

الشبكات الصناعية

Industrial Networks CEMC606

مدرس المقرر
د. مثنى علي القبيلي

العام الدراسي 2021-2022

الأربعاء 11/05/2022

الفصل الدراسي الثاني

<https://manara.edu.sy/>



CHAPTER 7

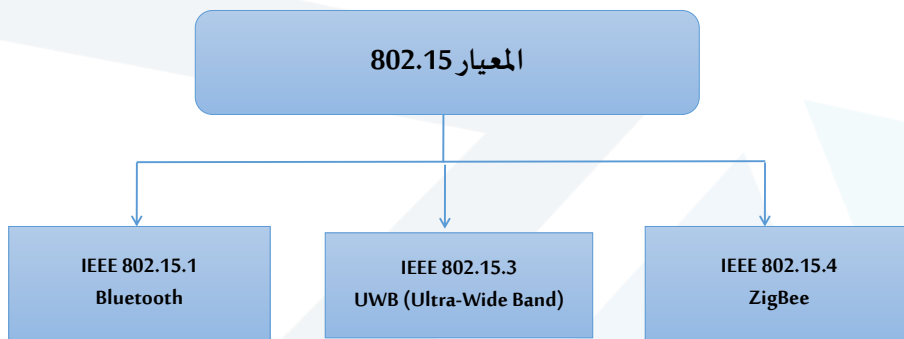
طبقة ربط البيانات
Data Link Layer

الغاية من المحاضرة السابعة:

1. Wireless Transmission
2. Bluetooth
3. ZigBee

802.15 Standard & WPAN (Bluetooth & ZigBee)

<https://manara.edu.sy/>



802.15.1: Bluetooth

<https://manara.edu.sy/>



جامعة
المنارة
أصل التسمية

- ترجع تسمية تقنية Bluetooth إلى الملك Harald Blaataand Bluetooth الذي حكم الدانمارك من 940 إلى 985 م
- قام هذا الملك بتوحيد الدانمارك والنرويج تحت قيادته لتصبحا امتداداً لدولته، وكان يطمح في أن يقوم بتوحيد الدول الاسكندنافية تحت راية حكمه
- وكان هذا الملك وقادته يجتمعون بعد المعارك ليتناقشوا ويقرروا عملهم التالي تبعاً لعادات شعب الفايكينغ
- وسمي هذا الاجتماع "gille"، وهي تعني التقاء عدة آراء من مختلف الأطياف لتكون قاعدة عمل واحدة تسيّر عليها المعركة والحكم، بما يعني اتحاد جمعيات
- انطلاقاً من هذه الأفكار اقتبس علماء شركة الهاتف الجوال إريكسون فكرة تحقيق اتصال بين أجهزة الهاتف الخلوية وباقي المحيطات على مبدأ توحيد وتجميع للمعايير والبروتوكولات لتكوين معيار واحد للعمل بحيث يجمع هذه البروتوكولات مع بعضها البعض



ما هي تقنية Bluetooth

- هو معيار تم تطويره من قبل مجموعة من شركات الالكترونيات للسماح لأي جهازين الكترونيين - حواسيب وهواتف خلوية ولوحات مفاتيح - بالقيام بعملية اتصال بدون أسلاك أو كابلات أو أي تدخل من قبل المستخدم
- وبتعبير آخر هو عبارة عن معيار قصير المدى (RF) أو طريقة للاتصال اللاسلكي عبر موجات الراديو بين أجهزة تشكل شبكة شخصية محدودة المسافة
 - ✓ وبالتالي أي جهازين يتبعان نفس هذا المعيار، يمكنهما الاتصال وتبادل البيانات فيما بينهما دون الحاجة إلى اتصال مباشر
 - ✓ وباختصار يمكن القول أن أي جهازين الكترونيين مهما كان حجمهما أو وظيفتهما، يمكن أن يتصلا مع بعضهما البعض باستخدام هذه التقنية
- كانت أول من بدأ العمل على هذه التقنية شركة Ericson سنة 1994 وتبعها شركات كثيرة تحت ما يسمى "مجموعة الاهتمام الخاصة بـ "Bluetooth" أو "Bluetooth special interest group (SIG)"



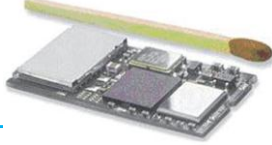
ما الفرق بين الـ "Bluetooth" والاتصال اللاسلكي (عن طريق الأشعة تحت الحمراء IrDA)

- الأشعة تحت الحمراء هي أشعة ضوئية لا ترى بالعين وتعرف باسم تحت الحمراء لأن لها تردداً أصغر من تردد الضوء الأحمر، وتستخدم وسيلة الاتصال بواسطة الأشعة تحت الحمراء بما يعرف بـ: "IrDA" "Infrared Data Association" في التحكم بالعديد من الأجهزة الإلكترونية مثل التلفاز والـ "receiver" وأجهزة "VCR" (Video Cassette Recorder)
- على الرغم من رخص ثمن، وكفاءة تقنية الأشعة تحت الحمراء كوسيلة اتصال لاسلكي بين الأجهزة إلا أن لها عيبين رئيسيين:
 - ✓ تعتمد تقنية الاتصال بواسطة الأشعة تحت الحمراء على مدى الرؤية فقط "Line of sight" أي التوجيه المباشر وعلى خط مستقيم
 - ✓ تقنية الأشعة تحت الحمراء عبارة عن تقنية واحد -إلى- واحد "One-to-One"



ما الفرق بين الـ "Bluetooth" والاتصال اللاسلكي (عن طريق الأشعة تحت الحمراء IrDA)

- تقنية الأشعة تحت الحمراء عبارة عن تقنية "One-to-One" واحد إلى واحد بحيث يتم النقل بين جهازين فقط في نفس الوقت، فمثلاً يمكن تبادل المعلومات بين الكمبيوتر وجهاز الكمبيوتر المحمول بواسطة الأشعة تحت الحمراء ولكن لا يمكن في نفس الوقت تبادل المعلومات بين الكمبيوتر وجهاز المفكرة الشخصية PDA
- وجاءت تقنية الـ "Bluetooth" لتحل هاتين المشكلتين حيث قامت Ericson و Toshiba و Intel و Motorola و Simians بتطوير مواصفات خاصة في لوحة صغيرة عبارة عن شريحة صغيرة ورخيصة " RADIO MODULE " (9mm X 9mm) تثبت في الحواسيب والأجهزة المحمولة والأجهزة المنزلية.... هذه الشريحة تحل محل الأسلاك عن طريق استقبال الأوامر أو البتات من الجهاز ونقلها لاسلكياً بتردد معين يبلغ حوالي 2.45GHz إلى جهاز الاستقبال الذي يترجمه إلى الأوامر الصادرة له عبر نفس الشريحة المثبتة فيه أيضاً



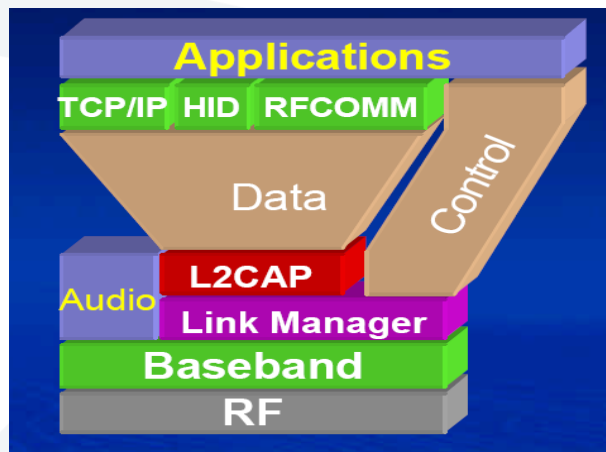
ما الفرق بين الـ "Bluetooth" والاتصال اللاسلكي (عن طريق الأشعة تحت الحمراء IrDA)

Bluetooth	IrDA	
إلى 10 أمتار (وبمسافة قصوى قد تصل إلى 100 متر في حال تمت زيادة استطاعة المرسل)	حوالي المتر الواحد	المدى
Multiple connection	Point to point	نوع الاتصال

Bluetooth Protocol Stack



Bluetooth Structure





Radio Layer

- تشكل الوسط الفيزيائي للنقل حيث تنقل البتات من السيد إلى التابع أو بالعكس
- تستخدم تقنية Bluetooth الطيف المتسع "spread spectrum" بين الترددين 2.402-2.4835 GHz
- تستخدم Bluetooth ما يسمى بتقنية القفز الترددي "Frequency hopping" حيث يقفز حوالي 79 قفزة في المدى الترددي 2.402-2.4835 GHz بفاصل 1MHz :
$$F = 2402 + k \text{ MHz} \dots \text{where } k=0,1,2,3,\dots,78$$
- وذلك بسرعة 1600 مقطع/حيز (slots) في الثانية. وهذا يعطي الفترة بين القفزين حوالي 625µs
- وبالتالي فلن يحصل أن يرسل أي جهازين بشكل تلقائي على نفس التردد وفي نفس الوقت



13

<https://manara.edu.sy/>



Baseband Layer

- وهي التي تحول دفق البتات الصافي إلى إطارات وتعرف وتحدد بعض الصيغ الأساسية
- مثلاً، يقوم السيد في كل خلية شبكية صغيرة Piconet بتعريف سلسلة من الحيزات الزمنية التي لكل منها طول مقداره 625 µs ، حيث تبدأ عمليات النقل الخاصة بالسيد في الحيزات الزوجية بينما تبدأ عمليات نقل التتابع في الحيزات الفردية منها
- ✓ بمعنى آخر، تتم عملية القفز الترددي عن طريق هذه الطبقة
- كما تقوم ببعض أنواع الترميز للبيانات المرسله وفك الترميز للبيانات المستقبله وعملية تصحيح الأخطاء "Error Correction"
- يسمح توقيت القفز الترددي بزمن ترتيب/تركيز Setting Time يتراوح بين 250 و 260µs في كل قفزة للسماح للدارات الراديوية كي تتمكن من الثبات خلالها

14

<https://manara.edu.sy/>



Baseband Layer

- إن الإطارات الأطول تكون مناسبة أكثر من الإطارات وحيدة الحيز الزمني
- هناك نوعان من أنواع التشبيك أو الربط Links يمكن استخدامها :

✓ التوصيل الموجه المتزامن: (SCO) Synchronous Connection Oriented
وهي معنية بأن تكون البيانات المتراسلة متزامنة مثل الأصوات الهاتفية مع جودة خدمة QoS

✓ التوصيل غير المتزامن: (ACL) Asynchronous Connection Less
وهي معنية بتطبيقات نقل البيانات التي لا تحتاج لنقل متزامن، مثل بيانات الزمن الحقيقي

- إذاً وظائف طبقة Baseband لازمة للأجهزة كي تزامن توقيتاتها أو ما يسمى clock لديها وبالتالي البدء في التوصيل والربط، كما يشمل ذلك أيضاً عملية مسح لتحديد العناوين لكل جهاز في الشبكة



Link Manager Protocol(LMP)

- إن وظائف هذه الطبقة يمكن تقسيمها إلى:

• إدارة شبكة Piconet Management

• إعدادات الربط Link Configuration



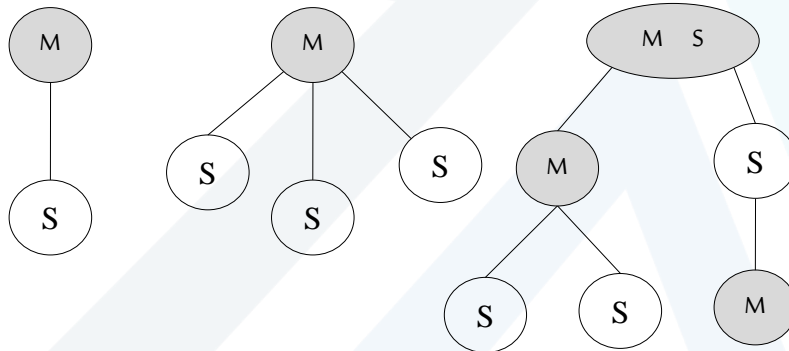
Piconet Management

- Piconet (وتدعى الخلية الشبكية الصغيرة) عبارة عن شبكة صغيرة مكونة من مجموعة من الأجهزة العاملة على نفس القناة والمعرفة بالمسار القفزي الترددي (أي المعرفة على قفزات تردديه معينة ومحددة)
- تتكون من Master وهو الجهاز الذي يبدأ عملية الربط وصولاً إلى ثمانية أجهزة أخرى ممكن توصيلها به تدعى Slaves تقع ضمن مجال لا يزيد عن 10 أمتار
- يمكن ضم عدد أكبر من العقد ووضعهم في حالة الانتظار parked state. وذلك لتخفيض استهلاك القدرة بالطبع
- تحدد مشاركة القناة بواسطة الجهاز الرئيسي Master
- الاتصال بين أي تابعين slaves تمر حكماً عبر الجهاز الرئيسي Master
- يمكن أن يصل الاتصال داخل ال Piconet حتى 1Mbit/s



Piconet Management

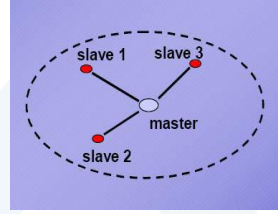
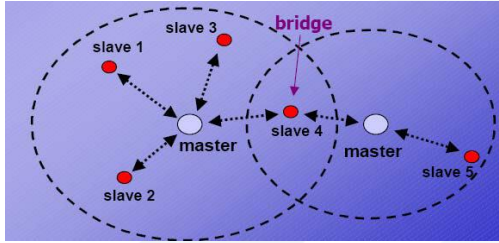
- إذاً لاتصال أي جهازين أو أكثر عبر Bluetooth يجب إنشاء شبكة Piconet بينهما (مع ملاحظة أنه يمكن للأجهزة أن تكون جزءاً من عدة Piconets في نفس الوقت) والشكل التالي يوضح مخطط Master-slaves





Piconet Management

➤ إذا طبقة LMP تقوم بوظائف عملية إضافة أو إزالة slaves من أي Piconet إضافة إلى أنها تتيح تحويل الأدوار بين الأجهزة (بحيث تحول أي جهاز خادم slave إلى master وبالعكس). كما أن طبقة LMP تهيئ الأوضاع قليلة القدرة "low power modes" مثل "park state"، وذلك لتوفير القدرة المستهلكة عندما لا يرسل الجهاز أي بيانات

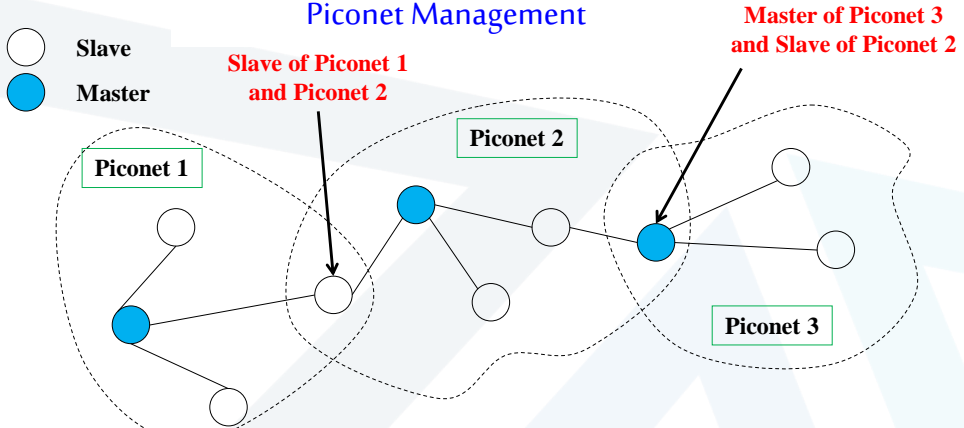


19

<https://manara.edu.sy/>



Piconet Management



➤ بما أن الجهاز المركزي يمكن أن يتصل حتى 8 أجهزة تابعة، فإن السرعة الفعلية ستخضع بسرعة بشكل يتعلق بعدد التتابع المتصلة داخل الـ Piconet

➤ يستطيع الجهاز المركزي زيادة سرعة الاتصال بالعمل مع تابعين باستخدام ترددتين مختلفتين

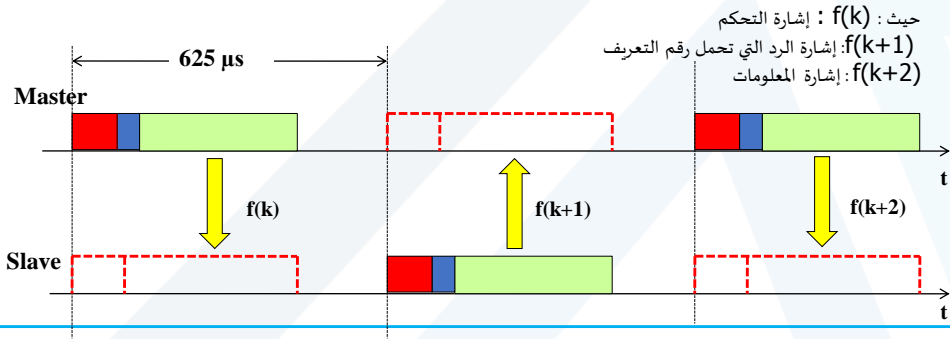
20

<https://manara.edu.sy/>



طرق التخاطب بين Master – Slave

- يقوم جهاز Bluetooth الذي يلعب دور Master في الشبكة بإرسال إشارة تحكم للتأكد من وجود العقدة المراد التخاطب معها، لذلك تقوم جميع العقد الموجودة ضمن مجال الشبكة بإرسال إشارة رد له تحتوي على رقم تعريف العقدة (node ID)
- عندها يقوم Master بمقارنة هذه العناوين مع العناوين المخزنة في ذاكرته ، في حال التطابق تتم عملية الإرسال. وتتم هذه العملية كما هو مبين في المخطط الزمني التالي :

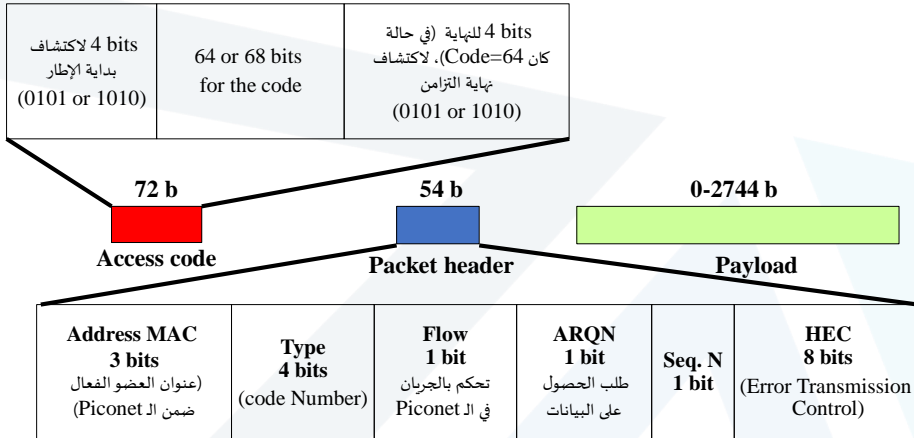


21

<https://manara.edu.sy/>



بنية إطار Bluetooth



- مجموع حقول الترويسة 18 bits، يتم تكرارها 3 مرات لضمان الاستقبال الصحيح من قبل المستقبل، حيث يعود ذلك إلى أن إرسال بيانات بموثوقية في بيئة ضجيجية باستخدام أجهزة رخيصة منخفضة الطاقة (2.5 mw)، يتطلب مقدراً كبيراً من التكرار.

22

<https://manara.edu.sy/>



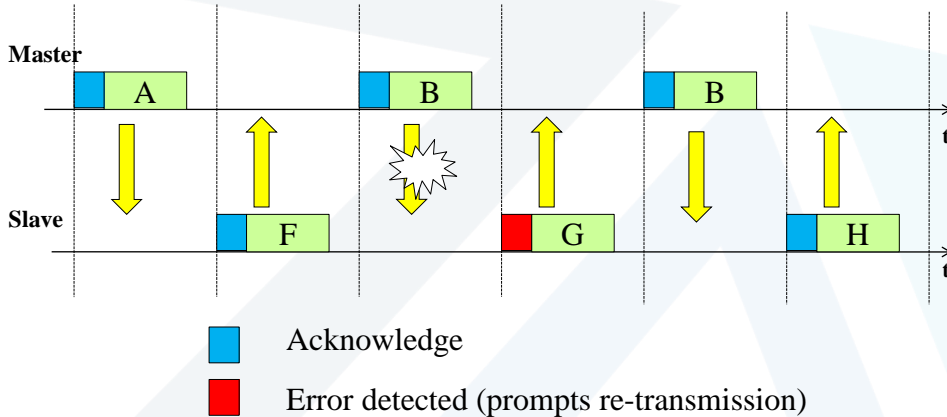
بنية إطار Bluetooth

- هناك عدة بنى أو صيغ أو أشكال للإطار، أهمها هو الظاهر في الشكل السابق
- تبدأ هذه البنية بشفرة وصول/ولوج تقوم عادةً بتعريف السيد بحيث تتمكن العقد التابعة الموجودة في نطاق سيدين اثنين من معرفة حركة النقل التي تخصهم (أي من هو السيد المسؤول عنهم)
- ثم تأتي ترويسة بطول 54 bits تحوي على حقول الطبقة الفرعية MAC
- ثم يأتي حقل البيانات الذي يصل حجمه إلى 2744 bits في حالة عملية نقل مؤلفة من خمسة حيزات زمنية
- من أجل إطار بطول حيز واحد: وبعد زمن التركيز (259 μ s)، يبقى 366 بت من أصل البتات الـ 625. من هذه الـ 366 بت، 126 بت من أجل شفرة الولوج والترويسة، ليبقى فقط 240 بت من أجل البيانات
- في حالة عملية نقل لسلسلة 5 حيزات معاً: لا يلزم سوى زمن تركيز واحد فقط ويستخدم زمن تركيز أقصر نوعاً ما (255 μ s)، لذا من أصل الـ $5 \times 625 = 3125$ bits الموجودين في الحيزات الزمنية الخمسة، 2744 منهم يكونون متاحين لطبقة الحزمة الأساسية (72+54+255+2744=3125 bits)



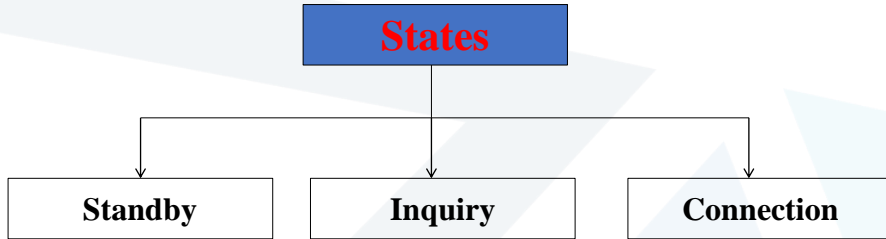
إعدادات الربط Link Configuration

- أما في حال حدوث أي خطأ أثناء عملية الإرسال تقوم العقدة المستقبلية بطلب إعادة عملية الإرسال كما هو موضح في الشكل :





الحالات التي يمر بها الجهاز المزود بتقنية Bluetooth



standby ✓ : هي الحالة الافتراضية التي لا يتم فيها استهلاك أية طاقة

Inquiry ✓ : المرحلة التي يتم فيها الاستعلام عن العقد الموجودة ضمن مجال الشبكة

Connection ✓ : مرحلة إرسال المعلومات والتي تتم بالقفز الترددي



802.15.4: ZigBee



مقدمة إلى ZigBee



- إن وسط الاتصال اللاسلكي في شبكات الحساسات اللاسلكية قد يكون الأشعة تحت الحمراء أو البلوتوث لكن الأكثر استخداماً هو ZigBee
- إن مصطلح ZigBee يأتي من التعرج الراقص وهي الطريقة التي يستخدمها النحل لتقاسم المعلومات بين أفراد الخلية مثل الموقع والمسافة والاتجاه وموقع الغذاء
- تقنياً يعرف بأنه معيار تقني صمم من أجل التحكم ومن أجل شبكات الحساسات اللاسلكية، يعتمد على المعيار IEEE802.15.4 والذي يهدف إلى تحقيق استهلاك أقل للطاقة، معدل بيانات منخفض، كلفة أقل
- يعمل في شبكات PAN وفي الشبكات المبنية على الاتصال جهاز إلى جهاز



ترخيص ZigBee (ZigBee Alliance)

- ❖ هو منظمة تهدف إلى إنتاج تجهيزات موثوقة، منخفضة استهلاك الطاقة، منخفضة الكلفة، متصلة بشكل لاسلكي لأغراض المراقبة والتحكم
- ❖ أكثر من 50 شركة تعمل في هذا المجال مشتركة في هذا الترخيص.
- ❖ أول تطبيق فعلي لها كان في سنة 2003





خصائص ZigBee

- تكلفة منخفضة (Low cost)
- استهلاك منخفض للطاقة (Low power consumption)
- معدل بيانات منخفض (Low data rate)
- مدى إرسال قصير المدى نسبياً
- التوسعية (Scalability)
- الوثوقية (Reliability)
- تصميم بروتوكول مرن مناسب لعدة تطبيقات



مقارنة بين ZigBee و Bluetooth

Feature(s)	Bluetooth	ZigBee
Power Profile	days	years
Complexity	complex	Simple
Nodes/Master	7	64000
Latency	10 seconds	30 ms – 1s
Range	10m	70m ~ 300m
Extendibility	No	Yes
Data Rate	1 Mbps	250 Kbps
Security	64bit, 128bit	128bit AES and Application Layer



بعض تطبيقات ZigBee

- التحكم المنزلي: التكييف، التحكم بأثاث المنزل كالمسالة والبراد، الحماية...
- التطبيقات الصناعية: اكتشاف حالات الطوارئ، التحكم بالآلات...
- التطبيقات الزراعية: قياس رطوبة التربة، قياس ملوحة التربة....
- تطبيقات أخرى: التحكم بالأجهزة المحيطية للحاسب، التحكم بالتجهيزات الالكترونية...



الحزم الترددية لـ ZigBee

➤ تحدد الطبقة الفيزيائية لـ Zigbee ثلاث حزم ترددية ممكنة:

الحزمة	تردد الحزمة	نوع التطبيق	التغطية	عدد القنوات المتاحة	رقم القناة	معدل النقل لكل قناة
A	868 to 868.6 MHz		Europe	1	0	20 Kb/s
B	902 to 928MHz	ISM BAND	USA	10	1-10	40 Kb/s
C	2.4 to 2.4835GHz	ISM BAND	World wide	16	11-26	250 Kb/s



الأجهزة المستخدمة في ZigBee (1/2)

❖ يمكن تصنيف التجهيزات في شبكات الـ Zigbee بطريقتين (منطقية وفيزيائية):

➤ التجهيزات الفيزيائية:



:Full Function Devices (FFD)-1

يمكن لهذه التجهيزات القيام بالوظائف الكاملة في هذا المعيار: توجيه، وظائف التنسيق و مهام الكشف.



: Reduced Function Devices (RFD)-2

لا يمكن لهذا النوع من التجهيزات توجيه الرزم ويكون متصلاً دائماً مع تجهيز FFD، وهي تمثل التجهيزات الطرفية مثل: أجهزة تشغيل الإضاءة أو الأقفال....



الأجهزة المستخدمة في ZigBee (2/2)

❖ يمكن تصنيف التجهيزات في شبكات الـ Zigbee بطريقتين (منطقية وفيزيائية):

➤ التجهيزات المنطقية:

ZigBee Coordinator (ZC) ✓

هو جهاز FFD، يجب أن تحتوي الشبكة على جهاز واحد فقط، وهو مسؤول عن إدارة الشبكة بشكل عام: بناء الشبكة، تخصيص العناوين، إعطاء الصلاحيات للانضمام أو مغادرة الشبكة، نقل رزم التطبيقات، الاحتفاظ بقائمة الجيران، بسبب هذه الخصائص يجب أن يبقى هذا الجهاز نشيطاً دائماً.

ZigBee Router (ZR) ✓

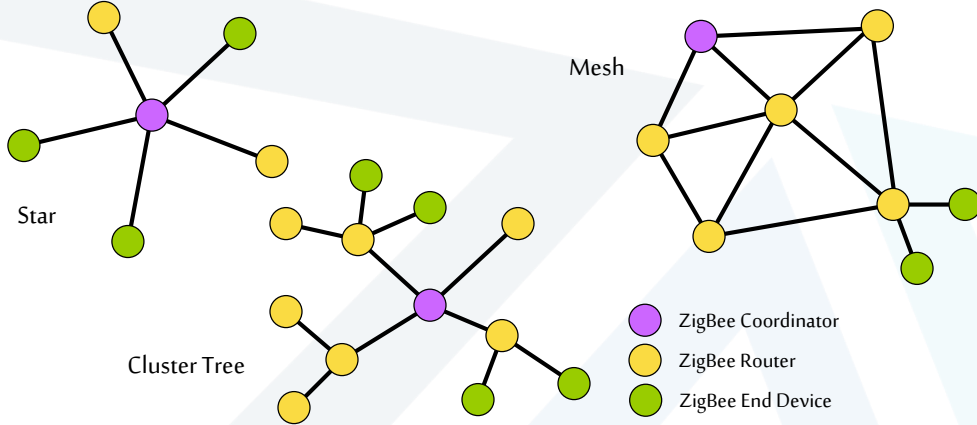
هو جهاز FFD يعمل كموجه فقط، أي لا يتدخل في بناء الشبكة، تحوي الشبكة جهازاً أو أكثر حسب حجم الشبكة والطوبولوجيا المستخدمة.

ZigBee end devices (ZEDs) ✓

هذه الأجهزة من نوع RFD، الوظيفة الأساسية لها هي تشكيل وإرسال الرزم، تدخل هذه التجهيزات في حال إسبات إن لم يكن هناك معلومات لإرسالها بغرض توفير الطاقة.



الطوبولوجيا في ZigBee



➤ إن الهيكلية في ZigBee تعتمد على فكرة أن أي جهاز ينضم إلى الشبكة إما أن يكون موجهاً (ZR) أو جهازاً طرفياً (ZED)