مركز البيان للدراسات والتخطيط
Al-Bayan Center for Planning and Studies

شبكات الاتصالات المتنقلة
(من الجيل الأول إلى الجيل الخامس)

إعداد: المهندس أوس مجيد غالب العوادي

عن المركز

مركزُ البيان للدراسات والتخطيط مركز مستقلٌ، غيرُ ربحيّ، مقرّه الرئيس في بغداد، مهمته الرئيسة –فضلاً عن قضايا أخرى– تقديم وجهة نظر ذات مصداقية حول قضايا السياسات العامة والخارجية التي تخصّ العراق بنحو خاصٍ ومنطقة الشرق الأوسط بنحو عام. ويسعى المركز إلى إجراء تحليل مستقلّ، وإيجاد حلول عمليّة جليّة لقضايا معقدة تهمّ الحقليْن السياسي والأكاديمي.

حقوق النشر محفوظة © ٢٠١٧

www.bayancenter.org
info@bayancenter.org

شبكات الاتصالات المتنقلة (من الجيل الأول إلى الجيل الخامس)

إعداد: المهندس أوس مجيد غالب العوادي

مقدمة

خلال العقود الأخيرة ازداد استخدام تكنولوجيا الاتصالات بنحوٍ متسارع؛ لضرورة الحصول على خدمات الاتصالات بسعات نقل عالية جداً، فضلاً عن الحاجة إلى التطور المستمر في شبكات الاتصالات، ونقل المعلومات. ومن ناحية اقتصادية توفر تكنولوجيا المعلومات عائدات مالية كبيرة للمستثمرين في هذا القطاع.

ولعل الحاجة الملحة المستمرة لزيادة سرعة تنقل البيانات تمثل تحدياً كبيراً لصناع التكنولوجيا الذي حدا بهم إلى تطوير مستمر ودائم في قطاع تكنولوجيا الاتصالات؛ الأمر الذي أفرز ظهور تقنيات وأجيال متعددة لشبكات الاتصالات.

إن التطور المستمر في التقنية يمثل حلاً لكل التحديات التي تواجه الاتصالات الحديثة بتطبيقاتها كافة المتمثلة بنقل الصوت، والفيديو، والوسائط المتعدة، وبعبارة أخرى تنقل البيانات بصورة عامة. وإن كمية نقل البيانات وكفاءة النظام والترددات المستخدمة مكنت هذه التقنية من توفير سرعة للبيانات بلغت ما يقارب 100م هـ/ ثانية في حال التجوال و1 جيكا هـ/ لكل ثانية في حالة الثبات لأكثر من مستخدم، وهذه تمثل سرعات عالية جداً بالمقارنة مع سابقاتها من التقنيات (2G,3G). تدعم التقنيات الحالية مثل تقنية الجيل الخامس والرابع عناوين الـ (IPv6) التي تمكن من استخدام عدد كبير من الأجهزة اللاسلكية من خلال زيادة عناوين الـ (IP) المتوافرة، وذلك من خلال مشاركة عدد محدود من العناوين بين عدد كبير من الأجهزة؛ وهذا يسهم في ردم الهوة الخاصة بتبادل البيانات بين شبكات الاتصالات المحلية اللاسلكية الـ (LAN) وشبكات الاتصالات المتنقلة.

المبحث الأول

نظرة تأريخية عن أنظمة الاتصالات المتنقلة

شهدت الأعوام 1982-1980 أول ظهور لأنظمة الاتصالات المتنقلة، وقد قدمت التجربة الأولى في المؤتمر الأوروبي للاتصالات والبريد (CEPT)، وقد تم تحديدها من قبل المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات السلكية واللاسلكية (ETSI) التي باشرت بتطبيقها في بداية عام 1990 بالاعتماد على استخدام تقنية الـ (GSM)؛ إذْ بدأ النظام بالعمل فعلياً عام 1992، ومن الجدير بالذكر أنه تم تركيب أول شبكة لنظم الاتصالات المتنقلة في ألمانيا، ولعل الظروف التي كان يعيشها الاتحاد الأوروبي آنذاك على الصعيدين الاقتصادي والسياسي أثرت في تطور هذا النظام

1. الجيل الأول للاتصالات:

استند الجيل الأول لهذه الأنظمة إلى استخدام تقنية الاتصالات التماثلية، وهي التقنية نفسها المستخدمة في أنظمة الراديو التماثلية التجارية، وأكثر ما ميمز هذا الجيل أن الأجهزة المستخدمة كانت كبيرة نسبياً، وتحتاج إلى بطارية كبيرة؛ لغرض تشغيلها أو الاستمرار، حيث إن هذه الأجهزة لم تمكن المستخدم من استعمال الطيف الترددي بصورة كفوءة؛ بسبب السعات الترددية القليلة التي تدعمها التقنية؛ لذا قد استخدمت هذه الأجهزة من قبل فئات قليلة من المجتمع، كرجال الأعمال أو القادة الكبار.

2.الجيل الثاني للاتصالات:

تطورت الاتصالات المتنقلة بنحوٍ ملحوظ؛ نتيجة للحاجة المتزايدة إليها ولاسيما بعد دخول أنظمة الجيل الثاني إلى العمل في مطلع عام 1990 حيث اعتمدت هذه التقنية على البث الرقمي، التي تسمح باستخدام أمثل لطيف الترددات الذي تدعمه هذه التقنية، فضلاً عن اعتمادها على أجهزة صغيرة نسبياً رخيصة السعر يمكن حملها، وقد صممت هذه الأجهزة في البداية لنقل الصوت فقط، وبعد إضافة تحسينات على التقنية أصبح من الممكن نقل الرسائل النصية القصيرة (sms).

إن نجاح تقنية الجيل الثاني كان متزامناً مع نمو الإنترنت وتطوره، حيث كان من البديهي أن يقوم

مشغلو الجيل الثاني بمحاولة توفير خدمة تناقل البيانات مع خدمات الصوت، وبعد إضافة تحسينات على النظام تمكن المشغلون من توفير تلك الخدمات للمستخدمين وبسعات مقبولة نسبياً، وإن التحسينات التي تم إضافتها للتقنية نقل الجيل الثاني من (2G إلى 2.5G)، وقد أطلق على عملية تناقل البيانات فيما بعد بالـ (GPRS) (service general packet radio)، ونتيجة للازدياد التدريجي لاستخدام حزم البيانات ولغرض تلبية حاجة المستخدمين تم تحسين الجيل الثاني بعد إطلاق تقنية الـ (EDGE) التي مكنت المستخدمين من الحصول على سعات أكبر لتناقل البيانات بنحوٍ أوسع.

3.تقنية الجيل الثالث:

تم الإعلان عن تقنية الجيل الثالث والعمل بها بصورة فعلية تجارياً في مطلع عام 2000، لكن هذا الإعلان لم يكن صحيحاً؛ لأن تلك التقنية لم تستوف شروط الأداء الجيد كافة، ولبّت هذه التقنية متطلبات المستخدمين لها حتى عام 2005 الذي شهد تطور التقنية من (3G) إلى (3.5G) التي وفرت بدورها حزم بيانات بسعات عالية نسبياً من خلال تطوير الأسطح البينية، وإضافة تحسينات على البدلات المركزية، واستخدام طيف ترددي مناسب مكنت المستخدم من استعمال تطبيقات البيانات، وتحميل المعلومات وإرسالها وهذا كان لحساب توفير أكبر معدل للبيانات المنقولة ووقت وصولها.

3–1 أهم الأنظمة والتقنيات التي عملت ضمن تقنية الجيل الثالث للاتصالات:

بعد ظهور تقنية الجيل الثالث للاتصالات أصبحت هذه التقنية مهيمنة على سوق الاتصالات العالمية في الآونة الأخيرة؛ نتيجة لما توفره هذه التقنية من ميزات متعددة ولاسيما خدمات تناقل البيانات، وسيتم التطرق فيما يأتي إلى أهم التقنيات التي عملت ضمن هذه التقنية:

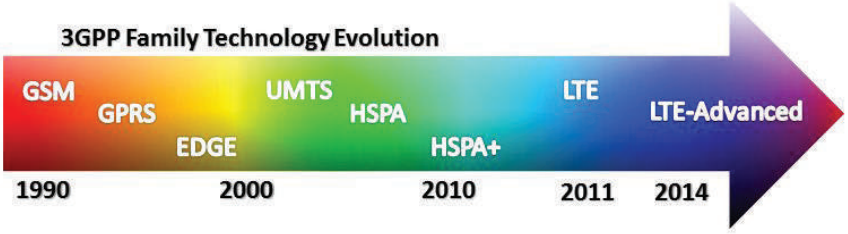
3–2 UMTS (universal mobile telecommunication system) النظام العالمي للاتصالات المتنقلة.

تم تطوير هذا النظام من قبل منظمة الـ (GSM) بعد أن تم إضافة تحسينات وتغيّر الكثير من مواصفات التقنية لأسطح البيانات ولأنظمة الترددات الخاصة بالتقنية، ولم يتم إجراء، أي تغيُّرات أو

تعديلات على البدلات المركزية الخاصة بالتقنية في الآونة الأخيرة لتحسينه بعد إجراء تحسينات على تطبيقات البيانات التي أدّت إلى تقديم تقنية الـ (3.5G) من خلال الـ (HSPA) (للوصول بسرعة ععلى لحزم البياناتK ويعد الـ (UMTS) أحد العناصر المهمة للمعيار العالمي IMT (interna-tional mobile telecommunication)، الذي تقوم منظمة الـ (3GPP) بتطويره حالياً، تدعم الـ (UMTS) على تقنيتين مختلفتين بعض الشيء وكما مبين تفاصيلهما فيما يأتي:

تقنية الـ (WCDMA) الذي يستخدم بصورة واسعة لدعم الجيل الثالث في أغلب الدول التي تعتمد التقنية، ويعتمد الـ (WCDMA) على تقنية الـ (full division duplex) (FDD) التي تمكن التقنية من استخدام ترددات إرسال تختلف عن ترددات الاستقبال، أي: باختلاف ترددات الإرسال عن ترددات الاستقبال، حيث تعمل بعرض حزمة ترددية تبلغ 5 ميجا هـ.

– تقنية الـ (TD-SDMA): تم تطوير هذه التقنية في الصين، وتستخدم بصورة واسعة في بلدان الشرق، وتعتمد على تقنية الـ timedivision duplex) (TDD) التي تعتمد على تقسيم الزمن بين تردد الإرسال وتردد الاستقبال، أي: استخدام الحزمة الترددية نفسها للإرسال والاستقبال في آن واحد بعرض حزمة ترددية (1.6) ميجا هـ.



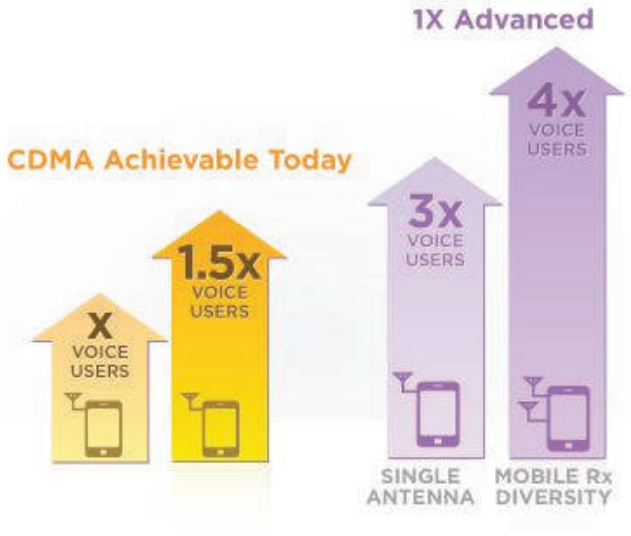
رسم توضيحي لمراحل التطور التي مرت بها شبكات الاتصالات المتنقلة

3-3 – تقنية الـ (CDMA2000):

تم تطوير هذه التقنية من قبل شركة كوالكوم الأمريكية، وتستخدم بصورة رئيسة في أمريكا

الشمالية ومن تقنيات الجيل الثالث التي تعرف باسم (CDMA20001X) تم تحسين التقنية وتطويرها بالتدريج؛ لتكون مطابقة لإصدار (3.5G) بمسميين مختلفين هما: HRPD (high rate packet data) أو الـ EV-DO (evaluation data optimization or data only) إذْ تم توفير سعات عالية لتنقل البيانات فقط، وبعد ذلك تم إصدار EV-DV (evaluation data and voice) الذي تم تطويره و تحسينه لغرض توفير الصوت و البيانات بجودة عالية، وبعد إضافة تحسينات وتطوير للتقنية أصدرت شركة كوالكوم (CDMA20001x advanced) الذي يُعدُّ من التقنيات التي انتشرت بنحوٍ واسع؛ نتيجة تلبية متطلبات الجيل الثالث.

يعمل الـ (CDMA 2000) في الانطقة الترددية (450 MHz, 800 MHz, 700 MHz 2100MHz، 1900 MHz 1800 MHz, 1700 MHz 900 MHz،) بعرض حزمة ترددية تبلغ (1.25 ميجا هـ) التي وفرت كفاءة عالية في استثمار الطيف الترددي.



رسم توضيحي يوضح مراحل التطور لتقنية الـ CDMA

3-4- أهم الفروقات الأساسية بين تقنية الـ (UMTS والـ CDMA2000):

تستخدم الـ (CDMA2000) عرض حزمة ترددية تقدر بـ (1.25 ميجا هـ) توفر استثماراً أمثل واستخداماً أفضل لطيف الترددات الراديوي. أما تقنية الـ (UMTS) فتعمل بعرض حزمة ترددية تبلغ (5 ميجا هـ).

تقنية الـ (CDMA2000) تتوافق مع المعيار (s-95) الذي أصدرته شركة كوالكوم الأمريكية التي بدورها أصدرت أجهزة تدعم هذه التقنية، أما تقنية الـ (UMTS) فيعدُّ إصداراً أوروبياً يتوافق مع معايير منظمة الـ (GSM) الأوروبية .

تعتمد تقنية الـ (CDMA2000) على إرسال البيانات والصوت بنحوٍ منفصل بحاملين ترددين مختلفين، أما تقنية الـ (UMTS) فتعمل على نقل الصوت والصورة على الحامل الترددي نفسه.

3-5 تقنية الـ Wi MAX:

طورت هذه التقنية من قبل مؤسسة الـ (IEEE) التي أصدرت أول أصدار لها باسم (IEEE,802) هي تختلف بصورة كبيرة عن بقية التقنيات التي تدعم الجيل الثالث للاتصالات، وتمتاز بنقل البيانات من نقطة إلى نقطة عن طريق الموجات المايكروية بدلاً عن الكابلات الثابتة في النطاق الترددي (3.5 ميكا هـ) وتم تطوير هذه التقنية لنقل البيانات من نقطة إلى نقاط متعددة؛ وذلك بعد إصدار المعيار (802.16) الذي تم تطويره مؤخراً للتنقل بين خليتين قاعديتين باستخدام تقنية الـ (hand over) بعد إصدار المعيار (802.16e)

3-6 من اهم خواص تقنية الـ (Wi MAX):

- نقل المعلوماتية بسرعة عالية جداً.

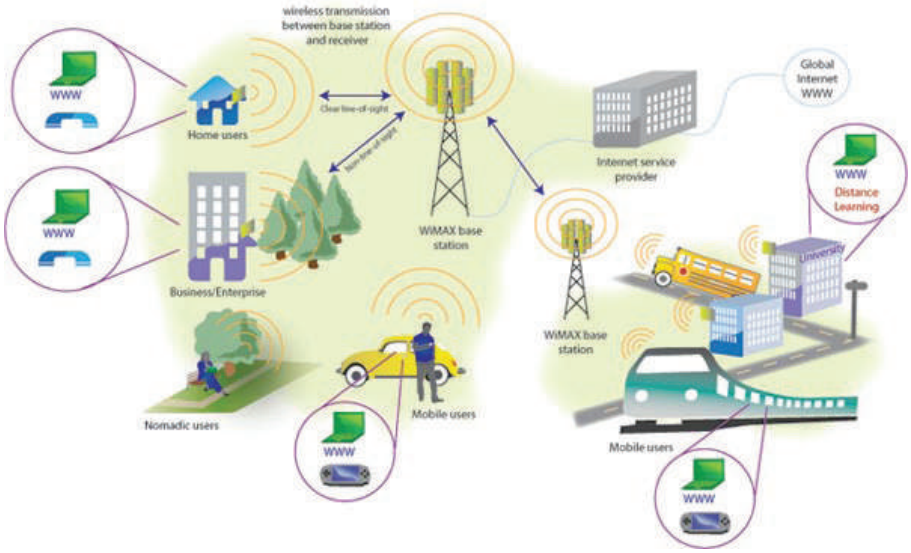
- مرونة التشغيل وأدواته، حيث بإمكان الواي ماكس العمل على عدة أنواع من الشبكات ذات التراكيب التصميمية المختلفة.

- الحماية والأمنية العالية، حيث يقوم الواي ماكس بدعم الأنظمة الآتية: AES Advanced Encryption Standard) DES is the Data Encryption Standard) وتمتاز هذه الأنظمة بتقنية أمنية العالية وقلة احتمالية اختراقها.

- التكلفة المخفضة نسبياً، أي أن تكون التكلفة مناسبة لمختلف أنظمة الاتصالات حيث يتم صنع منظومات الواي ماكس على وفق القياسات العالمية من حيث التركيبة الهندسية.

- نطاق التغطية الواسع، حيث يتم استعمال عدة أنواع من التضمين مثل: BPSK و QPSK و 16-QAM ، و4-QAM؛ مما يسهل عملية تغطية المساحات الكبيرة كون النظام يعمل ضمن مستويات تضمينية منخفضة.

- إمكانية تكوين شبكات خاصة وبكفاءة عالية نسبياً؛ وتكون هذه الشبكات تخص مؤسسة معينة ومنظمة أو وزارة؛ مما يسهل إمكانية استخدام (voice/Ip) بين تشكيلاتها.



رسم توضيحي يبيّن كيفية عمل منظومة الـ WIMAX

المبحث الثاني

شبكات الجيل الرابع

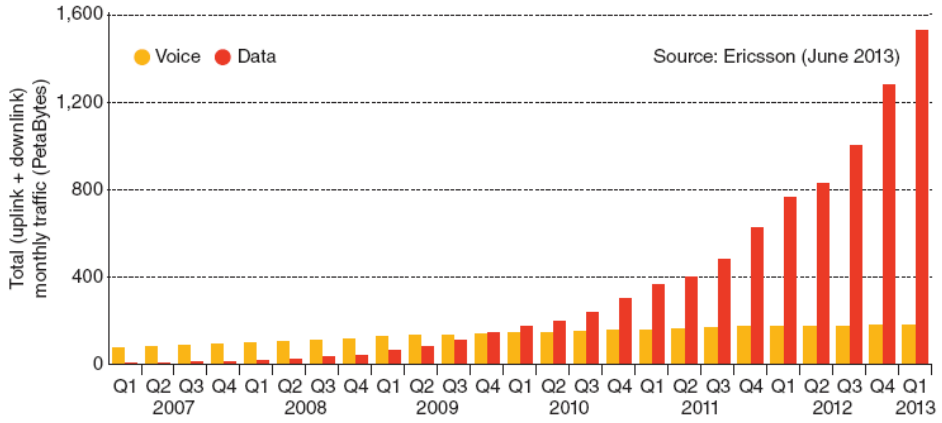
في تشرين الأول 2010 أعلن الاتحاد الدولي عن استيفاء نظامين لمتطلبات الجيل الرابع (IMT-advanced)) هما كل من (LTE-Advanced WiMAX) و(IEEE802.16m) بعد إضافة تحسينات عليه، ويسمى أيضاً (WiMAX2.0) المتنقل.

تسعى شركة (QUALCOMM) أيضاً إلى تطوير منتجها الـ (CDMA2000) إلى الجيل الرابع، وذلك بمسمى (Ultra mobile broadband) مع الأخذ بالحسبان أن هذا النظام لا يمتلك مزايا الأنظمة التي سبقته التي تضمنت عدم وجود توافق مع نظام الـ (CDMA2000) ولم يكن النظام الوحيد والحصري الذي يستخدم في أمريكا الشمالية لذلك لم يتبقَ أمام المشغلين سوى طريقين إلى الاتصالات المتنقلة من الجيل الرابع (LTE) (وWiMAX)، حيث نالت تقنية الـ (LTE) إلى حدٍ كبير دعم أكبر بين مشغلي الشبكات و الشركات المصنعة للمعدات، إلى الحد الذي دعا مشغلي شبكات التي تعمل بتقنية الـ (WiMAX) إلى الهجرة للتقنية الأخرى، ومن المرجح أن تكون التقنية المهيمنة على العالم هي الـ (LTE).

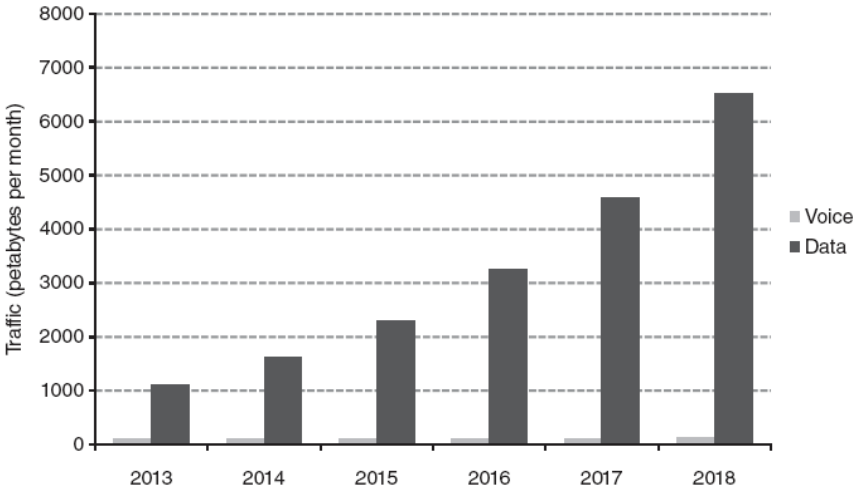
في بداية تطور خدمات الاتصالات المتنقلة كانت أغلب الحركة الهاتفية لحزم الترددات الخاصة بالخدمات المتنقلة تتمحور حول خدمات الصوت فقط، أما ما يخصُّ خدمات تناقل البيانات فإن حجم الحركة كان ينمو بتباطؤ ملحوظ حتى عام 2010، فبعد هذا التأريخ أسهمت الحركة الهاتفية بزيادة ديناميكية ملحوظة في الطلب المتزايد لخدمات تناقل البيانات وكما مبين في المخطط البياني الآتي الذي يوضح الطلب الملحوظ وتنامي خدمات تناقل البيانات للأعوام من 2013-2007.

ومن المتوقع أن تشهد الحركة الهاتفية لخدمات تناقل البيانات تزايداً ملحوظاً مع تزايد الحاجة الملحة إليها، وذلك حسب الإحصائيات التي تقدمها الشركات العاملة في مجال تقنية الاتصالات، حيث إن التوقعات تشير إلى ازدياد الحركة الهاتفية من عام 2013 إلى عام 2018 الذي سيشهد تزايداً ملحوظاً

بالمقارنة مع خدمات الصوت كما مبين في الشكل الآتي، وأن هذا النمو المتزايد كان أحد أهم أسبابه هو ما وفرته تقنية الجيل الثالث (3G) من خدمات للمستخدمين، فضلاً عما قدمته شركات تصنيع الهواتف النقالة التي في مقدمتها شركة (I phone Apple) في عام 2007 وما قدمته شركة (Google) من أنظمة تشغيل (OP) تعمل بنظام الأندرويد في عام 2008.



وكانت هذه الأجهزة الذكية عملية جداً وفعالة، وصممت على شكل يسمح للمستخدم باستعمال تطبيقات من خلال المطورين الآخرين، أو خلق تطبيقات تساعد المستخدم على تناقل بيانات الصوت والصورة بانسيابية عالية التي انعكست إيجاباً على التنامي الذي تمت الإشاره إليه سابقاً؛ وهذا التطور بالتطبيقات حدا بالمشغلين إلى ابتكار تقنيات تساعد على النمو في حركة البيانات بانسيابية أكبر وبكميات أكبر؛ الذي بدوره انعكس على تطور هائل في هذا المجال بالمقارنة مع ما شهدته الأجيال السابقة.



رسم توضيحي يبين التزايد الملحوظ لخدمات تناقل البيانات للأعوام 2013-2018 بالمقارنة مع خدمات الصوت

سعة نظام شبكات الجيل الرابع:

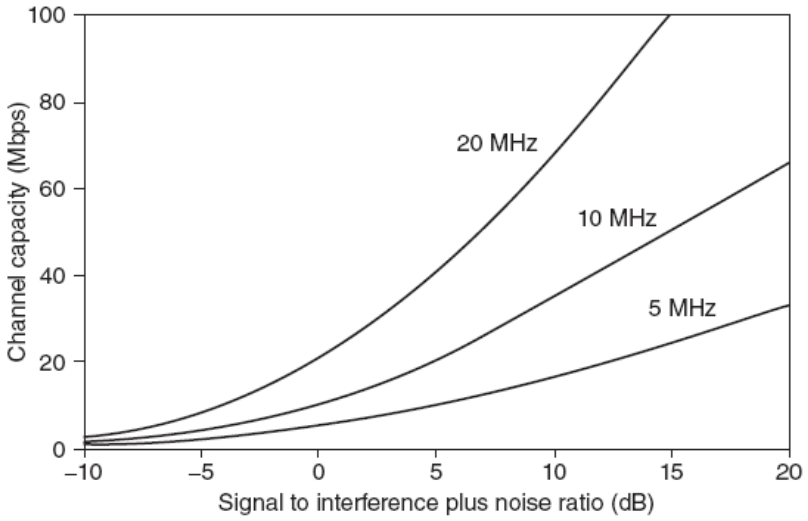
يوجد ثلاث طرائق أساسية معتمدة لزيادة سعة النظام الخاص بشبكات الاتصالات المتنقلة:

1. استخدام خلايا صغيرة في النظام الخلوي للشبكة سيساهم بمنح القناة الترددية الحاملة للإشارة من تحميل أكبر قدر من السعات البيانية؛ ويتم ذلك من خلال إضافة محطات قاعدية وتقليل حجم كل خلية؛ وبالتالي زيادة في سعة الشبكة، وهذا بدورة يتطلب زيادة في البنى التحتية، وزيادة في المورد المالي من قبل المشغل.

إن تقليل حجم الخلية سيسهم بتقليل نطاق التغطية للشبكة، وتقليل التغطية سيؤدي إلى زيادة في كفاءة تلك الشبكة وجودتها لوجود تناسب عكسي بين مقدار التغطية، وجودة الخدمة المقدمة من الناحية النظرية يعتمد المشغل على المعادلة الآتية :

$$C=B \qquad (1+SINR)$$

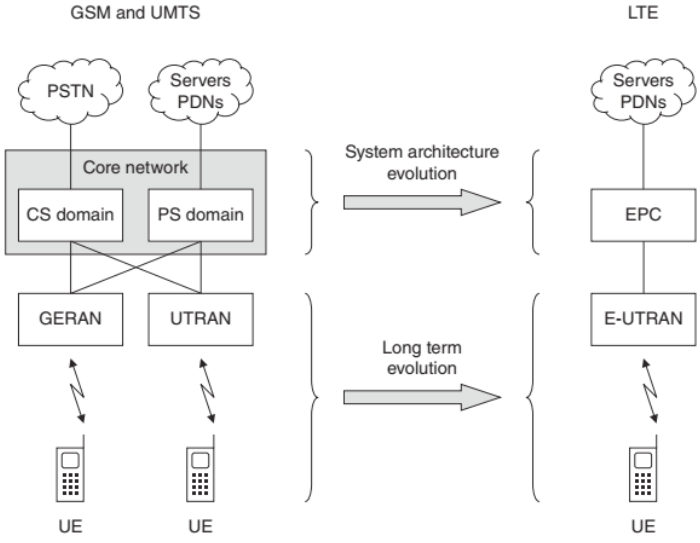
2. زيادة التخصيصات الترددية للنظام، ويتم من خلال إدارة الطيف الترددي وتنظيمه، وهذا يعتمد على الجهات المنظمة لقطاع الاتصالات في إدارات الدول أو الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) التي تقوم بإصدار تشريعات تعتمد على دراسات فنية تقدم من قبل دول، أو مشغلين تخص زيادة سعة النظام من خلال إيجاد تخصيصات ترددية جديدة، أو زيادة في سعات التخصيصات القديمة لتلك الأنظمة، فعلى سبيل المثال أن الطلب المتزايد على تنمية القطاع وتلبية حاجة المستخدمين والمستفيدين والمؤسسات لخدمات تناقل البيانات أدّى زيادة تخصيصات الطيف الترددي بمقدار 100 ميجا هـ، والمصادقة عليها من قبل دول العالم في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية 2015 الذي انعقد في مقرّ الاتحاد الدولي للاتصالات في جنيف.



رسم توضيحي يبيّن سعات أنظمة الاتصالات في عرض الحزمة الترددي (5،10،20) ميجا هـ

3. إضافة تحسينات على تقنيات الاتصالات المستخدمة؛ وهذا يسمح للمشغل بأن يكون قريباً جداً من الناحية النظرية من السعات المتوقعة للقناة الترددية المستخدمة، واستثمار أفضل لطيف الترددات المستخدم، وهذه التحسينات تمثلت بظهور الجيل الرابع من الاتصالات المتمثلة بتقنية الـ (LTE) وبقية التقنيات الأخرى.

توجد أمور أخرى تقود لأن تكون تقنية الجيل الرابع مقدمة على بقية التقنيات الأخرى، حيث تُستخَدمُ في بقية التقنيات نوعان من الشبكات واحدة تختص بتناقل الصوت، والأخرى مختصة بتناقل البيانات، أما في تقنية الجيل الرابع فيدمج الصوت والبيانات في شبكة واحدة باستخدام تقنية نقل الصوت عبر بروتكول الإنترنيت الـ (VOIP) الذي يقلل على المشغلين رأس المال المستثمر، والنفقات التشغيلية. وبسياق ذي صلة فإن تقنية الجيل الثالث تأخر التنقل بحدود (100 ms) فيما يخص تطبيقات البيانات، ونقل حزم البيانات بين عناصر الشبكة؛ وهذا يسبب صعوبات كبيرة في عملية التنقل في حال تم نقل تطبيقات مثل الألعاب التفاعلية؛ وبالتالي فإن الهم الحالي هو كيفية التقليل من هذا التأخير الحاصل في تقنية الجيل الثالث، الذي تم حله بوجود تقنية الجيل الرابع، فضلاً عن ذلك أصبحت تقنية الجيل الثالث والثاني معقدة على نحو متزايد؛ الأمر الذي يحتاج إلى إضافة تحسينات للنظام مع الحفاظ على التوافق مع الأجهزة القديمة، حيث يسعى المصممون حالياً إلى تحسين الأداء دون الرجوع إلى الأجهزة القديمة والاعتماد عليها.



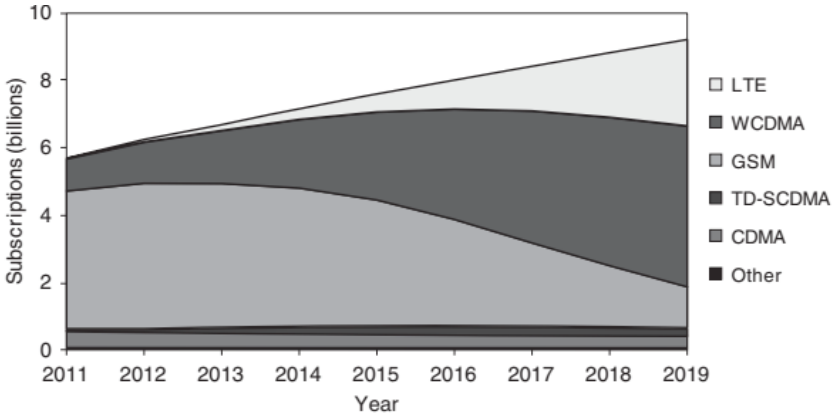
شكل يوضح التطور الحاصل في بنية الشبكة من الجيل الثاني إلى الثالث إلى فالرابع

من الجيل الثالث (UMTS 3G) إلى الجيل الرابع (LTE 4G):

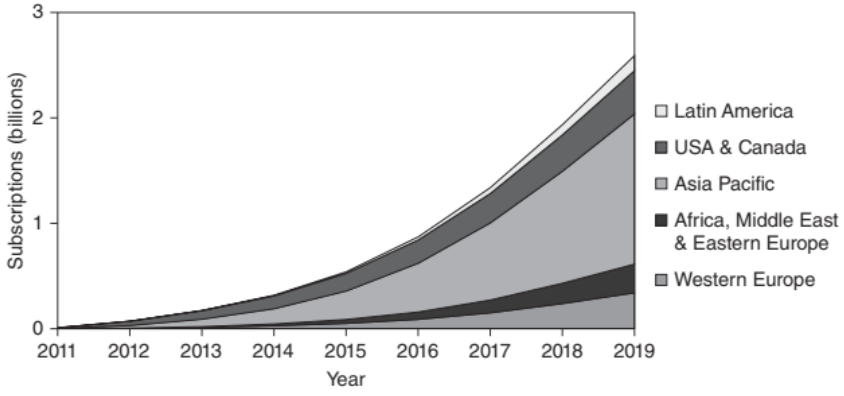
في عام 2004، بدأت منظمة الـ (3GPP) بدراسة كيفية تطوير نظم الاتصالات بتقنية جديدة لإصدار جيل جديد منبثق من الـ (UMTS)، وكان الهدف هو أن تبقى المنظمة قادرة على المنافسة لـ (10) سنوات القادمة، من خلال تقديم معدلات البيانات المرتفعة، والكاميرات المنخفضة التي يحتاجها المستخدمون في المستقبل، وقد تم تصميم الهيكل من قبل (3GPP) بالاعتماد على أمرين مهمين هما: تطور بنية النظام الذي يعتمد على الشبكة الأساسية (core network) ، والتطور طويل الأمد الـ (LTE) الذي يعتمد على الطيف الترددي الراديوي.

نمو خدمات الجيل الرابع وتطور تقنية الـ LTE:

حدث أول تصميم لخدمات الجيل الرابع في الاتحاد الدولي للاتصالات في عام 1990، إذ قام الاتحاد الدولي للاتصالات الـ (ITU) بتطوير تقنيات الجيل الثالث من خلال نشر مجموعة متطلبات لتقنيات الجيل الثالث لأنظمة الاتصالات المتنقلة باسم أنظمة الاتصالات العالمية المتنقلة (IMT2000)، وقد أطلق الاتحاد الدولي للاتصالات العملية نفسها في عام 2008 من خلال نشر مجموعه متطلبات تخص الجيل الرابع للاتصالات باسم (IMT- Advanced)، وطبقاً لهذه التقنية فإن نسبة البيانات المنتقلة أصبحت على الأقل (600Mbps) في الحزمة الهابطة و(270Mbps) في الحزمة الصاعدة بعرض حزمة يبلغ (40MHz)؛ ونتيجة المتطلبات التي وضعها الاتحاد الدولي للاتصالات قامت منظمة الـ (3GPP) بدراسة كيفية تحسين تقنية الـ (LTE)، وكان المخرج الأساس لهذه الدراسة هو الـ (LTE-advanced) حيث امتازت هذه التقنية بتناقل حزم بيانات بلغ (1000Mbps) في الحزمة الهابطة و (500Mbps) في الحزمة الصاعدة وفي نهاية النظام الذي تم تصميمه بات يستلم حزمة بيانات من (3000 1500- Mbps) بالتتابع للحزمتين الصاعدة والهابطة بعرض حزمة بلغ (100MHz)، وانطلقت أولى الخدمات التي تعمل بتقنية الـ (LTE) في نهاية عام 2009 في السويد والنرويج، والشكل الآتي يوضح نمو عدد مستخدمي خدمات الجيل الرابع بالنسبة لأهم تكنولوجيا الاتصالات المتنقلة من عام 2011 إلى عام 2019.



شكل يوضح عدد مستخدمي خدمات الجيل الرابع بالنسبة لبقية التقنيات



الشكل الآتي يوضح نمو خدمات الجيل الرابع وتزايدها لتقنية (LTE) لمناطق مختلفة من العالم بحسب إحصائيات نشرتها شركة إركسون

المواصفات الخاصة بتقنية الـ (LTE):

قدمت مواصفات (LTE) من قبل مشروع شراكة الجيل الثالث، بالطريقة نفسها التي قدمت فيها مواصفات (MTS وGSM)، حيث يحتوي كل منها على مجموعة مستقرة ومحددة بوضوح من المميزات، يسمح باستخدام إصدارات مصنعي المعدات لبناء الأجهزة باستخدام بعض أو كل من ميزات

الإصدارات السابقة، في حين تواصل (3GPP) على إضافة ميزات جديدة للنظام في إصدار لاحق ضمن كل إصدار، وتقدم المواصفات من خلال عدد من الإصدارات المختلفة وظائف جديدة يمكن أن تضاف إلى الإصدارات المتعاقبة، وتتضمن التغييرات تحسين التفاصيل التقنية والتصويبات والإيضاحات، ويبين الجدول الآتي الإصدارات التي استخدمها مشروع الشراكة (3GPP) منذ إدخال نظام (UMTS) معاً مع أهم سمات كل إصدار:

Release	Date frozen	New features
R99	March 2000	WCDMA air interface
R4	March 2001	TD-SCDMA air interface
R5	June 2002	HSDPA, IP multimedia subsystem
R6	March 2005	HSUPA
R7	December 2007	Enhancements to HSPA
R8	December 2008	LTE, SAE
R9	December 2009	Enhancements to LTE and SAE
R10	June 2011	LTE-Advanced
R11	June 2013	Enhancements to LTE-Advanced
R12	September 2014	Enhancements to LTE-Advanced

جدول يوضح المواصفات التي وضعتها الـ (3GPP) لتقنيتي الـ (UMTS وLTE)

تم إدخال (LTE) لأول مرة في الإصدار رقم (8)، الذي تم تجميده في كانون الأول 2008. ويحتوي هذا الإصدار على معظم الميزات المهمة لتقنية (LTE)، ومع ذلك عند تحديد الإصدار(8)، حذف مشروع الشراكة (3GPP)، بعض السمات الأقل أهمية للنظام، وقد أدرجت هذه الميزات في النهاية في الإصدار (9) والإصدار (10) اللذين يتضمنان القدرات الإضافية المطلوبة لـ (LTE-Advanced) وقد واصلت (3GPP) على إضافة ميزات جديدة إلى (UMTS) في جميع الإصدارات من (8 إلى 12) حيث تسمح هذه العملية لمشغلي الشبكات بالتمسك بتقنية الـ (UMTS) لضمان جو تنافسي بين المشغلين، ويوضح الجدول المقبل جميع مواصفات (LTE وUMTS)، فضلاً عن المواصفات التي هي مشتركة بين التقنيات المختلفة:

الجيل الرابع وتقنية الـ (WiMAX –Advanced).

في أيلول 2013، وافق (WiMAX fourm) رسمياً على خارطة تطور الشبكة التقنية لدعم التطور المستمر للنظام البيئي (WiMAX)؛ وذلك لحاجة مقدمي الخدمات إلى المرونة في إدارة الطلب المتزايد باستمرار على بيانات النطاق العريض، وتعمل (WiMAX–Advanced) على تعزيز قدرات شبكة بيانات النطاق العريض الخاصة بتقنية (ويماكس)؛ لتمكين مشغلي هذه التقنية من الوصول إلى نظام إيكولوجي أوسع من الأجهزة وتقنيات النفاذ الراديوي لتعمل بسهولة أكبر ضمن بيئة شبكة اتصال لاسلكية متعددة؛ وستسمح (WiMAX- Advanced) لمشغلي (ويماكس) بالمرونة لدعم تكنولوجيات وأجهزة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق الإضافية التي تتجاوز ويماكس الإصدار 1.0 والإصدار 2.0.

ويعدُّ هذا الإصدار القياسي تعديلاً لمعيار (802.16) الحالي، وقد تم تطويره لتلبية متطلبات النظام (IMT-Advanced) إذ إن هذا النظام يوفر تطبيقات أساسية مثل: الصوت، والألعاب، والإنترنت عبر الهاتف النقال.

من أهم متطلبات هذا النظام ما يأتي:

- معدل البيانات كبير يصل إلى (1 GBPS).
- دعم عرض النطاق الترددي يصل إلى (100MHZ).

ولتحقيق المتطلبات المذكورة آنفاً، فإن المعيار (m802.16) ولغرض زياده معدلات البيانات امتاز بما يأتي.

- دعم تقنية الـ (MIMO) مع زيادة عدد الهوائيات.
- تشغيل متعدد للموجات الحاملة للإشارة (Multi carrier).

ويوضح الجدول في أدناه الفرق الكبير بين تقنيات الـ (WiMAX –Advanced802.16m)

و الـ (WiMAX 802.16e).

Specifications	Mobile WiMAX(16e)	WiMAX Advanced(16m)
Data Rate(Aggregate)	About 60-70 Mbps	100 Mbps(Mobile subscribers) 1GBPS (Fixed subscribers)
RF Frequency	2.3GHz, 2.5 to 2.7GHz, 3.5GHz	<6GHz
Topology	FDD/TDD, H-FDD(in Mobile Subscriber)	FDD/TDD(BS), H-FDD(in Mobile Sub-scriber)
MIMO (Antennas)	up to 4 streams, no limit on number of antennas	upto 4/8 streams, no limit on number of antennas
Antenna Configurations support	Downlink: 1X1(SISO), 1X2,2X1,2X2, 2X4,4X2,4X4,8X8,4X8 Uplink:1X1(SISO), 1X2,1X4,2X4,4X4	Downlink: 2X2,2X4, 4X2,4X4, 8X8,4X8 Uplink:1X2,1X4, 2X4, 4X4
Distance coverage	About 10 km	3Km to 100 Km

Carrier Aggregation (multi-carrier) support	Not supported	Supported
Bandwidth	5-20MHz per RF Carrier	5-20MHz per RF carrier, CA(carrier aggregation) feature will help achieve BWs upto 100MHz.
Frame Length	2-20ms without any superframe	Fixed 5ms , With superframes frame duration of 20ms is used including 4 frames

المبحث الثالث

شبكات الجيل الخامس

يُعرَف الجيل الخامس تقنياً حسب معايير الاتحاد الدولي باسم (IMT-2020) أي إن المتوقع أن يتم إتاحة هذه الخدمة بحلول العام 2020، لكن بالطبع سيأخذ انتشار هذه التقنية وقتاً أطول قبل أن تغطي دول العالم؛ وهنا تجدر الإشارة إلى أن القائمين على صناعة التكنولوجيا يأملون التمكن من توفير تقنية الجيل الخامس على نطاق ضيق في الأيام المقبلة.

يأتي الجيل الخامس كتطوير للجيل الرابع الحالي المستخدم في معظم دول العالم، إذْ توجد عدة ميزات واختلافات في بعض الخواص بالنسبة للجيل الرابع، فعلى الرغم من عدم توفر إحصائيات دقيقة عن السرعات الخاصة بالجيل الخامس، إلا أنه من المؤكد أن سرعته ستكون أكبر بأضعاف من سرعة الجيل الرابع، وأن تقنية الجيل الخامس لن تخدم أجهزة الهواتف النقالة والمحمولة وتدعمها فقط، بل ستتعامل مع جميع الأجهزة التي تتعامل بدورها مع الشبكة العنكبوتية وإنترنت الأشياء (IOT)، حيث ستوفر اتصالاً فائق السرعة بغض النظر عن مكان تواجد تلك الأجهزة وستتيح تكنولوجيا الجيل الخامس لصناعة الاتصالات المتنقلة توسيع نطاق التطبيقات ليشمل تحسينات مهمة في البنية التحتية المادية، مثل الطرقات، والموانئ، وأنظمة النقل؛ وبالفعل، ستدفع تكنولوجيا الجيل الخامس الاقتصاد الرقمي المستقبلي قدماً، وسيؤدي موردو تكنولوجيا المعلومات والاتصالات دوراً مركزياً.

الطيف الترددي المستخدم:

يتم تنسيق الطيف الترددي الحالي، والطيف الموزع حديثاً لأغراض الاتصالات الراديوية في الأماكن التي يعتزم استخدام الأنظمة الراديوية فيها على نطاق شامل؛ ولتوزيع أنطقة الطيف الترددي فوائد كثيرة تتمثل بتيسير وفورات الحجم، وإتاحة التجوال ، والحد من تعقيد تصميم الأجهزة، والحفاظ على عمر البطارية، وتحسين كفاءة الطيف، واحتمال التقليل من التداخل عبر الحدود؛ ونتيجة لذلك فقد تم بموجب قرار صدر عن المؤتمر الإداري العالمي للراديو لعام (WARC-92) تحديد نطاقات التردد لعام 1992

الأولى المخصصة لتشغيل أنظمة الاتصالات المتنقلة البرية المستقبلية.

إن من المهم معرفته أنه لا يوجد مدى تردد واحد يستطيع الوفاء بجميع المعايير اللازمة لنشر أنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية، ولاسيما في البلدان التي تتمتع بالتنوع فيما يتعلق بالتضاريس الجغرافية والكثافة السكانية؛ وبالتالي لا بدَّ من استخدام مديات ترددية متعددة للوفاء بمتطلبات السعة والتغطية لأنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية، ومنذ انعقاد المؤتمر الإداري العالمي للراديو لعام 1992 قامت المؤتمرات العالمية للاتصالات الراديوية المتعاقبة –التي عُقدت في الأعوام 1997 و2000 و2007 و2015– بتحديد نطاقات تردد إضافية للاتصالات المتنقلة الدولية، بصورة منتظمة داخل المدى المتراوح بين (MHz 6،450 GHz) من أجل تلبية الطلب المتزايد بسرعة على الاتصالات المتنقلة، ولاسيما بيانات الخدمة المتنقلة ذات النطاق العريض؛ وبينما أحرز المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 تقدماً جيداً في تحديد نطاقات التردد الإضافية والترتيبات المنسقة عالمياً دون (GHz 6) لتشغيل الاتصالات المتنقلة الدولية، أقرّ بأنه من المحتمل أن تظهر في المستقبل الحاجة إلى مجموعات كبيرة متجاورة من الطيف في ترددات أعلى من أجل هذه الأنظمة؛ وبالتالي دعا المؤتمر قطاع الاتصالات الراديوية إلى دراسة (11) نطاق تردد في المدى (GHz 24–GHz 86) بوصفها نطاقات يمكن أن يحددها المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2019 لتستخدمها في الاتصالات المتنقلة الدولية

أهم المزايا التي توفرها شبكات الجيل الخامس:

1. حجم كبير بسرع عالية جداً حيث توفر شبكات الجيل الخامس تمديداً للطيف بموجات ملمترية، مع تكثيف للخلايا؛ لغرض زيادة في كفاءة الطيف الترددي المستخدم.

2. توصيل أفضل: يتمثل بالجمع بين شبكات الجيل الثالث والرابع وشبكات (WiFi) وتكنولوجيا النفاذ الراديوي الجديد لاستحداث شبكة نفاذ راديوي متكاملة.

3. عدم وجود تأخير ملحوظ مع جهد عالي الانخفاض.

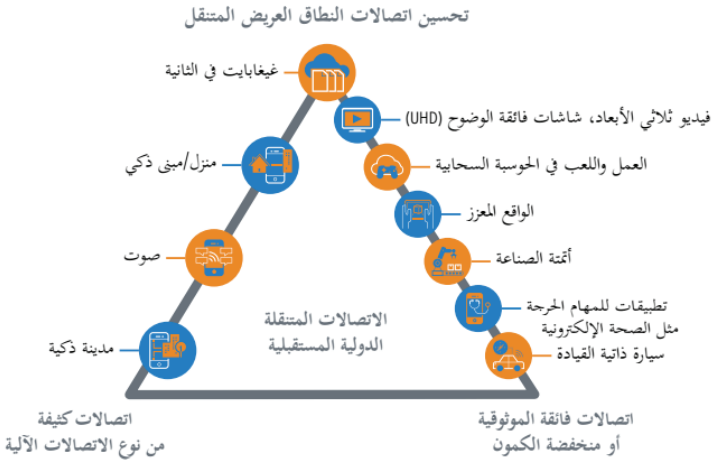
4. القدرة على توصيل كميات كبيرة من الأجهزة مع بعضها بعضاً، فضلاً عن الأفراد؛ وذلك بفضل

انتشار الخلايا الواسع مع معمارية جديدة لشبكات النفاذ الراديوي .

5. كفاءة في استخدام الطاقة؛ وذلك نتيجة للمعمارية الجديدة التي تخص الشبكات والأجهزة المستخدمة التي تمكن الأجهزة من استهلاك الطاقة حسب الطلب، مع وجود مكبرات قدرة ومعالجات إشارة عالية الدقة.

6. شبكات مرنة وقابلة للبرمجة مع درجة تأمين عالية جداً .

سيناريوهات استعمال الجيل الخامس، مستمدة من توصية قطاع الاتصالات الراديوية بشأن رؤية الاتصالات المتنقلة الدولية



تقسيم شبكات الجيل الخامس:

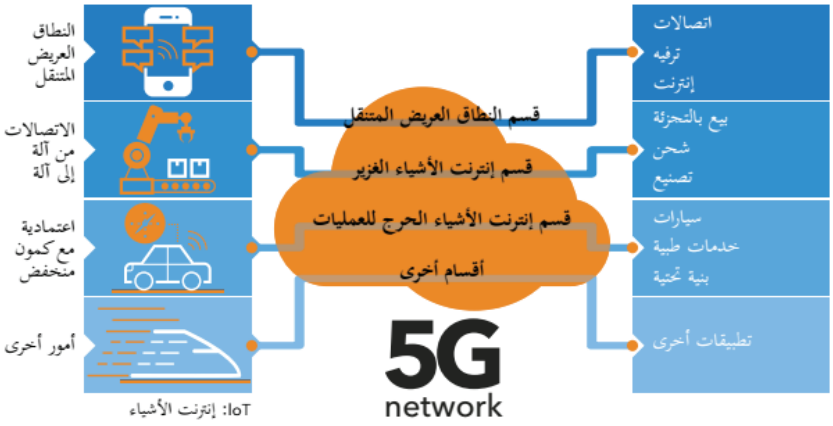
للاستجابة إلى مختلف احتياجات أنواع الآلات والأجهزة، سيضم السطح البيني الراديوي بين الجهاز والهوائيات العديد من السلوكيات المتخصصة، ويشار إلى هذه السلوكيات بأنواع الأقسام، ويوجه أحد أنواع الأقسام خصيصاً للجهد الفائق الانخفاض والاعتمادية العالية مثل المركبات ذاتية القيادة الاتصالات التي تتسم بقدرٍ عالٍ من الاعتمادية والجهد المنخفض (URRL) ويوجه نوع آخر من

الأقسام خصيصاً للأجهزة التي ليست لها بطاريات كبيرة (مثل أجهزة الاستشعار).

وبما أنه سيكون من المكلف جداً تخصيص شبكة كاملة من طرف إلى طرف لكل نوع من أنواع الأقسام، فإن البنية التحتية للشبكة التي تدعم الجيل الخامس (والجيل الرابع على الأرجح) ستستخدم تقنيات التقاسم (إضفاء الطابع الافتراضي والحوسبة السحابية) التي تسمح بتعايش أنواع متعددة، وتستخدم تقنيات تعدد الإرسال الإحصائية القائمة على الحوسبة السحابية والرزم لتمكين الأقسام من استخدام موارد بعضها بعضاً حينما تكون متاحة؛ وبهذه الطريقة يمكن تنفيذ أقسام الشبكة ولكي تتحول هذه الشبكات إلى واقع، يتعيَّن أن تعمل جميع مكوناتها بنحوٍ متناغم، وسيكون جزء كبير من تحديات تكنولوجيا الجيل الخامس مرتبطاً بتوفير المقدار المناسب من التناغم الذي يضمن تناسق العملية من طرف إلى آخر.

تقسيم شبكة الجيل الخامس

يمكّن تقسيم شبكة الجيل الخامس مقدمي الخدمات من بناء شبكات افتراضية من طرف إلى طرف مكيفة حسب متطلبات التطبيقات



المصادر

1.الموقع الإلكتروني للاتحاد الدولي للاتصالات int.itu.www .

2.الشبكة العنكبوتية الإنترنت.

3.موقع ويكيبيديا.

4.الموقع الإلكتروني لمنتدى شبكات الـ WiMAX .

5.الموقع الإلكتروني لشركة (Qulaqoum).

6.LTE LTE-ADVANCED SAE VoLTE and 4Gmobile communications

7.nternational Telecommunication Union (2008) Requirements, Evaluation Criteria and Submission Templates for the Development of IMT-Advanced. ITU report ITU-R M.2133.

8.International Telecommunication Union (2008) Requirements Related to Technical Performance for IMT-Advanced Radio Interface(s). ITU report ITU-R M.2134.

9.International Telecommunication Union (2008) Guidelines for Evaluation of Radio Interface Technologies for IMT-Advanced. ITU report ITU-R M.2135.

10.3GPP TS 36.913 (2012) Requirements for Further Advancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) (LTE-Advanced), Release 11, September 2012.

11. 3GPP TS 25.912 (2012) Feasibility Study for Evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) and Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN), Release 11, Section 13.5, September 2012.

12.GTI TD-LTE Radio Network White Paper

13.International Telecommunication Union (2010) ITU World

Radiocommunication Seminar Highlights Future Communication Technologies, www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/48.aspx (accessed 15 October 2013).
14.rd Generation Partnership Project (2013) 3GPP – Releases, www.3gpp.org/releases (accessed 15 October 2013)