

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1801-2
(2013/2)

معايير السطوح البنية الراديوية لأنظمة النفاذ
اللاسلكي عريض النطاق بما في ذلك للتطبيقات
المتنقلة والتطبيقات الجوالة في الخدمة المتنقلة
العامة دون التردد 6 GHz

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع
وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en> حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
أنظمة الاستشعار عن بُعد	RS
الخدمة الثابتة الساتلية	S
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية	SA
تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة	SF
إدارة الطيف	SM
التجميع الساتلي للأخبار	SNG
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني
جنيف، 2014

© ITU 2014

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية *ITU-R M.1801-2

معايير السطوح البينية الراديوية لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق بما في ذلك للتطبيقات المتنقلة والتطبيقات الجواله في الخدمة المتنقلة العاملة دون التردد 6 GHz

(المسألان ITU-R 212-4/5 و ITU-R 238-2/5)

(2013-2010-2007)

1 مقدمة

توصي هذه التوصية بمعايير خاصة بالنفاذ اللاسلكي¹ عريض النطاق في الخدمة المتنقلة. وتتألف هذه المعايير من مواصفات مشتركة أعدتها منظمات وضع المعايير (SDO). وسيتمكن المصنعون والمشغولون بفضل هذه التوصية من تحديد أفضل المعايير التي تلائم احتياجاتهم.

وتوفر هذه المعايير الدعم لعدد كبير من التطبيقات في المدن والضواحي والمناطق الريفية لإرسال بيانات الإنترنت النوعية بالنطاق العريض أو إرسال بيانات الإنترنت وفي الوقت الحقيقي ومنها تطبيقات المهاتفة والمؤتمرات الفيديوية.

2 مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية معايير خاصة للسطوح البينية الراديوية في أنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA) في الخدمة المتنقلة العاملة دون التردد 6 GHz. والمعايير التي تتضمنها هذه التوصية قادرة على تزويد المستعملين بمعدلات بيانات عريضة النطاق مع مراعاة تعريف قطاع الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات لمصطلحي "النفاذ اللاسلكي" و"النفاذ اللاسلكي عريض النطاق" الواردين في التوصية ITU-R F.1399².

ولا ترمي هذه التوصية إلى تحديد نطاقات التردد الملائمة لأنظمة BWA ولا تتطرق إلى أي قضايا تنظيمية.

3 التوصيات ذات الصلة الصادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيات النافذة والهامة لإعداد هذه التوصية هي التالية:

التوصية ITU-R F.1399 - مفردات المصطلحات الخاصة بالنفاذ اللاسلكي.

التوصية ITU-R F.1763 - معايير السطوح البينية الراديوية لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق في الخدمة الثابتة العاملة في تردد أدنى من 66 GHz.

التوصية ITU-R M.1678 - الهوائيات التكميلية في الأنظمة المتنقلة.

* ينبغي لفت انتباه لجنتي الدراسات 2 و 15 لقطاع الاتصالات الراديوية إلى هذه التوصية.

1 يرد تعريف "النفاذ اللاسلكي" و"النفاذ اللاسلكي عريض النطاق" ("BWA") في التوصية ITU-R F.1399 التي تقدم أيضاً تعاريف مصطلحات النفاذ اللاسلكي "الثابت" و"المتنقل" و"الجوال".

2 يتحدد النفاذ اللاسلكي عريض النطاق بأنه نفاذ لا سلكي تفوق مقدرات توصيله (توصيلاته) المعدل الأولي المحدد بمعدل بتات إرسال قدره 1,544 Mbit/s (T1) أو 2,048 Mbit/s (E1). ويتحدد النفاذ اللاسلكي بأنه التوصيل الراديوي (التوصيلات الراديوية) بين المستعمل النهائي والشبكات المركزية.

المختصرات والتسميات المختصرة 4

هوائي تكيفي (<i>Adaptive antenna</i>)	AA
إشعار وصول (قناة) (<i>Acknowledgement (channel)</i>)	ACK
شبكة نفاذ (<i>Access network</i>)	AN
رابطة الصناعات الراديوية والمشروعات (<i>Association of Radio Industries and Businesses</i>)	ARIB
تكرار المحاولة الأوتوماتي (<i>Automatic repeat request</i>)	ARQ
مطراف النفاذ (<i>Access terminal</i>)	AT
الائتلاف لحلول صناعة الاتصالات (<i>Alliance for Telecommunications Industry Solutions</i>)	ATIS
أسلوب نقل غير متزامن (<i>Asynchronous transfer mode</i>)	ATM
قناة التحكم الإذاعية (<i>Broadcast control channel</i>)	BCCH
نسبة أخطاء البتات (<i>Bit-error ratio</i>)	BER
شبكة النفاذ الراديوي عريض النطاق (<i>Broadband radio access network</i>)	BRAN
محطة قاعدة (<i>Base station</i>)	BS
مسير محطة قاعدة (<i>Base station router</i>)	BSR
شفرة دوران فدرية (<i>Block turbo code</i>)	BTC
نفاذ لا سلكي عريض النطاق (<i>Broadband wireless access</i>)	BWA
تشفير تلافيفي (<i>Convolutional coding</i>)	CC
نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة (<i>Code division multiple access</i>)	CDMA
نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة - موجة حاملة متعددة (<i>Code division multiple access – multi carrier</i>)	CDMA-MC
طبقة التوصيل (<i>Connection layer</i>)	CL
مستوي التحكم (<i>Control plane</i>)	C-plane
مؤشر جودة القناة (<i>Channel quality indicator</i>)	CQI
تمديد الشفرة - نفاذ الإرسال المتعدد بتقسيم تعامدي للتردد (<i>Code spread OFDMA</i>)	CS-OFDMA
شفرة دوران تلافيفية (<i>Convolutional turbo code</i>)	CTC
اتصالات رقمية محسنة لا سلكية (<i>Digital enhanced cordless telecommunications</i>)	DECT
تحويل فورييه المنفصل (<i>Discrete Fourier transform</i>)	DFT
تحكم في وصلة البيانات (<i>Data link control</i>)	DLC
نفاذ متعدد بتقسيم شفرة إلى تتابعات مباشرة (<i>Direct-sequence code division multiple access</i>)	DS-CDMA
تمديد الطيف بتتابع مباشر (<i>Direct sequence spread spectrum</i>)	DSSS
قناة مكرسة محسنة (<i>Enhanced dedicated channel</i>)	E-DCH
خدمة عامة راديوية بأسلوب الرزم المحسن (<i>Enhanced general packet radio service</i>)	EGPRS
لب الرزمة المتطورة (<i>Evolved packet core</i>)	EPC
المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (<i>European Telecommunication Standards Institute</i>)	ETSI
تطور البيانات المستثملة (<i>Evolution data optimized</i>)	EV-DO

قناة أمامية (<i>Forward channel</i>)	FC
قناة أمامية للتحكم (<i>Forward control channel</i>)	FCC
إرسال مزدوج بتقسيم التردد (<i>Frequency division duplex</i>)	FDD
التصحيح الأمامي للأخطاء (<i>Forward-error correction</i>)	FEC
معدل الأخطاء في الإطار (<i>Frame error rate</i>)	FER
تمديد الطيف بقفزات التردد (<i>Frequency hopping spread spectrum</i>)	FHSS
تنوع الإرسال بتبديل التردد (<i>Frequency switched transmit diversity</i>)	FSTD
مطراف ثابت (<i>Fixed termination</i>)	FT
شبكة نفاذ راديوي (<i>GSM edge radio access network GSM edge</i>)	GERAN
صنف الخدمة (<i>Grade of service</i>)	GoS
خدمة راديوية عامة بأسلوب الرزم (<i>General packet radio service</i>)	GPRS
نظام عالمي لتحديد المواقع (<i>Global positioning system</i>)	GPS
نفاذ متعدد عالي القدرة بتقسيم المكان (<i>High capacity-spatial division multiple access</i>)	HC-SDMA
شبكة منطقة راديوية عالية الجودة (<i>High performance RLAN</i>)	HiperLAN
شبكة منطقة حضرية راديوية عالية الجودة (<i>High performance metropolitan area network</i>)	HiperMAN
بيانات بأسلوب الرزم عالي المعدل (<i>High rate packet data</i>)	HRPD
نفاذ عالي السرعة بأسلوب الرزم في الوصلة الهابطة (<i>High speed downlink packet access</i>)	HSDPA
قناة متقاسمة عالية السرعة في الوصلة الهابطة (<i>High speed downlink shared channel</i>)	HS-DSCH
نفاذ عالي السرعة بأسلوب الرزم في الوصلة الصاعدة (<i>High speed uplink packet access</i>)	HSUPA
تنسيق التداخل بين الخلايا (<i>Inter-cell interference coordination</i>)	ICIC
معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)	IEEE
فريق مهام هندسة الإنترنت (<i>Internet Engineering Task force</i>)	IETF
بروتوكول الإنترنت (<i>Internet protocol</i>)	IP
التحكم في النفاذ إلى الوصلة (<i>Link access control</i>)	LAC
شبكة محلية (<i>Local area network</i>)	LAN
تحقق التعادلية بكثافة منخفضة (<i>Low density parity check</i>)	LDPC
التحكم في الوصلة المنطقية (<i>Logic link control</i>)	LLC
التطور الطويل الأجل (<i>Long term evolution</i>)	LTE
التحكم في النفاذ إلى الوسط (<i>Medium access control</i>)	MAC
شبكة منطقة حضرية (<i>Metropolitan area network</i>)	MAN
تشكيل حزم متزامنة بموجات حاملة متعددة (<i>Multi-carrier synchronous beamforming</i>)	MCSB
دخل متعدد، خرج متعدد (<i>Multiple input multiple output</i>)	MIMO
محطة متنقلة (<i>Mobile station</i>)	MS
لا يقع في خط البصر (<i>Non-line-of-sight</i>)	NLoS

تعدد إرسال بتقسيم متعامد للترددات (<i>Orthogonal frequency division multiplexing</i>)	OFDM
نفاذ متعدد الإرسال بتقسيم متعامد للترددات (<i>Orthogonal frequency division multiple access</i>)	OFDMA
توصيل بيني للأنظمة المفتوحة (<i>Open systems interconnection</i>)	OSI
نسبة ذروة القدرة إلى متوسط القدرة (<i>Peak-to-average power ratio</i>)	PAPR
بروتوكول تقارب بيانات الرزم (<i>Packet data convergence protocol</i>)	PDCP
نظام هواتف محمول شخصي (<i>Personal handyphone system</i>)	PHS
الطبقة المادية (<i>Physical layer</i>)	PHY
بروتوكول الطبقة المادية (<i>Physical layer protocol</i>)	PLP
مؤشر المصفوفة المفضلة (<i>Preferred matrix index</i>)	PMI
مطراف محمول (<i>Portable termination</i>)	PT
تشكيل الاتساع التريعي (<i>Quadrature amplitude modulation</i>)	QAM
نوعية الخدمة (<i>Quality-of-service</i>)	QoS
قناة النفاذ الراجعة (<i>Reverse access channel</i>)	RAC
تردد راديوي (<i>Radio frequency</i>)	RF
تكنولوجيات السطح البيئي الراديوي (<i>Radio Interface Technologies</i>)	RIT
شبكة الراديو للمنطقة المحلية (<i>Radio local area network</i>)	RLAN
تحكم في الوصلة الراديوية (<i>Radio link control</i>)	RLC
بروتوكول الوصلة الراديوية (<i>Radio link protocol</i>)	RLP
قناة حركة الرجوع (<i>Reverse traffic channel</i>)	RTC
موجة حاملة أحادية (<i>Single carrier</i>)	SC
نفاذ متعدد بتقسيم الموجة الحاملة الوحيدة (<i>Single carrier-frequency division multiple access</i>)	SC-FDMA
زمرة موجات حاملة فرعية (<i>Subcarrier group</i>)	SCG
نفاذ متعدد بتقسيم المكان (<i>Spatial division multiple access</i>)	SDMA
منظمة وضع المعايير (<i>Standards development organization</i>)	SDO
تشفير كتلة مكانية من الترددات (<i>Space frequency block coding</i>)	SFBC
دخل وحيد خرج وحيد (<i>Single input single output</i>)	SISO
طبقة الأمن/الجلسة/التدفق (<i>Security/session/stream layer</i>)	SL
تعدد إرسال مكاني (<i>Spatial multiplexing</i>)	SM
بروتوكول شبكة التشوير (<i>Signalling network protocol</i>)	SNP
قنوات شفرة الحركة (<i>Traffic code channels</i>)	TCC
إرسال مزدوج بتقسيم الزمن (<i>Time-division duplex</i>)	TDD
نفاذ متعدد بتقسيم الزمن (<i>Time-division multiple access</i>)	TDMA
موجة حاملة أحادية للنفاذ (<i>TDMA-single carrier TDMA</i>)	TDMA-SC
نفاذ CDMA مترامن بتقسيم الزمن (<i>Time-division-synchronized CDMA</i>)	TD-SCDMA

رابطة تكنولوجيا الاتصالات (Telecommunications Technology Association)	TTA
فترة وقت الإرسال (Transmission time interval)	TTI
مستوي المستعمل (User plane)	U-plane
نطاق عريض لا سلكي (Wireless broadband)	WiBro
شبكة لا سلكية لمنطقة حضرية (Wireless metropolitan area network)	WirelessMAN
لجنة التكنولوجيات والأنظمة اللاسلكية (Wireless Technologies and Systems Committee)	WTSC
نفاذ لا سلكي إلى شبكة الإنترنت بالنطاقات العريضة (Wireless widebands Internet access)	WWINA
منصة عالمية موسعة (eXtended Global Platform)	XGP

5 تنبيه

توصي التوصية ITU-R F.1763 بمعايير السطوح البينية الراديوية لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق في الخدمة الثابتة العاملة دون التردد 66 GHz.

إن جمعية الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات،

توصي

باستخدام المعايير الخاصة بالسطوح البينية الراديوية الواردة في الملحق 1 من 1 إلى 8 باعتبارها ملائمة لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA) في الخدمة المتنقلة العاملة دون التردد 6 GHz.

الملاحظة 1 - يقدم الملحق 9 ملخصاً لخصائص المعايير الواردة في الملحق 1 من 1 إلى 8.

الملحق 1

الشبكات المحلية الراديوية عريضة النطاق

توفر الشبكات المحلية الراديوية (RLAN) توسعاً للشبكات المحلية السلكية التي تستعمل الموجات الراديوية كوسيط توصيل. وهي تضم تطبيقات تصلح للبيئة التجارية، حيث تتيح وفورات كبيرة في التكاليف والوقت الضروريين لإنشاء شبكة، وتطبيقات في بيئة منزلية، حيث تقدم توصيلاً مرناً بتكلفة زهيدة للحواسيب المتعددة المستعملة في المنزل، وتطبيقات في بيئة جامعية وعامة، حيث يتزايد استعمال الحواسيب المحمولة لأغراض تجارية أو شخصية أثناء السفر وبسبب تزايد مزاولة العمل المتنقل، مثل حالة العمال المتنقلين الذين يستعملون حواسيبهم المحمولة الشخصية ليس في المكتب والمنزل فحسب، بل في الفنادق ومراكز المؤتمرات والمطارات والقطارات والطائرات والسيارات أيضاً. وباختصار تتوجه هذه الشبكات بصورة رئيسية لتطبيقات النفاذ اللاسلكي المتنقل فيما يتعلق بنقطة النفاذ (أي عندما يكون المستعمل في عربة متحركة تكون نقطة النفاذ أيضاً في العربة).

وترد معايير الشبكة المحلية الراديوية عريضة النطاق في التوصية ITU-R M.1450، ويمكن تجميعها على النحو التالي:

- المعيار IEEE 802.11

- المعيار ETSI BRAN HIPERLAN

- المعيار .ARIB HiSWANa

1 المعيار IEEE 802.11

طور الفريق العامل للمعيار IEEE 802.11™ معايير للشبكات المحلية الراديوية RLANs، IEEE Std 802.11-2012 والتي تعتبر جزءاً من سلسلة IEEE 802 للمعايير لشبكات المناطق المحلية والحضرية. وقد صُممت وحدة التحكم في النفاذ إلى الوسط في IEEE Std 802.11 لدعم وحدات الطبقات المادية بالنحو الذي تعتمد عليه رهناً بتوافر الطيف. ويعمل المعيار IEEE Std 802.11 داخل النطاق الذي يتراوح بين 2 400-2 500 MHz، وداخل النطاقات التي تضم 3 650-3 700 MHz و 4,94-4,99 GHz و 5,03-5,091 GHz و 5,15-5,25 GHz و 5,25-5,47 GHz و 5,725-5,725 GHz و 5,850-5,725 GHz. ويستخدم المعيار IEEE Std 802.11 تقنية تمديد بقفزات التردد (FHSS)، وتمديد الطيف المتتابع المباشر (DSSS) وتقنية تعدد الإرسال بالتقسيم المتعامد للتردد (OFDM) وتقنية دخل متعدد خرج متعدد (MIMO).

وتشمل التعديلات التي أدخلت على المعيار القاعدي IEEE 802.11-2012 تحديد أولويات أطر الإدارة (IEEE 802.11ae)، والبث المتدفق السمعي الفيديوي المتين (IEEE 802.11aa).

والعنوان URL للفريق العامل المعني بـ IEEE 802.11 هو <http://www.ieee802.org/11> ويتوافر مجاناً المعيار IEEE 802.11-2012 وبعض التعديلات عن طريق برنامج Get IEEE 802™ على العنوان التالي <http://standards.ieee.org/about/get>، وسوف تتوافر التعديلات المعتمدة مجاناً بعد النشر بستة أشهر. وتوجد تعديلات معتمدة وبعض مشروعات التعديلات للشراء على العنوان <http://www.techstreet.com/ieeegate.html>.

2 المعيار HIPERLAN الصادر عن اللجنة التقنية BRAN للمعهد ETSI

طورت اللجنة التقنية للمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI TC) المعنية بشبكات النفاذ الراديوية عريضة النطاق (BRAN) مواصفات المعيار HiperLAN 2. وهو معيار مرن للشبكات المحلية الراديوية (RLAN) مصمم لتوفير نفاذ عالي السرعة يصل معدله إلى 54 Mbit/s في الطبقة المادية (PHY) لعدة شبكات ومنها الشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت (IP) التي تستخدم عادة أنظمة الشبكات RLAN. وتخصص بعض طبقات التقارب للعمل مع شبكات الإنترنت والشبكات IEEE 1394 و ATM. وتتضمن تطبيقاتها الأساسية البيانات النصية والصوتية والفيديوية وتراعي معلمات نوعية خدمة محددة. ويمكن نشر الأنظمة HiperLAN 2 في المكاتب وقاعات التدريس والمنازل والمعامل ومناطق التجمع لصالات المعارض، وبصورة عامة في المكان الذي يشكل فيه الإرسال الراديوي بديلاً فعالاً للتقنية السلكية أو يكملها.

والمعيار HiperLAN 2 مصمم للعمل في النطاقات 5,15-5,25 GHz و 5,25-5,35 GHz و 5,47-5,725 GHz. والمواصفات الرئيسية هي TS 101 475 (الطبقة المادية) و TS 101 761 (طبقة التحكم بوصلة البيانات) و TS 101 493 (طبقات التقارب). وجميع معايير المعهد ETSI متاحة في صيغتها الإلكترونية في العنوان <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>، مع تحديد رقم المعيار في خانة البحث.

وطورت اللجنة ETSI TC BRAN أيضاً مواصفات اختبار المطابقة لأغراض المعايير الرئيسية HiperLAN 2 بهدف تأمين إمكانية التشغيل البيئي للأجهزة والمنتجات الصادرة عن مصنعين مختلفين. وتضم مواصفات الاختبار هذه اختبار العمليات الراديوية والتحقق من البروتوكول على حد سواء.

وعملت اللجنة ETSI TC BRAN جنباً إلى جنب مع فريق العمل 802.11 التابع للمعهد IEEE-SA ومع فريق العمل المعني بشبكات النفاذ اللاسلكي عالية السرعة في اليابان من أجل تأمين الاتساق بين الأنظمة التي تضعها هذه الهيئات الثلاث للعمل في نطاقات التردد 5 GHz.

3 اللجنة HSWA³ التابعة للمنتدى MMAC⁴

وقد أعدت اللجنة HSWA التابعة للمنتدى MMAC معياراً وافقت عليه الرابطة ARIB⁵ ونشرته وهو يتعلق بأنظمة اتصالات النفاذ المتنقل عريض النطاق ويسمى HiSWANa (ARIB STD-T70). ويقتصر مجال تطبيق المواصفات التقنية على السطح البيئي الراديوي والسطوح البينية للخدمة في الأنظمة الفرعية اللاسلكية ووظائف طبقة التقارب ووظائف الدعم الضرورية لتنفيذ الخدمات.

وتصف المواصفات التقنية الطبقة المادية (PHY) وطبقة التحكم في النفاذ إلى الوسيط (MAC) في وصلة البيانات (DLC)، وهي طبقات مستقلة عن الشبكة المركزية. وتصف أيضاً طبقة التقارب الخاصة بالشبكة المركزية. ويتراوح معدل البيانات عادة بين 6 و 36 Mbit/s. كما يستعمل تقنية تعدد الإرسال بالتقسيم المتعامد للتردد (OFDM) والنظام TDMA-TDD. ويوفر النظام تطبيقات متعددة الوسائط من خلال تقديم آليات تتيح التحكم في نوعية الخدمة (QoS). وتتوفر إمكانية نقل محدودة للمستعمل داخل منطقة الخدمة المحلية. ولا تتوفر حالياً إلا خدمة الإنترنت.

ويعمل النظام HiSWANa في نطاق التردد GHz 5 (4,9-5,0 GHz و 5,15-5,25 GHz).

الملحق 2

السطوح البينية الراديوية للأرض في الاتصالات IMT-2000

تستمد عناوين هذا القسم من الفقرة 5 من التوصية ITU-R M.1457، حيث يمكن أيضاً الحصول على معلومات إضافية محدّثة.

1 نظام نفاذ CDMA مع تمديد مباشر للاتصالات IMT-2000⁶

نظام النفاذ الراديوي UTRAN هو نظام نفاذ CDMA بتتابع مباشر (DS CDMA) وتمديد معلومات لعرض نطاق قدره 5 MHz تقريباً بمعدل Mchip/s 3,84. وتستعمل تقنيات متطورة للتشكيل، (64-QAM في الوصلة الهابطة، و 16-QAM في الوصلة الصاعدة)، والدعم المحسن L2 لمعدلات البيانات العالية وتقنيات التشفير وهوائيات متعددة المدخلات متعددة المخرجات والتشفير العنفي لتأمين نفاذ الرزم بسرعة عالية.

ويقسم الإطار الراديوي البالغ طوله 10 ms إلى 15 فترة زمنية (2 560 chip/slot في معدل قدرة Mchip/s 3,84). وتتحدد بالتالي قناة مادية باعتبارها شفرة (أو عدد من الشفرات). وتحدد أطر فرعية طولها 2 ms مكونة من 3 فترات زمنية لأغراض القناة المتقسمة بمعدل عال في الوصلة الهابطة (HS-DSCH) والقناة المكرسة المحسنة (E-DCH) (نفاذ بأسلوب الرزم عالي السرعة في الوصلة الصاعدة (HSUPA)) وقنوات التشوير المصاحبة. ويتحدد إطاران فرعيان قدر الواحد منهما 2 ms يتألفان من 3 فترات زمنية وتحقق هذه التكنولوجيا معدلات بيانات مرتفعة للغاية تصل إلى 42 Mbit/s بالنسبة للوصلة الهابطة وتصل إلى 11 Mbit/s بالنسبة للوصلة الصاعدة. وفي الوصلة الهابطة، يُجمع بين المزيد من التحسينات في نفاذ DC-HSDPA وبين ميزة MIMO لدعم ذروة معدلات بيانات تصل إلى 84 Mbit/s. وفي الوصلة الصاعدة، تنطبق ميزة الخلية المزدوجة أيضاً على اثنين من الترددات المتجاورة في نفس النطاق مع الوصلة الصاعدة المعززة من أجل دعم ذروة معدلات بيانات تصل

3 Multimedia Mobile Access Communication Systems Promotion Council

(يسمى الآن "Multimedia Mobile Access Communication Systems Forum") أو ("MMAC Forum").

4 .High Speed Wireless Access Committee

5 .Association of Radio Industries and Businesses

6 انظر الفقرة 1.5 من التوصية ITU-R M.1457.

إلى 23 Mbit/s. ويمكن تحقيق مديات خلوية (تصل إلى 180 km) في ظروف الانتشار الطيبة (كالصحراء والحقول العشبية والحقول الخالية والمناطق الساحلية إلى غير ذلك).

ولتحقيق دعم يتسم بالكفاءة ودائم في السماح في نفس الوقت بالتوفير في UE مع زيادة سعة السطح البيئي الهوائي، فإن المواصفات تشتمل أيضاً على رزمة من الخصائص التوصيلية (CPC). وثمة دعم لخدمات الصوت CS في HSPA.

ويتحدد السطح البيئي الراديوي على نحو يتيح عدداً كبيراً من الخدمات لتأمين خدمات تعمل بتبديل الدارات (مثل الشبكات PSTN و ISDN) وخدمات تعمل بتبديل الرزم (مثل شبكات الإنترنت) على حد سواء. وقد صمم بروتوكول راديوي مرن يتيح للمستعمل أن يستخدم في نفس الوقت عدة خدمات مختلفة مثل خدمات الهاتف والبيانات والوسائط المتعددة وأن ترسلها إرسالاً متعدداً على موجة حاملة واحدة. وتؤمن خدمات الوسائط الراديوية المحددة خدمات في الوقت الفعلي وفي غير الوقت الفعلي على حد سواء باستعمال نقل بيانات شفاف و/أو غير شفاف. وتضبط نوعية الخدمة من حيث وقت الانتشار واحتمالية أخطاء البتات ونسبة أخطاء الأطر (FER).

وتؤمن معمارية شبكة النفاذ الراديوي أيضاً خدمات إذاعة متعددة الوسائط وإرسال متعدد، مثل إتاحة توزيع محتويات متعددة للوسائط إلى مجموعات المستعملين في قناة حاملة من نقطة إلى عدة نقاط.

واستحدث نظام النفاذ الراديوي المطور E-UTRAN من أجل تطوير تكنولوجيا النفاذ الراديوي لتحقيق معدل بيانات مرتفع، ومعدل كُمون منخفض ونفاذ راديوي بالاستخدام الأمثل للرزم.

ويعتمد مخطط إرسال الوصلة الهابطة على تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) التقليدي لتوفير درجة عالية من المانة إزاء انتقائية ترددات القنوات، بينما يمكن في الوقت ذاته تنفيذ مستقبلات منخفضة التعقيد في عروض نطاقات واسعة جداً. ويعتمد مخطط إرسال الوصلة الصاعدة على النفاذ المتعدد بتقسيم الموجة الحاملة الوحيدة (SC-FDMA)، وبعبارة أدق، فهو يعتمد على تحويل فورييه المنفصل لتعدد الإرسال الممدد بالتقسيم التعامدي للتردد (DFTS-OFDM). وهو يدعم أيضاً التخصيص متعدد العناقيد لتحويل DFTS-OFDM. وما يدعو إلى استعمال إرسال DFTS-OFDM هذا للوصلة الصاعدة هو النسبة الأخفض لذروة القدرة إلى متوسط القدرة (PAPR) للإشارة المرسل بالمقارنة مع تعدد الإرسال OFDM التقليدي.

ويدعم نظام E-UTRA عروض نطاقات من حوالي 1,4 MHz إلى 100 MHz، مما يُفضي إلى ذروة معدلات بيانات تصل إلى نحو 3 Gbit/s في الوصلة الهابطة و 1,5 Gbit/s في الوصلة الصاعدة. ويُستخدم تجميع الموجات الحاملة، أي الإرسال المتزامن لموجات حاملة متعددة المكونات بالتوازي من/إلى نفس المطراف، لدعم عروض نطاقات أكبر من 20 MHz.

2 تقنية النفاذ CDMA مع موجات حاملة 7 متعددة IMT-2000

ثمة خياران في السطح البيئي الراديوي cdma2000 هما: cdma2000 حيث تستخدم موجتان حاملتان أو ثلاث موجات حاملة RF أو HRPD رزم البيانات عالية المعدل التابعة لـ cdma2000 حيث تستعمل منها من موجة حاملة إلى خمس عشرة موجة حاملة RF.

ويقدم خيار التشغيل cdma2000 الدعم إلى واحد أو ثلاثة Mchips/s 1,2288 من الموجات الحاملة RF. ويتحدد السطح البيئي الراديوي بحيث يتيح عدداً كبيراً من الخدمات بتبديل الدارات (مثل شبكات PSTN أو ISDN) والخدمات بتبديل الرزم (مثل شبكات تستعمل بروتوكول الإنترنت). وقد صمم البروتوكول الراديوي ليتيح للمستعمل أن يستخدم في نفس الوقت وبمرونة عدة خدمات مختلفة كالمهاتف والبيانات والوسائط المتعددة وأن يرسلها على موجة حاملة واحدة. وتقدم خدمات الموجات الحاملة الراديوية المحددة خدمات في الوقت الفعلي وفي الوقت غير الفعلي على حد سواء من خلال استخدام نقل بيانات بأسلوب شفاف و/أو غير شفاف. ويمكن ضبط نوعية الخدمة (QoS) من حيث وقت الانتشار واحتمال أخطاء البتات ومعدل أخطاء الإطار (FER).

وتتضمن مواصفة السطح البيئي الراديوي خصائص محسنة تتيح إرسال بيانات بأسلوب الرزم عالي السرعة وخدمات أخرى مثل المهاتفة في نفس الوقت على موجة حاملة واحدة. وقد أدخلت على وجه التحديد خصائص لوصلة الرجوع المحسنة، مما أتاح تحسين القدرة والتغطية، وتجاوزت معدلات البيانات الحد الأقصى الحالي في الوصلة الصاعدة وانخفض وقت الانتشار وقلت تغيراته في وصلة الرجوع.

وتقدم معمارية شبكة النفاذ الراديوي أيضاً خدمات الإذاعة متعددة الوسائط وتعدد الإرسال، أي أنها تتيح توزيع محتويات متعددة الوسائط إلى مستعملين في دارة موجات حاملة من نقطة إلى عدة نقاط.

وفيما يتعلق بإرسال بيانات الرزم عالي المعدل cdma2000، تتألف قناة الذهاب المنتشرة في واحدة من الموجات الحاملة RF البالغ عددها 15 قناة من القنوات متعددة الإرسال بتقسيم الزمن التالية: القناة الدليلة، وقناة الذهاب للتحكم في النفاذ إلى الوسيط (MAC) وقناة التحكم وقناة حركة الذهاب. وتحمل قناة حركة الذهاب رزم بيانات المستعمل. وتحمل قناة التحكم رسائل التحكم وقد تحمل أيضاً حركة المستعمل. وتقسم كل قناة إلى أربع قنوات متعددة الإرسال حسب توزيع شفرة ولش (Walsh).

وتتألف القناة cdma2000 HRPD MAC من قناتين فرعيتين هما قناة التحكم في قدرة الرجوع (RPC) وقناة نشاط الرجوع (RA). وتنقل القناة RA تدفق بتات نشاط وصلة الرجوع (RAB). ورمز كل قناة MAC مشكل بالأسلوب BPSK لكل كلمة شفرة من كلمات شفرة ولش الأربع والستين 64-ary.

وقناة حركة الذهاب هي قناة تعمل بأسلوب الرزم وبمعدل متغير. وتنقل بيانات المستعمل في مطراف نفاذ بمعدل يتراوح بين 38,4 kbit/s و 4,9 Mbit/s لكل حاملة 1,2288 Mcips/s. وتشفر بيانات قناة حركة الذهاب وقناة التحكم وتخلط وتشذر. وتلقم البيانات الناتجة عن مشذر القناة في المشكل QPSK/8-PSK/16-QAM/64-QAM. وتكرر تتابعات الرموز المشكلة وتبتر حسب الاقتضاء. ثم يفك تعدد إرسال التتابعات الناتجة عن رموز التشكيل لتحويلها إلى 16 زوجاً من التدفقات المتوازية (في الطور والتريب). ويعطي كل تدفق من التدفقات المتوازية وظيفه ولش منفصلة من 16 بته بمعدل يفرضي إلى توليد رموز ولش بمعدل 76,8 ksymbol/s. وتجمع كافة الرموز المشفرة بأسلوب ولش لتشكيل تدفقاً واحداً في الطور وتدفقاً تريبعياً واحداً بمعدل 1,2288 Mcips/s. ويتعدد إرسال العناصر الناتجة بتقسيم الزمن مع عناصر الاستهلال والقناة الدليلة والقناة MAC ليشكل التتابع النهائي للعناصر اللازمة للتمديد التريبعي.

ويمكن إرسال رزم الطبقة المادية لقناة حركة الذهاب في فترات زمنية تتراوح بين 1 و 16. وعندما يتجاوز عدد الفترات الموزعة الواحدة، تستخدم الفترات المرسل في التداخل الحادث بين الأربع فترات زمنية. أي أن الفترات المرسل من الرزمة تفصل بينها ثلاث فترات وترسل فترات الرزم الأخرى في فترات تقع بين فواصل الإرسال هذه. فعند استلام إشعار وصول على القناة ACK لوصلة الرجوع يفيد بأن رزمة الطبقة المادية قد استلمت في قناة حركة الذهاب قبل إرسال جميع الفترات المحددة، لا ترسل الفترات المتبقية التي لم ترسل، وتستعمل الفترة المحددة القادمة كفترة زمنية أولى لإرسال رزمة الطبقة المادية التالية.

وتتألف قناة الرجوع CDMA للإرسال cdma2000 المحمولة في قناة راديوية RF مكرسة من قناة نفاذ وقناة حركة رجوع. ويستعمل مطراف النفاذ قناة النفاذ من أجل الشروع باتصال مع شبكة نفاذ أو الرد على رسالة موجهة إلى مطراف للنفاذ. وتتألف قناة النفاذ من قناة دليلة وقناة بيانات. وتستعمل المحطة المتنقلة قناة حركة الرجوع لإرسال حركة خاصة بالمستعمل أو إرسال معلومات إلى شبكة النفاذ. وتتضمن قناة حركة الرجوع قناة دليلة وقناة مؤشر معدل الرجوع (RRI) وقناة تحكم بمعدل البيانات (DRC) وقناة إشعار (ACK) وقناة بيانات. وتنقل بيانات المستعمل في مطراف نفاذ بمعدل يتراوح بين 4,8 kbit/s و 1,8 Mbit/s لكل حاملة Mcips/s 1,2288. وتستعمل القناة RRI للدلالة على معدل إرسال البيانات في قناة حركة الرجوع. وهي قناة متعددة الإرسال بتقسيم الزمن مع القناة الدليلة. وتستعمل المحطة المتنقلة القناة DRC لتدل شبكة النفاذ على معدل بيانات قناة حركة الذهاب الذي يمكن توفيره وعلى أفضل قطاع خدمة في قناة الذهاب CDMA. ويستعمل مطراف النفاذ القناة ACK لإبلاغ شبكة النفاذ باستلام أو عدم استلام رزم البيانات المرسل على قناة حركة الذهاب.

وفيما يتعلق بالنفاذ HRPD المحسّن، يتم استخدام طلب تكرار المحاولة الأوتوماتي الهجين (H-ARQ) في الطبقة المادية وبأطوال أطر مختصرة، وتحكم سريع في البرجة/المعدل ومع تشكيل وتشفير تكييفيين من أجل زيادة الحد الأقصى لمعدل إرسال بيانات نظام في وصلة الرجوع.

1.2 نظام النطاق العريض فائق التنقل

إن النظام العريض النطاق فائق التنقل "UMB" يُقدّم تصميماً موحداً لكل من أسلوب التشغيل الكامل أو النصفى للإرسال المزدوج بتقسيم التردد (FDD) والإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) تدعّمه في ذلك عروض نطاق متدرجة تتراوح بين 1,25 MHz و 20 MHz. وهذا النظام مصمم للنفاذ القوي إلى النطاق العريض المتنقل، وهو معزز ليتمتع بكفاءة طيف عالية وفترات كمون قصيرة باستخدام تشكيل متقدم، وتكييف وصلي، وتقنيات إرسال متعددة الهوائيات. وتستخدم سرعة إنهاء التشغيل اليدوي (Fast handling) وسرعة التحكم في الطاقة، وإدارة التداخل بين القطاعات. أما التشكيل والتكييف التشفيري مع طلب التكرار الأوتوماتي المرتفع (H-ARQ) والتشفير العنفي (وتحقق التعادلية بكثافة منخفضة أمر اختياري) فتستخدم في تحقيق الكفاءات الطيفية المرتفعة. ويوفر تخطيط النطاقات الفرعية أداءً محسناً على الوصلة الأمامية والرجعية عن طريق استغلال المكاسب الناتجة عن تنوع كثرة المستعملين في الحركة الحساسة للكُمون.

وتنهض الوصلة الأمامية على النفاذ متعدد الإرسال بتقسيم متعامد للترددات (OFDMA) ويعززها وجود تقنيات إرسال متعدد الهوائيات تشمل الدخل المتعدد، الخرج المتعدد MIMO، وتشكيل الحزم ذي الدارة المغلقة، والنفاذ المتعدد بالتقسيم المكاني وحد أقصى من تعدد الإرسال المكاني ترتيب 4. أما الحد الأدنى من كُمون إعادة الإرسال فيقرب من 5,5 ms ويتحقق أقصى معدل يزيد على 288 Mbit/s بالترتيب 4 من MIMO بـ 20 MHz.

إن الوصلة العكسية تكون شبه عمودية. أي أنها تستعمل الإرسال العمودي الذي يعتمد على النفاذ متعدد الإرسال بتقسيم متعامد للترددات (OFDMA) وكذلك الإرسال المتعدد غير العمودي للمستعمل المزود بترابك طباقى أو هوائيات متعددة الاستقبال (SDMA) (لنفاذ المتعدد بتقسيم المكان). وتشمل الوصلة العكسية أيضاً إرسال بالنفاذ المتعدد بتقسيم الشفرة (CDMA) للحركة ذات المعدل المنخفض. وتتحقق إدارة التداخل عن طريق إعادة الاستخدام النسبي للترددات. ويمكن الحصول على التوازن بين الصيب/والانسباب عن طريق التحكم في توزيع القوة على أساس تداخل مواقع الخلايا الأخرى. وتستعمل الوصلة العكسية قطعة تحكم CDMA وقطعة تحكم OFDMA. ويستعمل هذا النظام نفاذاً سريعاً ذا طلبات بطيئة وطلبات سريعة بلا بتات خدمة. وتستعمل الوصلة العكسية إشارة إحالة عريضة النطاق للتحكم في القدرة، والقرارات الذاتية، والتخطيط في النطاق الفرعي. ويسمح تصميم UMB MAC بالإرسال بواسطة الوصلة العكسية الموفرة للقدرة وذلك عن طريق مطرافيات ذات قدرة محدودة عن طريق التخطيط. ويصل كُمون إعادة الإرسال بالوصلة العكسية إلى نحو 7,3 ms ويصل أقصى معدل بيانات إلى ما يزيد على 75 Mbit/s في عرض نطاق قدرة 20 MHz (ذي كلمة شفوية واحدة ذات تشفير شبه عمودي).

صمم النطاق UMB للتشغيل في توزيعات غير تزامنية جزئياً أو كلياً، ومع ذلك تزداد قدرات السطح البيئي الهوائي للاستفادة من التزامن فيما بين الخلايا. والقنوات الدليلية المنخفضة (بدون بتات) (القنوات الإرشادية) فيتم استحداثها للتمكين من البحث المجاور قليل التعقيدات وتيسير تبادل نفس التردد وكذلك التبادل داخل الترددات مع عدم السماح إلا بأقل قدر من التقطع.

ويعرض UMB أساليب تشغيل ذات سمات موفرة للقدرة وذلك لتحسين عمر بطاريات المطراف. ويتم، بصورة محددة، تعظيم إمكانيات أسلوب التداخل التشابكي لاستيعاب التطبيقات الحساسة لانخفاض معدل الكُمون مثل نقل الصوت بواسطة بروتوكول الإنترنت (VoIP)، بينما توجد حالة شبة توصيل ترمي إلى توفير القدرة عن طريق استعمال DTX/DRX ذي حركة لا تتأثر بانخفاض الكُمون أثناء دورة التشغيل.

3 النظام IMT-2000 CDMA TDD⁸

يتحدد السطح البيئي للإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) بنفاذ راديوي عالمي للأرض (UTRA) على أنه يوفر ثلاثة خيارات، يسمى الأول TDD بمعدل Mchip/s 1,28 (TD-SCDMA) والثاني TDD بمعدل Mchip/s 3,84 والثالث TDD بمعدل Mchip/s 7,68.

وقد أعد السطح البيئي الراديوي UTRA TDD لهدف قوي هو الاتساق مع مكونة الإرسال المزدوج بتقسيم التردد (FDD) (انظر الفقرة 1) من أجل تحقيق أكبر قدر من العناصر المشتركة. وقد تحقق ذلك في اتساق معلمات هامة للطبقة المادية وتحددت مجموعة مشتركة من بروتوكولات الطبقات العليا لكل من الإرسالين FDD و TDD حيث يتقاسم الإرسال TDD بالمعدل Mchip/s 1,28 مع الإرسال TDD بالمعدل Mchip/s 3,84 والإرسال TDD بالمعدل Mchip/s 7,68 خصائص كثيرة. ويلبي النظام UTRA TDD بفضل الخيارات الثلاثة، مختلف احتياجات أقاليم الاتحاد بطريقة مرنة، ويتحدد في مجموعة مواصفات مشتركة.

ونظام النفاذ الراديوي هو نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة وتتابع مباشر. وهناك ثلاثة خيارات لمعدل العناصر، هما الإرسال TDD بمعدل Mchip/s 3,84 مع تمديد معلومات في عرض نطاق يقارب 5 MHz ومعدل قدره Mchip/s 3,84. والإرسال TDD بمعدل Mchip/s 7,68 مع تمديد معلومات في عرض نطاق يزيد على 10 MHz ومعدل قدره Mchip/s 7,68 و TDD بمعدل قدره Mchip/s 1,28 مع تمديد معلومات على عرض نطاق قدره 1,6 MHz، ومعدل عناصر قدره Mchip/s 1,28 ويتحدد السطح البيئي الراديوي بحيث يوفر عدداً كبيراً من الخدمات ليؤمن بشكل فعال خدمات تعمل بتبديل الدارات (مثل شبكات PSTN و ISDN) وخدمات تعمل بتبديل الرزم (مثل الشبكات التي تستعمل بروتوكول الإنترنت). وقد صمم بروتوكول راديوي مرن يتيح للمستعمل أن يستعمل في نفس الوقت عدة خدمات مختلفة، كالمهاجمة والبيانات والوسائط المتعددة وأن يعدد إرسالها في موجة حاملة واحدة. وتوفر خدمات القنوات الحاملة الراديوية المحددة خدمات في الوقت الفعلي وغير الفعلي باستخدام نقل البيانات بالأسلوب الشفاف و/أو غير الشفاف. ويمكن ضبط نوعية الخدمة (QoS) من حيث وقت التأخير والمعدل BER والمعدل FER.

وتشمل مواصفة السطح البيئي الراديوي خصائص محسنة للنفاذ عالي السرعة للرمز في الوصلة الهابطة HSDPA ودعم L2 محسن للمعدلات العالية من البيانات. وتسمح بالإرسال للبيانات بالرمز بالوصلة الهابطة بصورة تصل إلى أقصى معدلات البيانات وهي 2,8 Mbit/s و 10,2 Mbit/s و 20,4 Mbit/s، لكل من Mchip/s 1,28 و Mchip/s 3,84 و Mchip/s 7,68، على التوالي. كما تتيح إرسالاً متأوناً وسريعاً لبيانات الرزم وخدمات أخرى كالكلام على قناة حاملة وحيدة. وقد استحدثت خصائص الوصلة الصاعدة المعززة، مما سمح بتحسين السعة والتغطية، كما بمعدلات أعلى من البيانات، وقللت من فترات التأخير وتفاوت التأخير بالنسبة للوصلة الصاعدة.

إن إضافة التشكيل الأعلى (16-QAM) إلى الوصلة الصاعدة المعززة، يسمح بمعدلات قصوى من البيانات تصل إلى نحو 2,2 Mbit/s و 9,2 Mbit/s و 17,7 Mbit/s بالنسبة لكل من الأسلوب Mchip/s 1,28 و Mchip/s 3,84 و Mchip/s 7,68 على التوالي. وقد أضيف دعم إلى تشغيل التردد المتعدد لأسلوب UTRA TDD بمعدل Mchip/s 1,28.

وتوفر معمارية شبكة النفاذ الراديوي أيضاً خدمات الإذاعة متعددة الوسائط وخدمات الإرسال المتعدد أي إنها تتيح توزيع المحتويات متعددة الوسائط إلى مجموعات المستعملين في قنوات حاملة من نقطة-إلى-عدة نقاط.

واستحدثت نظام النفاذ الراديوي المطور E-UTRAN من أجل تطوير تكنولوجيا النفاذ الراديوي لتحقيق معدل بيانات مرتفع، ومعدل كُمون منخفض ونفاذ راديوي بالاستخدام الأمثل للرمز.

ويعتمد مخطط إرسال الوصلة الهابطة على تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) التقليدي لتوفير درجة عالية من المتانة إزاء انتقائية ترددات القنوات، بينما يمكن في الوقت ذاته تنفيذ مستقبلات منخفضة التعقيد في عروض نطاقات واسعة جداً.

ويعتمد مخطط إرسال الوصلة الصاعدة على النفاذ المتعدد بتقسيم الموجة الحاملة الوحيدة (SC-FDMA)، وبعبارة أدق، فهو يعتمد على تحويل فورييه المنفصل لتعدد الإرسال الممدد بالتقسيم التعامدي للتردد (DFTS-OFDM). وهو يدعم أيضاً التخصيص متعدد العناقيد لتحويل DFTS-OFDM. وما يدعو إلى استعمال إرسال DFTS-OFDM هذا للوصلة الصاعدة هو النسبة الأخفض لذروة القدرة إلى متوسط القدرة (PAPR) للإشارة المرسل بالمقارنة مع تعدد الإرسال OFDM التقليدي.

ويدعم نظام E-UTRA عروض نطاقات من حوالي 1,4 MHz إلى 100 MHz، مما يُفضي إلى ذروة معدلات بيانات تصل إلى نحو 3 Gbit/s في الوصلة الهابطة و1,5 Gbit/s في الوصلة الصاعدة. ويُستخدم تجميع الموجات الحاملة، أي الإرسال المتزامن لموجات حاملة متعددة المكونات بالتوازي من/إلى نفس الأطراف، لدعم عروض نطاقات أكبر من 20 MHz.

4 المعيار TDMA بموجة حاملة وحيدة 9IMT-2000

يقدم هذا السطح البيئي ثلاثة خيارات لعرض النطاق من أجل البيانات عالية السرعة تستعمل جميعها تكنولوجيا النفاذ TDMA. ويستعمل الخيار (EDGE) ذو عرض النطاق kHz للموجة الحاملة التشكيل 8-PSK أو التشكيل 32-QAM بمعدل رموز زائد بأسلوب ARQ المهجين، ويؤمن معدل إرسال للقناة في أسلوب الموجتين الحاملتين مقداره 1,625 Mbit/s أو 3,25 Mbit/s مع دعم تنقلية عالية. ويتيسر عرض نطاق مقداره 1,6 MHz للبيئات ذات التنقلية الأقل تستخدم التشكيل QAM بتخالف ثنائي ورباعي بأسلوب ARQ المهجين. ويدعم خيار عرض النطاق 1,6 MHz هذا التوزيع المرن للفواصل ويحقق معدل إرسال للقناة يبلغ 5,2 Mbit/s.

كما تتوفر خدمة إذاعية متنوعة من نقطة-إلى-عدة نقاط تعرف بالخدمة الإذاعية متعددة الوسائط/متعددة الإرسال (MBMS). وتوجد اليوم خدمات من نقطة-إلى-عدة نقاط تتيح إرسال بيانات صادرة عن كيان وحيد المصدر إلى نهايات متعددة. وتوفر الخدمة MBMS بصورة فعالة هذه المقدرة للخدمات الإذاعية/متعددة الإرسال التي يوفرها موردو الخدمة المحلية وموردون آخرون للخدمات القيمة المضافة (VASP).

والخدمة MBMS هي خدمة حمالة من نقطة-إلى-عدة نقاط باتجاه واحد تنقل فيها البيانات من كيان مرسل وحيد إلى مقاصد متعددة. وهي قادرة أيضاً على التوسع لتقديم خدمات أخرى بفضل هذه المقدرات الحمالة.

وأسلوب الإرسال المتعدد قابل للتشغيل مع الإرسال المتعدد IP العامل بالمعايير التي وضعها الفريق IEEE. مما يتيح أفضل استعمال لقواعد الخدمة IP من أجل إتاحة أكبر قدر من تيسر التطبيقات والمحتويات بحيث يمكن إيصال الخدمات الحالية والقادمة باستعمال أكثر فعالية للموارد.

5 النظام 10IMT-2000 FDMA/TDMA

يسمى السطح البيئي الراديوي IMT-2000 العامل بتقنية النفاذ FDMA/TDMA، الاتصالات اللاسلكية الرقمية المحسنة (DECT).

ويحدد هذا السطح البيئي الراديوي سطحاً بينياً راديوياً بنفاذ TDMA مع إرسال مزدوج بتقسيم الزمن (TDD). أما معدلات إرسال القنوات لأنظمة التشكيل فهي 1,152 Mbit/s و2,304 Mbit/s و3,456 Mbit/s و4,608 Mbit/s و6,912 Mbit/s. ويقدم المعيار توصيلاً تناظرياً وتوصيلاً غير تناظري ونقل بيانات بأسلوب التوصيل ودون توصيل. ويتيح استعمال تشغيل متعدد الموجات، بثلاث موجات مثلاً، معدلات تصل إلى 20 Mbit/s وتضم طبقة الشبكة بروتوكولات التحكم في النداء والخدمات الإضافية وخدمة رسائل التوصيل وخدمة الرسائل دون توصيل وإدارة التنقل ومنها خدمات الأمن والسرية.

9 انظر الفقرة 4.5 من التوصية ITU-R M.1457.

10 انظر الفقرة 5.5 من التوصية ITU-R M.1457.

وتحدد قنوات تردد النفاذ الراديوي والبنية الزمنية على حد سواء. أما التباعد بين الموجات الحاملة فقدرة 1,728 MHz. ومن أجل النفاذ إلى الوسيط في الوقت المناسب، تستعمل البنية TDMA النظامية وإطار طوله 10 ms. وتُستحدث داخل هذا الإطار 24 فترة زمنية كاملة تتألف كل منها من نصفية فترة. ويعادل طول الفترة المضاعفة طول فترتين كاملتين، تطابق بدايتها بداية الفترة الكاملة.

وطريقة التشكيل المستخدمة هي إما الإبراق الغوسي بزحزحة التردد (GFSK)، علماً بأن القيمة الاسمية لحاصل ضرب عرض النطاق في مدة البتة هي 0,5، أو الإبراق التفاضلي بزحزحة الطور (DPSK) أو التشكيل الاتساعي التريبيعي (QAM). ويمكن للتجهيزات استعمال التشكيل بالحالات 4 و/أو 8 و/أو 16 و/أو 64 إضافة إلى التشكيل بحالتين؛ مما يضاعف معدل البتات في تجهيز راديوي واحد بضربه بالعامل 2 أو 3 أو 4 أو 6. ويكون التشكيل بأربع حالات $\pi/4$ -DQPSK والتشكيل بثماني حالات $\pi/8$ -D8-PSK والتشكيل بست عشر حالة 16-QAM والتشكيل بأربع وستين حالة 64-QAM.

وتقدم طبقة MAC إلى الطبقات العليا وإلى كيان الإدارة ثلاث مجموعات من الخدمات هي:

- التحكم في الرسالة المذاعة (BMC)؛

- التحكم في الرسائل بأسلوب عدم التوصيل (CMC)؛

- التحكم متعدد الوسائط (MBC).

ويتيح التحكم BMC مجموعة خدمات متواصلة من نقطة - إلى - عدة نقاط بأسلوب عدم التوصيل. وتستخدم هذه الخدمات لنقل قنوات منطقية داخلية وتتاح أيضاً للطبقات العليا. وتعمل هذه الخدمات في الاتجاه من مطراف ثابت (FT) إلى مطراف محمول (PT) وتستطيع جميع المطراف المحمولة الواقعة داخل مدى الإرسال الوصول إلى هذه الخدمة.

ويتيح التحكم CMC للطبقات العليا خدمات من نقطة إلى نقطة أو من نقطة - إلى - عدة نقاط بأسلوب عدم التوصيل. وتعمل هذه الخدمات بالاتجاهين بين مطراف ثابت محدد ومطراف محمول واحد أو أكثر.

ويتيح كل تحكم MBC للطبقات العليا خدمة واحدة من خدمات أسلوب التوصيل من نقطة إلى نقطة. وتستطيع الخدمة MBC استعمال وسيط واحد أو أكثر لتوفير خدمة واحدة.

وللوسيط MAC أربعة أنواع:

- وسيط إرسال مفرد: يستحدث وسيط الإرسال المفرد بإنشاء قناة مادية واحدة للإرسال في اتجاه واحد.

- وسيط إرسال مزدوج: يستحدث وسيط الإرسال المزدوج بضم وسيطين يعملان باتجاهين متعاكسين في قناتين مادتين.

- وسيط إرسال مفرد بقناتين: يستحدث وسيط إرسال مفرد بقناتين بضم وسيطي إرسال مفردين طويلين يعملان في نفس الاتجاه وفي قناتين مادتين.

- وسيط إرسال مزدوج بقناتين: يتألف وسيط الإرسال المزدوج بقناتين من وسيطي إرسال مزدوج من نفس توصيل التحكم MAC.

ويتخذ الوسيط إحدى الحالات التشغيلية الثلاث التالية:

- وسيط زائف: ويضم عادة إرسالات متواصلة (أي إرسال في كل إطار).

- وسيط حركة: ويضم إرسالات متواصلة من نقطة إلى نقطة. وهو وسيط إرسال مزدوج أو وسيط إرسال مفرد بقناتين أو وسيط إرسال مزدوج بقناتين.

- وسيط دون توصيل: ويضم إرسالات متقطعة. وهو وسيط إرسال مفرد أو إرسال مزدوج.

وتحدد طبقة التحكم في النفاذ إلى الوسيط (MAC) البنية المنطقية للقنوات المادية. ويعتمد معدل بتات المستعمل على نوع الفترة الزمنية ونظام التشكيل وسوية الحماية وعدد الفترات الزمنية وعدد الموجات الحاملة.

وتتيح الرسائل والإجراءات الإلزامية لانتقاء القنوات دينامياً تعامياً فعّالاً بين الأنظمة الخاصة والعمومية العاملة في نطاق ترددات معين مشترك دون الحاجة إلى اللجوء إلى عمليات تخطيط الترددات التقليدي. ولكل جهاز نفاذ إلى جميع القنوات (تجميعات زمن/تردد). وعند الحاجة إلى التوصيل يتم اختيار القناة على أساس أنها، في تلك اللحظة وفي ذلك المكان هي القناة الأقل تداخلاً بين جميع لقنوات النفاذ المشتركة. الأمر الذي يغني عن التخطيط التقليدي للترددات وييسر عمليات التركيب إلى حد بعيد. ويقدم هذا الإجراء أيضاً قدرة تتزايد بازدياد قرب مكان محطة القاعدة مع المحافظة على نوعية عالية للوصلة الراديوية. ويساعد الاستغناء عن تقسيم مورد الترددات على عدة خدمات أو مستعملين في استعمال الطيف استعمالاً فعّالاً.

وتقدم المواصفات الأخيرة معلومات محدّثة عن نظام "الجيل الجديد للاتصالات DECT" الذي يركز بشكل رئيسي على توفير خدمات تستعمل بروتوكول الإنترنت. كما أن نوعية خدمة المهاتفة يتحسن باستعمال تشفير النطاق الواسع. وجهاز التشفير وفك التشفير الضروري لتأمين التشغيل البيئي في السطح البيئي الراديوي هو الكودك G.722. ويمكن التفاوض بشأن خيارات أخرى لكودك. وإضافة إلى خدمة المهاتفة باستعمال بروتوكول الإنترنت يتيح "الجيل الجديد للاتصالات DECT" خدمات سمعية وفيديوية وغيرها من الخدمات القائمة على بروتوكول الإنترنت.

6 السطح البيئي IMT-2000 OFDMA TDD WMAN¹¹

يقوم السطح البيئي IMT-2000 OFDMA TDD WMAN على معيار المعهد IEEE رقم 802.16 الذي قام على وضعه ورعايته فريق العمل 802.16 التابع للمعهد IEEE المعني بالنفاذ اللاسلكي عرض النطاق. وتتولى نشره جمعية المعايير التابعة للمعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE-SA). وتتسم تكنولوجيا السطح البيئي الراديوي الوارد توصيفها في المعيار 802.16 بالمرونة من حيث إمكانية استعمالها في مجموعة واسعة من التطبيقات وترددات التشغيل والبيئات التنظيمية. ويضم المعيار IEEE 802.16 مواصفات متعددة للطبقة المادية، منها ما يعرف بالمواصفة MAN-OFDMA اللاسلكية. وتعد المواصفة OFDMA TDD WMAN حالة خاصة من المواصفة WirelessMAN-OFDMA اللاسلكية حيث تحدد مواصفة سطح بيئي راديوي خاص قابل للتشغيل البيئي. والشبكة OFDMA TDD WMAN الوارد تعريفها هنا تعمل في الأسلوبين TDD وFDD على السواء.

ويضم السطح البيئي الراديوي OFDMA TDD WMAN الطبقتين الأدنى للشبكة-الطبقة المادية (PHY) وطبقة التحكم في وصلة البيانات (DLC). والعنصر الأدنى في الطبقة DLC هو MAC؛ والعنصر الأعلى في هذه الطبقة هو طبقة التحكم في الوصلة المنطقية (LCC). وتقوم الطبقة المادية على الأسلوب OFDA الذي يدعم توزيع مرن للقنوات يشمل نطاقات تبلغ 5 MHz و 7 MHz و 8,75 MHz و 10 MHz. وتقوم الطبقة المادية MAC على البروتوكول القائم على التوصيل والمصمم للاستعمال في تشكيل من نقطة إلى عدة نقاط. وهو مصمم بحيث يحمل مجموعة واسعة من الخدمات (عادة خدمات قائمة على بروتوكول الإنترنت) بتبديل الرزم مع السماح بالتحكم الدقيق واللحظي في توزيع الموارد بما يتيح التمييز الكامل لنوعية الخدمة من صنف الموجة الحاملة.

والسطح البيئي الراديوي OFDMA TDD WMAN مصمم لحمل الحركة القائمة على الرزم، بما فيها تلك القائمة على بروتوكول الإنترنت. وهو مرن بما يكفي لدعم ضرب متنوع من معماريات شبكات الطبقات العليا من أجل الاستعمال الثابت أو المتحول أو المتنقل بالكامل مع دعم تسليم الحركة. ويمكنه بسهولة دعم الجوانب الوظيفية الملائمة لخدمات البيانات العامة فضلاً عن خدمات الصوت والوسائط المتعددة التي يشكل الزمن عنصراً حاسماً فيها وخدمات الإذاعة والبث المتعدد والخدمات التنظيمية المخولة.

ويقوم معيار السطح البيئي الراديوي بتوصيف الطبقتين 1 و2؛ ولا يتضمن المعيار مواصفة طبقات الشبكة العليا. وهو يوفر ميزة المرونة والانفتاح عند السطح البيئي بين الطبقتين 2 و3 ويدعم مجموعة متنوعة من البنى التحتية الشبكية. وهذا السطح البيئي الراديوي

11 انظر الفقرة 6.5 من التوصية ITU-R M.1457.

متوافق مع معماريات الشبكة المعرفة في التوصية ITU-T Q.1701. ويوفر منتدى WiMAX¹²، على نحو خاص، تصميماً لمعمارية شبكة من أجل الاستعمال الأمثل للمعيار IEE 802.16 والسطح البيئي الراديوي OFDMA TDD WMAN والذي يرد وصفه في "المرحلة 2-3 لمعمارية الأنظمة الشبكية WiMAX من طرف لطرف".

الملحق 3

السطوح البيئية الراديوية للأرض في إطار الاتصالات المتنقلة الدولية المتقدمة (IMT-Advanced)

1 التطور الطويل الأجل المتقدم¹³ (LTE-Advanced)

قام مشروع الشراكة لتكنولوجيات الجيل الثالث (3GPP) بوضع مواصفات السطوح البيئية الراديوية للأرض في إطار الاتصالات المتنقلة الدولية المتقدمة، المعروفة باسم تكنولوجيا التطور الطويل الأجل المتقدمة (LTE-Advanced) والتي تستند إلى الإصدار 10 من LTE وما بعده.

والتكنولوجيا *LTE-Advanced* هي عبارة عن مجموعة من تكنولوجيات السطوح البيئية الراديوية (RIT) تتألف من زمرة واحدة RIT بازدواج الإرسال بتقسيم التردد (FDD) وزمرة واحدة RIT بازدواج الإرسال بتقسيم الزمن (TDD) مصممتين للعمل في طيف متزاج وغير متزاج، على التوالي. وتُعرف الزمرة الأولى TDD RIT أيضاً باسم الإصدار 10 من LTE وما بعده أو *TD-LTE-Advanced*. وقد طُوِّرت الزمرتان RIT معاً مما يوفر درجة عالية من التماثل ومما يمكن في الوقت ذاته من التنفيذ الأمثل لكل زمرة RIT فيما يتعلق بترتيب الطيف/ازدواج الإرسال الخاص بها.

ويمثل الازدواج FDD بتقسيم التردد والازدواج TDD بتقسيم الزمن في تكنولوجيات السطوح البيئية الراديوية (RIT) تطور الإصدارين الأولين من FDD و TDD الطويل الأجل (LTE) على التوالي. وتتشارك الزمرتان RIT في العديد من البنى الأساسية وذلك لتبسيط تنفيذ تجهيزات النفاذ الراديوي المزدوج الأسلوب. ويمكن دعم عروض نطاق الإرسال حتى 100 MHz، مما يُفضي إلى معدلات بيانات ذروة تصل إلى نحو 3 Gbit/s في الوصلة الهابطة و 1.5 Gbit/s في الوصلة الصاعدة.

ويعتمد مخطط إرسال الوصلة الهابطة على تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) التقليدي لتوفير درجة عالية من المائة إزاء انتقائية ترددات القنوات، بينما يمكن في الوقت ذاته تنفيذ مستقبلات منخفضة التعقيد في عروض نطاقات واسعة جداً.

ويعتمد مخطط إرسال الوصلة الصاعدة على تحويل فورييه المنفصل لتعدد الإرسال الممدد بالتقسيم التعامدي للتردد (DFTS-OFDM). وما يدعو إلى استعمال الإرسال DFTS-OFDM هذا للوصلة الصاعدة هو النسبة لذروة القدرة إلى متوسط القدرة (PAPR) للإشارة المرسل بالمقارنة مع تعدد الإرسال OFDM التقليدي. وهذا يحقق قدرأً أكبر من كفاءة استعمال مضخم القدرة في المطراف، مما يعني زيادة التغطية و/أو خفض استهلاك القدرة في المطراف. وتحقق مواهمة نسق ترقيم الوصلة الصاعدة مع نسق ترقيم الوصلة الهابطة.

ويعتمد تشفير القنوات على معدل 1/3 تشفير Turbo ويُستكمل بالطلب الأوتوماتي للتركرار (ARQ) الهجين مع الجمع البرمجي لمعالجة أخطاء فك التشفير في جانب المستقبل. ويدعم تشكيل البيانات التشكيل التربيعي بزحزحة الطور (QPSK) والتشكيل الاتساعي التربيعي 16QAM و 64QAM وذلك لكل من الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة على السواء.

¹² <http://www.wimaxforum.org/technology/documents/>

¹³ انظر الملحق 1 بالتوصية ITU-R M.2012.

ويدعم الإرسالان FDD و TDD في تكنولوجيات السطوح البينية الراديوية (RIT) عروض نطاقات من حوالي 1,4 MHz إلى 100 MHz. ويُستخدم تجميع الموجات الحاملة، أي الإرسال المتزامن لموجات حاملة متعددة المكونات بالتوازي من/إلى نفس المطراف، لدعم عروض نطاقات أكبر من 20 MHz. ولا يتعين أن تكون الموجات الحاملة المكونة متناخمة من حيث التردد بل ويمكن أن تكون في نطاقات تردد مختلفة، وذلك لاستغلال توزيعات الطيف المجزأة بواسطة تجميع الطيف.

ومن الممكن تنظيم الجدولة الزمنية المعتمدة على القنوات من حيث مجالات الزمن والتردد على السواء للوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة على السواء، على أن يكون منظم جدولة المحطة القاعدة مسؤولاً عن الانتقال (الدينامي) لمصدر الإرسال ولمعدل البيانات على السواء. والعملية الأساسية هي الجدولة الدينامية، حيث يتخذ منظم جدولة المحطة القاعدة قراراً لكل فترة زمن إرسال (TTI) قدرها ميكروثانية واحدة، ولكن هنالك أيضاً إمكانية لجدولة شبه دائمة. وتمكّن هذه الجدولة شبه الدائمة من توزيع موارد الإرسال ومعدلات البيانات على نحو شبه ساكن إلى تجهيزات مستعمل (UE) معين لفترة أطول من الزمن من وحدة TTI وذلك لخفض رأسية تشوير التحكم.

ومخططات الإرسال المتعددة الهوائيات جزء أصيل في زمريتي RIT على السواء. ويدعم التشفير المسبق المتعدد الهوائيات المشفوع بالتكيف الدينامي للمراتب كلاً من تعدد الإرسال الفضائي (تعدد المدخلات والمخرجات) (MIMO) لمستعمل واحد) وتكوين الحزم على السواء. ومن الممكن تعدد الإرسال الفضائي حتى ثماني طبقات في الوصلة الهابطة وأربع طبقات في الوصلة الصاعدة. وكذلك من الممكن تعدد المدخلات والمخرجات MIMO لعدة مستعملين، حيث تخصص لعدة مستعملين نفس الموارد من حيث الزمن والتردد. وأخيراً من الممكن تنوع الإرسال القائم على أساس تشفير الفدرات بحسب الفضاء والتردد (SFBC) أو توليفة من هذا التشفير SFBC وتنوع الإرسال بتبديل التردد (FSTD).

ومن الممكن في زمريتي RIT تنسيق التداخل بين الخلايا (ICIC)، حيث تتبادل الخلايا المتجاورة المعلومات التي تساعد في الجدولة بغية خفض سوية التداخل. ويمكن استخدام التنسيق ICIC لعمليات النشر المتجانسة بوجود خلايا غير متراكبة لها قدرة إرسال مماثلة وكذلك لعمليات النشر المتغايرة، حيث تغطي خلية أعلى قدرة واحدة أو أكثر من العقد الأخفض قدرة.

2 السطوح البينية الراديوية للشبكات اللاسلكية المتقدمة للمناطق الحضرية 14 (WirelessMAN-Advanced)

قام معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين (IEEE) بوضع مواصفة السطوح البينية الراديوية للشبكات اللاسلكية المتقدمة للمناطق الحضرية (WirelessMAN-Advanced). وثمة نظام كامل من طرف إلى طرف يقوم على هذه الشبكات المتقدمة يدعى WiMAX 2، وضعه منتدى WiMAX.

وتستخدم الشبكة اللاسلكية المتقدمة للمناطق الحضرية (WirelessMAN-Advanced) نفاذ تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDMA) بمثابة مخطط نفاذ متعدد في الوصلة الهابطة (DL) وفي الوصلة الصاعدة (UL). وهي تدعم كذلك مخططات كل من ازدواج الإرسال بتقسيم الزمن (TDD) وازدواج الإرسال بتقسيم التردد (FDD) بما فيها ازدواج الإرسال بتقسيم التردد النصفية (H-FDD) لتشغيل المحطات المتنقلة (MS) في شبكات FDD. ويشترك كل من مخططات ازدواج الإرسال هذه في نعوت بُنى الأطر والمعالجة في النطاق الأساسي. وكذلك تدعم الشبكة WirelessMAN-Advanced عروض نطاق قنوات أوسع، تصل حتى 160 MHz، مع تجميع الموجات الحاملة.

وتستعمل الشبكة WirelessMAN-Advanced شفرة turbo التلافيفية (CTC) بمعدل شفرة 1/3. ويوسع مخطط CTC لكي يدعم أحجام فدرات FEC إضافية. وعلاوة على ذلك، يمكن زيادة أحجام فدرات FEC بانتظام على أساس استبانات أحجام فدرات محددة مسبقاً.

وكوكبات التشكيلات QPSK و 16-QAM و 64-QAM ممكنة. ويتوقف تقابل البتات في نقطة الكوكبة على صيغة إعادة ترتيب الكوكبة (CoRe) المستخدمة من أجل إعادة إرسال الطلب الأوتوماتي للتكرار المجهن (HARQ) كما هي موصوفة، ويتوقف أيضاً على مخطط تعدد الدخل والخرج (MIMO). وتُقابل رموز QAM في دخل مشفر MIMO. وتشمل الأحجام إضافة التحقق CRC (لكل رشفة ولكل فدرة FEC)، حسب الاقتضاء. وتحتاج الأحجام الأخرى إلى التحشية لتبلغ حجم الرشفة التالية. ويتوقف معدل الشفرة والتشكيل على حجم الرشفة وتخصيص الموارد.

ويستخدم الإطناب المتزايد في الطلب HARQ (HARQ-IR) في الشبكة *WirelessMAN-Advanced* بتحديد موقع البدء لانتقاء البتات لإعادة إرسال HARQ. ومن الممكن أيضاً تلاحق تكرار HARQ (HARQ-CC) وهو يعتبر حالة خاصة من HARQ-IR.

وتتناول المعلومات المرتجعة عن المؤشر CQI أحوال القناة كما هي منظورة من المحطة المتنقلة. وتستخدم هذه المعلومات المحطة القاعدة لتكييف الوصلة وتخصيص الموارد والتحكم في الطاقة، وغير ذلك. ويشمل قياس نوعية القناة قياسات النطاق الضيق والنطاق العريض على السواء. ويمكن تخفيض رأسية المعلومات المرتجعة عن CQI بواسطة تفاضل المعلومات المرتجعة أو غيرها من أساليب الانضغاط. ومن أمثلة مؤشر نوعية القناة (CQI) فعالية نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل زائد الضوضاء (CINR) وانتقاء النطاق، وغير ذلك.

وتوفر المعلومات المرتجعة عن MIMO خصائص النطاق العريض و/أو الضيق الفضائية للقناة التي تكون مطلوبة لتشغيل MIMO. ومن أمثلة هذه المعلومات المرتجعة أسلوب MIMO ودليل المصفوفة المفضلة (PMI) ومعلومات تكييف المرتبة وعناصر مصفوفة التغير المصاحب في القناة وأفضل دليل للنطاق الفرعي.

ويمكن تنفيذ آلية للتحكم في القدرة للوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة. ويمكن، باستخدام التحكم في القدرة في الوصلة الهابطة، أن يتلقى المطراف معلومات خاصة بالمستعمل مع دليل مكرس في سوية القدرة المتحكم بها. ويمكن التحكم في قدرة أجزاء التطبيق المتنقل (MAP) المتقدمة في الوصلة الهابطة على أساس المعلومات المرتجعة عن نوعية قناة مطراف الوصلة الصاعدة.

والغرض من التحكم في القدرة في الوصلة الصاعدة هو تعويض خسارة المسير والتظليل والخبو السريع وخسارة التنفيذ وكذلك لتخفيف التداخل بين الخلايا وفي داخلها. وبإمكان المحطة القاعدة أن ترسل المعلومات اللازمة من خلال قناة التحكم أو رسالة إلى المطراف لدعم التحكم في القدرة في الوصلة الصاعدة. وتقوم المحطة القاعدة باستمثال معلمات خوارزمية التحكم في القدرة على أساس النظام بأكمله وتعتمد إلى إرسالها دورياً.

وتدعم الشبكة اللاسلكية المتقدمة للمناطق الحضرية (*WirelessMAN-Advanced*) العديد من التقنيات المتعددة الهوائيات المتقدمة، بما فيها تعدد الدخل والخرج (MIMO) وحيد المستعمل ومتعدد المستعمل (تعدد الإرسال وتشكيل الحزم الفضائي) إلى جانب عدد من مخططات الإرسال المتنوعة. ويمكن في مخطط MIMO وحيد المستعمل (SU-MIMO) تحديد مستعمل واحد فقط في وحدة موارد واحدة (من حيث الزمن والتردد والفضاء). أما في مخطط تعدد المستعملين (MU-MIMO) فيمكن تحديد العديد من المستعملين في وحدة موارد واحدة.

والتشكيل الأدنى للهوائي في الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة هو 2×2 و 2×1 ، على التوالي. وبالنسبة إلى تعدد الإرسال الفضائي مفتوح العروة ومخطط MIMO وحيد المستعمل (SU-MIMO) مغلق العروة، يتقيد عدد التدفقات بالحد الأدنى من عدد هوائيات الإرسال أو الاستقبال. ويستطيع مخطط MIMO متعدد المستعملين (MU-MIMO) أن يدعم ما يصل إلى تدفقين مع هوائي إرسال وما يصل إلى 4 تدفقات مع 4 هوائيات إرسال وما يصل إلى 8 تدفقات مع 8 هوائيات إرسال.

الملحق 4

معايير المعهدين IEEE وETSI الموحدة للسطوح البينية الراديوية
لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA) في الخدمة الثابتة
ومنها التطبيقات المتنقلة والجوالة

1 معلومات عامة عن السطح البيني الراديوي

إن المعيار IEEE 802.16-2009 والمعايير ETSI HiperMAN تعرف سطوحاً بينية راديوية موحدة للطبقات المادية للإرسال OFDM والنفاذ OFDMA ولطبقة MAC (التحكم بالنفاذ إلى الوسيط)/الطبقة DLC (التحكم بوصلة البيانات). لكن مع أن المعيار ETSI BRAN HiperMAN لا يتطرق إلا لتطبيقات الخدمة الجوالة، فإن المعيار IEEE 802.16-2009 أيضاً يتوجه للتطبيقات المحمولة بالكامل على عربات.

ويتيح استعمال نطاقات تردد دون 6 GHz إنشاء نظام نفاذ يتوافق مع هذا السطح البيني الراديوي المعياري ويقدم مجموعة من التطبيقات بدءاً من التطبيقات المتنقلة بالكامل حتى تطبيقات الشركات والتطبيقات الخاصة في المدن والضواحي والريف. وتم تحسين هذا السطح البيني ليعمل مع القنوات الراديوية للأجهزة المتنقلة الدينامية. وهو قادر على توفير طرائق نقل وسلسلة كاملة من أساليب الاقتصاد في الطاقة. وقد تتيح هذه المواصفة تسهيل توفير بيانات نوعية من نمط الإنترنت وبيانات في الوقت الفعلي، بما في ذلك تطبيقات مثل المهاتفة وخدمة المؤتمر المرئي.

ويسمى هذا النوع من الأنظمة بالشبكة اللاسلكية لمنطقة حضرية (WirelessMAN في المعيار IEEE وHiperMAN في المعيار ETSI BRAN). ولا تحيل كلمة "حضرية" إلى التطبيق فقط بل إلى الحجم. وتستند معمارية هذا النوع من الأنظمة بشكل رئيسي إلى الإرسال من نقطة-إلى-عدة نقاط مع محطة قاعدة تخدم مشتركين في خلية معينة قد تصل مساحتها إلى عدة كيلومترات. ويمكن المستعملون من النفاذ إلى أنواع مختلفة من المطاريف مثل الهواتف المحمولة والهاتف الذكي والحاسوب الجيبى والحاسوب الشخصي المحمول والمذكرة الإلكترونية وذلك في بيئة متنقلة. ويعمل السطح البيني الراديوي في عدد من عروض القنوات مثل 1,25 و3,5 و5 و7 و8,75 و10 و14 و15 و17,5 و20 MHz لترددات التشغيل تحت التردد 6 GHz. ويحسن استعمال تعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد (OFDM) والنفاذ المتعدد المتعامد بتقسيم التردد (OFDMA) من فعالية استعمال عرض النطاق بسبب البرمجة المناسبة للوقت/التردد والمرونة في إدارة أجهزة المستعمل المختلفة مع عدد من أنواع الهوائيات وأشكالها. وينتج عن هذا الاستعمال نقص التداخل في أجهزة المستعمل ذات الهوائيات شاملة الاتجاهات وتحسن المقدرة في غير خط البصر، وهو أمر بالغ الأهمية بالنسبة لمشاركي الخدمة المتنقلة. ويحدد ترتيب القنوات الفرعية قنوات فرعية يمكن توزيعها على مختلف المشتركين تبعاً لشروط القناة ومتطلبات بياناتها. ويعطي ذلك مزودي الخدمة مزيداً من المرونة في إدارة عرض القناة وقدرة الإرسال ويؤدي إلى مزيد من الفعالية في استعمال الموارد بما فيها موارد الطيف.

ويوفر السطح البيني الراديوي عدداً من عروض القنوات وترددات التشغيل تتيح فعالية قصوى في استعمال الطيف تصل إلى 3,5 bit/s/Hz في تشكيلة واحدة لهوائي الاستقبال والإرسال (SISO).

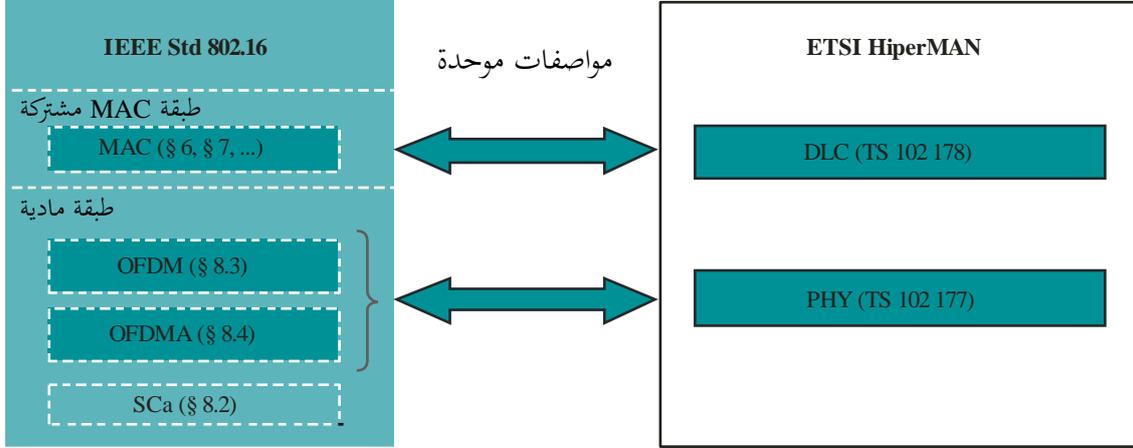
ويضم السطح البيني الراديوي الطبقة PHY والطبقة MAC/DLC. وتقوم الطبقة MAC/DLC على أساس النفاذ المتعدد المخصص حسب الطلب حيث الإرسالات مبرمجة تبعاً للأولوية واليسر. ويستند هذا التصميم إلى الحاجة إلى توفير نفاذ من النوع التشغيلي للشبكات العمومية من خلال توفير عدة طبقات فرعية للتقارب مثل بروتوكول الإنترنت والإنترنت مع المحافظة على نوعية خدمة كاملة.

وتقدم الطبقة MAC/DLC الأساليب OFDM (تعدد إرسال متعامد بتقسيم التردد) وOFDM (نفاذ OFDMA) وPHY.

ويبين الشكل 1 مخططات مواصفات التشغيل البيئي الوحدة للمعايير IEEE و WirelessMAN و ETSI HiperMAN التي تضم مواصفات الطبقات المادية للإرسال OFDM والنفاذ OFDMA وكذلك كامل الطبقة MAC بما فيها وظائف الأمان.

الشكل 1

المعايير BWA الموحدة الخاصة بالتشغيل البيئي في الترددات دون 6 GHz



M.1801-01

ويحدد المنتدى WiMAX Forum™ والمعايير IEEE 802.16 و ETSI HiperMAN ملامح معلمات التشغيل البيئي الموصى بها. وترد خصائص المعيار IEEE 802.16 في وثيقة المعايير الرئيسية بينما ترد خصائص المعيار HiperMAN في وثيقة مستقلة. وتحدد رابطة تكنولوجيا الاتصالات (TTA) ملامح الخدمة WiBro (اللاسلكية عريضة النطاق) التي تستند إلى ملامح المعيار 151A للمنتدى WiMAX. وعلى الرغم من عدم ورود صراحة في الملحق 2، فإن محتوى هذا المعيار، TTA.KO-06.0082/R2، بما في ذلك ترتيب القنوات في النطاق 8,75 MHz يماثل أحد الخيارات الواردة في الفقرة 6 من الملحق 2.

2 مواصفة تفصيلية للسطح البيئي الراديوي

1.2 المعيار IEEE 802.16

معيار صادر عن المعهد IEEE من أجل الشبكات المحلية والكبيرة، الجزء 16: سطح بيئي راديوي من أجل أنظمة النفاذ الثابتة واللاسلكية عريضة النطاق.

المعيار IEEE 802.16 هو معيار سطوح بيئية راديوية للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA). وهو يدعم الأنظمة الثابتة والجوالة والمنتقلة كما يدعم التشغيل المشترك للخدمات الثابتة والمنتقلة في نفس الوقت في نطاقات ترددات مرخص بها تحت التردد 6 GHz. أما المعيار IEEE 802.16-2009 الحالي فصمم على شكل شبكة راديوية للبيانات بأسلوب الرزم وبصبيب مرتفع قادر على توفير عدة أنواع من التطبيقات والخدمات التي تستعمل بروتوكول الإنترنت وتقوم على أساس نماذج مختلفة للاستعمال والتنقل والأعمال التجارية. ومن أجل توفير هذا التنوع صمم السطح البيئي الراديوي IEEE 802.16 على درجة عالية من المرونة مع قائمة واسعة من الخيارات.

وتتيح التكنولوجيا اللاسلكية المتنقلة عريضة النطاق القائمة على المعيار IEEE 802.16 مرونة في نشر الشبكة وتوفير الخدمات. وفيما يلي وصف بعض خصائص المعيار الرئيسية ذات الصلة:

الصبيب وفعالية استعمال الطيف والتغطية

تتضافر التقنيات المتطورة للهوائيات المتعددة مع تشوير النفاذ OFDMA من أجل زيادة استطاعة النظام وتغطيته إلى أكبر حد. ويحوّل التشوير OFDM قناة عريضة النطاق تتعرض للخبو الانتقائي للتردد إلى عدة موجات حاملة فرعية ضيقة النطاق مع خبو منتظم مما يمكن تشغيل الهوائي الذكي على موجات حاملة فرعية منتظمة المتجه. وفيما يلي الخصائص التقنية الرئيسية المتعددة للهوائي:

- تعدد دخل وتعدد خرج (MIMO) من المرتبة الثانية والثالثة والرابعة وتعدد إرسال مكاني (SM) في الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة؛
- تبديل MIMO تكييفي بين تشفير تعدد الإرسال المكاني/القدرة المكانية الزمنية من أجل زيادة فعالية استعمال الطيف إلى أكبر حد دون تقليص منطقة التغطية؛
- تعدد إرسال مكاني مرافق للوصلة الصاعدة (UL) للأجهزة المزودة بهوائي إرسال واحد؛
- تقنية متطورة لتشكيل الحزم دون توجيه.

وتتوفر مراتب التشكيل QPSK و 16-QAM و 46-QAM في الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة على حد سواء. أما أنظمة التشفير المتطورة ومنها التشفير التلافيقي و CTC و BTC و LDPC بالتوافق مع أسلوب التجميع (chase combining) وأسلوب ARQ المهجين بالإطناب التدريجي وآلية التشكيل والتشفير التكييفيين فتمكن التكنولوجيا من توفير وصلة راديوية متينة وعالية الجودة.

توفير إمكانية التنقل

يتيح هذا المعيار تحسين النقل التبديلي الذي تقوم به المحطة القاعدة أو المحطة المتنقلة مع الحفاظ على فعالية استعمال عرض النطاق واختصار وقت النقل إلى أقل من 50 ms. ويتيح أيضاً خيار التبديل السريع لمحطة قاعدة (FBSS) والنقل المتنوع Marco (MDHO) من أجل اختصار مدة النقل. وتتوفر أيضاً أساليب مختلفة لتوفير الطاقة ومنها أسلوب الرقاد والراحة.

الخدمات المتوفرة وأصنافها

تتوفر مجموعة خيارات لنوعية الخدمة مثل الخدمة UGS (خدمة ضمان دون طلب) ومعدل متغير في الوقت الفعلي ومعدل متغير في وقت لاحق ومعدل متغير لاختيار الأفضل، والزيادة في الوقت الفعلي مع إلغاء فترات الصمت (خاصة لأغراض المهاتفة باستعمال الإنترنت) من أجل ضمان سوية الخدمة بما فيها معدل إيصال المعلومات المتفق عليه والمعدل الأقصى والمعدل الأدنى المحجوز والمعدل الأقصى الثابت وأقصى تفاوت مسموح به للانتشار وللارتعاش وألوية الخدمة، وذلك لأنماط مختلفة من تطبيقات الإنترنت والوقت الفعلي مثل المهاتفة باستعمال الإنترنت.

ويتيح التوزيع المتغير للأطر الفرعية في الوصلتين الصاعدة والهابطة تسيير حركة البيانات في هاتين الوصلتين بصورة متناظرة داخلياً.

وتتيح عدة أساليب OFDMA لتوزيع الموجات الحاملة المتجاورة والمتنوعة للتكنولوجيا أن تجد حلولاً توفيقية بين التنقلية والاستطاعة داخل الشبكة ومن مستعمل إلى مستعمل. ويتيح النفاذ OFDMA مع تبديل الموجات الحاملة المتجاورة إمكانية تخصيص مجموعة موجات حاملة لمستعملي الخدمة المتنقلة وذلك تبعاً لقوة الإشارة.

وتقدم أنظمة توزيع القنوات الفرعية والتشوير MAP آلية تسمح بالحصول على أفضل برجة لموارد المكان والتردد والوقت من أجل مراقبة البيانات وتوزيعها (توزيع متعدد وإذاعي وأحادي) في نفس الوقت في السطح البيئي الراديوي إطاراً إطاراً.

قابلية المعايرة

المعيار IEEE 802.16 مصمم ليقبل عروض نطاق مختلفة للقناة من 1,25 إلى 28 MHz وذلك لتلبية احتياجات متفرقة في أرجاء العالم.

وتتيح الطبقة المادية القابلة للمعايرة والقائمة على أساس مفهوم النفاذ OFDMA القابل للمعايرة للتكنولوجيا تحسين الأداء إلى أكبر قدر في بيئة متنقلة تتعرض للخبو الناجم عن تعدد المسيرات وتتصف بتأخر الانتشار وأثر دوبلر مع إطناب ضئيل في مدى واسع من عروض نطاق القناة. وتتحقق قابلية المعايرة من خلال تسوية متحولة فورييه السريعة (FFT) مع عرض نطاق القناة وتثبيت تباعد الترددات بين الموجات الحاملة الفرعية.

تخطيط إعادة استعمال الترددات

يقدم المعيار IEEE 802.16 OFDMA PHY عدة أساليب للتوزيع إلى موجات حاملة فرعية وعدة بنى أطر مثل الاستعمال الجزئي أو الكلي للتوزيع إلى قنوات فرعية (PUSC أو FUSC) أو التشكيل والتشفير المتطورين (AMC). وتمكّن هذه الخيارات مزودي الخدمة من التخطيط بمرونة لإعادة استعمال الشبكات اللاسلكية من أجل الحصول على عامل إعادة استعمال الترددات قدره 1 من حيث فعالية استعمال الطيف أو عامل إعادة استعمال متين قدره 3 من حيث التداخل أو أفضل السيناريوهات لإعادة استعمال جزئي.

وفي حالة عامل إعادة الاستعمال 1 وعلى الرغم من أن استطاعة النظام تتزايد عادة، قد يعاني المستعملون عند أطراف خلية التغطية من نوعية التوصيل المتدنية بسبب التداخل الشديد. ونظراً لأن المستعملين في النفاذ OFDMA يستخدمون القنوات الفرعية التي تشغل جزءاً صغيراً من عرض نطاق القناة فمن الممكن معالجة مشكلة التداخل عند أطراف الخلية بسهولة من خلال إعادة ترتيب استعمال القنوات الفرعية وعامل إعادة الاستعمال داخل الأطر (ومن هنا مفهوم إعادة الاستعمال الجزئي) دون اللجوء إلى عملية التخطيط التقليدية للترددات. وثبقي هذه التشكيلة على العامل 1 لإعادة استعمال الترددات في الحمولة الكاملة للمستعملين الواقعين في وسط الخلية¹⁶ والذين يتمتعون بتوصيل جيد من أجل تعزيز فعالية الطيف إلى أبعد حد، بينما تتم إعادة الاستعمال الجزئي للترددات لخدمة المستعملين الواقعين على حدود الخلية¹⁷ من أجل تحسين نوعية التوصيل ومعدله.

ويمكن استمثال تخطيط إعادة استعمال القنوات الفرعية بتكليفه مع القطاعات أو الخلايا تبعاً لحمولة الشبكة وتوزيع مختلف أنماط مستعملها (ثابت ومتنقل) وحالة التداخلات إطاراً وإطاراً. ويجوز لجميع الخلايا/القطاعات أن تستخدم نفس قناة التردد الراديوي دون الحاجة إلى إجراء تخطيط الترددات التقليدي.

طبقة الأمان الفرعية

يوفر المعيار IEEE 802.16 الخصوصية وإدارة المفاتيح RSA PKMv1 و HMAC و AES-CCM وكذلك PKMv2-EAP و CMAC و AES-CTR والأمن MBS.

المعيار

المعيار IEEE متاح في نسخته الإلكترونية في العنوان التالي:

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2009.pdf>

16 المستعملون الواقعون في وسط القطاع بعيداً عن القطاعات المجاورة.

17 المستعملون الواقعون قرب حدود القطاع قريباً من القطاعات المجاورة.

2.2 معايير المعهد ETSI

- تضم المواصفات الواردة في هذا القسم المعايير التالية لأغراض النفاذ اللاسلكي عريض النطاق، وفيما يلي أحدث النسخ المتاحة:
- ETSI TS 102 177 V1.5.2: شبكات النفاذ الراديوية عريضة النطاق (BRAN)؛ HiperMAN؛ الطبقة المادية (PHY).
 - ETSI TS 102 178 V1.5.2: شبكات النفاذ الراديوية عريضة النطاق (BRAN)؛ HiperMAN؛ طبقة التحكم في وصلة البيانات (DLC).
 - ETSI TS 102 210 V1.2.1: شبكات النفاذ الراديوية عريضة النطاق (BRAN)؛ HiperMAN؛ خصائص النظام.
- ملخص: يتناول المعيار HiperMAN موضوع قابلية التشغيل البيني لأنظمة النفاذ BWA تعمل بترددات أدنى من 11 GHz من أجل التشغيل في خلايا كبيرة لا تقع في خط البصر (NLoS). ويقدم المعيار الأسلوبين FDD و TDD وفعالية عالية في استعمال الطيف ومعدلات مرتفعة للبيانات وتشكيل تكييفي ونصف قطر كبير للخلايا ودعم أنظمة متطورة للهوائيات وخوارزميات تشفير على درجة عالية من الأمن. والخصائص الراهنة لهذا المعيار تتوجه للمعدلين 1,75 MHz و 3,5 MHz والتباعد 7 MHz بين القنوات وتتلاءم مع النطاق 3,5 GHz.
- أما الخصائص الرئيسية للمعايير HiperMAN الموحدة تماماً مع المعيار IEEE 802.16 فهي:
- جميع تحسينات الطبقة PHY المتعلقة بالأسلوبين OFDM و OFDMA بما فيها MIMO الخاصة بالأسلوب OFDMA؛
 - ترتيب مرن للقنوات مع تباعد قدره 3,5 MHz و 7 MHz و 10 MHz (ويصل إلى 28 MHz)؛
 - نفاذ OFDMA قابل للتوسيع مع قيم المتحولة FFT البالغة 512 و 1024 و 2048 نقطة للاستعمال تبعاً لعرض القناة على نحو يقي التباعد بين الموجات الحاملة الفرعية ثابتاً؛
 - النفاذ OFDMA للوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة (ترتيب القنوات الفرعية) للأسلوبين OFDM و OFDMA؛
 - توفير الهوائي التكييفي في الأسلوبين OFDM و OFDMA.
- المعايير: جميع المعايير ETSI متاحة بنسختها الإلكترونية في العنوان <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp> مع تحديد رقم المعيار في مربع البحث.

الملحق 5

المعايير ATIS WTSC المتعلقة بالسطوح البينية الراديوية في أنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA) في الخدمة المتنقلة

1 معيار النفاذ اللاسلكي إلى شبكة الإنترنت عريضة النطاق (WWINA) ATIS WTSC ومعايير أخرى

إن لجنة التكنولوجيا والأنظمة الراديوية (WTSC) للرابطة ATIS (رابطة الحلول الصناعية للاتصالات) هي منظمة معنية بوضع المعايير ومعتمدة من المؤسسة الوطنية الأمريكية للمعايير، وضعت معيار وطني أمريكي ينسجم والمتطلبات التي اعتمدها فيما يتعلق بأنظمة النفاذ اللاسلكي إلى شبكة الإنترنت عريضة النطاق (WWINA). ويتيح معيار السطوح البينية الراديوية WWINA إمكانية التنقل وتقديم خدمات مكملة لما تقدمه الخدمتان DSL والمودم الكبلية لمشاركي الخدمة الجوال

المتنقلين. وقد صُمم هذا النظام على النحو الأمثل ليستخدم في خدمات البيانات بأسلوب الرزم عالية السرعة التي تعمل في قناة مستقلة للبيانات المحسنة. وتحدد متطلبات النفاذ WWINA سطحاً بينياً راديوياً للإنترنت لا يقع في خط البصر لأجهزة الوسائط المتعددة ولجميع أنواع الشاشات والأداء.

ويتيح هذا السطح البيئي الهوائي استعمال الأجهزة المطرافية (AT) المحمولة للنفاذ مع أداء محسن مقارنة بأنظمة أخرى مخصصة لأجهزة المستعمل كثيرة التشغيل. ويركز السطح البيئي الهوائي WWINA على وجه التحديد على تحقيق الأداء الأمثل من النواحي التالية:

- سرعة إرسال البيانات في النظام؛
- تغطية/مدى النظام؛
- استطاعة الشبكة؛
- الحد من تعقيد الشبكة إلى أبعد حد؛
- إدارة مستوى الخدمة ونوعية الخدمة.

2 المعيار ATIS-0700004.2005: النفاذ المتعدد بتقسيم المكان عالي القدرة (HC-SDMA)

1.2 معلومات عامة عن السطح البيئي الراديو

يحدد المعيار HC-SDMA السطح البيئي الراديو لنظام متنقل عرض النطاق في منطقة شاسعة. ويستخدم المعيار تقنيتي الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) والهوائي التكيفي (AA) مع خوارزميات معالجة المكان باستعمال عدة هوائيات من أجل التوصل إلى نظام اتصالات متنقل باستعمال فعال للطيف قادر على توفير خدمة متنقلة عريضة النطاق في نطاق ترددات (غير متزاوجة) يبلغ 5 MHz من الطيف المرخص للخدمات المتنقلة. وتصمم الأنظمة HC-SDMA لتعمل في طيف ترددات مرخص أقل من 3 GHz وهو الطيف الأكثر ملاءمة للتطبيقات المتنقلة التي تقدم إمكانية تنقل كاملة وتغطية واسعة. وبما أن الأنظمة القائمة على المعيار HC-SDMA تستند إلى تقنية الإرسال TDD ولا تتطلب نطاقات متزاوجة متناظرة يفصل بينها تباعد ملائم أو مرسل مزدوج، فإنه من السهل إدخال تعديلات عليها لتمكينها من العمل في نطاقات ترددات مختلفة. وتتيح التقنية HC-SDMA معدل إرسال للقناة قدره 20 Mbit/s في نطاق مرخص عرضه 5 MHz. ومع عامل إعادة استعمال الترددات $N = 1/2$ في نظام يستعمل 10 MHz من الطيف المرخص، يتيسر معدل إرسال قدره 40 Mbit/s بصورة كاملة في كل خلية من خلايا الشبكة HC-SDMA مع فعالية استعمال طيف قدرها 4 bit/s/Hz/cell.

2.2 المواصفات التفصيلية للسطح البيئي الراديو

للسطح البيئي الراديو HC-SDMA بنية TDD/TDMA اختيرت خصائصها المادية والمنطقية لأغراض النقل الفعال للبيانات IP من المستعمل الطرفي والإفادة إلى أبعد حد من مزايا الهوائي التكيفي. وتشكل الملامح المادية للبروتوكول على نحو يؤمن توفير معلومات عن المكان والأماكن التي تعاني من التداخلات المترابطة في الوصلتين الصاعدة والهابطة، فيما يتعلق بالقنوات التي تتأهب للإرسال والاستقبال الموجهين مثل قنوات الحركة. وبالمقابل، فإن القنوات غير المؤهلة للمعالجة التوجيهية مثل قنوات البحث الراديو والإذاعة تكلف حمولات أصغر وتزود بدرجة أعلى من الحماية من الأخطاء لكي تتعادل وصلاتها مع وصلات قنوات المعالجة التوجيهية. ويضاف تشكيل وتشفير القناة التكيفيان إلى التحكم بقدرة الوصلتين الصاعدة والهابطة بغية توفير إرسال موثوق في ظروف شديدة التنوع للوصلات. كما يضاف طلب ARQ سريع إلى التشكيل والتشفير والتحكم في القدرة من أجل الحصول على وصلة موثوقة. وتتوفر أيضاً عمليات نقل سريع بين الخلايا من النمط عمل-توقف بإطناض ضئيل. وتحقق عملية الاستيقان المتبادل للمطاريف وشبكة النفاذ والتشفير من الاستيقان والترخيص لوصلة النفاذ الراديو وتضمن سريتها.

ويتكون السطح البيئي الراديوي HC-SDMA من ثلاث طبقات هي L1 و L2 و L3. ويصف الجدول 1 وظائف السطح البيئي الراديوي التي تتضمنها كل طبقة. ويرد أدناه وصف موجز لكل من خصائص الطبقة؛ وتضم الأقسام اللاحقة من هذا الملحق معلومات دقيقة عن الملامح الرئيسية.

الجدول 1

طبقات السطح البيئي الراديوي

الطبقة	تعريف الخصائص
L1	بنية الأطر والرشقات، التشكيل وتشفير القناة، تقدم التزامن
L2	إرسال موثوق، تحويل القنوات المنطقية إلى قنوات مادية، تجفير عام
L3	إدارة الجلسة، إدارة الموارد، إدارة التنقل، التقطيع، التحكم في القدرة، تكييف الوصلة، الاستيقان

ويلخص الجدول 2 العناصر الرئيسية للسطح البيئي الراديوي HC-SDMA.

الجدول 2

ملخص العناصر الأساسية للسطح البيئي الراديوي HC-SDMA

القيمة	الكمية
TDD	طريقة الإرسال المزدوج
FDMA/TDMA/SDMA	طريقة النفاذ المتعدد
كشف/تجنب، برمجة مركزية	خطة النفاذ
kHz 625	تباعد الموجات الحاملة
ms 5	طول (مدة) الإطار
عدم تناظر بنسبة 3:1 الوصلة الهابطة: الوصلة الصاعدة في معدلات الذروة	عدم تناظر معدل بيانات المستعمل
3	الفواصل الزمنية في الوصلة الصاعدة
3	الفواصل الزمنية في الوصلة الهابطة
km 15 <	المدى
kbaud/s 500	معدل الرموز
جذر التحجب التربيعي المرفوع	تشكيل النبضة
25%	عرض نطاق القناة الزائد
- انتقاء مستقل لمجموعة الوصلتين الصاعدة والهابطة إطاراً إطاراً + تشفيرها - 8 مجموعات في الوصلة الصاعدة + أصناف التشفير - 9 مجموعات في الوصلة الهابطة + أصناف التشفير - مجموعات ثابتة المقاس ومستطيلة	تشكيل وتشفير
عروة مفتوحة ومغلقة إطاراً إطاراً في الوصلتين الصاعدة والهابطة	التحكم بالقدرة
نعم	طلب ARQ سريع
نعم	تجميع الموجات الحاملة والفواصل الزمنية
DiffServ (خدمات متفاضلة) مواصفات السياسة، الحد من معدل التشغيل، الأولوية، التقطيع، إلخ.	نوعية الخدمة
استيقان متبادل للمطاريف والمسيرات BSR، تشفير لأغراض السرية	الأمن
موجة بمطرف النفاذ، عمل-توقف	النقل
دينامي، عرض النطاق حسب الطلب	توزيع الموارد

وتتاح جميع المعايير المذكورة في هذا الملحق بنسختها الإلكترونية في العنوان: <https://www.atis.org/docstore/default.aspx>.

الملحق 6

"منصة عالمية موسعة (XGP)" لأ أنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA) في الخدمة المتنقلة

1 معلومات عامة عن السطح البيئي الراديوي

طور منتدى XGP المعروف سابقاً باسم مجموعة مذكرة التفاهم بشأن الهواتف المحمولة (PHS MoU Group)، وهي منظمة وضع معايير "المنصة العالمية الموسعة (XGP)" كنظام من أنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (BWA). وتتيح المنصة XGP المعروفة أيضاً باسم نظام "الجيل القادم PHS" فعالية عالية في استعمال الطيف خاصة بسبب استعمال خلايا صغيرة نصف قطرها أصغر بكثير من نصف قطر خلايا الهاتف المتنقل العادي أو النظام PHS الأصلي.

المنصة XGP عبارة عن نظام BWA متنقل يستعمل النفاذ OFDMA، SC-FDMA/TDMA-TDD، وبعض الخصائص المتطورة التالي وصفها:

- تحقيق بيئة التوصيل الدائم على مستوى بروتوكول الإنترنت
- لا بد من التوصيل الدائم للدورة على مستوى بروتوكول الإنترنت الذي يتيح للمستخدمين البدء الفوري بإرسال عالي السرعة، نظراً للراحة التي توفرها بيئة التوصيل الدائم في المودم الكبلي وغيره.
- سرعة إرسال عالية
- من المهم أيضاً المحافظة على صبيب ما لأسباب عملية حتى حالات الحركة الكثيفة.
- سرعة الإرسال في الوصلة الصاعدة
- نظراً للطلب المتزايد على الاتصالات ثنائية الاتجاه في النطاق العريض مثل اتصالات المؤتمر الفيديوي، فإن سرعة إرسال تتجاوز 10 Mbit/s في الوصلة الصاعدة ستكون أكثر إلحاحاً في المستقبل القريب.
- فعالية عالية في استعمال الطيف
- لا بد من استعمال طيف الترددات بفعالية عالية من أجل تجنب انقطاع تطبيقات الخدمة بسبب نقص الترددات، من جراء ازدحام حاد في الحركة يتمركز في المنطقة التجارية أو في مركز المدينة.
- علاوة على ذلك، يتيح النظام استعمال الطيف استعمالاً عالي الفعالية من خلال أحدث التكنولوجيات من قبيل تكنولوجيا صفيق الهوائيات التكييفية وتكنولوجيا النفاذ المتعدد بتقسيم المكان وتكنولوجيا التحكم اللامركزي المستقل ذاتياً. وتتيح هذه التكنولوجيات الثلاث الاستغناء عن ضرورة تخطيط الخلايا مما يؤدي إلى إمكانية إنشاء خلايا بنصف قطر أقل من 100 m.
- وتحتاج الأنظمة المتنقلة اللاسلكية بوجه عام مستوى عال نسبياً من الدقة بالنسبة لموضع تركيبها من أجل تفادي التداخل مع الخلايا الأخرى. وفي حالة شبكات الخلايا الماكروية، فإن تخالف محطة القاعدة مع المبنى/الموضع المزمع نحو مبنى/موضع بديل مجاور بموجب مفاوضات مع مالك المبنى، لا تتسبب إلا في قدر ضئيل من التداخل بين الخلايا يظل في حدود خطأ هامشي.
- بيد أنه في حالة شبكات الخلايا الميكروية ومع تعذر تجاهل هذا التخالف كخطأ هامشي؛ يتعين في بعض الحالات إعادة ضبط تصميم الخلايا المجاورة.

وقد تم حسم هذا الإشكال من خلال نظام "المنصة العالمية الموسعة" نتيجة لتميزها ببنية مقاومة للتداخل ولا تحتاج إلى دقة صارمة بالنسبة لموضعة المحطات القاعدة بما يبشر بمصاعب أقل بالنسبة لبناء شبكات الخلايا الميكروية.

ونظام "المنصة العالمية الموسعة" هو أحد أنظمة النفاذ BWA التي تتسم بخاصية تفاصيلية من خلال استخدام شبكات الخلايا الميكروية بمرونة هي وشبكات الخلايا الماكروية من أجل حل مشكلة الازدحام في الحركة الكثيفة في المناطق ذات الكثافة السكانية الكبيرة.

وتوفر طريقة التحكم اللامركزي الذاتي "للمنصة العالمية الموسعة" ميزة في بناء شبكات الخلايا الميكروية. ويمكن تكوين شبكة دون الانزعاج من مشكلات التداخل التي تحدث عند إدخال الخلايا الميكروية جداً (البيكو) والفمتو باستعمال نفس الطريقة. كما أنه لا يلزم بالضرورة وجود تصميم صارم لبناء شبكة الخلايا الماكروية، حيث يتسنى التشغيل البسيط للشبكة، وبغض النظر عن الخلايا الميكروية أو الخلايا الماكروية، فإن هذه الطريقة تسمح بالتشغيل البسيط بالنسبة لتركيبة محطات قاعدة إضافية للشبكة.

ومن النسخة 2 من مواصفات المنصة العالمية الموسعة، بالإضافة إلى الأسلوب الأصلي لهذه المنصة، أضيف الأسلوب العالمي الذي اتخذ من توصيف 3GPP مرجعاً (LTE TDD) من أجل تحقيق سلم المزاي التي يقدمها التطور طويل الأجل. وبالتالي أصبحت المنصة العالمية الموسعة متوافقة إلى حد كبير مع الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن في التطور طويل الأجل (LTE TDD)، ويمكن اعتبارها جزءاً من مجتمع التطور طويل الأجل المتشارك في نظام بيئي مشترك.

وتستوعب النسخة 2 من مواصفات المنصة العالمية الموسعة أيضاً بعض المتطلبات المحددة التي تلتزم بلوائح إقليمية أو محلية.

2 مواصفات تفصيلية للسطح البيني الراديوي

للسطح البيني الراديوي في "المنصة العالمية الموسعة" بعدان لطرائق النفاذ المتعدد مثل النفاذ OFDMA، SC-FDMA (المتحكم فيه على امتداد محور التردد) والنفاذ TDMA (المتحكم فيه على امتداد على محور الزمن). وطريقة النفاذ OFDMA هي تقنية نفاذ الإرسال المتعدد بتقسيم تعامدي للتردد (FDMA) تقسم قناة الاتصالات إلى عدد صغير من النطاقات الترددية متساوية التباعد ويحمل كل منها جزءاً من الإشارة الراديوية على التوازي. ثم ترسل هذه الموجات الحاملة الفرعية في آن واحد بترددات مختلفة إلى المستقبل. وقد أضحى النفاذ OFDMA خطة رائجة للاتصال الرقمي عريض النطاق.

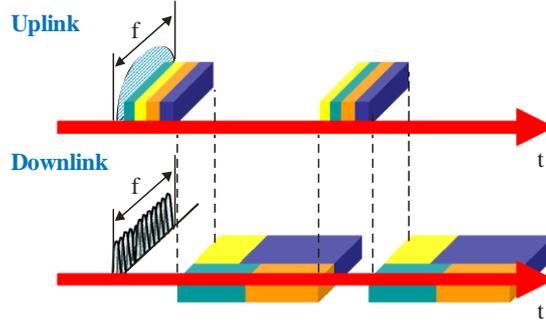
وأسلوب الإرسال المزدوج هو الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) الذي لا حاجة إليه في قنوات الطيف المزوجة. وهو يتيح تكريس الموارد للوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة على نحو غير متناظر مما يُجلب ساعات للتطبيقات كثيفة البيانات في الوصلتين الصاعدة والهابطة.

وتدعم المنصة العالمية الموسعة عوض النطاق التالية في قناة التشغيل: MHz 1,25 و MHz 2,5 و MHz 5 و MHz 10 و MHz 20 و MHz 22,5 و MHz 25 و MHz 30، ويدعم مخططها للتشكيل BPSK و QPSK و 16-QAM و 64-QAM و 256-QAM. أما التباعد بين ترددات الموجات الحاملة الفرعية فهو 15 kHz و 37,5 kHz. ويضم إطار الزمن 4 و 8 و 10 و 16 و 20 من الفواصل الزمنية بعرض 2,5 ms و 5 ms و 10 ms. ويمكن استعمال كل فاصل على حدة، كما يمكن استعماله بصورة مستمرة من قبل مستعمل واحد؛ وبالإمكان أيضاً استعمال الفواصل بصورة دائمة في بنية إطار لا تناظرية.

وتظهر في الشكل 2 صورة هيكل إطار المنصة العالمية الموسعة (XGP).

الشكل 2

صورة هيكل إطار المنصة العالمية الموسعة (XGP)



M.1801-02

وتتيح "المنصة العالمية الموسعة" استعمالاً فعالاً للطيف من خلال بعض الوظائف مثل صفيف الهوائيات التكيفية والنفاد SDMA و MIMO.

وصفيف الهوائيات التكيفية هو تقنية لتشكيل حزمة تكيفية من محطة قاعدة/محطة متنقلة (BS/MS) إلى محطة متنقلة/محطة قاعدة (MS/BS) بدمج إشارات الهوائيات ذات الصلة. ويستخدم هوائي الصفيف التكيفي هوائيات متعددة للجمع بين إشاراتها (1) لتشكيل حزمة على نحو تكيفي إلى الاتجاهات المرغوبة تجنباً للتداخل الضار من مصادر التداخل و(2) لإرسال الموجات/الإشارات الراديوية النسب إلى مطراف معين باستخدام الحزمة المشكّلة. وفي نظام المنصة العالمية الموسعة (XGP) الذي يستخدم مخططات OFDMA SC-FDMA/TDMA-TDD، تكون تكنولوجيا الهوائي هذه مناسبة تماماً ويمكن تطبيقها بفعالية على المرسل والمستقبل معاً. وهي تنطوي على إمكانية زيادة كفاءة طيف المنصة العالمية الموسعة لإتاحة تغطية مساحة أوسع بكلفة أقل.

ويبين الجدول 3 المواصفات الرئيسية للسطح البيني الراديوي.

الجدول 3

المواصفات الرئيسية لنظام "المنصة العالمية الموسعة"

طريقة النفاذ المتعدد	SC-FDMA/TDMA ،OFDMA
طريقة الإرسال المزدوج	TDD
عرض نطاق قناة التشغيل	MHz 1,25 و MHz 2,5 و MHz 5 و MHz 10 و MHz 20 و MHz 22,5 و MHz 25 و MHz 30
التباعد بين ترددات الموجات الحاملة الفرعية	kHz 15 و kHz 37,5
طول مدة الإطار	ms 2,5 و ms 5 و ms 10
عدد الفواصل الزمنية	4، 8، 10، 16، 20 فواصل
مخطط التشكيل	256-QAM ،64-QAM ،16-QAM ،QPSK ،BPSK
تقنيات تتيح استعمالاً فعالاً للطيف	صفيف هوائيات تكيفية، SDMA ،MIMO
معدل الذروة لإرسال القناة/20 MHz (في الحالة SISO، UL:DL=1:3)	الوصلة الصاعدة: Mbit/s 15 الوصلة الهابطة: Mbit/s 55

المعايير

مواصفات "المنصة العالمية الموسعة" لمنتدى XGP متاحة إلكترونياً على موقع الويب:

"A-GN4.00-02-TS": مواصفات المنصة العالمية الموسعة <http://www.xgpforum.com>.

ولرابطة الصناعات والأعمال التجارية الراديوية (ARIB) "منصة عالمية موسعة" قياسية من أجل الاستعمال المحلي في اليابان.

كما أن معيار الرابطة ARIB "للمنصة العالمية الموسعة" متاح على موقع ARIB على الويب.

"ARIB STD-T95": نظام النفاذ عريض النطاق OFDMA/TDMA TDD معيار ARIB

<http://www.arib.or.jp/english/index.html>.

ويشمل المعيار "ARIB STD-T95" مواصفات اللائحة اليابانية إضافة إلى المواصفات الأصلية للنظام.

الملحق 7

المعيار IEEE 802.20: سطح بيني راديوي قياسي للنفاذ اللاسلكي المتنقل عريض النطاق يدعم التنقلية عبر المركبات

المعيار IEEE 802.20 مصمم لتوفير النفاذ اللاسلكي العريض النطاق القائم على بروتوكول الإنترنت (شبكة الإنترنت) في بيئة متنقلة. ويشمل المعيار أسلوباً للنطاق العريض وأسلوباً للموجات الحاملة المتعددة -625k. والإرسال المزدوج بتقسيم الزمن مدعوم في الأسلوبين في حين يدعم أسلوب النطاق العريض الإرسال المزدوج بتقسيم التردد.

1 جوانب النظام

يحدد المعيار 802.20 المتطلبات اللازمة لضمان التوافق بين انتهائية نفاذ (AT) مطابقة وعقدة نفاذ (AN) مطابقة أو محطة قاعدة (BS) مطابقة لأساليب منتقاة بشكل جيد للمعيار.

والغرض من المعيار 802.20 هو السماح إما ببنية توصيل تراتبية ثابتة (الملائم لبيئة الاتصالات الخلوية) أو ببنية توصيل أكثر دينامية وغير تراتبية. والقصد من معمارية المواصفة 802.20 هو أن توفر إطاراً للتوافق العكسي لإضافات الخدمة والتوسعات في إمكانات النظام في المستقبل دون فقدان التوافق العكسي مع دعم التكنولوجيا التقليدية.

ويستند أسلوب النطاق العريض إلى تقنيات النفاذ OFDMA وهو مصمم لكي يعمل مع عروض نطاقات في أسلوب الإرسال FDD وTDD. تتراوح من 5 MHz إلى 20 MHz. وبالنسبة للأنظمة التي يتوفر فيها عروض نطاقات أكبر من 20 MHz، يحدد أسلوب النطاق العريض أسلوباً مناسباً لموجات حاملة متعددة يمكنه تأمين عروض نطاقات أكبر.

والأسلوب 625k-MC عبارة عن سطح بيني راديوي TDD تم تطويره لاستخلاص الفائدة القصوى من معالجة إشارة هوائيات متعددة تكيفية. ويمكن الأسلوب 625k-MC من النفاذ اللاسلكي عريض النطاق باستعمال موجات حاملة بترددات راديوية (RF) مع مباعدة بين الموجات الحاملة مقدارها 625 kHz والتي يتم نشرها عادة في أحجام لقدرة القناة تبدأ من 5 MHz فأعلى. ويدعم الأسلوب 625k-MC تجميع موجات حاملة TDD RF متعددة لكي تزيد أكثر من معدلات البيانات القصوى المتاحة لكل مستعمل.

1.1 سمات أسلوب النطاق العريض-الطبقة المادية

يوفر أسلوب النطاق العريض 802.20 دعم الطبقة المادية القائم على النفاذ OFDMA من أجل الوصلات الأمامية والعكسية على السواء. ولدعم عمليات نشر الأسلوبين FDD و TDD، تستخدم الطبقة المادية شكل موجة في النطاق الأساسي واحد في كلا الأسلوبين، وبالتالي تقلل من عدد التكنولوجيات التي يقوم البائعون بتنفيذها. وتوفر المواصفة مجموعات لإشارات التشكيل تصل إلى 64-QAM مع HARQ مترامز للوصلات الأمامية والعكسية على السواء لتحسين الصبيب في البيئات الدينامية. ولتناول بيئات مختلفة، يستخدم العديد من مخططات التشفير المختلفة المدعومة والتي من بينها الشفرات التلافيفية والشفرات التوربينية ومخطط تشفير LDPC اختياري يوفر خصائص في الأداء تضارع أو تفوق الشفرات التوربينية عند جميع الانتهايات HARQ.

وعلى الرغم من أن الطبقة المادية RL تقوم على النفاذ OFDMA، فإن جزءاً من التشوير من AT إلى AN يحدث عبر مقطع للتحكم CDMA مدمج في موجات حاملة فرعية معينة لشكل الموجة OFDM. وتمكن هذه السمة الفريدة من التشوير القوي والمستمر من AT إلى AN مع إمكانية الاستفادة من تقنيات التسليم البسيطة وغيرها من التقنيات الأخرى الموضوعة من أجل الإرسال الخلوي CDMA. وينتج عن ذلك زيادة في متانة تشوير RL واستمرارية قناة التشوير حتى خلال الحالات الانتقالية مثل النفاذ والتسليم. وبما أن المقطع CDMA "يقفز" فوق قناة النطاق العريض بأكملها، فإن العقدة AN يمكنها أن تجري بسهولة قياسات النطاق العريض اللازمة من أجل إدارة أفضل للتداخل والموارد.

2.1 تقنيات أسلوب النطاق العريض-هوائيات متعددة

من منظور النظام، توصف التكنولوجيا 802.20 العديد من تقنيات الهوائيات المتعددة لاستعمالها مع وصلة التغذية. ويمكن دعم مستعملي SISO و MIMO في آن واحد بما يصل بخبرة المستعمل إلى أفضل مستوى ممكن في ظل ظروف معينة للقناة. وبالنسبة للمستعملين القريبين من نقطة النفاذ (AP)، يوفر الأسلوب MIMO إرسالات بمعدل بيانات عالٍ جداً. ويزيد تشكيل الحزمة من معدلات بيانات المستعمل من خلال تركيز قدرة الإرسال في اتجاه المستعمل وهو ما يمكن من استقبال نسبة SINR أكبر عند AT. ويزيد النفاذ SDMA أكثر من السعة القطاعية من خلال إتاحة الإرسالات المتأونة لمستعملين في أماكن متفرقة باستعمال نفس مجموعات الموجات الحاملة الفرعية. ويوفر تشكيل الحزمة هذا بالاشتراك مع الأسلوب MIMO والنفاذ SDMA معدلات بيانات محسنة للمستعمل في المناطق ذات النسبة SINR العالية والمنخفضة على حد سواء.

3.1 الأسلوب 625k-MC - سمات السطح البيئي الراديوي

مشروع المواصفات 625k-MC للمعيار IEEE 802.20 عبارة عن تحسين للمواصفات الأساسية التي يوفرها معيار السطح البيئي الراديوي بالنفاذ المتعدد بالتقسيم المكاني عالي السعة (HC-SDMA) (المعيار ATIS.0700004.2005) وهو متوافق عكسياً بشكل كامل مع الأنظمة المتداولة تجارياً والقائمة على المواصفات HC-SDMA.

والأسلوب 625k-MC والمصمم بشكل فريد حول هوائيات متعددة بمعالجة مكانية ونفاذ SDMA يتيح نقل الحركة IP، بما في ذلك البيانات IP عريضة النطاق عبر نموذج مرجعي متعدد الطبقات كما هو مبين في شكل 2. وتتم مواءمة الطبقتين المادية ووصلة البيانات (MAC و LLC) بالشكل الأمثل لاستخلاص الفائدة القصوى من تكنولوجيات المعالجة المكانية: معالجة هوائيات تكيفية ونفاذ SDMA: كفاءة وسعة أفضل في استخدام الطيف وتغطية أوسع مع تمكين التشغيل الاقتصادي حتى إذا كان الطيف متاح صغيراً بقيمة 625 kHz. كما تدعم الطبقة المادية وطبقة وصلة البيانات معدلات بيانات أعلى وصيباً أكبر من خلال إتاحة تجميع موجات حاملة متعددة تردد 625 kHz - ولذا فهو يسمى "أسلوب 625k-MC".

[https://sbwsweb.ieee.org/ecustomer/mcme_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+\(e.Sales\)_Standards_IEEE&mem_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=1192713657](https://sbwsweb.ieee.org/ecustomer/mcme_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+(e.Sales)_Standards_IEEE&mem_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=1192713657)

الملحق 8

السطح البيئي الراديوي لمعيار نظام النفاذ اللاسلكي عريض النطاق SCDMA

1 نظرة عامة على السطح البيئي الراديوي

يُعرّف السطح البيئي الراديوي القياسي طبقة مائية قائمة على الإرسال TDD/النفاذ OFDMA بتوزيع الشفرة (CS-OFDMA) وطبقة للتحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC)/التحكم في وصلة البيانات (DLC). والنظام عريض النطاق المتنقل القائم على بيانات الرزم والذي يتم بناؤه طبقاً للسطح البيئي الراديوي القياسي ويدعم مجموعة كاملة من التطبيقات، بما في ذلك بيانات أفضل مجهود، وبيانات الوسائط المتعددة في الوقت الفعلي والبيانات المتأونة والصوت.

والسطح البيئي الراديوي مصمم بالشكل الأمثل من أجل الصوت عالي الكفاءة والتنقلية الكاملة للصوت والبيانات والكفاءة الطيفية العالية بالنسبة لعمليات نشر الشبكات وحيدة التردد. وتم تزويد السطح البيئي الراديوي بالتقنيات القائمة على الهوائيات المتعددة مثل تشكيل الحزمة والإخماد وتنوع الإرسال لتوفير تغطية أفضل مع التنقلية والحد من التداخلات من أجل دعم عمليات النشر التي يكون فيها عامل إعادة استعمال الترددات (N) يساوي الواحد الصحيح (1).

ويدعم السطح البيئي الراديوي عرض نطاق للقناة في حدود مضاعفات 1 MHz حتى 5 MHz. وترتيب القنوات الفرعية وتوزيع الشفرة المعرفان على نحو خاص داخل كل عرض نطاق مقداره 1 MHz يوفران إمكانية تنوع الترددات ورصد التداخلات بالنسبة لتخصيص الموارد الراديوية مع تفتيت لعرض النطاق بمقدار 8 kbit/s. كما يسمح ترتيب القنوات بتوزيعها دينامياً وبصورة منسقة بين الخلايا من أجل تفادي التداخلات المتبادلة بصورة فعالة. ومن شأن نظام يستعمل عرض نطاق مقداره 5 MHz أن يدعم عدداً من المستعملين المتزامنين يبلغ 120 مُستعملاً. وبالتالي يتم تخصيص القنوات الفرعية والقدرة للمستعملين المتعددين استناداً إلى كل من ظروف انتشار الوصلة ومستويات التداخل بها.

ويدعم السطح البيئي الراديوي القياسي مخططات التشكيل QPSK و 8-PSK و 16-QAM و 64-QAM للوصلتين الصاعدة والهابطة مع زيادة في الكفاءة القصوى في استخدام الطيف بمقدار 3 bit/s/Hz بالنسبة لتشكيل هوائي إرسال وحيد، واستقبال وحيد. ويُستخدَم نظام الإرسال TDD للفصل بين إرسال الوصلتين الصاعدة والهابطة. ويمكن ضبط النسبة بين صيبي بيانات الوصلتين الصاعدة والهابطة.

وتقوم الطبقة DLC/MAC بالتحكم في نفاذ المستعمل وإدارة الدورة، والاستعادة بعد الخطأ ARQ. كما تقوم بتخصيص عرض النطاق وتوزيع القنوات وتحديد الجدول الزمني للرزم، بالنسبة لاتصالات مستعملين متعددين طبقاً لطلبات المستعملين من عروض النطاق وطبقاً لأولويات المستعملين ومتطلبات المستعملين بالنسبة لجودة الخدمة (QoS)/وضعف الخدمة (GoS) وشروط القنوات.

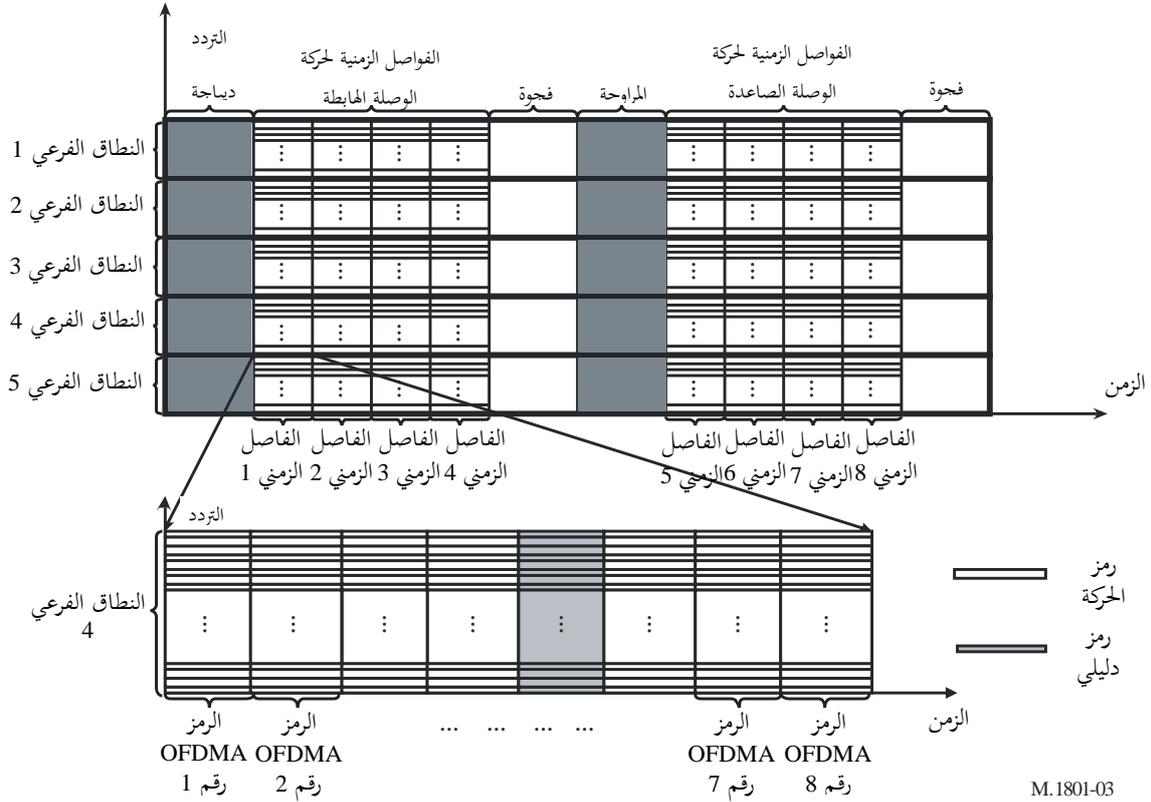
2 الجوانب العامة للسطح البيئي الراديوي

1.2 النفاذ CS-OFDMA وبنية الإطار

يستخدم السطح البيئي الراديوي القياسي النفاذ CS-OFDMA كتقنية رئيسية لكل من إرسال الإشارة والنفاذ المتعدد. ويقوم النفاذ CS-OFDMA على تقنية النفاذ OFDMA. وكما هو الحال مع النفاذ OFDMA، يُوزع لكل مستعمل مجموعة مخصصة من شبكات الزمن-التردد من أجل الاتصال بحيث لا يقع عليه تداخل من النفاذ المتعدد، أو تداخل من تعدد المسيرات. ومع ذلك، فبخلاف النفاذ التقليدي OFDMA والذي يتم فيه تقابل كل رمز مع مشفر مباشرة مع شبكة زمن-تردد موزعة، يتم توليد متجه من الإشارة CS-OFDMA عن طريق التشفير المسبق لمتجه الرموز المشفرة. وبعد ذلك يجري تقابل متجه الإشارة CS-OFDMA الناتج مع شبكات زمن-تردد متعددة والمنتشرة عبر الزمن والتردد. وبهذا الأسلوب، يتم إرسال الإشارات بتنوع حقيقي بالنسبة للتردد والزمن. وتوضح البنية التالية للإطار بشكل جيد النفاذ CS-OFDMA والنفاذ المتعدد.

الشكل 3

بنية الإطار لوصلتين صاعدة وهابطة متماثلتين



في الشكل 3، يُقسم النطاق 5 MHz إلى خمسة نطاقات فرعية يشغل كل منها 1 MHz. ويتكون كل نطاق فرعي من 128 موجة حاملة فرعية تقسم بدورها إلى 16 قناة فرعية تتضمن كل قناة منها ثماني موجات حاملة فرعية موزعة. ويبلغ طول الإطار CS-OFDMA TDD نحو 10 ms ويتألف فاصل زمني للديابحة وفاصل زمني للمراوحة وثمانية فواصل زمنية للحركة وفاصلتين حارستين. ويمكن تشكيل النسبة بين الفواصل الزمنية لحركة الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة. ويحتوي كل فاصل زمني على 8/10 رموز OFDMA متعاقبة. ويرد في الجدول 4 المعلمات الأساسية للإشارة CS-OFDMA.

الجدول 4

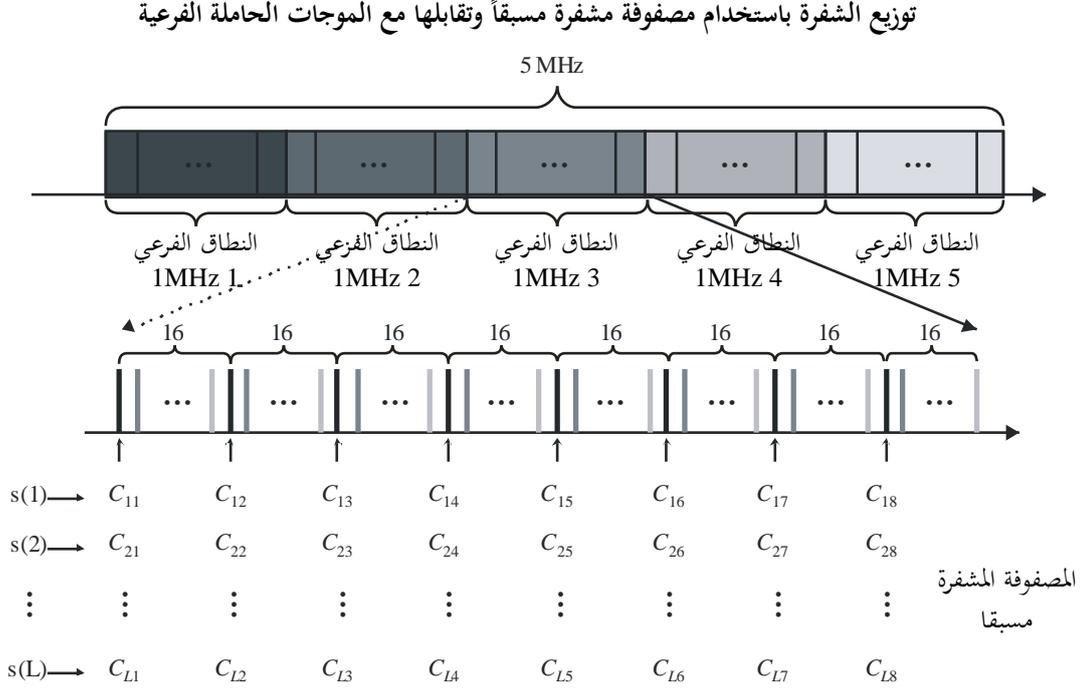
المعلمات الأساسية للإشارة CS-OFDMA

القيم	المعلمات
1 024	قد التحويل FFT
kHz 7,8125	المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية
μ s 137,5	مدة الرمز CS-OFDMA
μ s 9,5	مدة السابقة الدورية
MHz 5	عرض النطاق المشغول للمحطة القاعدة
32	عدد الموجات الحاملة الفرعية الحارسة

وتشكل جميع الموجات الحاملة الفرعية داخل أي نطاق فرعي وداخل أي فاصل زمني فدرية مورد تضم 128 موجة حاملة فرعية بعدد ثمانية رموز OFDMA. ويتم توزيع الشفرة على ثماني موجات حاملة منتقاة في كل فدرية مورد بحيث يتم فيها توزيع الموجات

الحاملة الفرعية الثماني بانتظام عبر النطاق الفرعي البالغ 1 MHz. ويتم توليد متجه للإشارة CS-OFDMA بأبعاد 8×1 بضرب الحد الأيسر من متجه الرمز المشفر ذي الأبعاد $L \times 1$ في مصفوفة مشفرة مسبقاً أبعادها $8 \times L$. ويجري بعد ذلك تقابل الإشارات الثماني الناتجة مع الموجات الحاملة الفرعية الثماني. و L عبارة عن عامل تحميل لتوزيع الشفرة وهو عبارة عن متغير صحيح يساوي، أو أقل من 8. ويوضح الشكل 4 المخطط.

الشكل 4



M.1801-04

2.2 السمات الرئيسية للسطح البيئي الراديوي

يوفر السطح البيئي الراديوي القياسي إطاراً مثالياً لدمج تقنيات PHY/MAC/DLC مثل الهوائيات المتعددة المتقدمة وعامل التحميل التكيفي والتشكيل التكيفي والتوزيع الدينامي للقنوات وتسليم النداء قبل القطع والتحكم في جودة الخدمة/صنف الخدمة. ويوفر النظام المتنقل عريض النطاق القائم على السطح البيئي الراديوي القياسي مرونة في عملية النشر تساعد على الوفاء بالمتطلبات المختلفة المتعلقة بالتغطية والسعة والخدمة.

1.2.2 تقنية الهوائيات المتعددة

تسمح بنية الإطار TDD/CS-OFDMA بتطبيق تقنيات الهوائيات المتعددة. وبتشكيل حزمة الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة، يطرأ تحسن كبير على جودة الوصلة والتغطية مع الحد من التداخل بين الخلايا. وتُمكن تقنية الإخماد المكاني المثلي النظام من العمل في ظروف التداخل الشديد. ويقوي إرسال الإشارة القائم على التشكيل المتعدد للحزم من متانة اتصالات الوصلة الهابطة.

2.2.2 الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD)

تدعم بنية الإطار TDD/CS-OFDMA مرونةً لنسب صبيب الوصلتين الصاعدة والهابطة بقيم تبلغ 1:7 و 2:6 و 3:5 و 4:4 و 5:3 و 6:2 و 7:1. ويوفر الإرسال TDD الكثير من موارد الطيف غير المتزاوجة التي يمكن استعمالها لخدمة النفاذ عريض النطاق. والسطح البيئي الراديوي القياسي محصن ضد التداخل من محطة قاعدة إلى محطة قاعدة أخرى وذلك نتيجة لطول المسافة. ويدعم في الوقت نفسه تغطية من محطة قاعدة إلى المطراف تزيد عن 80 km.

3.2.2 عامل التحميل التكيفي والتشكيل

يُدعم السطح البيني الراديوي القياسي مخططات التشكيل التالية لكل من الوصلتين الصاعدة والهابطة QPSK و 8-PSK و 16-QAM و 64-QAM. ويستخدم التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) شفرة ريد-سولومون منخفضة (31، 29) بمعدل ثابت للشفرة يبلغ 96/106. ويتم التحكم في معدل اعتماد القناة من خلال الضبط المشترك لكل من رتبة التشكيل وعامل تحميل توزيع الشفرة طبقاً للخسارة في المسير وظروف القناة، والطلب على عرض النطاق، وصنف الخدمة للمستعمل سعياً إلى تحقيق الكفاءة المثلى في استعمال النظام الرشيد للطيف.

4.2.2 التوزيع الدينامي للقنوات

يضم السطح البيني الراديوي آليات ذكية للكشف عن التداخل ومنعه. وتقوم المحطة القاعدة بتخصيص القنوات لكل مطراف وذلك استناداً إلى توزيع التداخل على الوصلتين الصاعدة والهابطة في الوقت الفعلي الذي يتم رصده من جميع المطارييف. وبهذا الأسلوب، يمكن لكل مطراف عادة الاتصال في القنوات الفرعية بأقل مستوى من التداخل. وتُدمج هذه التقنية مع تقنية الإخماد التكيفي بما يجعلها ملائمة لعمليات النشر التي يساوي فيها عامل إعادة استعمال التردد الواحد الصحيح (1).

5.2.2 جودة الخدمة (QoS)/صنف الخدمة (GoS)

يوفر السطح البيني الراديوي القياسي آلية للتحكم في GoS/QoS للوفاء بمتطلبات أصناف الخدمة المختلفة. وتتحقق الآلية من خلال تكييف الوصلة حسب جودة الخدمة المطلوبة والجداول الزمنية للزرم، وإدارة عرض النطاق القائمة على صنف الخدمة (GoS). ويعرف السطح البيني الراديوي ثمانية مستويات لجودة الخدمة وثمانية أصناف للخدمة.

6.2.2 التنقلية

توفر بنية الإطار TDD/CD-OFDMA تخصيص إرشادي دينامي يقوم على خاصية التنقلية للمطراف. وتُخصص أدلة أكثر للقنوات الفرعية الموزعة للمطارييف ذات الحركة السريعة من أجل تتبع القنوات ذات التغير السريع. ويدعم السطح البيني الراديوي تسليم النداء قبل القطع من خلال السماح للمطراف بالاتصال المتآون بكل من محطة القاعدة الثابتة والمحطة القاعدة المستهدفة وذلك كوسيلة لاختبار اعتمادية التوصيل قبل التبديل النهائي للمحطة القاعدة المستهدفة.

المراجع

المتطلبات التقنية للسطح البيني الراديوي لنظام النفاذ اللاسلكي عريض النطاق SCDMA (YD/T 1956-2009) <http://www.csa.org.cn/worknews/content.php3?id=2393>

الملحق 9

الخصائص الرئيسية للمعايير

يقدم الجدول 5 موجزاً للخصائص الرئيسية لكل معيار.

الجدول 5

المعلومات التقنية الأساسية

مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للنطاقات الراديوية	المعيار
متنقلة	ms 5 خيارات أخرى: 2، 2,5، 4، 8، 10، 12,5، 20 ms	OFDMA TDMA	TDD/ FDD/ HFDD	نعم	نعم	يصل إلى 17,5 Mbit/s مع SISO يصل إلى 35 Mbit/s مع MIMO (2 × 2) يصل إلى 70 Mbit/s مع MIMO (4 × 4)	CC/CTC خيارات أخرى: BTC/ LDPC	إلى الأعلى: - QPSK-1/2، 3/4 - 16-QAM-1/2، 3/4 - 64-QAM-1/2، 2/3، 3/4، 5/6 إلى الأسفل: - QPSK-1/2، 3/4 - 16-QAM-1/2، 2/3، 3/4، 5/6	مرن من 1,25 MHz حتى يصل إلى 28 MHz عروض النطاقات النمطية 3,5، 5، 7، 8,75، 10، 20 MHz	IEEE 802.16 WirelessMAN/ ETSI HiperMAN (الملحق 4)
متنقلة	ms 5	TDMA/FD MA/ SDMA	TDD	نعم	نعم	إلى الأعلى: 2,866 × 8 sub-channels × 4 spatial channels = 91,7 Mbit/s إلى الأسفل: 2,5 × 8 sub-channels × 4 spatial channels = 80 Mbit/s	شفرة تلافيفية وشفرة فدر	إلى الأعلى: - QPSK، BPSK، 12-QAM، 8-PSK، 16-QAM 3/4 إلى الأسفل: - QPSK، BPSK، 12-QAM، 8-PSK، 16-QAM، 24-QAM 8/9	MHz 0,625	ATIS- 0700004.2005 نفاذ متعدد بتقسيم المكان عالي القدرة- (HC) SDMA) (الملحق 5)

مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للتنوعات الراديوية	المعيار
متنقلة	2,5 ms، 5 ms، 10 ms	OFDMA SC-FDMA TDMA	TDD	نعم (خيارى)	نعم (خيارى)	إلى الأعلى Mbit/s 15 إلى الأسفل Mbit/s 55 (في الحالة 20 MHz، ،SISO (UL:DL=1:3)	شفرة تلافيفية شفرة تورينينية (خيارى)	إلى الأعلى وإلى الأسفل: BPSK QPSK 16-QAM 64-QAM 256-QAM	MHz 1,25 MHz 2,5 MHz 5 MHz 10 MHz 20	المنصة العالمية الموسعة XGP (الملحق 6)
جواله	مدة متغيرة للإطار	CSMA/ CA	TDD	لا	لا	Mbit/s 2,5	غير مشفر/ شفرة تلافيفية	إلى الأعلى وإلى الأسفل: DQPSK CCK BPSK PBCC – 1/2 QPSK PBCC – 1/2	MHz 22	المعيار IEEE 802.11-2012 الفقرة الفرعية 17 (سابقاً: 802.11b (الملحق 1)
جواله	مدة متغيرة للإطار	CSMA/ CA	TDD	لا	لا	Mbit/s 13,5	شفرة تلافيفية	إلى الأعلى وإلى الأسفل: ،64-QAM OFDM 2/3 3/4 ،16-QAM OFDM –1/2 3/4 ،QPSK OFDM – 1/2 3/4 ،BPSK OFDM – 1/2 3/4	MHz 5 MHz 10 MHz 20	المعيار IEEE 802.11-2012 الفقرة الفرعية 18 802.11a سابقاً: 802.11j و 802.11y و (الملحق 1)

الجدول 5 (تابع)

مقدرات التنقل (جواله/متقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للقنوات الراديوية	المعيار
جواله	مدة متغيرة للإطار	CSMA/ CA	TDD	لا	لا	Mbit/s 13,5	شفرة تلافيفية	إلى الأعلى وإلى الأسفل: ،64-QAM OFDM 2/3 3/4 ،16-QAM OFDM – 1/2 3/4 ،QPSK OFDM – 1/2 3/4 ،BPSK OFDM – 1/2 3/4 8-PSK PBCC – 2/3 64-QAM DSSS- 3/4 ،OFDM – 2/3 16-QAM DSSS- 3/4 ،OFDM – 1/2 QPSK DSSS-OFDM – 3/4 ، 1/2 BPSK DSSS-OFDM – 3/4 ، 1/2	MHz 20	المعيار IEEE 802.11-2012 الفقرة الفرعية 19 (سابقاً: 802.11g (الملحق 1)
جواله	مدة متغيرة للإطار	CSMA/ CA	TDD	نعم	نعم	Mbit/s 75	شفرة تلافيفية وشفرة LDPC	لأعلى وللأسفل: ،64-QAM OFDM – 2/3 5/6 ، 3/4 ،16-QAM OFDM – 1/2 3/4 ،QPSK OFDM – 1/2 3/4 BPSK OFDM – 1/2	MHz 20 MHz 40	المعيار IEEE 802.11-2012 المعدل بالمعيار IEEE 802.11n (الفقرة الفرعية 20) (الملحق 1)
جواله	ms 2	TDMA	TDD	لا	لا	6، 9، 12، 18، 27، 36 و 54 Mbit/s في 20 MHz قناة (لا تتوفر إلا القنوات بعرض 20 MHz)	شفرة تلافيفية	64-QAM-OFDM 16-QAM-OFDM QPSK-OFDM BPSK-OFDM التدفقان الصاعد والهابط على حد سواء	MHz 20	ETSI BRAN HiperLAN 2 (الملحق 1)

مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للتنوعات الراديوية	المعيار
جواله	ms 2	TDMA	TDD	لا	لا	54-6 Mbit/s في MHz 20	شفرة تلافيفية	BPSK 1/2 - BPSK 3/4 - QPSK 1/2 - QPSK 3/4 - 16-QAM 9/16 - 16-QAM 3/4 - 64-QAM 3/4 -	MHz 20 × 4 (GHz 5,25-5,15) MHz 20 × 4 (GHz 5,0-4,9)	ARIB HiSWANa (الملحق 1)
متنقلة	ms 2 و ms 10 (E- UTRAN) ms 10 طول الإطار الفرعي ms 1	CDMA (E-UTRA N) OFDM في DL SC- في FDMA UL	FDD HD- FDD	نعم	نعم	إلى الأعلى: Mbit/s 11,5 إلى الأسفل: Mbit/s 42 (E-UTRAN) إلى الأعلى: /Mbit/s 300 (3)MHz 20 إلى الأسفل: /Mbit/s 600 (3)MHz 20 إلى الأعلى: بدفعات Gbit/s 1,5 MHz 100 مجمعة ⁽⁴⁾ إلى الأسفل: بدفعات Gbit/s 3 MHz 100 مجمعة ⁽⁴⁾	شفرة تلافيفية شفرة تورينية شفرة (E-UTRAN) تورينية للبيانات؛ شفرات تلافيفية وفدرية لبعض قنوات التحكم	إلى الأعلى: ،QPSK 16-QAM إلى الأسفل: ،QPSK ،16-QAM 64-QAM ،(E-UTRAN) QPSK 64-QAM ،16-QAM معدل الشفرة متغير تماماً مع ARQ هجين ذي إطناص تصاعدي	MHz 5 مرن (E-UTRAN) ،MHz 3 ،MHz 1,4 ،MHz 10 ،MHz 5 ،MHz 20 ،MHz 15 تجميع الموجة الحاملة حتى MHz 100	IMT-2000 CDMA تمديد مباشر (الملحق 2)

الجدول 5 (تابع)

مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للقنوات الراديوية	المعيار
متنقلة	إلى الأسفل: 1,67، 1,25، 2,5، 5، 10، 20، 40، 80 ms إلى الأعلى: 10، 6,66، 20، 26,67، 40، 80 ms (cdma2000)	CDMA (cdma2000 0 و cdma 2000 HRPD) CDMA OFDMA و (UMB)	FDD (cdma2000 0 و cdma2000 HRPD) FDD/TD D (UMB)	لا (cdma2000) نعم cdma2000 HRPD (و UMB)	لا (cdma2000) نعم cdma2000 HRPD (و UMB)	إلى الأعلى: Mbit/s 1,8 لكل 1,25 MHz قناة إلى الأسفل: Mbit/s 3,1 لكل 1,25 MHz (cdma2000) إلى الأعلى: Mbit/s 4,3 لكل 1,25 MHz قناة إلى الأسفل: Mbit/s 18,7 لكل 1,25 MHz قناة (cdma2000 HRPD) إلى الأعلى: Mbit/s 75 لكل 20 MHz إلى الأسفل: Mbit/s 228 لكل 20 MHz (UMB)	شفرة تلايفية/شفرة تورينية (cdma2000 and cdma2000 HRPD) شفرة تلايفية/شفرة تورينية/شفرة LDPC (خيارى) (UMB)	إلى الأعلى: ،BPSK ،QPSK 8-PSK إلى الأسفل: ،QPSK ،8-PSK ،16-QAM (cdma2000) ،8-PSK ،QPSK 64- ،16-QAM QAM (cdma2000 HRPD) ،8-PSK ،QPSK 64- ،16-QAM QAM (UMB)	MHz 3,75 و MHz 1,25 (cdma2000) MHz 20-1,25 (cdma2000 HRPD) ،MHz 20-1,25 kHz 153,6 التحزؤ (UMB)	IMT-2000 CDMA موجات حاملة متعددة (الملحق 2)

الجدول 5 (تابع)

مقدرات التنقل (جواله/متقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للقنوات الراديوية	المعيار
متقلة	الخيار TDD Mchip/s 1,28 ms 10 طول الإطار الفرعي: الخيار TDD Mchip/s 3,84 :ms 10 الخيار TDD Mchip/s 7,68 :ms 10 (E-UTRAN) ms 10 طول الإطار الفرعي: ms 1	TDMA/CDMA (E-UTRAN) OFDM ،in DL SC-FDMA in UL	TDD	لا (E-UTRAN) نعم	نعم	TDD Mchip/s 1,28 الخيار TDD Mchip/s 3,84 إلى الأعلى: /Mbit/s 2,2 MHz 1,6 ⁽²⁾ إلى الأسفل: /Mbit/s 2,8 MHz 1,6 ⁽²⁾ الخيار TDD Mchip/s 3,84 إلى الأعلى: Mbit/s 9,2 إلى الأسفل: Mbit/s 10,2 الخيار TDD Mchip/s 7,68 إلى الأعلى: /Mbit/s 17,7 MHz 10 إلى الأسفل: /Mbit/s 20,4 MHz 10 (E-UTRAN) إلى الأعلى: /Mbit/s 300 MHz 20 ⁽³⁾ إلى الأسفل: /Mbit/s 600 MHz 20 ⁽³⁾	شفرة تلافيفية/شفرة تورينغية للبيانات؛ شفرات تلافيفية وفدرية لبعض قنوات التحكم	الخيار TDD Mchip/s 1,28 إلى الأعلى: ،QPSK ،8-PSK ،16-QAM إلى الأسفل: ،8-PSK ،QPSK ،16-QAM الخيار TDD Mchip/s 3,84 إلى الأعلى: ،QPSK ،16-QAM إلى الأسفل: ،QPSK ،16-QAM الخيار TDD Mchip/s 7,68 إلى الأعلى: ،QPSK ،16-QAM إلى الأسفل: (E-UTRAN) ،QPSK 16-QAM 64-QAM معدل الشفرة متغير تماماً مع ARQ هجين ذي إطناب تصاعدي	الخيار TDD Mchip/s 1,28 أقل من 1,6 MHz الخيار TDD Mchip/s 3,84 أقل من 5 MHz الخيار TDD Mchip/s 7,68 أقل من (E-UTRAN) 1,4 MHz 10 MHz ،3 MHz 5 ،10 MHz 15 ،20 MHz؛ تجميع الموجة الحاملة حتى 100 MHz	IMT-2000 CDMA TDD (الملحق 2)

الجدول 5 (تابع)

مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للقنوات الراديوية	المعيار
						إلى الأعلى: 1,5 Gbit/s بدفعات 100 MHz مجمعة ⁽⁴⁾ إلى الأسفل: 3 Gbit/s بدفعات 100 MHz مجمعة ⁽⁴⁾				
متنقلة	ms 4,6 ms 4,615	TDMA	FDD	غير معلن صراحةً ولكنه غير مستبعد	غير معلن صراحةً ولكنه غير مستبعد	إلى الأعلى: Mbit/s 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s 40,625 إلى الأسفل: Mbit/s 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s 40,625	شفرة PCT شفرة توربينية	إلى الأعلى: - GMSK - 8-PSK - QPSK، - 16-QAM، - 32-QAM - B-OQAM - Q-OQAM 1/1 - 0,329 إلى الأسفل: - GMSK - 8-PSK - QPSK، - 16-QAM - 32-QAM - B-OQAM - Q-OQAM 1/1 - 0,329	200 × 2 kHz Dual 200 × 2 MHz 1,6 × 2	IMT-2000 TDMA الموجة الحاملة الوحيدة (الملحق 2)
متنقلة	ms 10	TDMA	TDD	جزئي	جزئي	Mbit/s 20	حسب الخدمة: ،CRC ،BCH ريد- سولومون، Turbo	إلى الأعلى وإلى الأسفل: GFSK π/2-DBPSK π/4-DQPSK π/8-D8-PSK 64-QAM، 16-QAM	MHz 1,728	IMT-2000 FDMA/TDMA (الملحق 2)

الجدول 5 (تابع)

مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)	مدة الإطار	طريقة النفاذ المتعدد	طريقة الإرسال المزدوج	توفير MIMO (نعم/لا)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	أقصى معدل إرسال للقناة لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	وسيط التشفير	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	عرض النطاق الاسمي للقنوات الراديوية	المعيار
متنقلة	ms 5	OFDMA	TDD FDD	نعم	نعم	حتى 17,5 Mbit/s مع SISO حتى 35 Mbit/s مع MIMO (2 × 2) حتى 70 Mbit/s مع MIMO (4 × 4)	CC/CTC خيارات أخرى: BTC/ LDPC	إلى الأعلى: - QPSK-1/2، 3/4 - 16-QAM-1/2، 3/4 - 64-QAM-1/2، 2/3، 3/4، 5/6 إلى الأسفل: - QPSK-1/2، 3/4 - 16-QAM-1/2، 3/4 - 64-QAM-1/2، 2/3، 3/4، 5/6	5 MHz، 7 MHz، 8,75 MHz، 10 MHz	IMT-2000 OFDMA TDD WMAN (الملحق 2)
متنقلة	ms 10 طول الإطار الفرعي 1 ms	OFDM في DL SC- FDMA في UL	FDD TDD HD- FDD	نعم	نعم	إلى الأعلى: 300 Mbit/s في 20 MHz ⁽³⁾ إلى الأسفل: 600 Mbit/s في 20 MHz ⁽³⁾ إلى الأعلى: 1,5 Gbit/s بدفعات 100 MHz مجمعة ⁽⁴⁾ إلى الأسفل: 3 Gbit/s بدفعات 100 MHz مجمعة ⁽⁴⁾	شفرة توربينية للبيانات؛ شفرات تلافيفية وفدرية لبعض قنوات التحكم	16-QAM، QPSK، 64-QAM معدل الشفرة متغير تماماً مع ARQ هجين ذي إطناب تصاعدي	مرن 3 MHz، 1,4 MHz، 5 MHz، 10 MHz، 15 MHz، 20 MHz؛ تجميع الموجة الحاملة حتى 100 MHz	LTE-Advanced (الملحق 3)

الجدول 5 (تتمة)

المعيار	عرض النطاق الاسمي للنطاقات الراديوية	معدل التشكيل/ التشفير ⁽¹⁾ - تدفق صاعد - تدفق هابط	وسيط التشفير	أقصى معدل إرسال للنطاق لكل قناة تردد 5 MHz (إلا إذا ورد خلاف ذلك)	تشكيل الحزم (نعم/لا)	توفير MIMO (نعم/لا)	طريقة الإرسال المزدوج	طريقة النفاذ المتعدد	مدة الإطار	مقدرات التنقل (جواله/متنقلة)
IEEE 802.20 (الملحق 7)	مرن من 625 KHz حتى 20 MHz	أسلوب النطاق العريض إلى الأعلى: ،8-PSK ،QPSK 64-QAM ،16-QAM إلى الأسفل: ،8-PSK ،QPSK 64-QAM ،16-QAM أسلوب النطاق: kHz 625 ،QPSK ،Pi/2 BPSK ،12-QAM ،8-PSK ،24-QAM ،16-QAM 64-QAM ،32-QAM	شفرة تلافيفية وشفرة تورينينية وشفرة LDP مشفرة لاختبار التعادلية وشفرة هامغ الموسعة	معدلات قصوى DL Mbit/s 288 و UL Mbit/s 75 في 20 MHz	نعم: ،SDMA مع دعم تشكيل الحزم على الوصلات الأمامية والعكسية	نعم: كلمة مشفرة وجيدة وكلمات مشفرة متعددة مع دعم MIMO	TDD FDD HFDD	OFDMA TDMA/ FDMA/ SDMA	أسلوب النطاق العريض ms 0,911 أسلوب النطاق kHz 625 ms 5	متنقلة
السطح البيئي الراديوي للمعيار الخاص بنظام النفاذ اللاسلكي عريض النطاق SCDMA (الملحق 8)	مضاعفات 1 MHz حتى 5 MHz	،8-PSK ،QPSK 64-QAM ،16-QAM	شفرة ريد- سولومون	Mbit/s 15 في 5 MHz	نعم	نعم	TDD	CS- OFDMA	ms 10	متنقلة

(1) بما فيها جميع الأساليب المستخدمة أو على الأقل الحد الأقصى والحد الأدنى).

(2) في النطاق 5 MHz يمكن نشر ثلاث موجات حاملة TDD بعرض 1,28 Mchip/s.

(3) يدعم المعيار E-UTRAN التشغيل بعرض نطاق متدرج حتى 20 MHz في الوصلتين الصاعدة والهابطة.

(4) يدعم المعيار E-UTRAN تجميع الموجة الحاملة لعرض النطاق حتى 100 MHz.