بروتوكولات الشبكات اللاسلكية

IEEE 802.11

- IEEE 802.11 Origins
- IEEE 802.11 b
- IEEE 802.11 g
- IEEE 802.11 a
- IEEE 802.11 n

م / نادر المنسي
مدونة تقريب الشبكات اللاسلكية للناطقين بالعربية

عائلة بروتوكولات 802.11

تساعد مؤسسة IEEE علي ضبط برواتوكولات الشبكات اللاسلكية و لهذا فإنه يشترط لإجتيازك شهادات CWTS و CWNA و CCNA Wireless أن تكون ملما بالفرق بين معايير بروتوكولات IEEE 802.11 و هي a , b , g , n بالإضافة الي المعيار الاصلي origin 802.11

وهذه المعايير جميعها تقع في النطاق الترددي المجاني الذي تكلمنا عنها سابقا و الذي يطلق عليه , Industry Scientific and Medical ISM

و كمقدمة لما سوف نستفيض في بعضه فهذا مختصر لتلك المعايير التي تم اطلاقها و اعتمد عليه في عالم الشبكات اللاسلكية

IEEE 802.11a

معيار لاسلكي تم اطلاقه سنة 1999 و التعامل به سنة 2001 يتعامل بتردد 5 GHz و بسرعة 54Mbps

IEEE 802.11b

تحسين في المعيار الأصلي ليزيزد السرعة الي 11Mbps و تم اطلاقه سنة 1999

IEEE 802.11c

معيار لاسلكي يتكامل مع المعيار IEEE 802.11d لعمل شبكات لاسلكية تكون نواتها الجسور Bridges و تم اطلاقه في 2001

IEEE 802.11d

المعيار اللاسلكي الذي يطبق تكنولوجيا Roaming بين الدول ليسمح بوجود شبكات لاسلكية بينها و تم اطلاقه في 2001

IEEE 802.11e

مع هذا المعيار تم تطبيق و استخدام تكنولوجيا Quality Of Services QOS و تم اطلاقه في 2005

IEEE 802.11f

في 2003 و مع هذا المعيار تم تطبيق بروتوكول Inter-access Point Protocol IAPP

IEEE 802.11g

المعيار الرائع الذي يتوافق مع IEEE 802.11b ليتعامل مع تردد 2.4 Ghz و لكن بسرعة 54 Mbps

و تم العمل به سنة 2003

IEEE 802.11h

تم اطلاق هذا المعيار في 2004 لتحسين أداء IEEE 802.11a كي لا يتداخل مع ترددات RADAR

IEEE 802.11i

معيار تحسيني اطلق في 2004 ليطور من خدمات الأمن في الشبكة اللاسلكية

IEEE 802.11j

معيار يخص اليابان و أطلق في 2004

IEEE 802.11k

معيار تحسيني لتطوير قدرة انتشار الإشارة

IEEE 802.11l

معيار محجوز و غير مستخدم حاليا

IEEE 802.11m

معيار لعمليات الصيانة

IEEE 802.11n

المعيار الرائع الذي عمل صيحة في عالم الشبكات اللاسلكية مع نظام MIMO بسرعات تصل الي 600 Mbps و مر بالكثير من التحسينات drafts حتي وصل لنسخته النهائية في 2009

IEEE 802.11o

معيار محجوز و غير مستخدم حاليا

IEEE 802.11p

خدمات الشبكات اللاسلكية المتنقلة للمسافرين

IEEE 802.11q

محجوز و غير مستخدم

IEEE 802.11r

معيار يخص تكنولوجيا Fast Roaming و أطلق سنة 2007

IEEE 802.11s

خدمات الشبكات المتشابكة Mesh و الممتدة ESS

IEEE 802.11p

معيار اختباري

IEEE 802.11u

معيار لاسلكي أطلق لعمل اتصال بين الشبكات اللاسلكية 802.11و الشبكات الأخري non 802.11 مثل شبكات الهاتف المحمول

IEEE 802.11v

معيار لإدارة الشبكات اللاسلكية

IEEE 802.11w

معيار للتعامل مع فريمات الشبكات اللاسلكية

IEEE 802.11x

محجوز حاليا و غير مستخدم

IEEE 802.11y

معيار للتعامل بترددات من 3.650 GHz الي 3.700 GHz

IEEE 802.11F و IEEE 802.11T

معايير غير مستخدمة و هي تخص لتوثيق المعايير الأخري

و كما رأيتم فإن المعايير تنقسم الي ثلاث أقسام

معيار أساسي و هو الذي تبني عليه الشبكة اللاسلكية و أجهزتها مثل a , b , n , g

و معيار تحسيني و هو معيار يطلق لعمل تحسينات batches في المعايير الأساسية مثل تحسينات في الأمن و انتشار الإشارة و التداخلات

و معيار غير مستخدم و هو للإستخدامات المستقبلية

و معيار فرعي و هي معايير تستخدم في فرع معين للشبكات اللاسلكية مثل الأمن و QOS و Mesh

و ما سنتكلم عنه بشكل اساسي قريبا هو المعايير الأساسية و التي هذا هو ملخص لها

	802.11	802.11b	802.11a	802.11g		802.11n
Ratified	1997	1999	1999	2003		2009
Frequency Band	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz		2.4 GHz, 5 GHz
No of Channels	3	3	Up to 23	3		varies
Transmission	IR, FHSS, DSSS	DSSS	OFDM	DSSS	OFDM	DSSS, CCK, OFDM
Data Rates (Mb/s)	1, 2	1, 2, 5.5, 11	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1, 2, 5.5, 11	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	100+

المعيار الأصلي origin 802.11

يعتبر المعيار الأصلي هو بداية التعامل مع الشبكات اللاسلكية و كانت بدايته سنة 1997 و يندر أن تجد لهذا المعيار أي من الأجهزة التي تدعمه حاليا

المعيار الأصلي يعمل علي سرعة 1-2 Mbps مع العلم أن سرعة الإيثرنت أيامها كانت 10 Mbps و هو ما يعني أنها كانت سرعة مقبولة نوعا من في وقت كانت أقراص Floppy Fisk ذات سعة 1.5 Mb رائجة

يعمل هذا المعيار بتكنواوجيا تعديل DSSS Direct Sequence Spread Spectrum و FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum و ذلك عند تردد 2.4 GHz

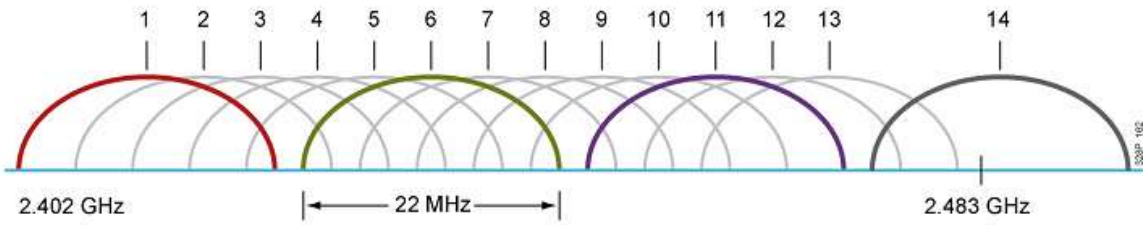
The 802.11 Protocol

Ratified	1997
RF Technology	FHSS and DSSS
Frequency Spectrum	2.4-GHz

و هذا التردد يسمح بوجود 14 قناة ترددية بحد أقصي و ذلك تبعا للبلد التي ستعمل فيها شبكتك اللاسلكية فنجد مثلا أن القناة 14 لا تعمل الا في اليابان طبقا لتوصيات مؤسسات الإتصالات لديها

Channel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Frequency (MHz)	2412	2417	2422	2427	2432	2437	2442	2447	2452	2457	2462	2467	2472	2484

و أما في USA فإنه يتم استخدام 11 قناة فقط يتم التعامل فقط علي ثلاث منها حتي لا يحدث تداخل و هم 1 و 6 و 11 و ذلك طبقا لتوصيات مؤسسة FCC



و يبدو أن التطور المعلوماتي و اللاسلكي جعل المعيار الأصلي غير كاف لتلبية متطلبات الزيادة في السرعة فتم منذ 1999 البدء في اطلاق العديد من المعايير التي تتباين فيها السرعة و التردد و كذلك الخدمات الإضافية من الأمن

IEEE 802.11b

حتي وقت قريب و حتي ظهور 802.11n كان هذا المعيار هو الأشهر في عالم الشبكات اللاسلكية ، تم اطلاق هذا المعيار في 1999 و يعتبر بروتوكول IEEE 802.11b هو مكملا للمعيار الأصلي Origin لتحسين السرعة من 2 Mbps الي 11 Mbps و بهذا تتعدي سرعته سرعة شبكات الإيثرنت العادية

يعمل هذا المعيار علي التردد 2.4Ghz و بتكنولوجيا مزج DSSS و بتكنولوجيا تشفير Barker Code و تكنولوجيا تعديل DQPSK و لهذا فهو متوافق مع أجهزة المعيار الأصلي و يستطيع التقاط اشارة عند سرعات 1 و 2 و 5.5 و 11 Mbps

The 802.11b Protocol

Ratified	1999
RF Technology	DSSS
Frequency Spectrum	2.4-GHz
Coding	Barker 11 and CCK
Modulation	DBPSK and DQPSK
Data Rates	1, 2, 5.5, 11 Mbps
Nonoverlapping Channels	1, 6, 11

القنوات في 802.11b

في الولايات المتحدة قامت مؤسسة FCC بتحديد 11. قناة ترددية و لتلافي التداخل يتم استخدام ثلاث قنوات فقط و هم غالبا 1 و 6 و11 كما هو الحال مع المعيار الأصلي

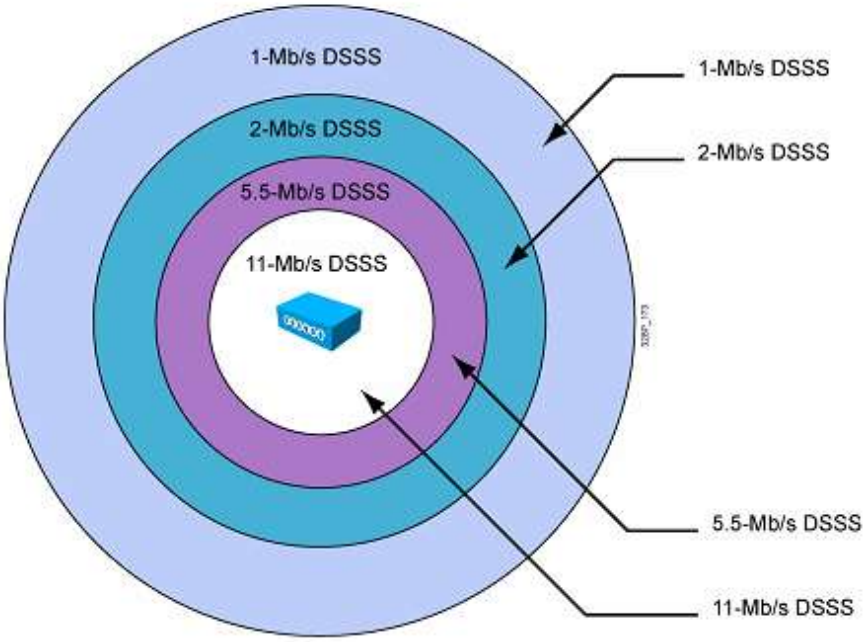
وأما في أوروبا فلقد حددت مؤسسة ETSI Europ Telecommunication Standard Institute بتحديد 13 قناة ترددية في أوروبا و لذلك فالقنوات غير المتداخلة فيها هي أربع قنوات و هم 1 و 5 و 9 و 13

و أما في اليابان فلقد تم استخدام 14 قناة ترددية مع وجود أربع قنوات غير متداخلة و هم 1 و 6 و 11 و 14

و من الطبيعي أنه كلما زادت المسافة الترددية بين كل قناة كلما قلت الشوشرة noise و التداخلات و لهذا فبالمقارنة بين الثلاث أقطار فإننا نجد أن اقلهم تداخلا هي القنوات المستخدمة من قبل FCC و اكثرهم تداخلا هي المستخدمة من قبل ETSI

السرعات في 802.11b

- Two different encodings:
  - Barker 11
  - CCK
- Two different modulations:
  - DBPSK
  - DQPSK
- Four different speeds:
  - 1 Mb/s (Barker + DBPSK)
  - 2 Mb/s (Barker + DQPSK)
  - 5.5 Mb/s (CCK-16 + DQPSK)
  - 11 Mb/s (CCK-128 + DQPSK)



كل اشارات أجهزة الشبكات اللاسلكية الخاضعة لمعايير 802.11 يحدث لها data rate shift اي تقليل سرعة عند حدوث بعض المتغيرات

من هذه المتغيرات هو الإبتعاد عن مصدر الإشارة فأجهزة 802.11b تقلل سرعة الإشارة عند البعد عن مركزها من 11 الي 5.5 الي 2 حتي تصل الي 1Mbps

و من هذه المتغيرات أيضا استشعار كارت الشبكة اللاسلكية من خلال RSSI وجود شوشرة noise في الإشارة التي تصله و لهذا فإنه ليتجنب ذلك يقوم بتقليل سرعة اتصاله Data Rate بالأكسس بوينت للقيمة التي تجعل الإشارة واضحة

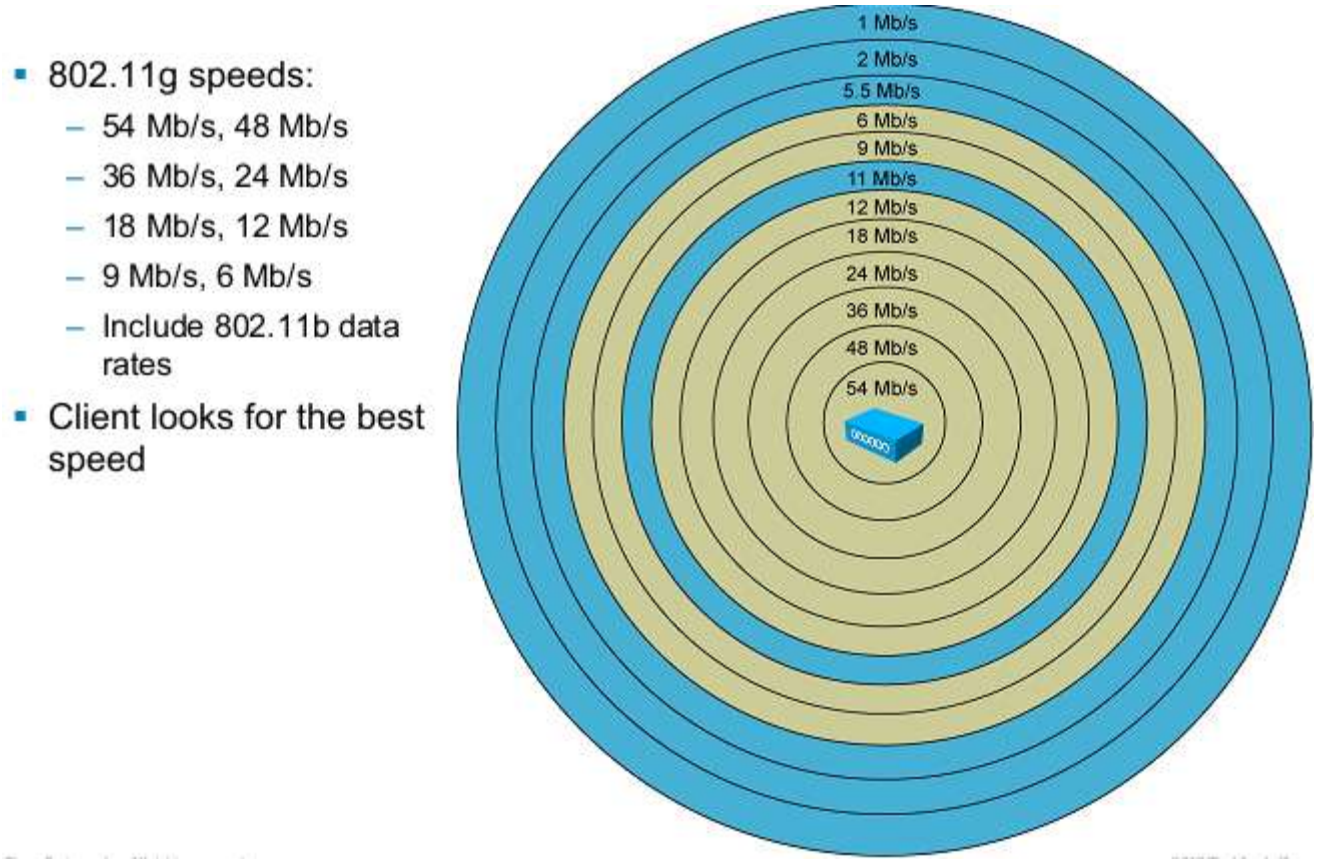
و من هذه المتغيرات أيضا وجود العديد من الأجهزة التي تستقبل الإشارة اللاسلكية و لهذا يضطر الأكسس بوينت الي توزيع و تقليل السرعة بينهم بشكل ليس متساوي غالبا فتجد أن بعضهم يستخدم السرعة القصوي 11Mbps و الآخرين يستخدمون 1 او 2 أو 5.5 Mbps

عند تغير السرعة فإن تقنيات المزج Multiplexing تظل ثابتة و تتغير تقنيات التشفير Coding و التعديل Modulation كما تري في الصورة السابقة

802.11g

تم إطلاق هذا المعيار في يونيو 2003 ليعمل علي التردد 2.4Ghz مع تكنولوجيا مزج DSSS و بهذا فهو متوافق للعمل مع أجهزة 802.11b حيث يعمل مع هذه التكنولوجيا بسرعات 1 و 2 و 5.5 و 11 Mbps و أيضا يستخدم 802.11g تكنولوجيا مزج أخري و هي OFDM و هي نفس التكنولوجيا المستخدمة مع 802.11a و ذلك ليدعم تدفق بيانات بسرعة قصوي 54Mbps مع امكانية العمل علي 8 سرعة مختلفة و هي 6 , 9 , 12 , 18,24,36,48,54 Mbps

و لهذا فإن الأجهزة التي تعمل مع المعيار 802.11g تتعامل مع المعيار 802.11b و لكن بالسرعات الأربع 1 و 2 و 5.5 و 11 Mbps

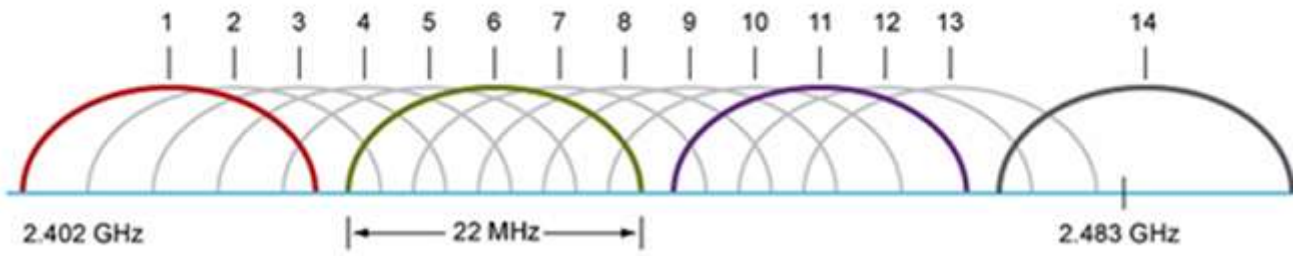


و هذا الجدول يبين العلاقة بين كل تكنولوجيا تشفير و تعديل و السرعة المعومة في كل منهما

Modulation with Subchannels	Encoding	Total Data Rate (Mb/s)
BPSK	Barker	1
QPSK	Barker	2
QPSK	CCK-16	5.5
BPSK	OFDM	6
BPSK	OFDM	9
QPSK	CCK-128	11
QPSK	OFDM	12
QPSK	OFDM	18
16-QAM	OFDM	24
16-QAM	OFDM	36
64-QAM	OFDM	48
128-QAM	OFDM	54

يستخدم ايضا تكنولوجيا تعديل DPBSK و DQPSK و تكنولوجيا تشفير Barker 11 و CCK

و يستخدم هذا المعيار ايضا نظام الثلاث قنوات 1و 6 و 11 كما هو الحال مع سابقيه



و هذا هو ملخص لمواصفات هذا المعيار

The 802.11g Protocol

Ratified	June 2003
RF Technology	DSSS and OFDM
Frequency Spectrum	2.4 GHz
Coding	Barker 11 and CCK
Modulation	DBPSK and DQPSK
Data Rates	1, 2, 5.5, 11 Mbps with DSSS 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps with OFDM
Nonoverlapping Channels	1, 6, 11

القدرة مع 802.11g

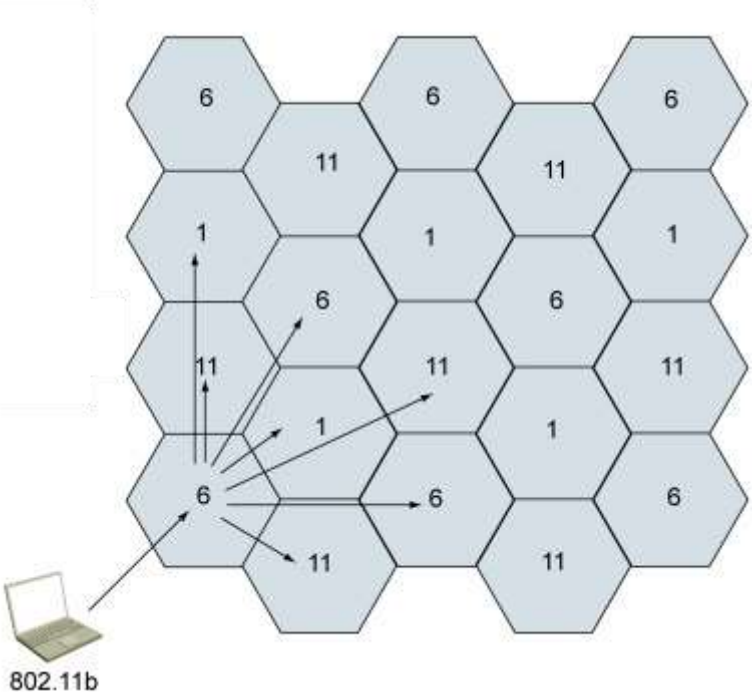
نظرا لأن تكنولوجيا المزج OFDM تعاني من وجود شوشرة noise في الإشارة التي تتعامل بها فإنه لابد من التحكم في كمية القدرة المنطلقة من الجهاز الذي يتعامل مع 802.11g فلاتزيد عن الحد الذي تم اختباره و هذه القدرة تختلف من قطر لآخر

و هذا الجدول يبين مقارنة بين القدرة المستخدمة بين OFDM و DSSS و تلاحظ أنه للحفاظ علي قيمة الإشارة بدون شوشرة فإن القدرة مع OFDM لا تتعدي 30mW علي عكس DSSS الذي نستطيع أن نصل بالقدرة معه الي 100mW

DSSS (CCK)	OFDM
100 milliwatt (mW) (20 dB compared to 1 mW [dBm])	
50 mW (17 dBm)	
30 mW (15 dBm)	30 mW (15 dBm)
20 mW (13 dBm)	20 mW (13 dBm)
10 mW (10 dBm)	10 mW (10 dBm)
5 mW (7 dBm)	5 mW (7 dBm)
1 mW (0 dBm)	1 mW (0 dBm)

موائمة السرعة بين 802.11 b و 802.11 g

من أحد الأشياء الجميلة في معيار 802.11g أنه متوافق مع المعيار الأقدم 802.11b و هذا يعطي امكانية للأجهزة التي تعمل علي المعيار القديم b أن تستخدم الأكسس بوينت الذي يتعامل مع المعيار
من الطبيعي أن لا يفهم جهازان يتعاملان بمعيارين مختلفين بعضهما فعندما تضع جهاز يعمل بمعيار 802.11b وسط شبكة لاسلكية تعمل بمعيار 802.11g تشبه وضعك لشخص صيني وسط أشخاص عرب
لأن المعيار b يتعامل مع تكنولوجيا تعديل DSSS و غير مهيء للتفاهم مع تكنولوجيا OFDM التي يتعامل بها 802.11g و لذلك فلن يوجد تفاهم بين الأجهزة التي تتعارض في المعايير في نفس الخلية حين الإرسال و لن يوجد تنسيق مما يؤدي الي وجود تصادمات لظنه أن القناة فارغة في حين أنها مشغولة ببيانات أجهزة 802.11g و لذلك احتيج الي طريقة لعمل توافقية بين هذه المعايير و هذا هو ما تؤديه خدمة أو تكنولوجيا Protection Mechanism التي توائم بين الأجهزة التي تختلف معاييرها في نفس الخلية

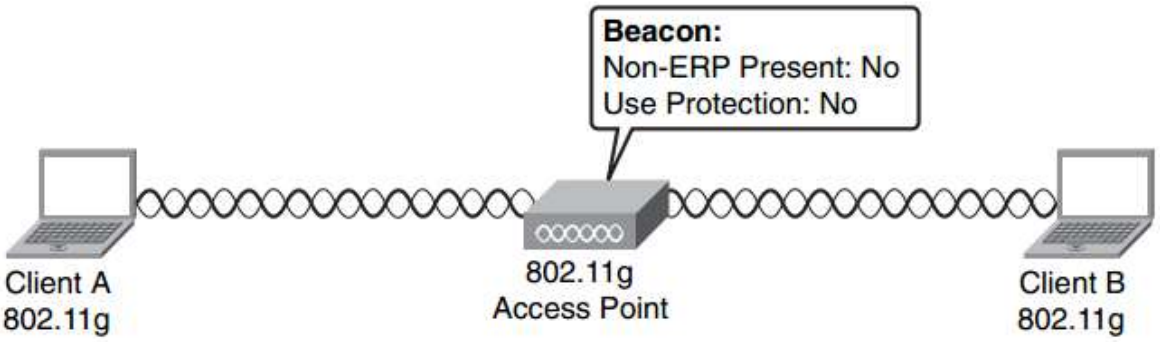


في البداية هيا نتصور عدم وجود أجهزة تعمل بالمعيار 802.11b في حيز أكسس بوينت يعمل بالمعيار 802.11g ، هنا سيكون الرد الإفتراضي للأكسس بوينت هو ارسال فريم بيكون beacon frames تحتوي علي المعلومات الخاصة به و التي منها التالي

NON_ERP present: no

Use Protection: no

و ERP أو Extended Rate Physical هي معلومة تعطي من خلال البيكون تبين مدي الاحتياج لوجود دعم ترددي لمعيار 802.11b و هي علاقة عكسية تعني أنه في حالة عدم وجود أجهزة 802.11b فإنه لا حاجة الي وجود أو استخدام protection mechanism أو بشكل مبسط القيمة المعطاه منها تبين هل يوجد أجهزة من معيار 802.11b أم لا



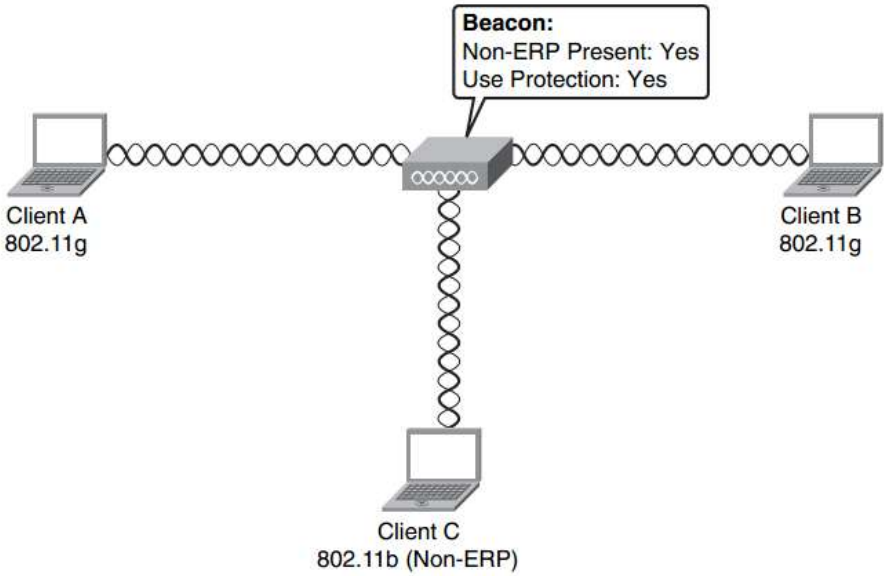
802.11g Cell with No 802.11b Clients

أما في حالة وجود أجهزة من المعيار 802.11b فإن فريمات البيكون تقوم علي الفور بإعلامهم بأنهم قادرون علي الولوج الي شبكة الأكسس بوينت كما تري في الشكل

لاحظ تغير حالة

NON_ERP present: yes

Use Protection: yes

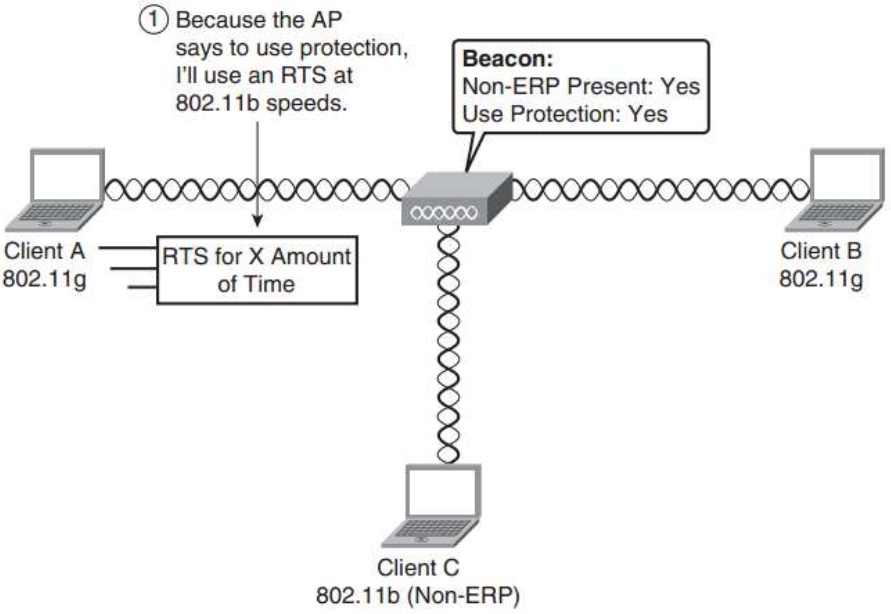


802.11g Cell with an 802.11b Client

الآن الأكسس بوينت يعلم بوجود أجهزة 802.11b و لهذا تتغير طريقة الإرسال ، فعندما ترسل اجهزة

802.11g فريم فإنها لابد أن تقوم بإرسال رسائل تنبيهية كفريمات request to send (RTS) لأجهزة 802.11b و بنفس سرعتها كي تستطيع الأجهزة التي تتعامل مع معيار 802.11b سماعها و فهمها و بعدها تقوم أجهزة 802.11b بالتجاوب و ارسال فريم clear to send (CTS) علي نفس سرعة 802.11b

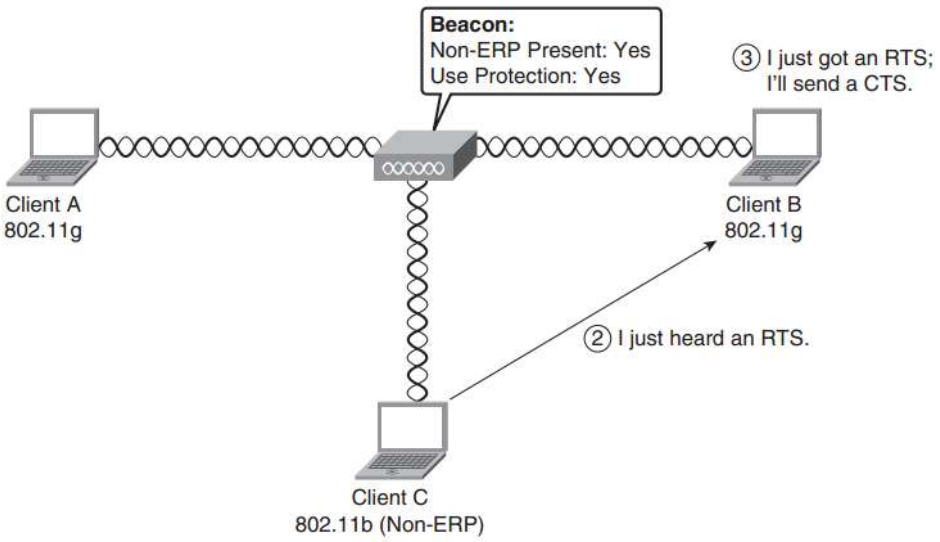
فريمات RTS ليست عامة broadcast ترسل لكل الأجهزة و لكنها محددة unicast و مرسلة فقط للأجهزة ذات المعيار b



802.11g Cell Using Protection: Part 1

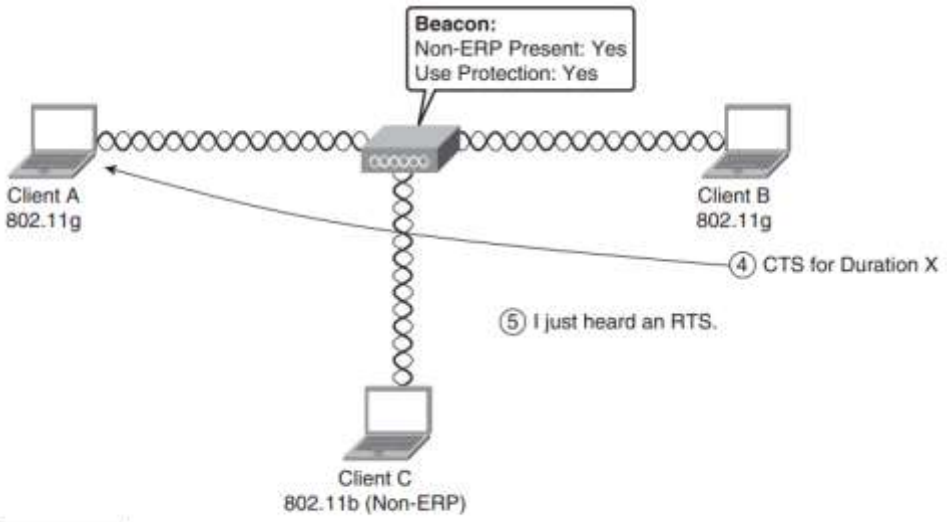
الخطوة الثانية تقوم أجهزة 802.11b بسماع RTS و التي تحتوي علي فترة توقيتية ملزمة للسماع بدون ارسال تسمي duration و خلال هذه المدة لا يستطيع الإرسال و لا يستطيع أيضا سماع بيانات 802.11g المرسلة خلال هذه الفترة

يفكر الآن 80.211b في ارسال CTS ليتأكد من خلو القناة



802.11g Cell Using Protection: Part 2

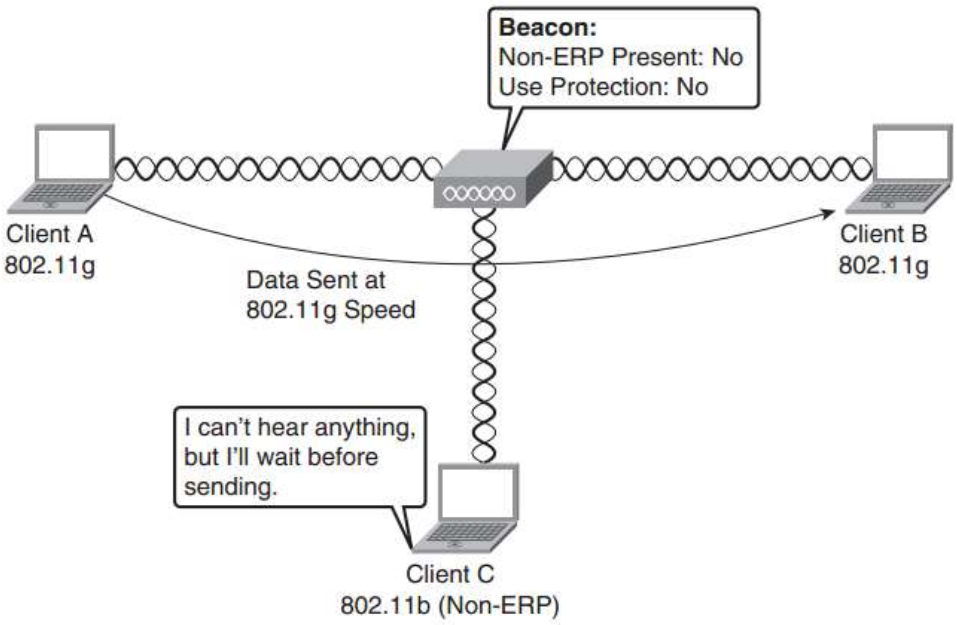
الخطوة الثانية يقوم الجهاز B المتعامل بالمعيار 802.11g بإرسال CTS الي الجهاز A المتعامل بنفس المعيار و يظل الجهاز C المتعامل بالمعيار 80.211b يسمع فقط CTS



802.11g Cell Using Protection: Part 3

الخطوة الثالثة يقوم الجهاز A المتعامل بالمعيار 802.11g بإرسال بيانات الي الجهاز B الذي يتعامل بنفس المعيار و لا يستطيع الجهاز C الذي يتعامل بالمعيار 802.11b سماع تلك البيانات و يراها كأنها شوشرة noise و يظل ينتظر انتهاء مدة الإنتظار الموجودة في رسائل RTS/CTS

و هذا دليل علي عمل protection mechanism



802.11g Cell Using Protection: Part 4

كل هذا لا يعني خلو هذا التوافق من مشاكل قد تحدث فوجود المعيرين في نفس المكان قد يؤدي الي ظاهرة تسمي تأثير الدومينو domino effect و هي تنشأن نتيجة وجود جهازي أكسس بوينت متجاورين أحدهما يتواجد فيه خليط من أجهزة 802.11b و 802.11g فيعلن عن بيكون بهذه المعلومات

NON_ERP present: yes

،Use Protection: yes

و الآخر القريب من هذا الأكسس بوينت لا يتواجد فيه هذا الخليط و لكنه يري البيكون الخاص بالأكسس بوينت القريب منه فيحتاط لذلك فيعلن عن بيكون يدل علي عدم وجود أجهزة 802.11b لديه و لكنه سيأخذ احتياطاته لقربها منه هكذا

NON_ERP present: no

Use Protection: yes

هذا الأمر يحمل علي الأكسس بوينت احتياطات قد لا يحتاجها أسوأها هو تقليل السرعة من سرعة المعيار 802.11g ذو 22 ميجابت لكل ثانية الي سرعة المعيار 802.11b ذو 9 ميجا بت لكل ثانية و هذا أحد عيوب هذا الأمر و لذلك ينصح بتوحيد معايير الأجهزة في نفس الشبكة

IEEE 802.11a

تم اطلاق هذا المعيار اللاسلكي في سنة 1999 و تم استخدامه في الأجهزة في نهاية 2001

تعتبر تقنيات التعديل Modulation المستخدمة في هذا المعيار من التقنيات التي لا تنتمي الي تقنيات الطيف المنتشر spread spectrum و بذلك فهي مختلفة عن سابقاتها من 802.11 b , g و تختلف أيضا عنه في كونها تعمل علي التردد 5Ghz و هو من الترددات المجانية في النطاق UNII الذي لا يحتاج الي ترخيص

The 802.11a Protocol

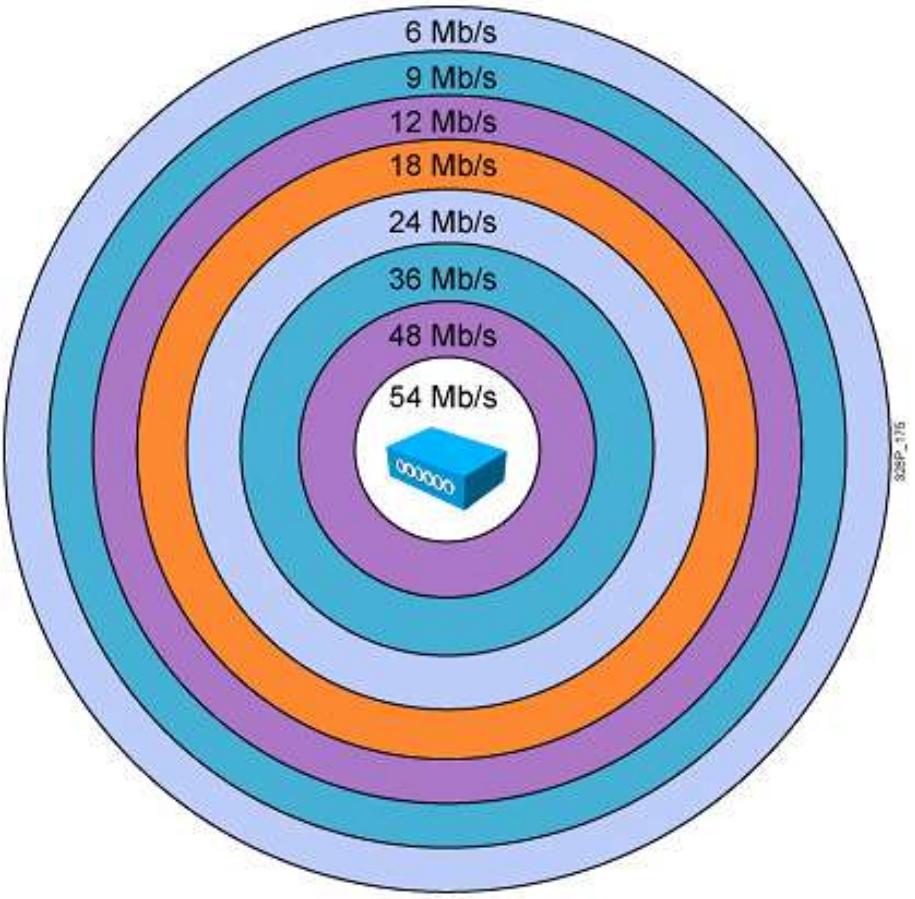
Ratified	1999
RF Technology	OFDM
Frequency Spectrum	5.0 GHz
Coding	Convolution Coding
Modulation	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM depending on the subcarrier.
Data Rates	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps with OFDM
Nonoverlapping Channels	Each band has a 4; the middle 8 are used with 52 subcarriers on each channel.

و لأن المعيارين 802.11a و 802.11b/g يعملان علي ترددات مختلفة فإن أجهزتهما غير قادرتين علي الإتصال و لذلك فإن أي شبكة لاسلكية لابد أن تكون كل أجهزتها تعمل بمعيار واحد و تردد واحد فقط و لذلك تسمي الشبكات بإسم التردد الذي يعمل مثل شبكة لاسلكية 5Ghz و اخري شبكة لاسلكية 2.4Ghz

و بذلك تتميز بأن أجهزتها لا تتداخل و لا تحدث مشاكل راديوية مع الأجهزة التي تعمل علي الترددات المجانية ألأخري مثل أجهزة الميكويف و الهواتف اللاسلكية و غيرها التي تعمل علي التردد 2.4 GHz

السرعات في 802.11a

- Same speeds as 802.11g
- No 802.11b interoperability
- Higher frequency, which implies lower range but also less scattering



كما هو الحال مع 802.11b فإن 802.11a يوفر العديد من السرعات data rate الا أن السرعات التي يدعمها ليست أربعا و انما ثماني سرعات و هي 6 و 9 و 12 و 18 و 24 و 36 و 48 و 54 Mbps و كما ذكرنا فإن كل اشارات أجهزة الشبكات اللاسلكية الخاضعة لمعايير 802.11 يحدث لها data rate shift اي تقليل سرعة عند حدوث بعض المتغيرات مثل الإبتعاد عن مصدر الإشارة فأجهزة 802.11a تقلل سرعة الإشارة عند البعد عن مركزها من 54 الي 48 الي 36 الي 24 الي 18 الي 12 الي 9 حتي تصل الي 6 Mbps

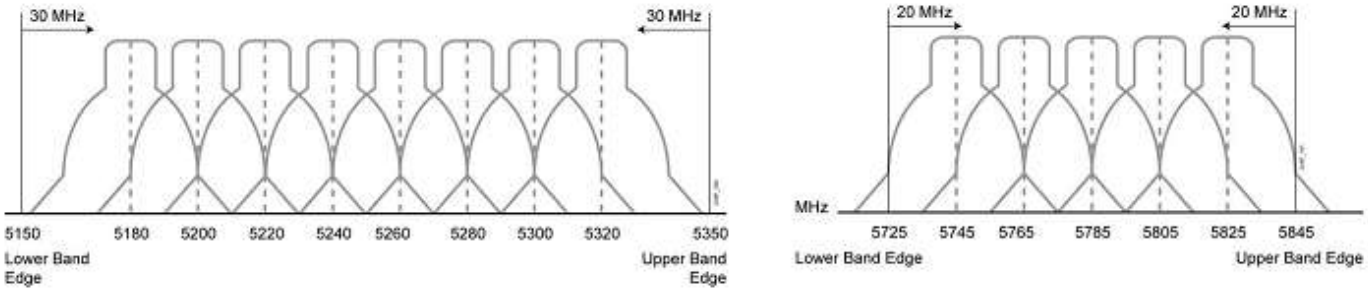
و من هذه المتغيرات أيضا استشعار كارت الشبكة اللاسلكية من خلال RSSI وجود شوشرة noise في الإشارة التي تصله و لهذا فإنه ليتجنب ذلك يقوم بتقليل سرعة اتصاله Data Rate بالأكسس بوينت للقيمة التي تجعل الإشارة واضحة

و من هذه المتغيرات أيضا وجود العديد من الأجهزة التي تستقبل الإشارة اللاسلكية و لهذا يضطر الأكسس بوينت الي توزيع و تقليل السرعة بينهم بشكل ليس متساوي غالبا فتجد أن بعضهم يستخدم السرعة القصوي 54 و الآخرين يستخدمون 24 او 12 أو 6 Mbps

عند تغير السرعة فإن تقنيات المزج Multiplexing تظل ثابتة و تتغير تقنيات التشفير Coding و التعديل Modulation كما تري في الصورة التالية

Modulation with Subchannels	Data Rate Per Subchannel (kb/s)	Total Data Rate (Mb/s)
BPSK	125	6
BPSK	187.5	9
QPSK	250	12
QPSK	375	18
16-QAM	500	24
16-QAM	750	36
64-QAM	1000	48
128-QAM	1125	54

القنوات في 802.11a

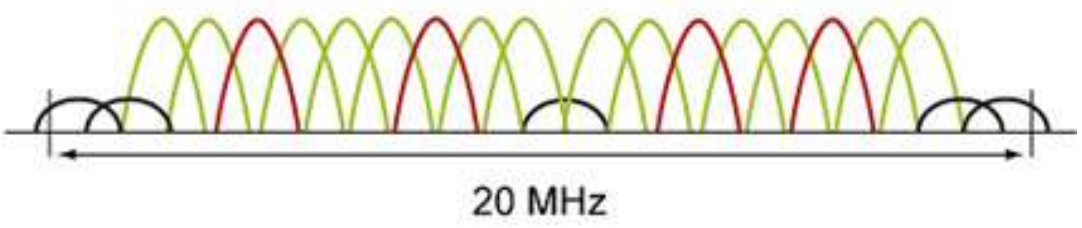


- Twenty-eight different channels available: 23 United States, 19 Europe
- Three different bands
- Channels have 30 MHz of protection in the lower band, 20 MHz in the others

	Lower Band (36 = default)				Middle Band (52 = default)				H Band											Upper Band (149 = default)				ISM Band
Channel ID	36	40	44	48	52	56	60	64	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	149	153	157	161	165
Frequency	5180	5200	5220	5240	5260	5280	5300	5320	5500	5520	5540	5560	5580	5600	5620	5640	5660	5680	5700	5745	5775	5785	5805	5825
FCC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
ETSI	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					

يستخدم IEEE 802.11a تكنولوجيا مزج OFDM Othogonal Frequency Devision Multiplexing و التي تستخدم كما عرفنا مسبقا اكثر من حامل carrier لكل منها قناة تسمي subchannel تعمل بدون اي مشاكل مما يزيد السعة الترددية للمعيار و بهذا فهو يدعم التعامل مع28 قناة يستخدم منها في أمريكا 23 قناة و في أوروبا 19 قناة و ذلك علي عكس 802.11b/g و الذان يوفران فقط ثلاث قنوات غير متداخلة و هذا بالطبع يزيد سعة الشبكة و امكانية استخدام خلايا صغيرة microcell و

كثيرة بدون أن تتداخل



الترد المستخدم في 802.11a هو 5GHz و هو من الترددات التي تنتمي الي النطاق الترددي المجاني Unlicened National information Infrastructure UNII و يتم تقسيم هذا النطاق الي ثلاث نطاقات UNII-1 و UNII-2 و UNII-3 و لكل منهم استخداماته في الشبكات اللاسلكية

فيتم استخدام UNII-1 مع نطاق ترددي 5.15-5.25 GHz في تصميم الشبكات اللاسلكية الداخلية indoor

و يستخدم UNII-2 مع نطاق ترددي 5.25-5.35 GHz في تصميم الشبكات الداخلية indoor و الخارجية outdoor مع استخدام هوائيات خارجية external

و اما UNII-3 فيستخدم مع نطاق ترددي يتشابه مع ISM و هو 5.725-5.825 GHZ في الشبكات الخارجية outdoor و تصميم الجسور اللاسلكية bridges مع استخدام هوائيات خارجية external

The UNII Frequency Bands

Band	Frequency	Use
UNII-1	5.15–5.25 GHz (UNII Indoor)	FCC allows indoor and outdoor use.
UNII-2	5.25–5.35 GHz (UNII Low)	Outdoor/indoor with DFC and TPC
UNII-3	5.725–5.825 GHz (U-NII/ISM)	FCC allows indoor and outdoor use.
		ETSI does not allow unlicensed use.

القدرة في 802.11a

مراعات القدرة في تصميم الشبكة اللاسلكية و هوائياتها يعتبر من امور الأمن القومي للدول فإن هذه النطاقات الترددية قد تتداخل مع ترددات أجهزة حساسة و تلتقط اشارات لا يجب التقاطها و لذلك فإن المنظمات المحلية

regulation bodies تقوم بتقنين التعامل مع المواصفات العالمية لتناسب متطلباتها المحلية

ففي الولايات المتحدة تقوم مؤسسة FCC بإجبار المستخدمين بعدم استخدام هوائيات تزيد قدراتها عن 50mW للنطاق UNII-1 و النطاق UNII-2 و UNII-3 لا يزيد عن 1 W و ها الأمر يضبط بدوره الكمية القصوي للإشعاعا EIRP و التي لا يسمح بتعديها كما تري في الجدول

FCC Regulations on Output and EIRP for UNII

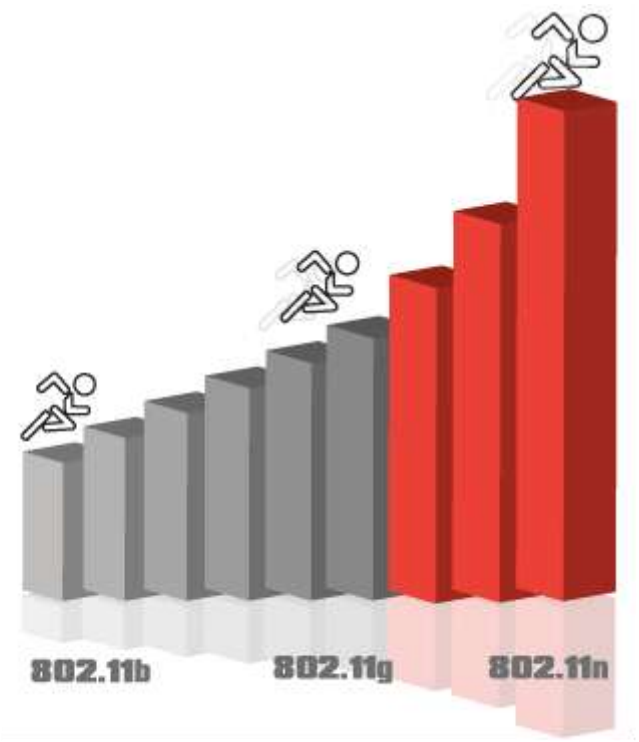
Band	Output Power Not to Exceed	EIRP Maximum
UNII-1	50 mW	22 dBm
UNII-2	250 mW	29 dBm
UNII-2 Extended	1 W	36 dBm
UNII-3	1W	36 dBm

و هذا الجدول الآخر يبين المواصفات الأوروبية طبقا لما حددته مؤسسة ETSI

ETSI Regulations on Output and EIRP for UNII (continued)

Band	Output Power Not to Exceed	EIRP Maximum
UNII-1	200 mW	23 dBm
UNII-2	200 mW	23 dBm
UNII-2 Extended	1 W	30 dBm
UNII-3	Licensed use only	—

802.11 n



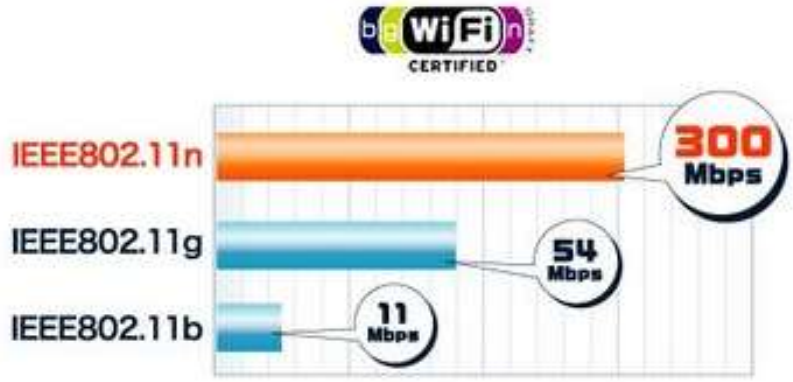
لم يكد المصنعون يعلمون بوجود معيار جديد للشبكات اللاسلكية IEEE 802.11n-2007 في نسخته التجريبية draft حتي تهاتفوا علي تصنيع أجهزتهم طبقا لهذا المعيار حتي أنك لو تابعت تاريخ هذا المعيار ستجد أن الأجهزة التي صنعت مدعمة 802.11n قد سبقت اقرار المعيار النهائي **IEEE 802.11n-2009**

و لا عجب في ذلك فبمجرد أن أطلق الإصدار النهائي منه أو اشرف علي الإصدار حتي قامت مؤسسة CWNP صاحبة الشهادات اللاسلكية المرموقة بدمج هذا المعيار و اختتمت به منهجها الرائع CWNA و ذلك كباب كامل يختص بهذا الأمر

الأمر بالفعل كان مغريا ففي الوقت الذي تنقل فيه شبكات الإيثرنت بياناتها بسرعة بسرعات 10/100 Mbps فإننا نجد معيار 802.11n يحلق بالشبكات اللاسلكية فوق قفار الإيثرنت و بسرعة تصل الي 300 Mbps الأمر الذي جعلت النظرة للشبكات اللاسلكية تتغير من حيث كونها شبكات بطيئة نوعا ما

و لقد قم معهد مهندسي الإلكترونيات و الكهرباء IEEE بتطويره عبر 11 نسخة تجريبية تسمي draft علي مدي سنوات يظنها البعض بدأت من 2007 و انتهت في 2009 الا ان تاريخ 802.11n قد بدأ قديما في 2002 عند انعقاد اجتماع مجموعة High-Throughput Study Group (HTSG) في IEEE لمناقشة أمر زيادة انتاجية الشبكات اللاسلكية و لازالو حتي اليوم يطورون فيه رغم ظهور النسخة النهائية published version في اكتوبر 2009

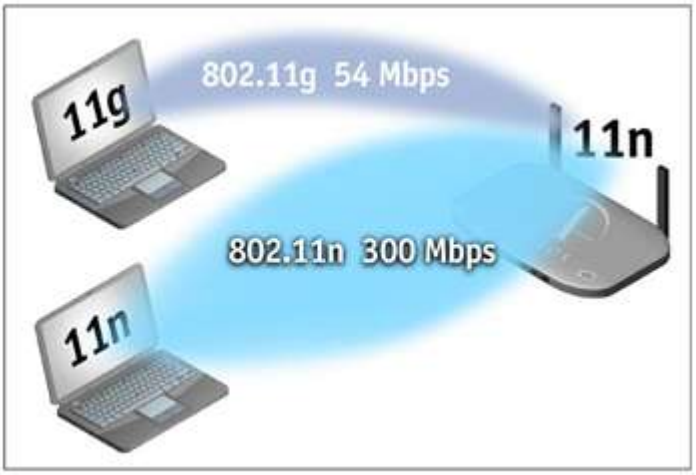
يتفوق هذا المعيار بنسخته القديمة بخمسة أضعاف مقدرة الشبكات اللاسلكية العادية 802.11a/b/g فالمعيار الإبتدائي له ظهر بسرعة نقل بيانات بمقدار 300 Mb/s و قناته الترددية يصل عرضها 40 Mhz بالإضافة الي التحسينات التي فعلها في نقل الإشارة لمسافات أكبر



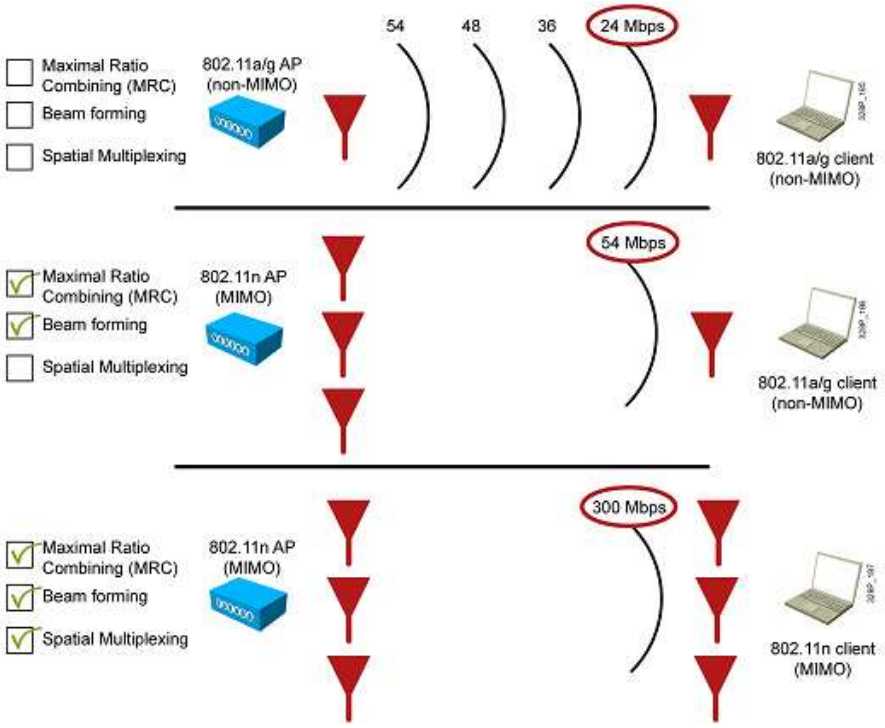
و الأكثر روعة من ذلك أن التعديل الذي تم عليه و الذي يعرف بـ **IEEE 802.11n–2009** أو 802.11n amendment قد طور المعيار ليتصل سرعة الإتصال الي 600 Mbps و لولا تطور الإيثرنت لتصل سرعته الي 10 Gbps لأصبح خيار استبدال الشبكات السلكية بشبكات لاسلكية خيارا يجده البعض الزاميا و لكننا سنتكلم في هذا المقال عن معيار 802.11n ما قبل 2009 و لن يكون هناك فرق كبير سوي في السرعة التي وصلت حتي 600 Mbps

الغريب في هذا المعيار و الجيد و المذهل انه لم يعد يستخدم بروتوكولات RTS/CTS المستخدم في المعايير اللاسلكية العادية لأنه و ببساطة يعطي فرص جيدة جدا لجميع الأجهزة في الخلية للوصول الي الأكسس بوينت بدون التواجد في قائمة الإنتظار حيث شاركت الإيثرنت في خاصية full duplex فلم تعد بيات الشبكات اللاسلكية بحاجة للإنتظار المرسل كي يستقبل أو المستقبل كي يرسل بل من لديه بينات سيرسلها في أي وقت و ستصل بأرسع مما تتصور

و مع هذا فإن هذا البروتوكول مطور لكي يتوافق مع هذه المعايير حيث أنه يتميز بوجود خاصية protection mechanism التي تميز معير 802.11g و الذي يستطيع من خلاله جعل الأكسس بوينت الذي يعمل بمعيار 802.11n قبول اتصالات من أجهزة تعمل بمعايير 802.11g , 802.11a , 802.11b



و تلخيصا لما سنذكره فإن هذا المعيار عند استخدامه للتراسل بين الأجهزة في جانب الأكسس بوينت و المستخدم فإنه يعالج القصور الناشيء عن اضمحلال data rate كلما زادت المسافة بين الأكسس بوينت و الجهاز ففي معايير 802.11a/g تضمحل data rate من 54 الي 48 الي 36 حتي تصل الي قمية 24 Mbps بينما في معيار 802.11n لا يحدث هذا الإضمحلال حيث أن تقنيات MRC و Beamforming و Spatial MUX و باستخدمها لتكنولوجيا MIMO عبر مصفوفة الهوائيات تقوم بمعالجة الإشارة لتحافظ علي قيمتها التي أرسلت بها حتي انك قد تلاحظ معدل تدفق للبيانات يصل الي 300 Mbps عند توفر هذه التقنيات جميعا



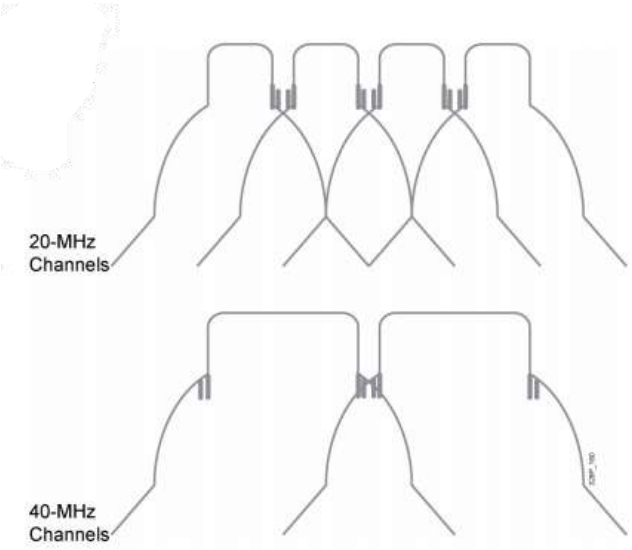
الكثير و الكثير قد طور من قبل هذا المعيار و الذي استخدم تقنيات لاسلكية و الكترونية واعدة جدا بدئا من MIMO و مرورا بـ MRC و Beamforming و نهاية بـ Spatial MUX

هذا المعيار أصبح من الشهرة و الكفاءة و الفعالية حتي أنه أطلق علي الشبكات التي تستخدمه – مستغنية عن كل المعايير السابقة – اسم الحقل الأخضر green-field و أنا – نادر – اسميها الواحة اللاسلكية

802.11n Channel Aggregation

يستخدم 802.11n قنوات بعرض 20 MHZ و 40 MHz و تعتبر القناة الترددية ذات العرض 40 MHz هي قناتين بعرض 20 MHz تم دمجهم و هاذ الأمر يجعل الأجهزة التي عمل بهذا المعيار قادرة علي بمعدلات نقل بيانات أعلي

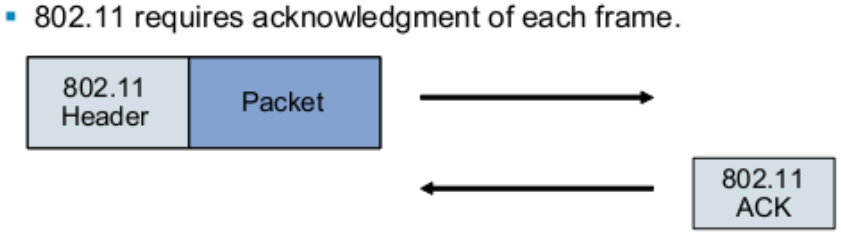
و لكن عند استخدام هذا المعيار لعملية الدمج فإنه يفقد إحدي خصائصه المميزة و هي توافقيته مع معياري 802.11g و 802.11a

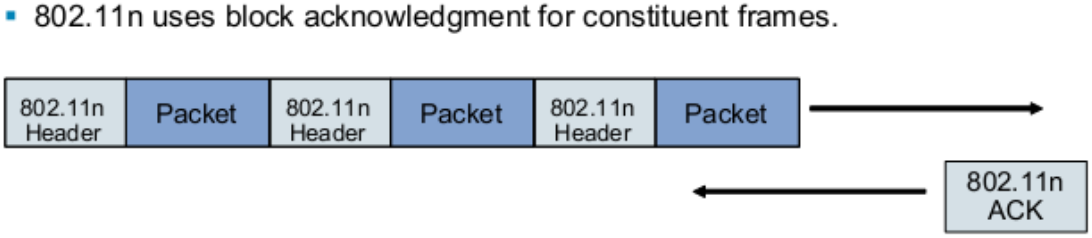


يتشابه 802.11n مع 802.11a و 802.11g في استخدامهم لتكنولوجيا التعديل الترددي OFDM الا أن 802.11n يزيد عدد subcarrier من 48 الي 52 في كل قناة ذات عرض 20-MHz و هذا يزيد أيضا من معدل نقل البيانات الي 260 Mb/s

802.11n MAC Efficiency

لكي يعمل بروتوكول 802.11 MAC بشكل طبيعي فإن أي شيء يتم ارساله خلال الوسط اللاسلكي يتم دائما التأكد منه بواسطة المستقبل عن طريق رسائل ACK acknowledgment و هذا الأمر يعطل قليلا الإرسال و الإستقبال حتي يتم التأكد من وصول المعلومة و هذا ما تم تخطيه في معيار 802.11n حيث أنه يقوم بتجميع aggregation صف كامل من الفريمات ثم يقوم بإرسالها كاملة و يطلب ACK لها جميعا و يسمي هذا الأمر block acknowledgment





فمن المعروف في معايير 802.11a,b,g أنه يقوم بالإنتظار وقت استشعاري يسمي Distributed interface

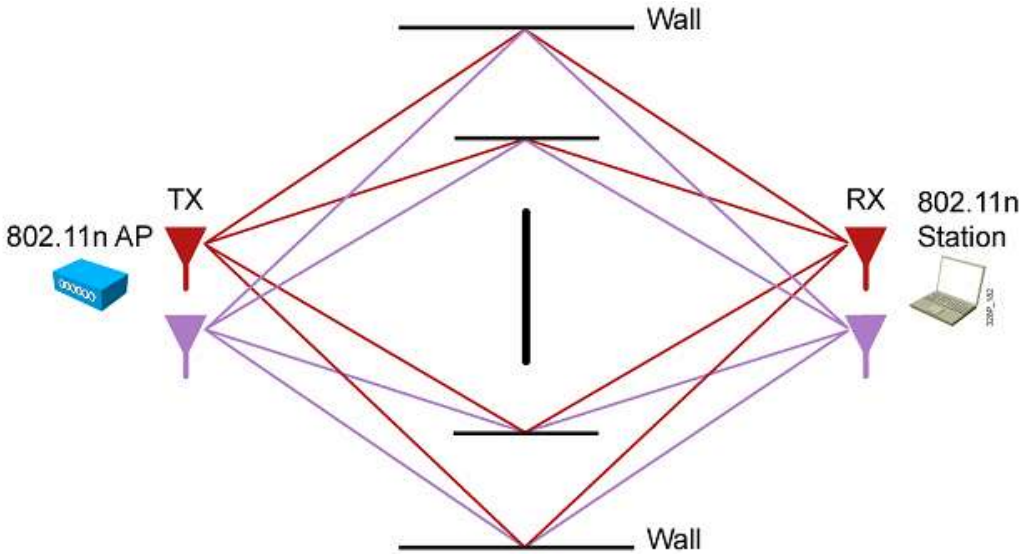
space DIFS قبل أن يسمح له بإرسال فريم كي يتأكد من خلو القناة و هذا أيضا مما يقلل من سرعة تدفق البيانات ، يقوم أيضا 802.11n بتحسين سرعة تدفق البيانات بواسطة تقليل الفترات الزمنية الإستشعارية التي يحتاجها لإرسال الفريم و ذلك بإستخدام Reduce Interframe Space RIFS و هذا الأمر مفيد جدا في حال لو أنه لم يستطع تجميع الفريمات و ارسالها برسالة تأكيد واحدة فيقوم بإرسالها بالطريقة العادية للمعايير القديمة مع تقليل الفترات الزمنية بين كل فريم مرسل

MIMO – Spatial Multiplexing

يعرف 802.11n أيضا بـ MIMO و هو اختصارا لـ multiple-input, multiple-output و هو بروتوكول لاسلكي حديث صمم لزيادة سرعة و إنتاجية الشبكات اللاسلكية و تم اعتماده و استخدامه من قبل مؤسسة الواي فاي منذ صدوره في 2007 من مؤسسة مهندسي الإلكترونيات و الكهرباء IEEE

إحدي التقنيات التي يتم فيها استخدام أكثر من مستقبل و مرسل في نفس الجهاز و قد مكنت هذه التكنولوجيا الجديدة علوم الإتصالات خاصة الأجيال الحديثة لشبكات الجوال و شبكات الوايرلس 802.11n من زيادة تدفق البيانات عبر تمكين أكثر من مستخدم للإرسال و الإستقبال في نفس الوقت عبر محطة عمل واحدة التي قد تكون Access Point في الشبكات اللاسلكية أو Base station في شبكات الموبايل

ليس هذا فقط بل ساعدت هذه التقنية شبكات الواي ماكس علي الإنتشار حيث أنها ركيزة اساسية لهذا النظام الشبكي و الذي يجمع بين خصائص شبكات الواي فاي كجهة تقدم خدمات انترنت و شبكات الموبايل الخلية التي تقدم الخدمة عبر محطات و أبراج لاسلكية تغطي المدن



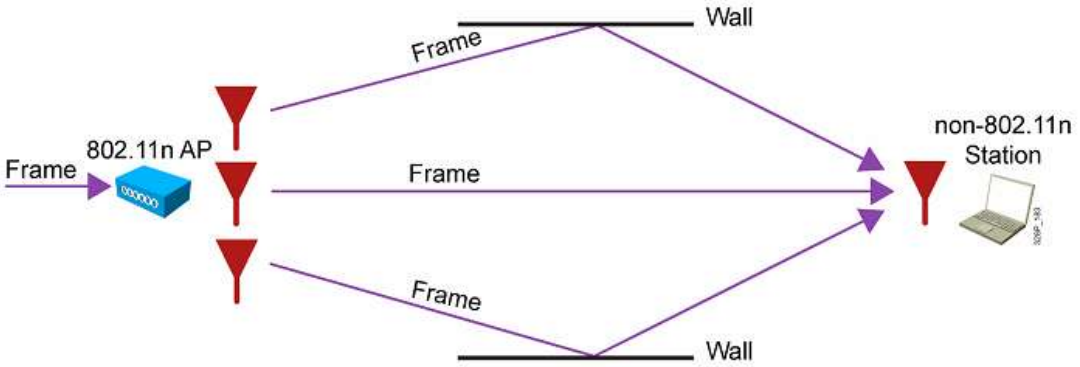
و يعتبر MIMO أحد فروع تقنيات Multiplexing او MUX و هي ارسال أكثر من قناة ترددات لاسلكية و يتم ذلك عن طريق نقل الإشارات مع فصلها عن بعضها ترديدا ثم استعادة القنوات المنفصلة عند مستقبل الإشارة و نسميه

frequency division multiplex، أو بتخصيص تلك القناة المشتركة لعدة قنوات مختلفة لحمل المعلومات حيث تستخدم القنوات واحدة فواحدة زمنيا وهو ما يسمى time division multiplexing أو نرسل كل قناة بعد تشفيرها الي بتات معروفة للمرسل و المستقبل زمنيا ثم استعادة تلك الإشارات عند استقبالها و نسميه code division multiplexing

و لكن تقنيتنا الحالية MIMO لا يصنف من ضمن هذه الفروع بل يصنف ضمن فرع آخر مغمور يسمي Spatial multiplexing حيث يتم ارسال أكثر من اشارة عبر نفس القناة و لكن بهوائيات متعددة أي أن الإشارات مفصولة مكانيا ولكل منها هوائي يخصها و هذا يفسر تسميتها بـ Spatial و تقوم هذه التقنية Spatial MUX بمضاعفة ثنائيا أو ثلاثيا أو رباعيا لمعدل نقل البيانات Data rate حسب عدد الهوائيات المستخدمة و يتم استخام ترقيم يساعدك علي فهم هذه التقنية هكذا مثلا x3x23 حيث يمثا الرقم الأول 3عدد هوائيات الإرسال و الثاني 3هوائيات الإستقبال و الثالث 2 لإشارات التدفق Spatial Stream

MIMO – Transmit Beamforming

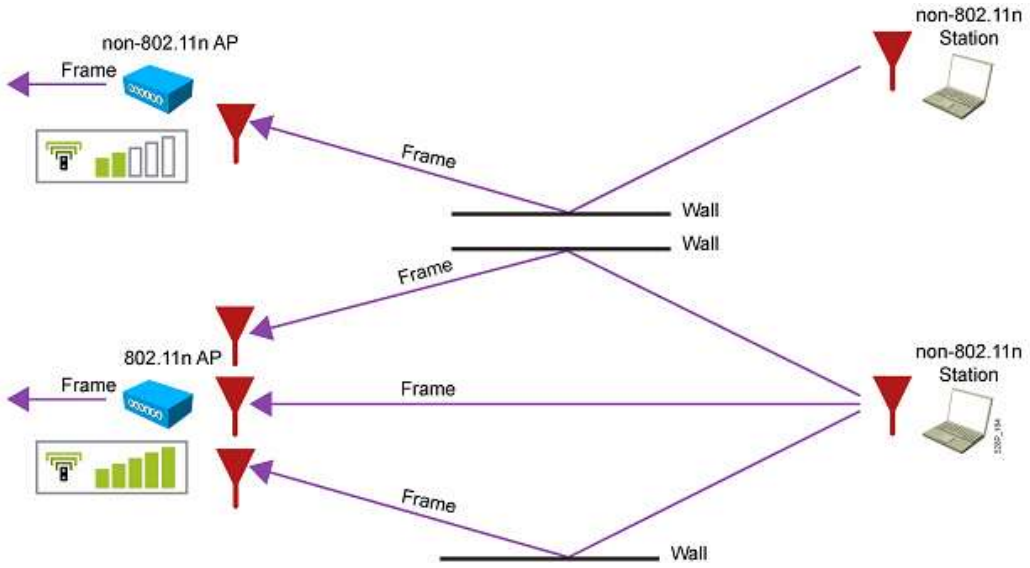
تكنولوجيا beamforming تستخدم عندما يتم التراسل بين جهازين أحدهما يستخدم معيار 802.11n + MIMO + Spatial MUX مع أجهزة لا تدعم هذا المعيار حيث أن الأجهزة التي تعمل مع تكنولوجيا MIMO ذات هوائيات متعددة علي عكس الأجهزة الأخوي التي تستخدم هوائي وحيد حيث يقوم هوائي المستقبل بتجميع اشارات هوائيات المرسل لضبط الفرق بين قيمها amplitude و طورها phase



و لا يتم هذا الأمر الا اذا تضمنت الإشارة معلومات عن نفسها و تسمي تلك المعلومات بمرجعية الإشارة feedback و هذه المرجعية ايضا لا تتوفر الا في الإشارات المرسلة من أجهزة تتعامل بمعيار 802.11n

MIMO – Maximal Ratio Combining

في جزء Transmit Beamforming تكلمنا عن طريقة تعامل الإشارة المرسلة من قبل أجهزة تدعم 802.11n و يتم استقبالها بوساطة أجهزة لا تدعم معيار 802.11n و هنا و مع تكنولوجيا Maximal MRC Ratio Combining سنتعرف علي العكس و هو كيفية ارسال الإشارة من أجهزة لا تدعم معيار 802.11n واستقبالها من أجهزة تدعم معيار 802.11n



كما قلنا فهذه التكنولوجيا تستخدم في مرحلة استقبال الإشارة من قبل الأجهزة التي تدعم معيار 802.11n اي أن هذه الأجهزة لها اكثر من هوائي و تقوم باستقبال الإشارات التي تصل للجهاز و تكون هذه الإشارات قد عانت بعضها من بعض التأخيرات نتيجة ظاهرة الإنكسارات و الإنعكاسات و غيرها و يقوم الجهاز بواسطة تكنولوجيا MRC بتحليل هذه الإشارات و تحديد قدرة كل منها و طورها ثم يقوم بجمعها معطيا مستوي عالي لها كما تري

الهوائيات في 802.11n

نظرا لإستخدام المعيار 802.11n لتكنولوجيا MIMO فإن ذلك يتطلب وجود أكثر من هوائي في الجهاز سواء كان هذا الجهاز أكسس بوينت أو كارت لاسلكي حيث يقوم كل هوائي بمعالجة البيانات ارسالا للمساعدة علي استقبال الإشارة بشكل أفضل و بمستوي أعلي

و هذه الهوائيات تختلف من جهاز لآخر من حيث العدد كلما زاد عدد الهوائيات في الأجهزة اللاسلكية فإن ذلك يزيد من قدرة الهوائي علي الإرسال و الإستقبال و يشار الي الأكسس بوينت بعدد هوائيات الإرسال و الإستقبال به فيطلق مثلا علي الأكسس بوينت three by three 3x3 عند استخدامه لثلاث هوائيات استقبال و مثلها ارسال و هناك أجهزة 2x3 كما الحال في الأكسس بوينت من نوع Cisco 1250 و تعتبر أجهزة اللابتوب التي تعمل كروتها اللاسلكية علي معيار 802.11n من فئة الأجهزة 2x2

تستطيع أن تميز الأجهزة التي تعمل طبقا لهذا المعيار بواسطة وجود هذه الهوائيات و ان كان الأمر ينحو نحو استخدام هوائيات مدمجة في الأجهزة كما هو الحال مع الأجهزة الخلوية و لذلك فما عليك الا أن تبحث عن وجود هذا الشعار علي غلاف الأجهزة أو مطبوعا عليها

مدونة تقريب الشبكات اللاسلكية للناطقين بالعربية

Itech4arab.wordpress.com

Network4arab.net

naderelmansi@gmail.com