

ZigBee- Dotdot

проф. д-р инж. Венета Алексиева




ОСНОВНИ МОМЕНТИ

- История
- Същност
- Топологии
- Стандарт 802.15.4
- Формат на данните
- QoS параметри
- Въпроси

СЪЩНОСТ

- ZigBee е набор от комуникационни протоколи от високо ниво, които се използват за създаване на персонални безжични мрежи с маломощни обхвати.
- ZigBee е базиран на IEEE 802.15.4 стандарта.
- ZigBee е с ниско забавяне при предаване, което допринася за намаляване на средната консумация на устройствата.
- Ниската енергоемкост ограничава предаването до разстояние 10-100 метра по въздух, но ZigBee устройствата могат да предават данни и на дълги разстояния посредством мрежа от междинни устройства, осигуряващи комуникацията.

Честотна лента

	Channel	Center Frequency (MHz)	Availability
868 MHz Band	0	868.3	 <i>Europe</i>
915 MHz Band	1	906	 <i>Americas</i>
	2	908	
	3	910	
	4	912	
	5	914	
	6	916	
	7	918	
	8	920	
	9	922	
	10	924	
2.4 GHz Band	11	2405	 <i>World Wide</i>
	12	2410	
	13	2415	
	14	2420	
	15	2425	
	16	2430	
	17	2435	
	18	2440	
	19	2445	
	20	2450	
	21	2455	
	22	2460	
	23	2465	
	24	2470	
	25	2475	
	26	2480	

- Zigbee предава в ISM честоти (индустриални, научни, медицински области):
 - 2.4 GHz на повечето места по света,
 - 784 MHz в Китай,
 - 868 MHz в Европа
 - 915 MHz в САЩ и Австралия.
- Предаването на данни варира от 20 kb/s (868MHz честота) до 250 kb/s (2.4 GHz честота).

Други характеристики

- Мрежите са защитени със 128 bits ключове със симетрично кодиране (AES).
- Използва асоциация и автентикация на устройствата.
- Маршрутизиращият протокол е реактивен ad hoc протокол – AODV.
- Обикновено чиповете са снабдени с антени и микроконтролери с 60-256 KB енергонезависима препрограмируема памет.
- Модулацията е Offset-QPSK.
- Методът на предаване е DSSS (32 chips/4 bits).
- Методът за достъп е CSMA/CA.
- RF канали – 16 канала с 5MHz ширина.
- Технологията по Zigbee спецификацията има за цел да осигури **по-лесен и евтин начин за безжично свързване** в сравнение с други безжични персонални мрежи като Bluetooth или Wi-Fi.

Предназначение

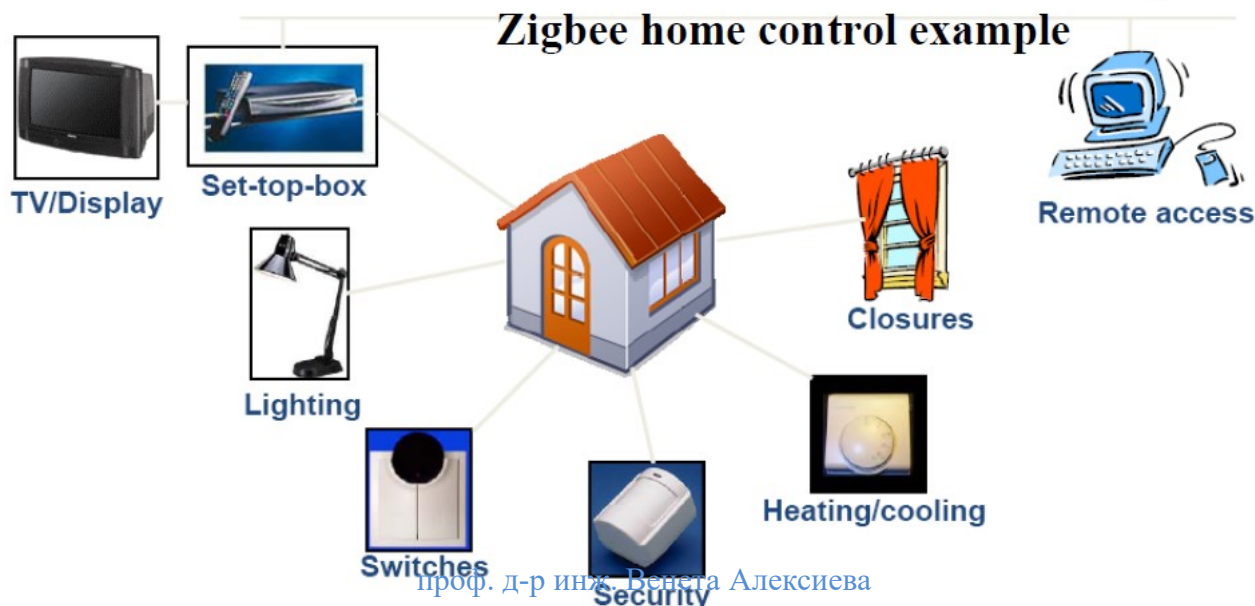
- Zigbee е стандарт за създаване на безжична мрежа от устройства с ниска енергоемкост в сферата на **безжичния контрол и наблюдение**.
- Основно приложение - когато е необходима **сигурна мрежа с дълъг живот на батерията** на устройствата и **с ниски изисквания за скорост** (при предаване на данни).
- Примери за приложение:
 - безжични ключове,
 - електрически измервателни уреди с вграден дисплей,
 - системи за контрол на трафик,
 - потребителско и производствено оборудване с безжично свързани компоненти нуждаещи се от ниско-скоростна безжична връзка.

История

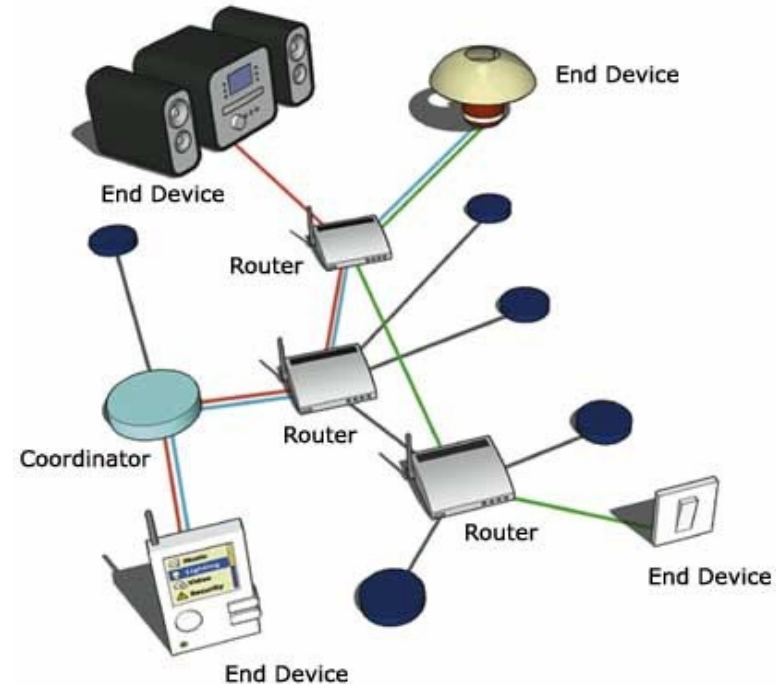
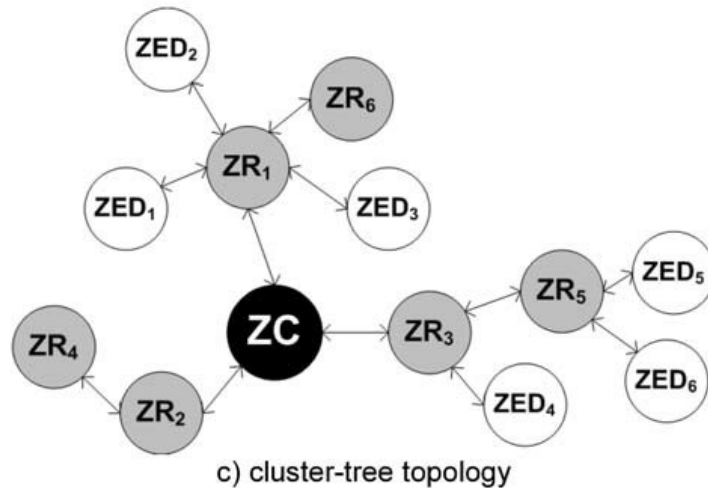
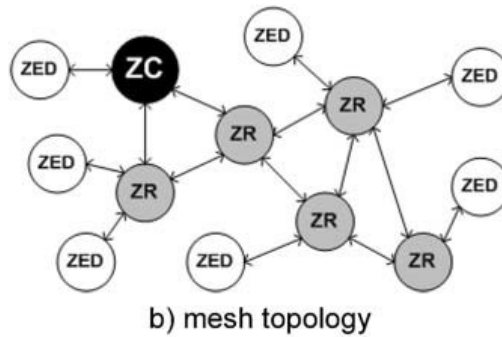
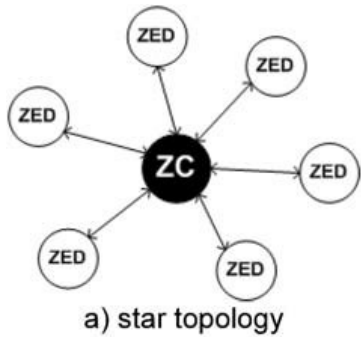
- Zigbee е разработена през 1998 г.
- Zigbee стандартизирана през 2003 г. като IEEE 802.15.4, т.е. Low-rate WPAN (LRWPAN)
- 13 юни 2005 ZigBee Alliance предлага първа реализация - *ZigBee 2004 Specification*.
- Zigbee е ревизирана през 2006. Сменен е типа на съобщенията.
- 31 октомври 2007г. е публикуван ZigBee PRO (Zigbee 2007)
- 2009 - ZigBee RF4CE- за широкообхватни електронни продукти като TV.
- 2012 - ZigBee RF4CEv2
- От януари 2017 го преименуват в **Dotdot** (|::), за да се изпълнява и в други IP мрежи и да е съвместим с други стандарти като платения безжичен протокол Thread (разработен 2014г. на база IPv6 за IoT)

Предимства

- Лесна инсталация
- Надежден трансфер на данни
- Щади живота на батерията
- Прост и гъвкав протокол



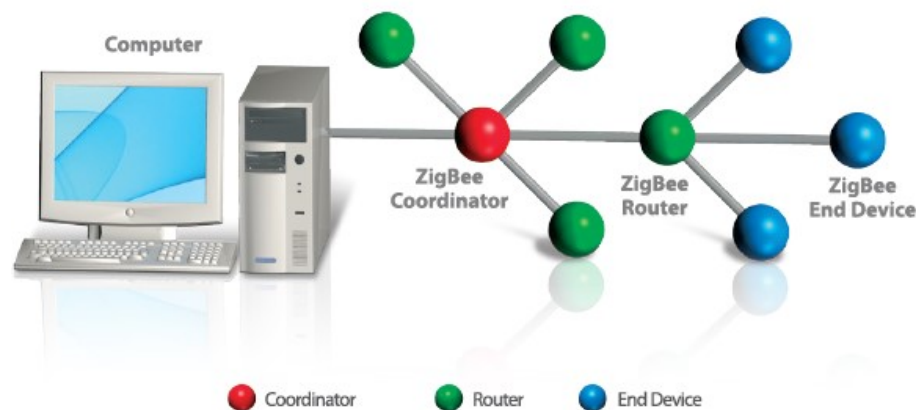
Топологии



- peer-to-peer
- звезда
- cluster-tree - особен случай на peer-to-peer

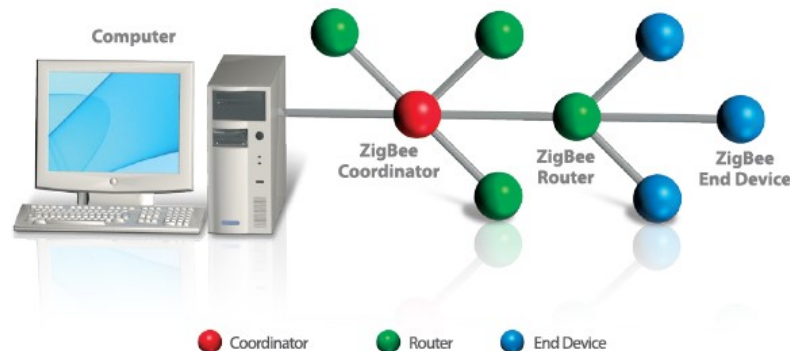
Видове устройства

- **Full-function devices (FFD)** - може да работи в три режима- PAN координатор, маршрутизатор, устройство.
 - PAN координаторът инициира, прекратява или маршрутизира комуникацията в мрежата.
 - Той е основен контролиращ в PAN.
 - FFD могат да обменят информация с RFDs или други FFDs.
- **Reduced-function devices (RFD)** - предназначени за приложения, които са изключително прости.
 - RFD могат да обменят информация само с FFD.



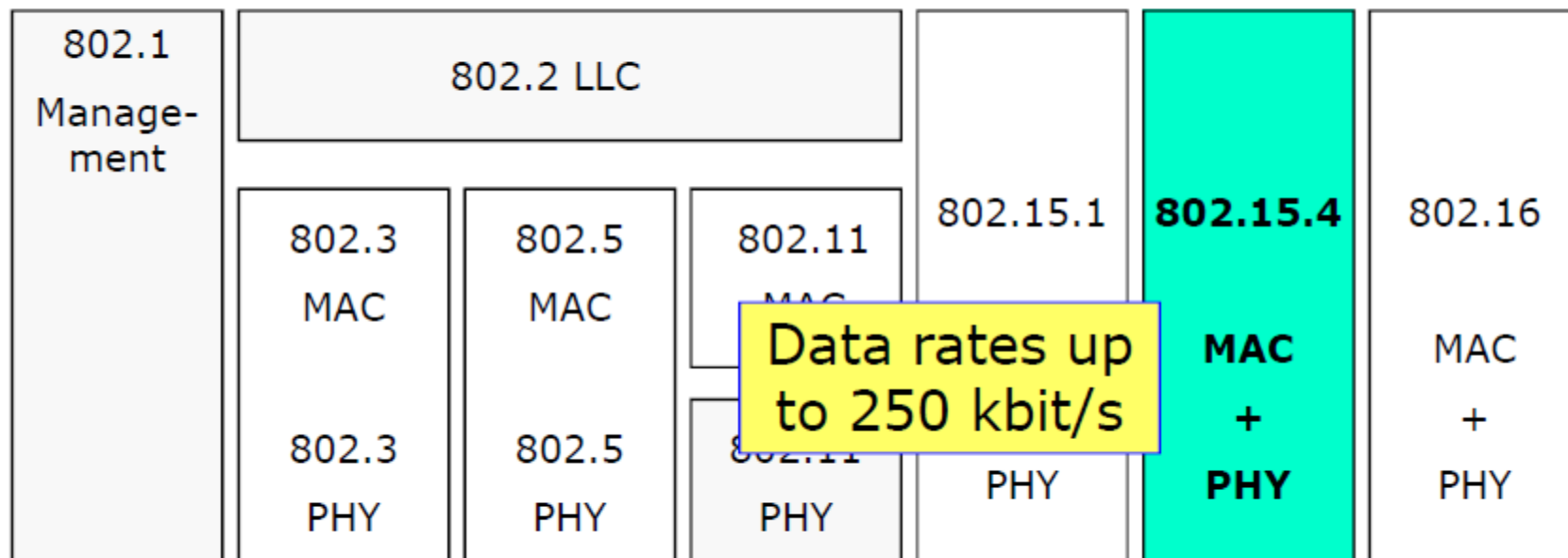
Роли на устройствата

- **ZigBee координатор (ZigBee Coordinator – ZC)**
 - най-многозадачното устройство
 - формира корена на мрежовото дърво и може да е мост към други мрежи.
 - В една мрежа има само един координатор
 - това е устройството което инициира мрежата
 - съхранява информация за мрежата
 - Той е център на защитата, отговорен за разпространяването на защитните ключове.
 - Съществува спецификация (ZigBee LightLink), която позволява работа на мрежата и без координатор, най-вече при потребителски продукти за дома
- **ZigBee маршрутизатор (ZigBee Router – ZR)**
 - предава данни между мрежи и устройства
- **ZigBee крайно устройство (ZigBee End Device – ZED)**
 - комуникира с родителски възел
 - не може да предава данни от други крайни устройства
 - най-малко памет
 - ниска производствена цена в сравнение с ZR или ZC
 - в неактивно състояние през голяма част от времето - дълъг живот на батерията му



Физически и MAC слой

Low-rate WPAN (LR-WPAN) $\approx 10\text{m}$



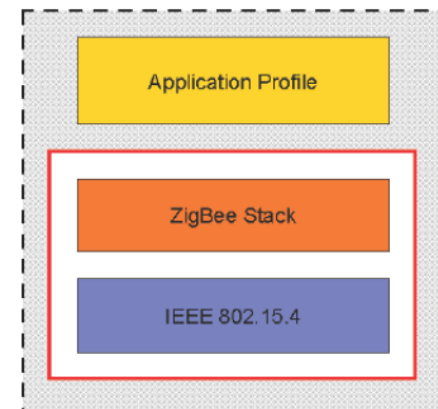
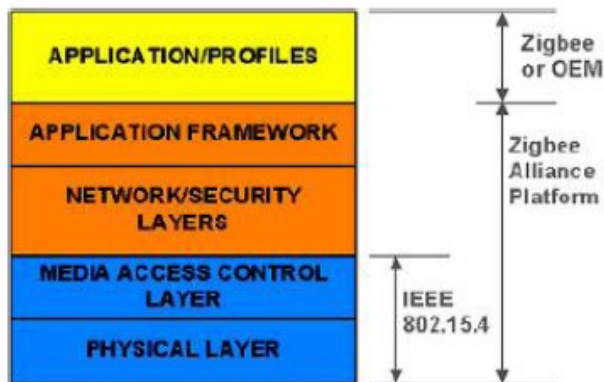
ISM band: 2.4 ... 2.4835 GHz

ZigBee Alliance

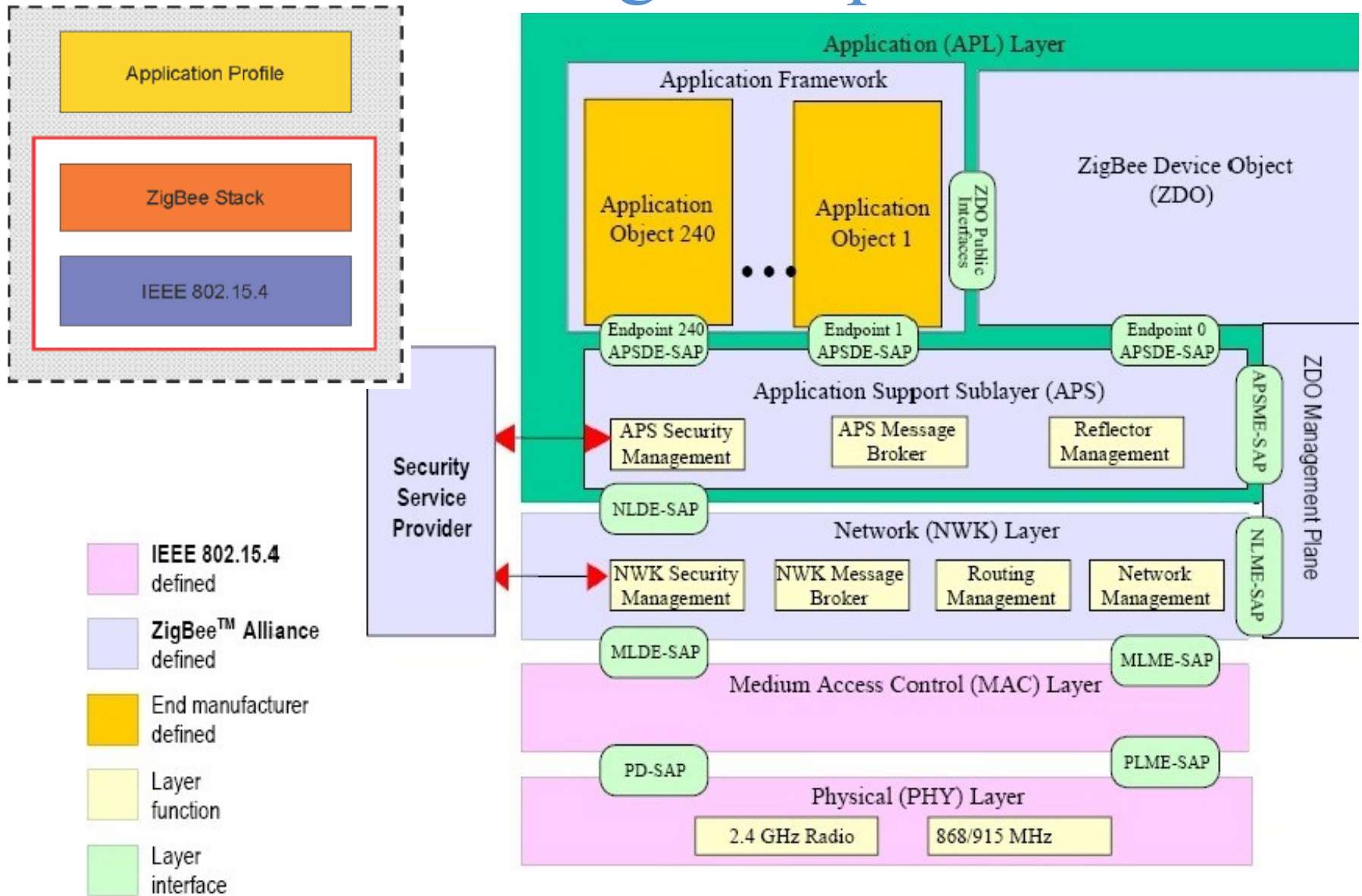
802.15.4 / ZigBee

- 802.15.4 е стандарт за point to point енерго-ефективни комуникации.
- Специфицира физическия и MAC слоя за **LR-WPANs**.
- Алгоритъмът е за напълно разпределена mesh топология.
- Основа е за ZigBee, ISA100.11a, WirelessHART, MiWi , но те специфицират горните слоеве, които не са дефинирани в стандарта.
- Може да се ползва и в 6LoWPAN и като стандарт за разработване на **Wireless Embedded Internet**.

- ZigBee дефинира допълнителни услуги:
 - Маршрутизиране в топология звезда
 - Криптиране
 - Услуги на приложния слой върху 802.15.4.
- ZigBee изгражда полу-централизирана мрежа, в която само крайните устройства могат да “заспиват”

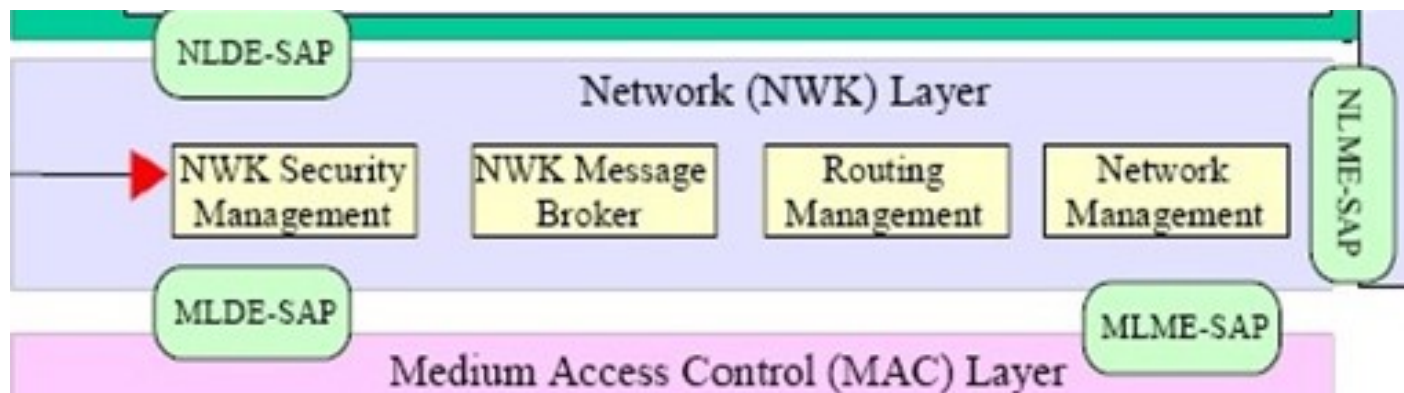


IEEE 802.15.4/ZigBee протоколен стек



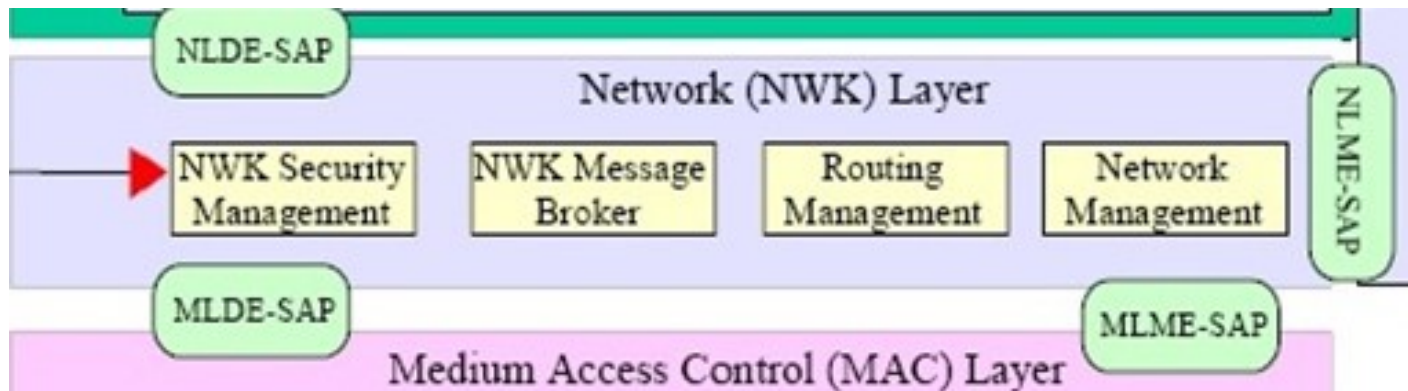
Функции на мрежовия слой

- Да позволява правилната работа на МАС подслоя
- Да осигурява подходящ интерфейс за приложения слой.
- Да поддържа маршрутизиране.
- Маршрутизиращ протокол на мрежовия слой е AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing).



Части на мрежовия слой

- Част за пренос на данни
 - управлява данновите единици от приложния слой и прилага маршрутизиране по наличната топология,
- Контролна част на слоя
 - за конфигурации на нови устройства и мрежи – може да определи дали дадено устройство принадлежи на мрежа и открива нови устройства и маршрутизатори в съседство.

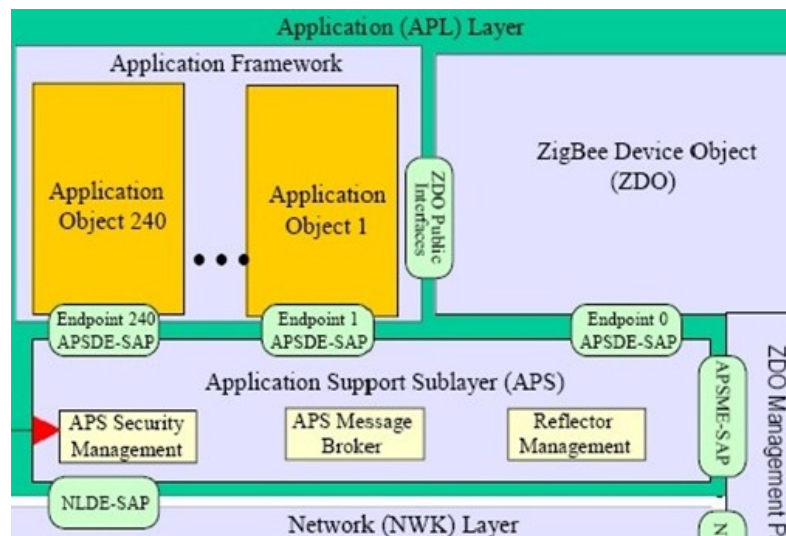


AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing)

- С цел намиране на целевото устройство, се разпространява запитване (broadcast) за търсене на път към всички съседни устройства.
- Те от своя страна разпространяват запитването към своите съседни устройства.
- И така, докато целевото устройство не бъде достигнато.
- Тогава то праща своя отговор чрез unicast, следвайки най-късия път до източника.
- Щом той получи отговора, той ще обнови своята маршрутизираща таблица за целевия адрес със следващия възел на пътя и параметрите на изградената връзка.

Приложен слой - компоненти

- ZDO (ZigBee Device Object) - протокол, който е отговорен за цялостно управление на устройствата, ключовете и политиките за сигурност.
Отговаря за:
 - определянето на ролята на устройство или като координатор или като крайно устройство,
 - за откриване на нови устройства в мрежата и идентификация на предлаганите от тях услуги.
 - създаване на сигурни връзки към външни устройства и отговор на заявки.
- APS (application support sublayer – помощен приложен подслой) - предлага строго дефиниран интерфейс и контролни услуги.
 - Той работи като мост между мрежовия слой и другите компоненти на приложния слой – с база от данни, която се използва за намиране на правилното устройство в зависимост от необходимата услуга и наличните устройства.
 - APS, също маршрутизира съобщения между слоевете на протоколния стек.



Приложен слой – комуникационни модели

- Устройствата в мрежа комуникират чрез APS под контрола на ZDO интерфейсите.
- Услугата за предаване на данни на приложния слой следва типичната структура:
 - заявка- потвърждение,
 - индикация - отговор.
- В едно устройство могат да съществуват до 240 приложни обекта, номерирани от 1-240.
- Номер 0 е запазен за ZDO даннов интерфейс.
- Номер 255 за broadcast запитвания.
- Номера 241-254 за момента не са в употреба.

Приложен слой – адресиране

- Мрежовото ниво се състои от 802.15.4 – съвместимо приемно-предавателно устройство и дескрипторни обекти (множества от атрибути, които могат да се променят и наблюдават през събития).
- Приемно-предавателното устройство е базата за адресиране, а устройствата във възела се определят от идентификатор на приложния обект (от 1 – 240).
- Преди да се присъедини към Zigbee мрежата, устройството има 64 битов адрес, който е уникален и е съставен от Organizationally Unique Identifier (OUI) плюс 40 бита възложени от производителя на модула.
- След присъединяването получава 16 битов адрес наречен NWK адрес.
- Координаторът може да използва и двата адреса за комуникация с устройството. Координаторът винаги има NWKадрес „0“.

Приложен слой – услуги

- Две услуги (в ZigBee 1.0):
- **KVP (key-value pair - двойка ключ и стойност)** се използва с конфигурационна цел.
 - Позволява модифициране или извличане на атрибути на даден обект през прост интерфейс базиран на примитивите get/set и event.
 - Конфигурацията използва компресиран XML, за да осигури адаптивно решение.
- **Услуга за съобщения (message service)** предлага общ подход за преодоляване на потенциално информационно претоварване, получаващо се при KVP. Позволява арбитражните данни да се пренасят чрез APS фреймове.

Приложен слой – процес на комуникация и обвързване

- Изискване за комуникация - да имат общ приложен протокол - типове съобщения, формати, по които се групират в **профили**.
- Обвързването между устройства се осъществява по:
 - съвпадащи входни и изходни клъстерни идентификатори, които са уникални в контекста на даден профил
 - Те се асоциират към входен или изходен поток от данни в дадено устройство.
- Обвързващите таблици съдържат редове от двойки - източници и приемници.
- Използването на клъстерни идентификатори подсилва обвързването на комплементарни единици според обвързващите таблици, които се управляват от ZigBee координаторите.
- Таблиците трябва да са налични винаги в дадена мрежа, затова координаторите най-често са с постоянен токов източник.
- Някои приложения могат да имат нужда от услуги за резервни копия, които се осигуряват от слоеве от високо ниво.
- Заявка за обвързване е възможна след установена комуникационна връзка.
- След наличие на такава връзка се решава дали да се добави нов възел в мрежата, в зависимост от политиките за приложения и сигурност.

Приложен слой – видимост на устройства

- Когато мрежовият адрес е известен, IEEE адрес може да бъде поискан използвайки unicast комуникация.
- Когато мрежовият адрес не е известен се праща broadcast с цел неговото установяване (IEEE адресът се връща в отговора).
 - Крайните устройства връщат потърсения адрес,
 - Мрежов координатор или маршрутизатор винаги изпраща адресите на всички устройства, асоциирани с него.
- Разширен протокол за видимост
 - позволява външни устройства да откриват мрежата и устройствата, описание на услугите,
 - става след последваща заявка от откриващото устройство.
- Налични са и услуги за съвместяване.
- Комуникация може да възникне веднага след асоциация.

Приложен слой – видове адресиране

- **Директното адресиране** - използва мрежов адрес и идентификатор на крайната точка.
- **Индириектното адресиране** - използва значещо поле (адрес, крайна точка, клъстер или атрибут) и изисква изпращането им до координатор, който е натоварен със задачата да асоциира и транслира заявките за комуникация. Индириектното адресиране намалява изискването към устройствата за постоянна памет.
- **Broadcast**- Разпространяване на запитвания към всички крайни точки
- **Групово адресиране**- използва се за комуникация с подмножество от крайни точки.

Приложен слой – още за адресиране

- **Директното адресиране** изисква изпращащото устройство да знае за получателя:
 - Адрес, Номер на крайна точка, ID на клъстера
- **Индиректното адресиране** изисква попълнени в свързваща таблица:
 - Адрес, Номер на крайна точка, ID на клъстера
 - Свързващата таблица може да зададе повече от един адрес на дестинация/крайна точка за даден първичен адрес/комбинация от крайни точки.
 - Когато настъпи индиректно предаване, цялата таблица се претърсва за всички вписвания, където базовия адрес и ID-то на клъстера съвпадат с предаваната стойност.
- Изпращащото устройство трябва да знае своите:
 - Адрес, Номер на крайна точка, ID на клъстера.

Приложен слой – още за адресиране

- **broadcast-но адресиране**

- broadcast пакет с MAC слоя - с адрес на дестинация на 0xFFFF. Всяко приемно-предавателно устройство, което е в готовност ще получи пакета. Пакетът се препредава три пъти от всяко устройство, следователно тези видове broadcast трябва да се използват само когато е наложително.
- broadcast пакет с номер на крайна точка 0xFF - за изпращане на съобщение до всички крайни точки на определеното устройство.

- **Групово адресиране**

- Първичния запис ще осигури ID-то на клъстера, ID-то на профила и първичната крайна точка.

Приложен слой- сигурност

- Средства за сигурен пренос на данни,
- Защитено установяване и разпращане на криптографски ключове - 128 bit симетрични ключове
- Защитни рамки
- Контролиращи устройства

Моделът не предполага защитна стена от приложното ниво между единиците .

Приложен слой- профили

- Профилът описва логическите елементи и техните връзки.
- Профилът предоставя определена съвместимост между различните производители.
- Всеки профил трябва да има уникален профилен идентификатор.
- Профилът използва общ език за обмен на данни и определен набор от действия за обработка.
- Има три вида профили:
 - **Public (standard)** профилите се ръководят от ZigBee Alliance.
 - **Private** са дефинирани от ZigBee доставчиците за ограничен кръг потребители- идентификатор, се получава от ZigBee Alliance
 - **published** ако собственика на private профила реши да го публикува.

Приложен слой- профили

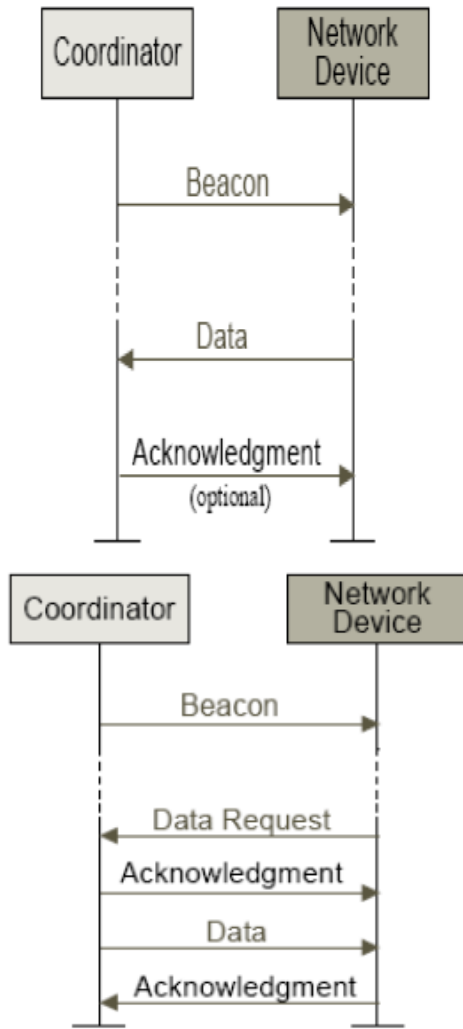
Профилът определя:

- Набора от устройства, необходими в областта на приложението
- Функционално описание за всяко устройство
- Набора от клъстери за прилагане на функционалността
- Кои клъстери се изискват и от кои устройства
- Описанието на устройството уточнява как устройството трябва да се държи в дадена среда.
- Всяка част от данните, която може да бъде предадена между устройствата се нарича атрибут. Атрибутите са групирани към клъстерите.
- Всички клъстери и атрибути са получили уникални идентификатори.
- Интерфейсите са конкретизирани на ниво клъстер.
- Има клъстерни идентификатори за input и за output(вход и изход).

Комуникация

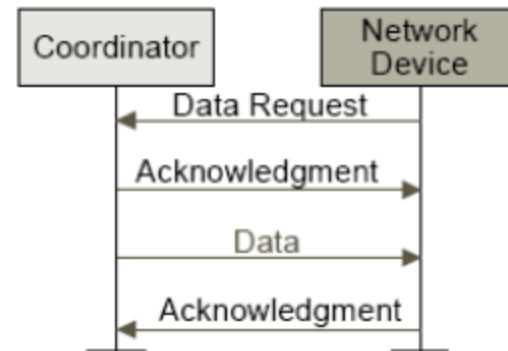
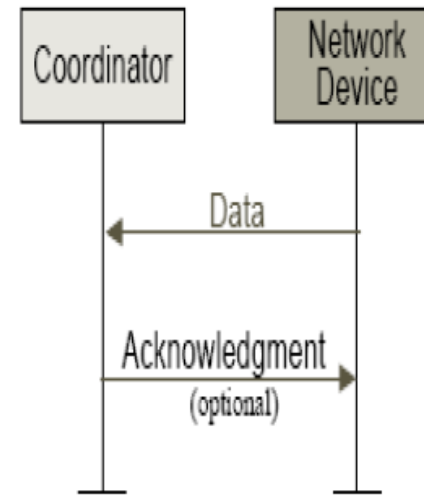
Beacon Enabled PAN

Slotted CSMA/CA



Non-Beacon Enabled PAN

Un-slotted CSMA/CA



Non-Beacon Enabled PAN, неразслоен канален механизъм CSMA/CA

- ZigBee маршрутизаторите обикновено са с постоянно активни приемници, нуждаейки се от по-сериозен електро-енергиен източник.
- Типичен пример за хетерогенна мрежа е безжичен светлинен ключ:
 - ZigBee устройството при светлинния източник е постоянно в очакване, но това не е проблем, тъй като се захранва от ел.мрежа.
 - Изпращащото устройството е в неактивно състояние, докато няма стимул за включване. При наличие на такъв се праща команда към устройството на лампата, получава се потвърждение и се връща в неактивно състояние.
 - В такава връзка взела при светлинния източник трябва да е поне ZigBee маршрутизатор или ZigBee координатор.
 - Ключът е ZigBee крайно устройство.



Пример:

<http://www.philips.bg/c-p/8718696580288/hue-white-ambiance>

Philips hue е създадена на основата на ZigBee.

Може да се свържат до 50 лампи и 7 ключа за димиране **hue** към бриджа Philips hue (включен).

Управление - през приложение Philips hue за смарт устройства с iOS и Android.

Beacon Enabled PAN, разслоен канален механизъм CSMA/CA

- При beacon ориентирани мрежи ZigBee маршрутизаторите излъчват периодично сигнали, за да потвърждават своето присъствие на другите мрежови възли.
- През останалото време са в нискоактивен режим.
- Интервалите на периодичните сигнали варират според скоростта на предаване:
 - от 15.36 ms до 251.65824 s при скорост 250 kb/s
 - от 24 ms до 393.216 s при скорост 40 kb/s
 - от 48 ms до 786.432 s при скорост 20 kb/s
- **Проблем:** за установяване на връзка при дълъг работен цикъл е необходимо много точно отчитане на времето, което е в противоречие с изискванията за ниска пазарна цена на продукта.

Механизъм CSMA/CA

Видове:

- slotted CSMA/CA използвана при beacon-enabled режим- границите на backoff периода трябва да са подравнени с границите на Superframe-a
- unslotted CSMA/CA използвана при non beacon-enabled режим- backoff периодите на едно устройство са напълно независими от backoff периодите на всяко друго устройство
- И в двата случая CSMA/CA алгоритъмът е базиран на backoff периоди. Достъпът до канала може да възникне само в рамките на backoff периодите.
- backoff периода е $aUnitBackoffPeriod = 20 \text{ Symbols}$.

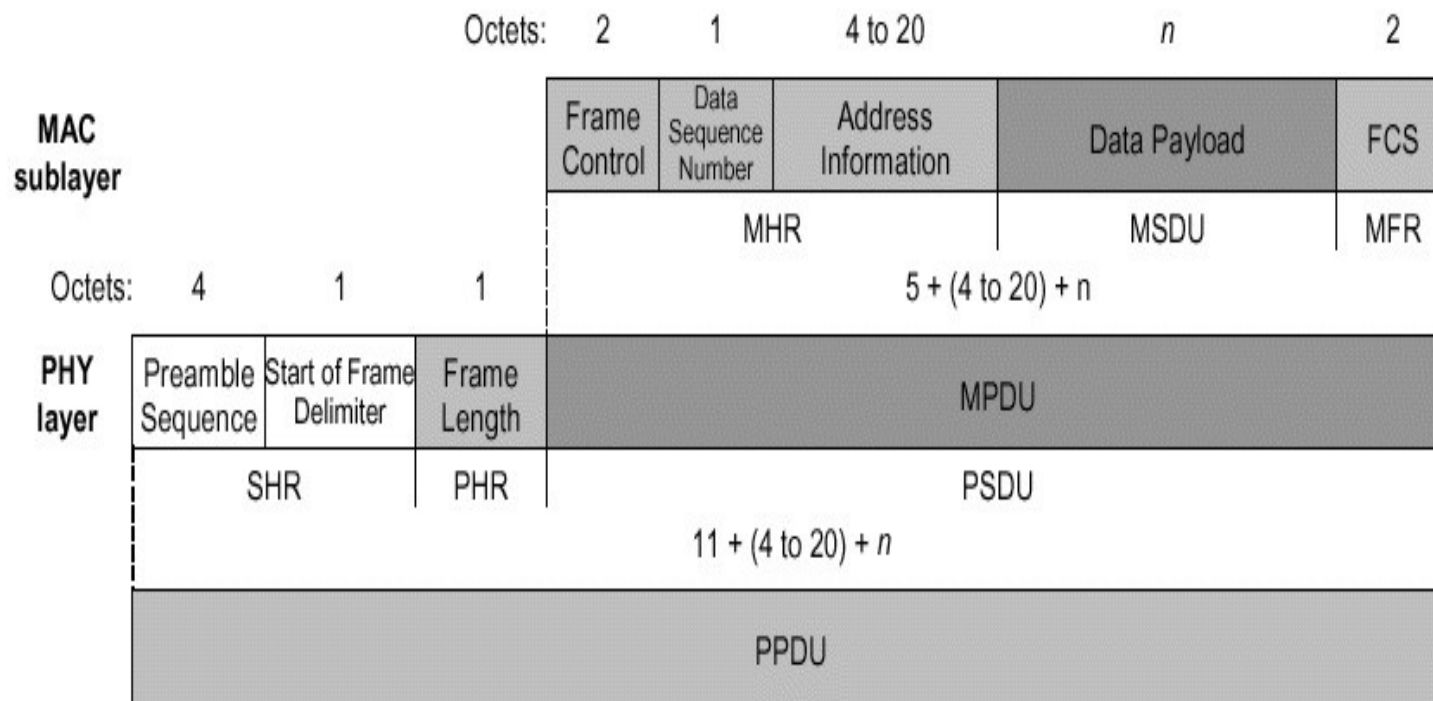
Изключения от IEEE 802.15.4-2003

- Периодичните сигнали, пратени при фиксиран времеви график не спазват CSMA.
- Потвържденията за получени съобщения също не използват CSMA.
- Устройствата с ниско забавяне при предаване по време (системи с изисквания за работа в реално време) използват GTS, който по дефиниция не използва CSMA.

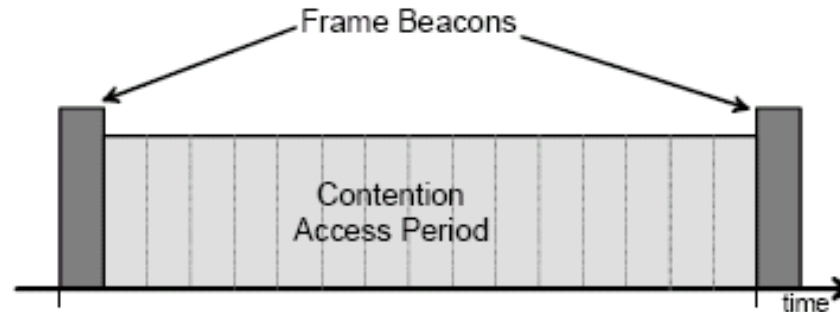
IEEE 802.15.4 MAC структура на кадъра

- Beaconframe
 - използва се от координатора за предаване на маркери
- Dataframe
 - използва се за целия пренос на данни
- Acknowledgment frame
 - потвърждава успешното приемане на кадър
- MAC command frame
 - за работа с всички MAC peer entity control Transfers

Структура на кадъра

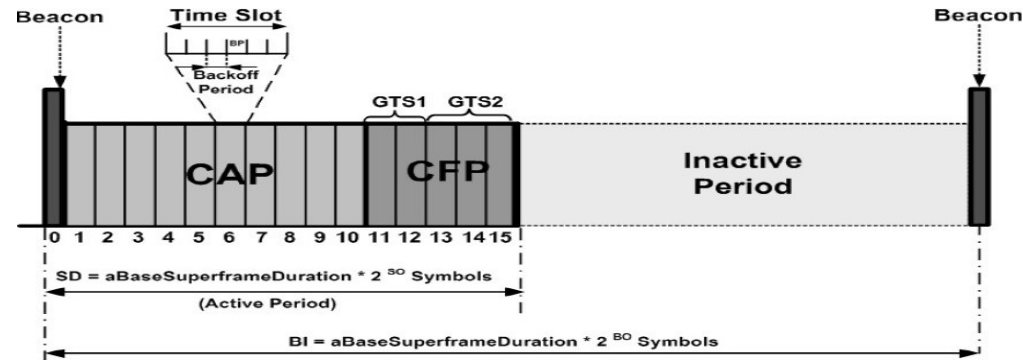


Структура на супер кадъра



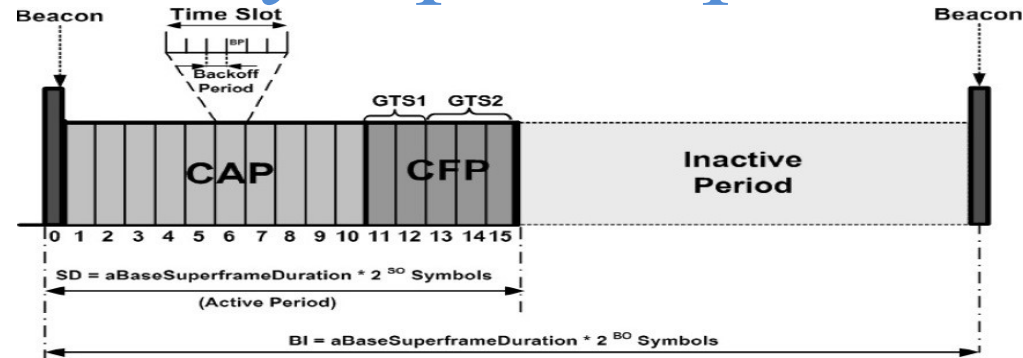
- Superframe, заграден от beacons е изпратен от координатора и разделен на 16 еднакво оразмерени слота.
- Beacon frame-а е предаден в първия слот на всеки superframe.
- Ако координатора не иска да използва superframe-ва структура може да изключи beacon трансмисиите.
- Beacon-ите се използват за синхронизиране на свързаните устройства, с цел идентифициране на PAN-а и описване на структурата на superframe-а.
- Всяко устройство, което желае да комуникира по време на contention access period (CAP) между два beacon-на ще трябва да се конкурира с други устройства с помощта на CSMA-CA.
- Всички транзакции ще бъдат завършени до момента на следващия мрежов beacon.

Структура на супер кадъра-beacons



- Superframe, заграден от beacons е изпратен от координатора и разделен на 16 еднакво оразмерени слота.
- Beacon frame-а е предаден в първия слот на всеки superframe.
- Ако координатора не иска да използва superframe-ва структура може да изключи beacon трансмисиите.
- Beacon-ите се използват за синхронизиране на свързаните устройства, с цел идентифициране на PAN-а и описване на структурата на superframe-а.
- Всяко устройство, което желае да комуникира по време на contention access period (CAP) между два beacon-на ще трябва да се конкурира с други устройства с помощта на CSMA-CA.
- Всички транзакции ще бъдат завършени до момента на следващия мрежов beacon.

Структура на супер кадъра-BI,SD,BO



- Beacon Interval (BI) и Superframe Duration (SD) се дефинират от два параметъра Beacon Order (BO) и Superframe Order (SO).

$$BI = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{BO}, \text{ for } 0 \leq BO \leq 14$$

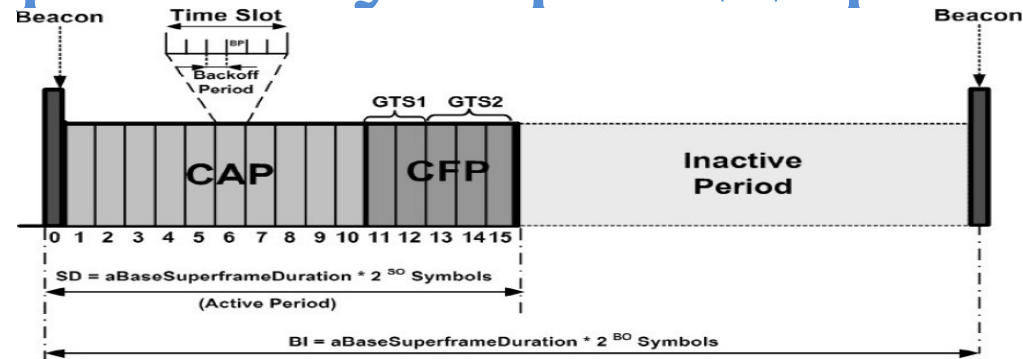
$$SD = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{SO}, \text{ for } 0 \leq SO \leq BO \leq 14$$

- Параметърът *aBaseSuperframeDuration* дава минималната продължителност на активния период (SD), когато $SO = 0$.
- *aBaseSuperframeDuration* има стойности:
 - 15,36 ms при честота 2,4GHz със скорост 250 kbps,
 - 24 ms при 915MHz 40 kbps,
 - 48 ms при 868MHz 20 kbps.

Beacon Order (BO) и приложения

Category	Application	BO
Vital Monitoring	Heart-rate monitor	6-8
	Body heat monitor	12
	Personal equipment control	2
Consumer Electronic	Remote controls	3
	PC-peripherals	2
	Control of blinds/shades/rollers/windows	6
	Dimmer/switches	4
Alarm/Security System	Smoke detector	6
	Water leakage alarms	6-8

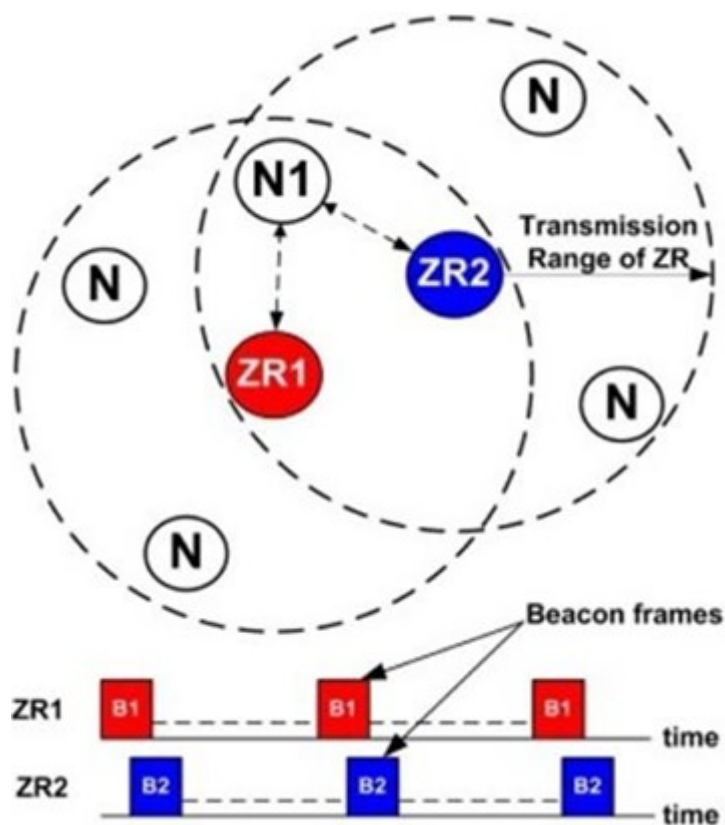
Структура на супер кадъра-GTSs



- гарантирани времеви слотове (GTSs)- За приложения с ниска латентност или изискващи специфични данни на честотната лента, PAN координаторът може да посвети дялове от активния superframe.
- Гарантираните времеви слотове включват период без конфликт contention free period (CFP), който винаги се проявява на края на активния superframe, започващ от границата на слота непосредствено след CAP.
- PAN координаторът може да разпредели до **седем GTSa** и **един GTS** може да заема повече от един слот.
- Достатъчен дял от CAP трябва да остане за конкурентно базиран достъп на други мрежови устройства или нови устройства, които желаят да се присъединят към мрежата. Всички конфликтно базирани транзакции трябва да бъдат завършени преди CFP да започне.
- Всяко устройство предаващо в GTS трябва да гарантира, че неговата транзакция е завършена преди времето на следващия GTS или края на CFP.

Проблеми при стандарта

Директна колизия



Директната колизия възниква когато два или повече рутери, които са в обсега един на друг и изпращат своите beacons в приблизително едно и също време.

Пример:

N1 е дете на рутер ZR1. То може да загуби синхронизацията си със своя родител при приблизително едновременно изпращане на beacon кадри от двата рутера.

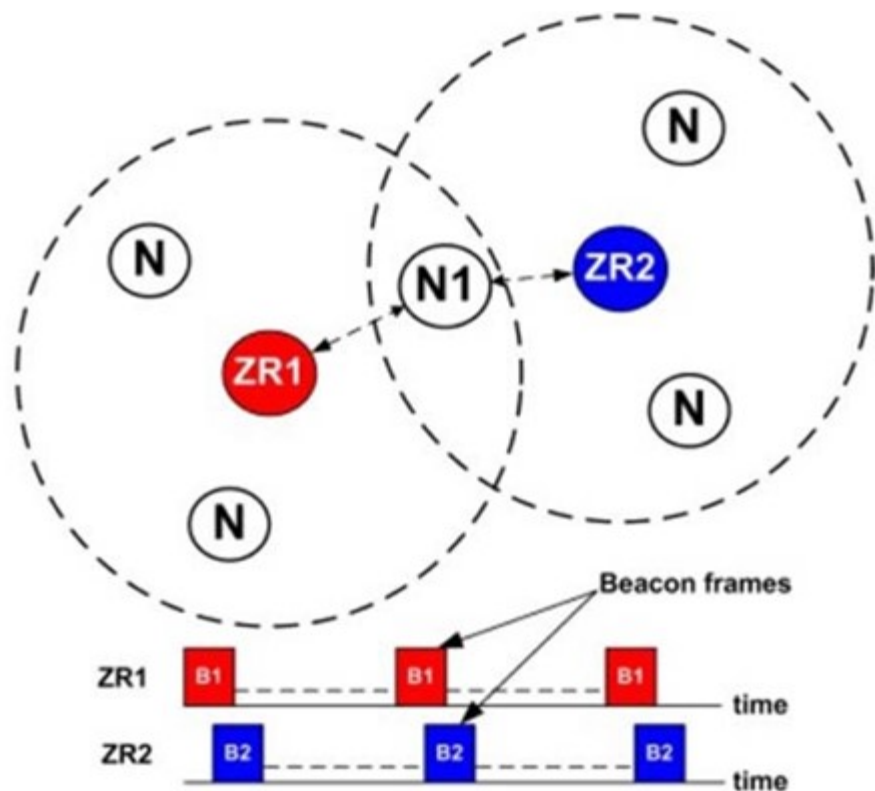
Проблеми при стандарта

Индиректна колизия

Индиректната колизия възниква когато два или повече рутера не могат да се чуят един друг, но техните обхвати се препокриват.

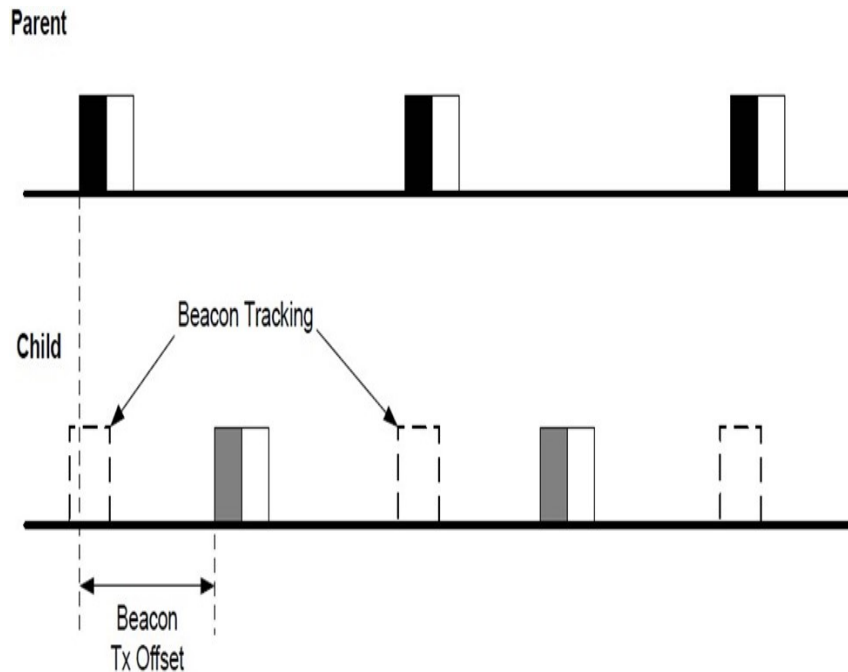
Пример:

Устройство N1 попада в обхвата и на двата рутера. Колизия ще възникне ако двата рутера изпратят своите beacon кадри почти по едно и също време.



Решения предложени от стандарта

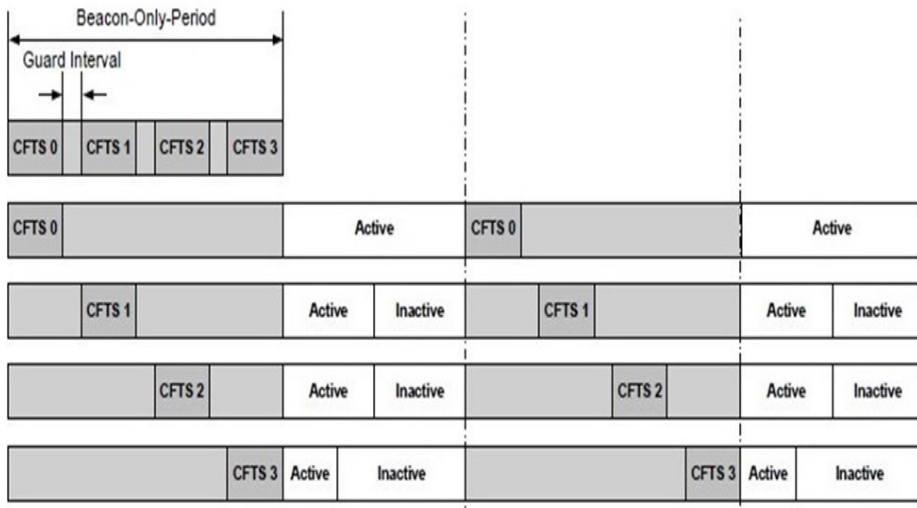
Time-Division



- При този подход всеки координатор избира начално време *Beacon Tx Offset* за предаване на своите beacon кадри и Superframe продължителност по време на спящия период на останалите координатори.
- Преди да изпрати beacon кадрите, координаторът трябва да се сдобие с *Beacon Tx Offset* на своите съседи и техните родители и тогава да избере различен.
- **Ограничението на този подход е,** че налага ниски цикли на работа и директната комуникация между сродни устройства не е възможна.
- Освен това изисква всеки координатор да се събуди в собствения си активен период, както и в активния период на родителя си.

Решения предложени от стандарта

Beacon-Only Period



- При този подход всеки координатор започва с Beacon-Only-Period , където beacon кадрите от различните координатори се изпращат без конфликт.
- Всеки координатор избира изпращащо времево изместване *Contention-FreeTime Slot*, по този начин beacon кадрите не си съперничат с тези на съседните устройства.
- В този случай всички активни периоди започват по едно и също време, което позволява комуникацията между средни устройства от различни възли.
- Също така няма ограничения на циклите за работа, за разлика от предното решение.
- **Основното ограничение на подхода е** липсата на представено детайлно внедряване, за да го направи практически лесен за изпълнение.
- Друга трудност е как да се измери Beacon-Only Period.

Предложения за проблема с индиректната колизия

- **Reactive**

- Този метод е най-лесен за изпълнение. Координаторът не прилага никакви специални процедури, за да избегне индиректната колизия в продължение на асоциативния етап. Ако се засече такава колизия, въпросното устройство опитва да я реши. При този метод е нужно много време, за да се възобнови нормалната операция.

- **Proactive**

- Този подход се занимава с конфликта на асоциативен етап. По време на свързването, координаторът опитва да избегне индиректната колизия, събирайки специфични данни за да характеризира предаването на beacon кадри на неговите съседи. В този метод всяко устройство (рутер или крайно), трябва да разполага със способността да препраща информация за времето за кадри beacon от своя родител на своите съседи. В този подход е сложно да се подреди таблицата от съседни координатори, понеже са нужни чести обновявания.

Приложения



Въпроси ?

Благодаря за вниманието !

За справка:

- <http://www.zigbee.org/>
- <http://www.wless.ru/technology/?tech=1>
- http://www.wless.ru/technology/?action=select&pf=tech&pf_id=1&prod=24&tech=1&type=60
- http://www.open-zb.net/ct_wsn.php
- Ankur Tomar, “Introduction to Zibgbee Technology”, Global Technology Centre Vol. 1, July 2011
- Akshay Kanwar, Aditi Khazanchi, “ZigBee: The New Bluetooth Technology”, International Journal Of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242 Vol.1 Issue 2 Nov 2012, <http://www.ijecs.in/>
- Faiza CHARFI, Mohamed BOUYAHI, PERFORMANCE EVALUATION OF BEACONENABLED IEEE 802.15.4 UNDER NS2, International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS) Vol.3, No.2, March 2012
- JunWang, Min Chen, Victor C.M. Leung, “Forming priority based and energy balanced ZigBee networks—a pricing approach”, Springer Science+Business Media, LLC 2011, Published online: 14 September 2011
- Melek Attia, Annis Koubaa, Mário Alves, “Beacon scheduling in cluster-tree IEEE 802.15.4/ZigBee Wireless Sensor Networks”, IPP-HURRAY! Polytechnic Institute of Porto (ISEP-IPP), June 2006, <http://www.hurray.isep.ipp.pt>
- Mohammed.I. Benakila, Laurent George, Smain Femmam, “A Beacon Cluster-Tree Construction Approach For ZigBee/IEEE802.15.4 Networks”, UBICOMM 2010 : The Fourth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies

Въпроси за самопроверка

- Какво е характерно за стандарт 802.15.4?
- По какво се различават ZigBee и 802.15.4?
- Какво е Dotdot?
- Какво е характерно за MAC слоя на ZigBee?
- Какво е характерно за мрежовия слой на Zigbee?
- Какво е характерно за приложния слой на Zigbee?
- Какви колизии познавате при ZigBee? С какви методи се преодоляват?
- Какви механизми CSMA/CA се прилагат при ZigBee? Какви са техните предимства и недостатъци?
- Каква е ролята на beacons?
- Какви са разликите между ZigBee координатор, рутер и крайно устройство- по отношение на енергия, начин на предаване/приемане на информация и т.н.?
- Как се изгражда дървото на връзките в една ZigBee мрежа?
- Какви ZigBee мрежови топологии познавате? В кои случаи може да се приложат те?
- Опишете работата на протокола AODV.