفية وباتجاهين Full Duplex.

تستخدم في معيار TETRA تقنية التضمين π/4-DQPSK (نوع من أنواع PSK) التي تتيح إرسال أربع قنوات صوتية في الفاصل الترددي 25 كيلو هرتز كل منها بمعدل 7.2 كيلو بت/ثانية.

ونتيجةً للمزايا المتفوقة التي يمتلكها نظام الاتصال العامل بمعيارTETRA والقفزة التقنية التي حققها بالإضافة إلى أن السوق المتاحة له هي أقل بكثير من سوق GSM؛ فإن إنشاء نظام TETRA مكلف حالياً وغير اقتصادي بالنسبة للأنظمة الصغيرة ولا يصبح ممكناً في مجال التنفيذ من الناحية الاقتصادية إلا بالنسبة للشركات الكبرى والتي تملك عدداً ضخماً من الأجهزة اللاسلكية.

وبدأت الأجهزة اللاسلكية العاملة بهذا النظام بتكلفة عالية لكن هذه التكلفة انخفضت بدرجة كبيرة خلال الأعوام الماضية وبقت التكلفة الأساسية في تكلفة النظام اللاسلكي.

كما إن إنشاء أنظمة عاملة بالأنظمة اللاسلكية الرقمية يتطلب

تصميماً دقيقاً ومسحاً أكثر تفصيلاً للمواقع الواجب تغطيتها لمستوى الإشارة اللاسلكية؛ لذا فإن تصميم التغطية لهذا النظام يتطلب مستوى أعلى من الشركات المنفذة.

**ج - معيار APCO**

بدأ إعداد مواصفات هذا المعيار في عام 1989 م من خلال لجنة شكلتها جمعية السلامة العامة الأمريكية APCO أطلق عليها اسم Project 25 بهدف وضع معايير نظام اتصالات رقمي لاستخدامات السلامة العامة.

ويعد نظام APCO نظاماً مفتوحاً لكن بعض المزايا فيه ذات معايير خاصة بالشركات الصانعة وتعمل أجهزة معيار APCO بتقنية رقمية بفاصل تردد 12.5 كيلوهرتز وهي بذلك متوائمة مع الفاصل الترددي في الأنظمة الاعتيادية.

التضمين المستخدم في هذا المعيار هو 4FSK أي أنه التحول بين أربعة ترددات مضمنة بدلاً من ترددين في تضمين FSK الاعتيادي.

ويعمل معيار APCO بمعدل بيانات 9.6 كيلو بت/ثانية من ضمنها 2.4 كيلو بت/ثانية كإشارات تحكم؛ ولذا فإن معدل بيانات الصوت سيكون 7.2 كيلو بت/ثانية ويمكن استخدام النظام العامل بهذا المعيار في إرسال رسائل كتابية.

وعملية تحويل الإشارة الصوتية في هذا المعيار تنقل إلى إشارة رقمية ذات أربعة مستويات بدلاً من إشارة رقمية ثنائية Binary ثم

يجري تضمين الإشارة بتقنية Frequency Shift Keying كما تستخدم تقنية أخرى تدعى ( التحفيز متعدد الحزم المحسن Improved Multiband Excitation في تشفير الإشارة الصوتية إلى رقمية ونظراً للمزايا الجيدة لهذا النوع من تقنيات التشفير فإنه مستخدم أيضاً في أنظمة إنمارسات للاتصالات المتنقلة عبر الأقمار الصناعية.

2- **الأنظمة ذات المعايير المسجلة:** وهي أنظمة وُضعت معاييرها من قبل إحدى الشركات الكبرى العاملة في مجال صناعة الأنظمة اللاسلكية وعَدَّتها براءة اختراع خاصة بها فالكثير من التفاصيل التقنية الدقيقة غير معلنة كما يُعد إنتاج أنظمة من هذا النوع من قبل شركات أخرى بلا ترخيص من الشركة صاحبة براءة الاختراع عرضة للملاحقة القانونية.

**أ- معيار EDACS :** وقد وضعت تصاميم هذا المعيار من قبل شركة GE عام 1987م قبل شرائها من شركة أريكسون وتملكها لاحقاً من شركة Tyco وهو نظام يعمل بالتقنية التناظرية FM أما إشارة التحكم فهي إشارة رقمية، ويعمل بفاصل ترددي 12.5 أو 25 كيلوهرتز.

ويوفر معيار EDACS بصورة جيدة متطلبات الاستخدام للجهات العاملة في الخدمات العامة والسلامة بالإضافة إلى الشركات الصناعية.

ويمتاز المعيار بسرعة الدخول إلى قناة الاتصال وجودة في وضوح الصوت وإمكانيات في التشفير وسهولة في الصيانة كما

يوفر إمكانية استخدام تقنية تناظرية أو رقمية في نقل الصوت والبيانات كما أن مزايا النظام تتيح التغطية لمنطقة تشمل مدينة صغيرة إلى منطقة واسعة ويعمل بنطاقات ترددية تبدأ من VHF إلى نطاق 896-941 ميجا هرتز.

ويمتلك هذا المعيار الكثير من المزايا ومنها استخدام نوعين من مستويات التشفير لمزيد من السرية والحماية من الالتقاط كما تتوافر فيه الكثير من الإمكانيات للاستمرار في العمل عند تعطل نظام التحكم.

إلا أن هذا المعيار يشهد الآن نموا منخفضاً نتيجةً للمنافسة التي تفرضها الأنظمة العاملة بالمعايير الجديدة وخاصة من ناحية السعر.

**ب- معيار SMARTNZONE :** وقد وُضعت مواصفات هذا المعيار من قبل شركة موترولا الأمريكية عام 1991م، وهو معيار مشابه لنظام EDACS في عدد من النواحي.

تبلغ سعة النظام 48 ألف مستخدم وبسعة قصوى 4000 مجموعة اتصال كحد أقصى ويمتاز بتخصيص قناة ترددية خاصة للتحكم ويعمل بـ 12.5 و25 كيلو هرتز ليكون فاصلاً ترددياً للقنوات اللاسلكية.

ويتوافر في هذا المعيار الكثير من المزايا القابلة للإضافة من خلال أجهزة تُركب مع المحطة الرئيسة ومعظم مبيعات هذا المعيار تتركز في سوق الولايات المتحدة، وقارتي أمريكا الشمالية والجنوبية.

**ج- معيار TETRAPOL :** يعد هذا المعيار المنافس الرئيس لمعيار TETRA في أوروبا وينتشر حالياً في مناطق أخرى في العالم.

ويستخدم في هذا المعيار تقنية FDMA وتم تطويره من شركة ماترا الفرنسية التي أصبحت حالياً تسمى EADS Telecom وصمم لخدمة الجهات العاملة في السلامة العامة في فرنسا كما يتم استخدامه حالياً في النقل العام والمطارات والموانئ والجهات الصناعية ويعمل بفاصل ترددي 10 و 12.5 كيلو هرتز بنطاقات ترددية تبدأ بـ 380-512 ميجا هرتز بالإضافة إلى نطاق 900 ميجا هرتز.

وفي معيار TETRAPOL تستخدم تقنية التضمين GMSK (Gaussian filtered Minimum Shift Keying) التي تتيح تحويل الصوت إلى إشارة رقمية بمعدل نبضي 8 كيلوبت/ثانية بفاصل ترددي 12.5 كيلوهرتز وتستخدم فيه تقنية FDMA بدلاً من TDMA في معيار TETRA.

وبفضل تقنية التشفير المستخدمة في هذا المعيار يمتاز بمناعة عالية من الضوضاء والتشويش كما يمكن استخدامه في نقل البيانات وأضيفت إليه إمكانية استخدام معيار TCP/IP.

ويملك المعيار إمكانيات واسعة في الارتباط مع الشبكة الهاتفية والتشفير وإمكانية فصل الخدمة عن الأجهزة المفقودة أو المسروقة وهي إمكانيات وُضعت منذ البداية لتلبية متطلبات الجهات التي وضع المعيار لخدمتها.

**الشكل (19-2) جهاز اتصال لاسلكي يدوي يعمل بنظام TETRAPOL**

**د- معيار IDEN:** وقد وضعت مواصفات هذا المعيار من قبل شركة موترولا الأمريكية وأعلن عنها في عام 1994 م وهو معيار له بعض الشبه بمعيار TETRA من ناحية التقدم واستخدام التقنية الرقمية وتقنية التراسل المتعدد بالتقسيم الزمني وتضغط فيه 6 قنوات صوتية بمدى قناة ترددية بسعة 25 كيلوهرتز.

كما يمكن استخدام الجهاز اليدوي العامل مع هذا المعيار في استقبال رسائل مكونة من أرقام وحروف على شاشة رقمية في أداء يشابه عمل جهاز النداء أيضاً.

ومن غير الاقتصادي إنشاء نظام وفقاً لهذا المعيار على نطاق محدود وهي مسألة مشابهة لمعيار TETRA إلا أنه يتوافر فقط في

المدى الترددي 806-821 ميجا هرتز للإرسال و 851-866 ميجاهرتز للاستقبال بالنسبة للأجهزة الطرفية.

**الشكل (19-3) جهازي اتصال لاسلكي يدوي يعمل بنظام IDEN**

ويستخدم في معيار IDEN تقنية التضمين 16QAM التي تتيح إرسال 64 كيلو بت/ثانية في الفاصل الترددي 25 كيلوهرتز بحيث يخصص 10.67 كيلوبت/ثانية لكل قناة صوتية.

ويمتلك المعيار مزايا مشابهة لمعيار GSM تتيح للجهاز الطرفي التحكم في طاقة الإرسال اعتماداً على فقد وصلة الاتصال.