

WTSN (Wireless Sensor Network)

Uzate Ucan
Dunlarga Aralar

* Birbirleriyle Radyo Frekansli iletisim ortamında ; ilpiti ap iletisim protokolune göre haberlesen bircaak Koblast Duxpa Duxpında olusmus koblast ap dir.

Temel Grevi \Rightarrow Sensör ile fiziksel buyukluklari okuyup uzaklara iletmek.

Temel Grevi \Rightarrow Duxpmleri apu toman ylkubdur. Baylene cihaz aa enerji harcar.

Koblast Sensör Duxpmleri

- \rightarrow mikro Sensör veya mikipartlar, ADC'ler
- \rightarrow iletisim sistemi olan Mikroistemei
- \rightarrow Hafiza Birimi
- \rightarrow Radyo Frekans Unitesi
- \rightarrow Gucu Birimi

Duxpmin Grevi \Rightarrow Alpidadiklan ham verileri, mikroistemeileri safsinde an istemeler gecirip diger duxpmlere RF ile iletme.

Grevleri

- * Cevresel fiziksel buyukluklari duxpmler, sayisal depolarle ifade eder.
- * RF devresi ve ap protokoluyile uzaklara iletim.
- * Uzaktaki cihazların kontrolu icin isaret uretimi ve iletimi
- * Guci Yonetimi. (Duxpmlerin fazla gucu harcamasi icin)

TELSE AGLOE ile WSN Karsilastirmasi

Genel Amacli Tasarim

Tasarim Grevi = Ap performansi

Belli plan gere tasarlanmis.

Cihaz ve ap Normal ortamda faaliyet gostere.

Bolum ve anam ortok Kolay Erisilebilir.

Merkezi Yonetim var.

Uzun mesafe iletisim toman

Tek Amacli Tasarim

Enerji harcamasi

Ap yapisi genelde gecki yapibdur. (planlama gork)

WSN; Anormal ortam kusulunda iletisilir.

Fiziksel erisim imkansizdir.

Konaklar yonetici destekli duxpmler yapilir.

Kisa iletisim (10-100) Duxpmler gucu harcamasi

Kullanilan (WSN'de) Grevli iletisim Sistemi

Olay Tetiklemeli



Her hareket bir olayla sensör okuyup kume (radyo paketi) tetiklenmelidir.

Örn \Rightarrow TinyOS'dur.

Coklu-iz paracikli



Farkli grev aravinda yuristme tomanu cuxpallor.

Örn \Rightarrow MANTIS 'dir.

WSN Topolojileri

star \rightarrow P2P \rightarrow mesh \rightarrow Cluster-Tree

WSN'de Uygulama Grevli iletisim Sistemi

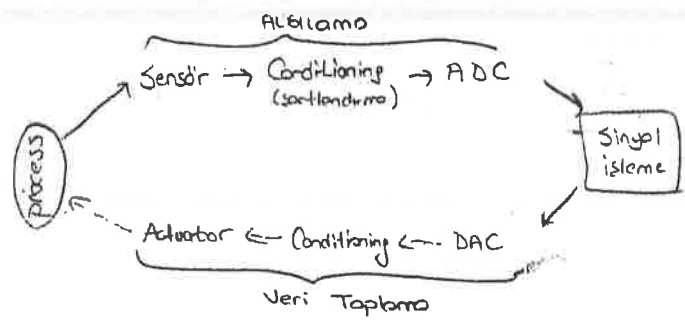
1. Duxpmlerin iletisim sistemi Seemesi
2. Apin kaci kumeden olusupunu Belirleme.
3. Routerların yerlestirilmesi
4. Programin yazilmesi
5. Simule Edilmesi
6. Yonetim ve Test Edilmesi

WSN'lerin Kullanildigi Yerler

- Ev Otomasyonu \rightarrow Isitma, Soğutma Grevli...
- Endustri \rightarrow malzeme izleme
- Otomativ \rightarrow basinc, hiz depisimi
- Tarim/Basat \rightarrow pH seviyesi
- Cevresel \rightarrow Trafik Kontrolu
- Habitat \rightarrow Hayvan-Tabit gözleme.
- Sapik
- Askeri

Sensör: Fiziksel ortam değişimliklerini (ısı-ışık-ses...) algılayan cihazlara denir.

* Algıladığı bilgi → Elektriksel büyüklüğe çeviren (cihaz) ⇒ **TRANSDUSER** denir.



⇒ sensör Aktivasyon çalışması.

KABLOSUZ TEKNOLOJİLER

Kablosuz Ağlar ; Büyüklük, iletişim hızı, erişim şekline göre (WPAN - WLAN - WMAN - WWAN - WGAN) olarak sınıflandırılır.

WLAN - WMAN - WWAN → Daha geniş ve birbirine uzak mesafelerde kullanılır.
 ↳ Büyük kapasiteli veri taşırlar.
 ↳ Enerji varfi 2. plandadır.

- WPAN → yakın mesafede kablosuz iletişim için kullanılır.
 ↳ 802.15 protokolü kurulmuştur. (ZigBEE)
- WWANS → 50 km üzerine uzanır.
 Sayısal Hücresel Telefon ve Uydular.

* IEEE 802.15.4 12-WPAN ⇒ Telsiz izleme ve kontrol sistemleri için standarttır.

* ZigBEE Teknolojisi ⇒ IEEE 802.15.4 standardının MAC katmanı ve PHY üzerinden ap ve uygulama destek servislerinin işletilmesini sağlar.

ZigBEE 802.15.4 Avantajları

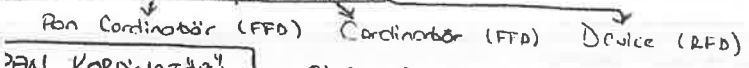
- ⇒ Çoak mühimlikte nakış ve algılayıcı desteklemesi
- ⇒ Düşük güç tüketen RF yapısı
- ⇒ Düşük maliyetli bağlantıların güvenilir olması
- ⇒ Ağ kurulumu basit.
- ⇒ Güçü tasarruflı modlarda bekleyebilmeleri
- ⇒ Mesajlar şifreleme ile birbirleriyle çalışabilirler

ZigBEE ⇒ Kısa menzilli, düşük veri hızı, bir kablosuz up için iletişim protokolleri setinin tanımlanmış bir standarttır.

Kablosuz iletişim için 3 frekans bandı vardır;
 1. 868 MHz (Tek Kanal var.)
 2. 902-928 MHz (10 Kanal var.) 015 MHz
 3. 2400 MHz (2.4 GHz) 16 Kanal var.

ZigBee Düşüm Türleri → FFD (Tam Fonksiyonlu Cihaz)
 ↳ RFD (Azaltılmış Fonksiyonlu Cihaz)

IEEE 802.15.4 Düşüm Türleri



PAN KORDİNATÖRÜ

→ ZigBee Coordinator
 Üzerindeki mesajların başka cihazlara geçişini sağlayan bir FFD'dir.
 Hangi kanaldan iletişim yapılacağını belirler.
 Kendisine PAN ID'si atar.
 Kendisine gelen paketleri uygun rota bulup yönlendirme yapar.
 Hattaki açık diller, hangi kanal boşken boşta durma yapar.
 * Router (yönlendirme) işlevi yapar.
 * En uygun yol için rota seçer. } **ROUTER**

ZigBEE

- ZigBee Coordinator
- ZigBee Router
- ZigBee end Device

Device

→ Yeteneksizdir. Uygun yanıt gönderir geri yur.
 Rota seçer yapamaz.
 Rota bulamaz yok.
 Cereve taşıyamaz.

Star Topolojisi

- Tek bir tane PAN koordinatörü var.
- Diğer düğümler RFD'dir.
- Haberleşme PAN ile yapılır.

P2P Topolojisi

- Bir tane daha PAN koordinatörü vardır.
- Her düğüm diğer düğümlerle bağlantılıdır.
- Haberleşir.

Cluster-Tree Topolojisi

- P2P'nin bir versiyonudur.
- Ağın kökü PAN'dır.
- Çocuklar, RFD (yada Router) bir.
- Hiyerarşik olduğundan bir düğüm diğer düğümlerle doğrudan haberleşmez.

PAN KORDİNATÖRÜ

- * Ağdaki her cihaza adres atar (16-bit)
- * Bir mesajı başlatır - yönlendirir ve sonlandırır. (ağ başı)
- * Ağ için PAN ID'si seçer.

⇒ Yönlendirme ve Rota Kesfi = 2 tane rotalama algoritması vardır.

- Ağın Rotalama Alg.
- AODV

⇒ Bir sensör düğümün, haberleşeceği kablosuz kanala erişim için;

- CSMA (Çekilme Temelli Kanal Erişim)
- CA (Çekilmesiz Erişim) kullanılır.

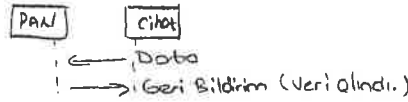
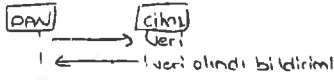
Veri göndermek isteyen düğüm kanalın boş veya dolu olmasını dinler. (CSMA/CA)

Ölçülen enerji eşik değerinden küçükse (kanal boş) gönderir büyükse göndermez (kanal dolu).

VERİ TRANSFER METOTLARI

3 Tip Veri Transferi vardır:

1. Bir Cihazdan Koordinatöre veri
2. Bir Koordinatörden Cihaza veri



(NOT) → Beşer gönderirse beşer başarılı olur.
Bu ilkeyi yıldız topoloji kullanır.

3. P2P Veri Transferi

Her bir cihaz diğer cihazla haberleşir. Cihazlar veri aktarımında mespuktur.
Radyo yayınına senkronize olurlar.

ADRESLEME (16 Bit Kısa Adresleme ve 64 Bit Uzun Adresleme)

MAC ADRESİ: Cihaz eşsiz adres ister.

- 64 bitlik uniq adrestir.
- İki amaçla kullanılır;
- Ağ başlatmak isteyen düğümün ağa katılmasına izin verir.
- Ağ başlatmak isteyen düğümün ilk mesajlaşma paketinde kullanılan adrestir.

SİM ADRESİ: Her düğümün isteğe bağlı 12 kodlardan

- oluşmuş isim verilir.
- Yetkeli dinamik ağ oluşturmak için yararlıdır.
- Düğüm tipleri için tanımlanmış yapıları
- kaybolabilir.

(NOT): ZigBEE uygulaması kullanımlı adresleme; Bir düğüm 240 tane cihaz etiketlenebilir. (Endpoint Address denir.)
Yeni 240 farklı iş için programlanabilir.

AĞ ADRESİ: Mantıksal ve kısa adrestir.

- İçinde bulunduğu PAN-ID ve Network ID vardır. Ağ katmanının adresi.
- 16 bitliktir.
- MAC katmanı gereğesinde ve Ağ katmanı paketindeki başlıklarda bu adresleme kullanılır.

Birlikte Olma & Ayrılık ⇒ IEEE 802.15.4'de yapılan servislerdir. Birlikte → Ağ başlatma isteği
Ayrılık → Ağdan çıkma isteğidir.

Binding (Bağlama) ⇒ Birbirleriyle ilişkili uygulamaların mantıksal bağ oluşturulması.
Mantıksal Bağlantı ilişkin bilgiler Binding Tablosunda tutulur. (uygulama katmanında kullanılır.)

ZigBEE ve IEEE 802.14.5 Protokol Katmanları

ZigBEE Mimari Her katman için iki SAP (Service Access Point) noktası vardır.



ZigBEE Gateway ⇒ ZigBee AP ile başka AP haberleşmesinde protokol dönüşümü yapar. Aralarında bir arağa seçilir.

APS ⇒ Bir üst katmandaki endpointlere bakarak uygulamalar arasında filtre görevi yapar. Mesaj çağırma yapar.

Hangi düğüm hangi düğüme konuşmak istediği bilgisini tuttuğu tablo bu katmandadır.

ZDO ⇒ AP yönetiminden sorumludur. ZDP (ZigBee Device Profile) buna benzerdir.

Application Framework → ZigBee Cluster Library içinde bulundurulur.

Security Services : Güvenlik katmanı; NWK, APS, ZDO tarafından kullanılır.

NWK ⇒ MESH AP yönlendirme; paketlerin güvenli bir şekilde bir düğümden diğer düğüme gittiğini denetleme yapar.

Güvenlik denetimleriyle ilgilidir.

Payload şifreleme yapılır.

MAC ⇒ Frame (çerçeve) kontrol, PAM tanımlama, AP katılım yapılır.

PHY ⇒ İsin elektriksel ve hava üzerindeki bit yapısıyla ilgilidir.

Fiziksel Katman

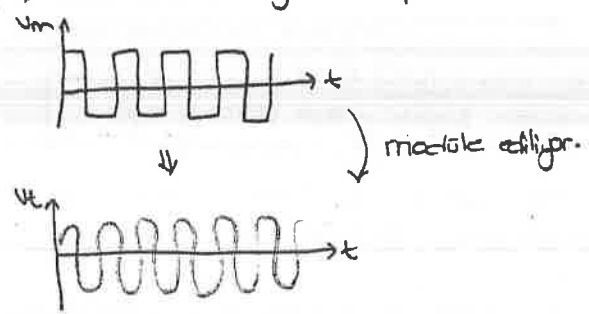
Özellikleri

- * Sensör verilerini sosyal veriye dönüştürme. (Kaynak Kodlama)
- * Kaynak kodlanmış verilerin iletileret ortamı güvenli gönderilmesi (Kanal Kodlama)
- * Modülasyon ve Demodülasyon yapar.
- * MAC katmanı emreterek ; Fiziksel katman ise o kanalın boş olup olmadığını bakarak.
- * Kanal frekansı seçer. (Kanal ataması)
- * 2 MHz band genişliği vardır. (sınırlı)
- * Sınırlı iletim menzili vardır.
- * Veri Gönderme ve Alma
- * CSMA-CA için terim kanal bulma ve deparlendirme

KAYNAK KODLAMA ⇒ Düşük frekanslı analog sinyalin → Sosyal fiziksel sinyal (baseband) dönüştürülmesidir.

KANAL KODLAMA ⇒ Gonderiler sinyalin gürültü ve girişime karşı güvenli gönderilmesidir.

MODÜLASYON ⇒ Düşük frekanslı sinyali (baseband) → Yüksek frekanslı sinyalin (bandpass) içinde gönderme



dalga boyu:
 $\lambda = \frac{c}{f}$ (hız/frekans)

(5)

E) $f = 20 \text{ kHz}$ taşıyıcı yaymak isterseniz ne kadar anten kullanırsınız?

$$\lambda = \frac{300 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^3} \quad \lambda = 15.000 \text{ m} \quad \text{Anten boyu} = \frac{\lambda}{4} = \frac{15.000}{4} = 3.75 \text{ km} \text{ dir.}$$

KANAL KAPASİTESİ; Shannon'a göre kapasite;

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

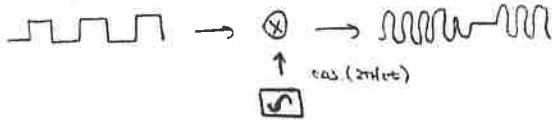
C → kapasite
 B → kanalın bant genişliği
 S → sinyal gücü
 N → gürültü gücü

MODULASYON

Bilgi isaretinin genellikle daha uzak mesafeye gönderilmesi için daha yüksek bir frekansa bindirip gönderme işlemidir.

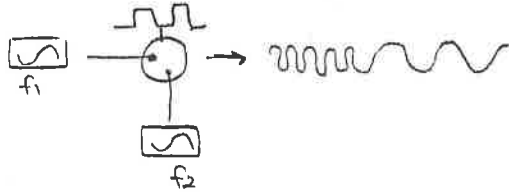
Sayısal Genlik Modülasyonu (ASK)

Genlik kaydırmalı modülasyondur. Genliği değiştirilerek modülasyon yapılır.



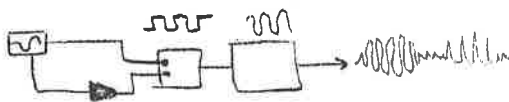
Frekans Kaydırmalı Modülasyon (FSK)

Frekansı değiştirilerek Analog İserettten Dijital İserett elde edilir.



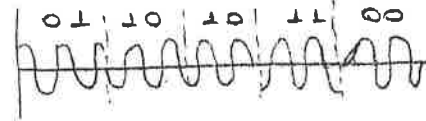
Faz Kaydırmalı Modülasyon (PSK)

Faz değiştirilerek modülasyon yapılır.



Q-PSK ⇒ Faz kaydırmalı modülasyonun daha verimli hali olan modülasyondur.

0'da π faz π 'de dephase.



Sinyal Yayılımı

- Shadowing (Gölgeleme)
- Reflection
- Refraction (Kırılma)
- Scattering (Saçılma)
- Diffraction

Taşıyıcı Seçme ⇒ Bir kanalda kullanımda olup olmadığını belirleme yoludur (CS)

Temiz kanal otomatik yapar. (CCA)

- CCA mod 1
- CCA mod 2
- CCA mod 3

(6)

Fiziksel Katman Hizmetleri

PHY katmanı 2 tip hizmet sağlar.

↳ PHY Data Servisi

MPDU → MAC Katmanı Veri Bildirimi

↳ PHY Yönetim Servisi

PHY-Data Servisi ⇒ Veri bloklarını eş katmanlar aktaracak.

PHY tarafından iletilen veriler, her zaman bir MAC protokolü veri birimi olarak sağlanır.

⇒ Yerel MAC katmanı sağladığı MPDU iletimi için talep oluşturur.

⇒ Bir yerel radyo alıcı-verici tarafından alındığında MPDU bildirimi gönderir.

PHY-Yönetim Servisi ⇒ MAC katmanından ayrı yönetmek için Fiziksel katmanın istediği yönetim kodlarını taşır.

Katmanlar arası verilerin gidip-gelmesini sağlayan fonksiyonlara primitive denir.

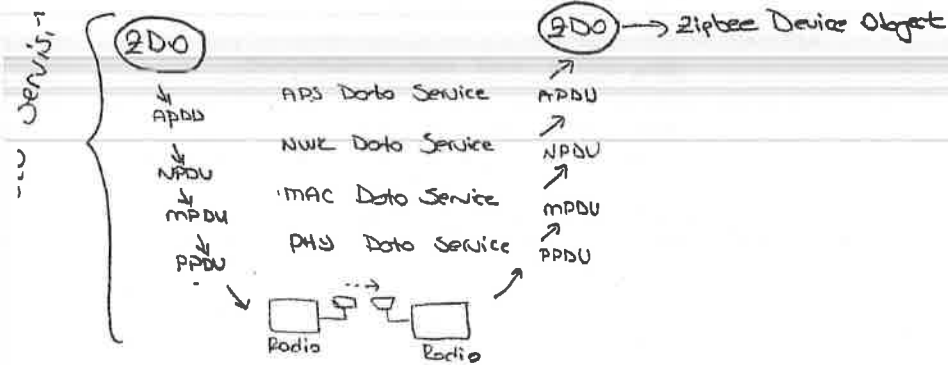
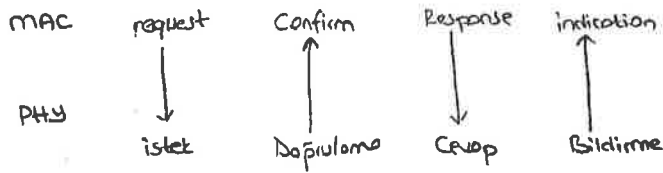
Veri Alışverişini sağlayan primitive

Yönetim konularını taşıyan primitive

PHY Yönetim Servisi ⇒ Kanal alışverişini sağlar.

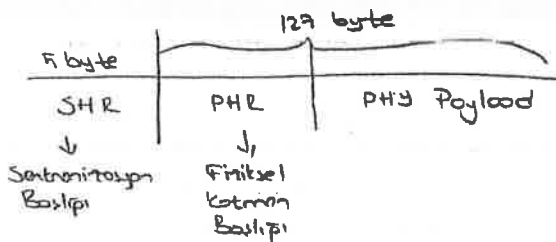
- CSMA - CA ile kanal otomati yapılır.
- Enerji - Sarfı işlemi yapılır.
- Radyo devresini aktif - reaktif etmesini ister.

Servis primitivleriyle bu işlemler olur.



PHY Paket Formatı

3 kısımdan oluşur. SHR - PHR - PHY Payload



MAC KATMANI

7

Özellikleri ⇒ Aşağıdaki Beacon çerçevesini üretir.

Beacon çerçevelerini senkronize eder.

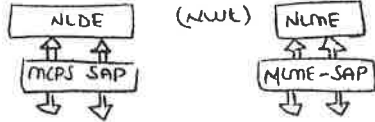
PAN'a bağlanma ve ayrılma destekler.

Cihaz güvencesini destekler.

Kanal erişimi sağlar.

2 tane önemli SAP nokta ile haberleşir.

mac Veri Hizmeti mac yönetim hizmeti
MCPS SAP (Veri Gönderimi) MUME SAP (Komut Gönderimi)



MAC Servisleri 2 tane vardır.

mac-Datota mac-Yönetim

MAC-Datota Servisi ⇒ MAC katmanı, NWK katmanına hizmet sağlar.

⇒ Gönderilecek olan veri MPDU olarak üretilir. Ve MAC payload'u olarak MAC çerçevesine yerleştirilir. (MSDU)

⇒ Eğer NWK bir veri gönderecekse MCPS-SAP üzerinden istek üretir, MPDU'yu sağlar.

⇒ 3 tip veri gönderme vardır;

1. Onaylanmış ve Onaylanmaz
2. GTS veya CAP üzerinde transmisyona
3. Direct ve indirect transmisyona

MAC-Yönetim Servisi ⇒ mac katmanı yönetim sap noktaları ile primitivelere bildirir.

Bir device ; bir koordinatöre bağlanmak istiyorsa;

* MUME-Associate.request ilkeli MUME-SAP üzerinde kendi MAC katmanına bildirir.

* MAC katmanı bunu MPDU olarak PHY geçirir.

* PHY'nin payload'u olarak radyo devresi vasıtasıyla koordinatöre transmitt edilir.

* MAC katmanına gelen bu iki bağlanmak isteyen device geri bildirim yapar.

* Daha sonra NWK katmanına bildirir. NWK katmanı kararını kendi MAC katmanına MUME-Associate.response ilkelikle bildirir.

⇒ Bağlanma ilkeli bir cihazın PAN'a nasıl bağlanacağını tanımlar. MUME-ASSOCIATE

⇒ Ayrılma " " " PAN'dan " ayrılacağını tanımlar. MUME-DISASSOCIATE

MUME-GET, MUME-SET, MUME-GTS, MUME-BEACON-NOTIFY, MUME-POWER birisi ilkelidir.

Primitive ⇒ Request ⇒ Confirm ⇒ Indication ⇒ Response.

şeklinde veri alışverişi yapılır.

4 tane Genel MAC Gerçevesi tanımlar;

Beacon Frame \Rightarrow AP koordinatör tarafından gönderilir.

(000) Bekleyen düğüm mesajlarının bildirimini, çerçeve yapısını, ap sekizlik bilgisi içerir.

100-111 \Rightarrow Açılmış.

Data Frame

(001)

Beacon-enabled \Rightarrow Beaconlar aralıksız olarak üretilir.

Acknowledgment (Onay) Frame

(010)

Super Çerçeve \Rightarrow 2 beacon çerçeve arasında üretilen çerçevedir.

MAC komut frame

(011)

Beaconlar; pon belirlemek ve superframe yapısını belirler.

Super Çerçeve; ap koordinatör tarafından gönderilmiş ve yapının kullanılmasını sağlar.
(iki beacon arasında sıkıştırılmıştır.)

Beacon Çerçevesi;

0-3	4-7	8-11	12	13	14	15
MAC Header	Super Çerçeve	CTS Field	Pending Access	Açılmış	Pon koordinatörü	Başlatma izni

Beacon derecesi alt olan 4 bittir.

Super Çerçeve;

0-3	4-7	8-11	12	13	14	15
Beacon Çerçevesi	Super Çerçeve Derecesi	Nihai Cap Slotlar	Pil ömrü / Uzunluğu	Açılmış	Pon koordinatörü	Başlatma izni

Super Çerçeve alt olan 4 bittir.

* Super Çerçeve \Rightarrow Beacon - CAP - CFP olarak 3'e ayrılır;

CAP slotları \rightarrow Kanalı kim boş bulduysa o kullanır.



CSMA sürecinde verisini gönderir.

Güvenli band genişliği
perpetüel düğümler için rezervlidir.

Pon Koordinatörü \rightarrow 1 bittir.

Başlatma izni \rightarrow 1 bittir. Koordinatör ile düğümlerin başlatıp başlatmayacağı kontrol eder.

* Super Çerçeve; 16 tane eşit zaman aralıklarına ayrılmıştır.

Her bir Beacon Çerçeve; Super Çerçevenin ilk slotunda gönderilir.

* 3 tip periyot vardır;



* Super Çerçeve yapısı bir koordinatör tarafından tanımlanır ve NWK katmanında MLME-START.request primitive ile konfigüre edilir.

Beacon istek komutu \Rightarrow Bir device tarafından koordinatör bulmak için kullanılır.

MAC-Data Çerçevesi \rightarrow NWK datalarını taşır. Veri taşıması sağlar.

MAC-Komut Çerçevesi \rightarrow Command Type \Rightarrow Komutları taşır.
mac Header

MAC-Onay Çerçevesi \rightarrow Hiçbir bilgi taşımaz.

802.15.4 'ün Yapabildikleri

- Ap Keşfi
- Ap seçileme ve kabul
- Kanal Değiştirme
- Ağıdaki Gımsık ve Cırsımları Alıbrı
- Single-Hop için Ack'lı paket dektımı
- Ack'sız single-hop Broadcast
- Half Duplex iletışim

Yapamackları

- * Multi-hop iletışim
- * Adres Atama
- * Uygulama Seviyesinde ortak çalışabilirlik
- * Mesh yapı desteğı
- * Üst Düzey Güvenlik Tanımlamaları
- * Geniş ağılarda stabil çalışmama

9

NETWORK KATMANI

Özellikleri ⇒ Yeni bir ağı yapılandırma
Yeni bir ap başlatma
Bir apo katılma ve ayrılma
Cırgesımları Yönlendirme
Ağıtlar arası yol keşfi ve koruma
Hop üstektekı kamsu keşfi
Kamsu bilgilerini saklama
Apo katılma adreslerini, ap cırtına atamak.

ZigBEE Ap Katmanı

- * ZigBee Kordinatör
 - * ZigBee Router
 - * ZigBee End-Device
- 3 temel elemana sahiptir.

AA KATMANI ⇒ mac Alt Katmanı değıru çalışmasını sağlamak ve uygulama Katmanı için arayüz sağlar.

ZigBEE Ap Katmanı → ZigBee Kordinatör seçerek, beacons vasıtasıyla ZigBee yönlendiricilerle, ZigBee End-Device'ları ilişkilendirip bir ap oluşturmaktan sorumludur.

ZigBee Kordinatör ⇒ Yönlendirici ve End-Device'ın oluşturulduğu topolojiye göre çalışan bir apın;

- güvenliğinde sorumludur.
- mesaj yönlendirme işlemlerinde sorumludur.
- Apo katılmak isteyen device 16 bitlik Network adresi atar.

(NOT) ⇒ Ap Adresi, device atanmış 16 bitlik IEEE 802.15.4 mac Kısa Adresiyle aynı olmalıdır.

NWK KATMANI DATA SERVİSİ

- * Bir üst katman (APS) aldığı veriyi transfer eder. NPDU'ya çevirir.
- * NLDE-DATA.request primitive ile verinin diğer device'ın APK katmanına iletilmesini NWK'dan ister.
- * Transfer edilerek her bir data paketinin bir şeması vardır.

NLDE (network katman veri servisi)

- ⇒ Ap Katmanı PDU Üretimi
- ⇒ Topolojiye özel yönlendirme
- ⇒ Güvenliği sağlar.

NWK - KATMANLI YÖNETİM SERVİSİ

- AP oluşumu, ağı bağlanması, rota testi, rota belirleme - analizi - ağıdan ayrılma, router oturma ...

NLME görevleri

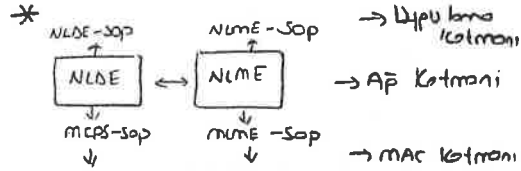
- AP oluşumu - ağı bağlanması
- Rota testi
- Network (ap) testi
- AP oluşumu
- Adresleme

→ 20 ile ağı şekli verilir.
→ 2R ve 2D ile ağı katılabilir.
→ bu bit mac adresi ile başlar ağı katıldıktan sonra 16 bit NWK'ye belirlenir.

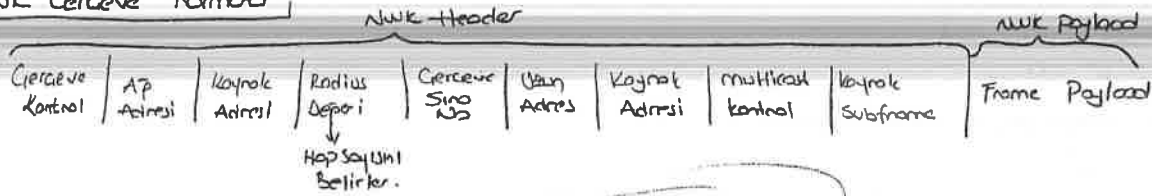
* Bir ZigBee Ağı Kurulurken önce tüm kanallara "Beacon Request" paketi gönderilir.
(mac - pan adresi - bu bittir Beacon Adresi)

T: ZigBee mac katmanı 2 tarafa yapar.

↓ Energy-Scan ↓ Active-Scan



NWK Çerçeve Formatı



Kontrol Çerçeve | Routing Fields | Data Payload

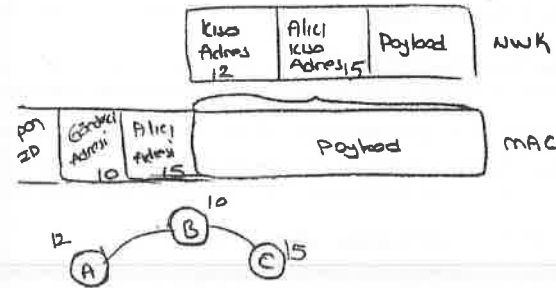
} Data Çerçevesi

Kontrol Çerçeve | Routing Field | NWK Command Identifier | NWK Command Payload

} Komut Çerçevesi

Adres Ataması → Uzun Adres → 64 bit
→ Kısa Adres → 16 bit

* Bir düğüm ilk olarak MAC adresiyle katılır ve sonra kendisine ağı adresi atanır. Sonrasında bu adresi kullanır.



⇒ AP Katmanında adres değişmez!

MAC Katmanındaki adres değişebilir.

A → B'ye G.A = 12 A.A = 10

B → C'ye G.A = 10 A.A = 15

} iletilir.

* MAC-Adresi → Destination Adres = 0x0000 = koordinatörden geliyor.
→ Source Adres = 0x0001 = pan koordinatörüne bir hop uzattığı cihaz.

* Adresleme → Cskip Method
Yapısı → Stochastic Method

AG KATMANI İLETİŞİM MEKANİZMASI

- Broadcast
- multicast
- Unicast

(11)

Broadcast

- Rota keşfi için gerekir.
- Bir ağı bağlanma veya terk etme için kullanılır.
- 802.15.4 ağılarında broadcast yapmak için hedef adres olarak kasa adresleme modunda; 0xffff adresi kullanılır. Bu da broadcast adres olarak bilinir.
↳ Broadcast pan-ID olarak bilinir.

Multicast

- Ağıdaki belirli aygıtların alınmasını sağlar.
- Gruplara ağıdır. 16 bitlik multicast adresi vardır.
- Bu grupların tutulduğu NWK Group ID Table vardır. (multicast Group ID'si)
- Multicast yayın ; grup üyesi tarafından yapılabilir.

Unicast

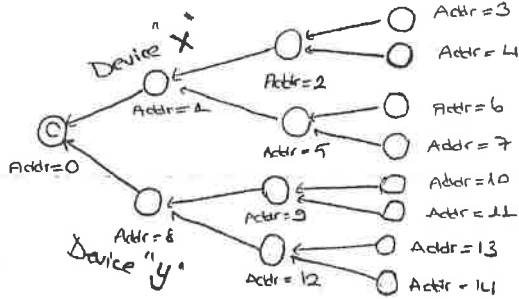
- A düğümden → B düğüme gönderilir.
- Ağıdaki tanımlı tek bir device tarafından alınması amaçlanır.
- En çok kullanılan yayın tipidir.

Çoktan Birle İletişim ⇒ Aynı ağıdaki tek bir aygıtın birden fazla aygıttan mesaj alma durumudur.
Mesajı olan düğüme sink node (toplayıcı) dir.
1 Hop uzaklıktaki = radius 1
2 " " = radius 2 ... dir.

DAĞITIK ADRESLEME

- * Zigbee Koordinatör her bir parent'a bir Network adresler alt bşbu sağlar. (Cskip)
- * Parent ise bu alt bşbölteki adresleri kendi çocuklarına atar.
- * Aşağıda bu adresler 16 bitlik Network Adresidir.
nwkmMaxDepth ⇒ Network'un derinlik sabiti
Lm ⇒ Device'in sahip olduğu max. derinlik
Cm ⇒ Parentin kabul edeceği max. children sayısı
Rm ⇒ parentin kabul edeceği router bşbölüklü cihaz sayısı
d (Depth) ⇒ Bir ağıdaki, device'in derinliği

: Lm=3 Cm=Rm=2 , Zigbee Koordinatör addr=0



#Cskip Method

$C_m = L_1$, $R_m = L_1$ max derinlik $L_m = 3$ olmaktadır.

 $d=0$ için

$$\text{Cskip}(0) = 1 + 4 - 4 - 4 \times 4^{3-0-1} / (1 \cdot 4) = \frac{-4}{4} = -1$$

$$\alpha = 1 \text{ rad}$$

$$C_{\text{skip}}(1) = 1 + 4 - 4 - 4 \times 4^{3-1-1} / (1-4) = \frac{-75}{-3} = 5$$

$d = 2$ için

$$\text{Skip}(2) = 1 + 4 - 4 - 4 \times 4^{3-2-1} / (1-4) = \frac{-3}{-3} = 1$$

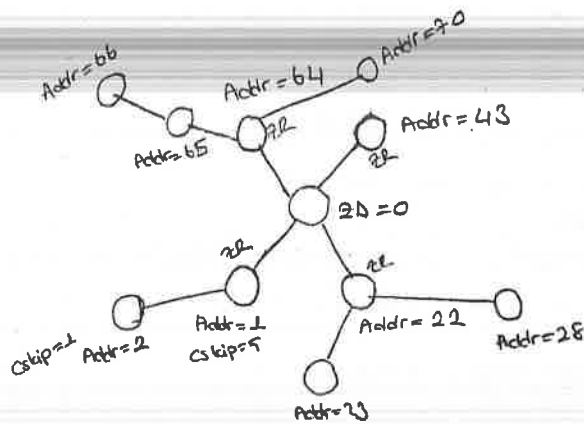
 $d=3$ için

$$C_{\text{skip}}(3) = 1 + 4 - 4 - 4 \times 4^{3-3-1} / (1-4) = 0$$

Her bir derinlik için cskip hesaplanır. Bu degerlere gittire adres otomatik olarak bulunur.

2C'nin ordesi 0'dır. Cskip(0)=21

$$C_{strip}(d) = \begin{cases} 1 + C_m \times (L_m - d - 1) & R_m = d \\ \frac{1 + C_m - R_m - C_m \times R_m^{L_m - d - 1}}{1 - R_m} & \end{cases}$$



```
Cskip(0) = 21 'cin';
```

- $$\begin{aligned} 1. \text{ parent address} &= 1 \\ 2. \text{ " " " } &= 1 + 21 = 22 \\ 3. \text{ " " " } &= 22 + 21 = 43 \\ 4. \text{ " " " } &= 43 + 21 = 64 \end{aligned}$$

$Cskip(1) = 5$ ist die Adresse, die

- $$\begin{aligned} 1. \text{ child number} &= 2 \\ 2. \text{ " " } &= 2 + 5 = 7 \\ 3. \text{ " " } &= 7 + 5 = 12 \\ 4. \text{ " " } &= 12 + 5 = 17 \end{aligned}$$

2 Adresi: Ap Derinligi 3 olan child dıppımerın (2ed)
adını öğrenesi;

$$A_n = A_{\text{parent}} + (\text{skip}(d_i) \cdot R_m + n)$$

$n=1$ node $\Rightarrow A_1 = 2 + \text{Cskip}(3) \cdot 1 + 1 = 3$
 $n=2$ " " " $\Rightarrow A_2 = 2 + \text{Cskip}(3) \cdot 1 + 2 = 4$
 $n=3$ " " " $\Rightarrow A_3 = 2 + \text{Cskip}(3) \cdot 1 + 3 = 5$
 $n=4$ " " " $\Rightarrow A_4 = 2 + \text{Cskip}(3) \cdot 1 + 4 = 6$

AP Derinliği 2 olan ZED adreslemesi

$$A_n = A_{parent} + C_{skip}(d) \cdot R_m + n$$

$n=1$ iain $A_1 = 7 + \text{cskip}(3) \cdot 4 + 1 = 7 + 1 \cdot 4 + 1 = 12$
 $n=2$ iain $A_1 = 7 + \text{cskip}(2) \cdot 4 + 2 = 7 + 1 \cdot 4 + 2 = 13$
 $n=3$ iain $A_2 = 7 + \text{cskip}(2) \cdot 4 + 3 = 7 + 1 \cdot 4 + 3 = 14$
 $n=4$ iain $A_3 = 7 + \text{cskip}(2) \cdot 4 + 4 = 7 + 1 \cdot 4 + 4 = 15$

A_P Derinliği 1 olan ZED Adreslemesi;

$$n=1 \quad \text{icin} \quad A_1 =$$

YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

(13)

1. Ağaç Yönlendirme → Verimlidir. En önemli prob → Bir ağ ağacının kapsamıdır. En fazla 5 hop olabilir.
2. Komşu Yönlendirme → Komşu düğüm ile düğümün haberleşir.
3. Ağaç Yönlendirme (mesh) → Verimli yönlendirme değildir. En fazla 30 hop olabilir. Yönlendirme Tablosu kullanılır.
4. Broadcast Yönlendirme → en basit yönlendirme değildir. Birden ağı yapılar. (ağ trafiki ne kadar olur.)

Tree Routing

Yönlendirme işlemleri router ile yapılır.

$A < D < \text{localAdres}(A) + \text{Cskip}(d-1)$ ise bu adres ilgili routerin ortasındaki adresdir.
↓
localAdres ↘ hedef adres

Broadcast Yönlendirme

- * Kendisine gelen mesajı daha daha tüm düğümlere yayar.
- * Sansuzla karte girilmez bu yüzden Radius değeri kullanılır.
- * Sıfır (Radius=0) olma karte yayın yapar.
- * BTT (Broadcast transmission table) tablosu vardır. (En fazla 9 giris değeri tutar.)
- * 2C ve 2R yayın yapar. Zedler yayını alır ama yaymaz.

Mesh Yönlendirme

ROTA KEŞFİ ⇒ Ağ katmanı tarafından primitive ile MAC katmanından rota iletir.

Rota keşfi 2 fazlıdır.

↓
SORGU (RREQ) CEVAP (RREP)

⇒ Route request broadcast yayındır.

⇒ Rota keşif tablosu oluşturulur. (Yönlendirme Tab. farklıdır. Yön. Tab. Kalıcıdır.)

⇒ mesh yönlendirme 2 sınıfta toplanır;

Proaktif Yönlendirme

- Ağ faaliyete girer girmez rota tab. güncellenir.
- Veri tablosu ile hızlı gönderilir.
- Ram için büyük olması gerekir.
- Çok fazla düğüm için uygun değil.

Reaktif Yönlendirme

- İsteğe bağlıdır.
- Düğüm isteye bağlı rota tab. güncellenir.
- Birkaç bin düğümü aşar için uygundur.
- Ram harcaması azdır.
- AODV algoritması kullanılır.

ZigBee Mesh Yönlendirmede "ROTA KEŞFİ" için AODV yöntemi kullanılır;

↳ max 30 hop limiti vardır.

↳ Tüm Routerlar eş düzeylidir.

↳ Rota dağılıktır ve her düğüm bir tabloya sahiptir.

↳ Rota bozulursa karte kullanılır.

↳ Rota bozulunca yeni rota keşfi yapılır.

Rota Kesfi (AODV Algoritması ile)

- * Kaynak düğüm, hedef düğümün tablosunda olup olmadığını bakar.
- * Eğer yoksa Rota Kesfi yapar.
- * Kaynak düğüm tüm hedeflere broadcast yayın yapar.

oto kesfi paket içeriği

Network Adresi	Sıra No	Hop Sayısı	Yakınlık En Uygun Düğümün Adresi	Zaman Aralığı
----------------	---------	------------	----------------------------------	---------------

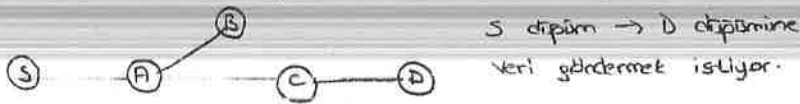
* Geçici olarak Rota Keski Tablosu oluşturulur. (Hedef düğüm bulunana kadar)

- * Rota istediği olan düğüm;
 ↳ Kaynak istediği hedef adres ise benim olur. (RREP.)
 ↳ Bilmezse o da RREQ rota istediği yapar.

* AODV her pakete yol maliyeti yollar. (1-7 arası 1 → en iyi 7 → en kötü)

* RREQ = Broadcast paket, RREP = Unicast pakettir.

SRN:



S → ilk olarak RREQ mesajı oluşturur ve broadcast yayın yapar.

A → S'den gelen tablosuna hedef düğüm → S kaydını yapar ve D düğümüne
 başka " → D

gidilerek rotayı bilip bilmediğine bakar. Bilinmiyorsa RREQ mesajı oluşturur.

C → C düğümü RREQ'i alır. S düğümü için geri yol kaydı yapar.

C düğümünde D için bir yol vardır. C düğümü D'ye bir RREP gönderir.

D'nin adresi = Sıra No = Hop Uzunluğu paket ve Unicast mesajını A'ya gönderir.

A → düğümünde S düğümüne RREP gönderir.

Hedef = C Sonraki = D Hop Uzunluğu = 2 Unicast mesajını S'ye gönderir.

S → düğümü A'dan RREP alır.

Hedef = D Sonraki düğüm = A hop uzunluğu = 3

NOT ⇒ RREP mesajı ; Hedef ve Kaynak adresi vardır.

Bir düğüm birden fazla RREP olabilir.

N: S ← E ← F ← J ← D ⇒ S'den D'ye hedef düğüm = D
 next düğüm = E
 hop uzunluğu = 4

Routerlar 3 tablo tutar Rota Keskinde,

⇒ Yönlendirme (Routing) Tablosu

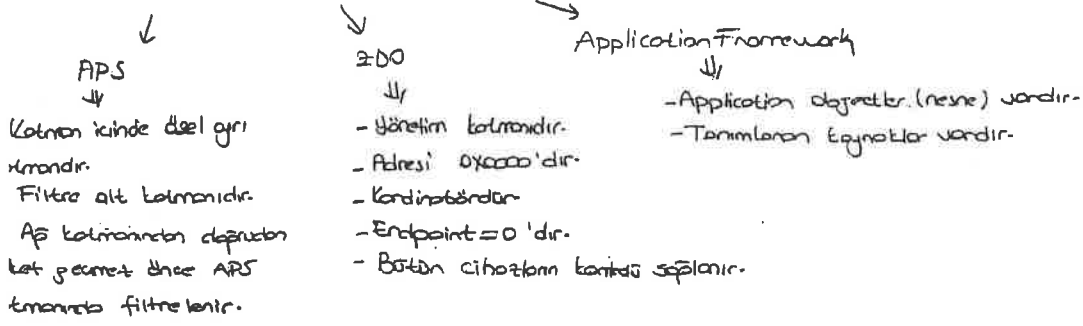
⇒ Rota Keski Tablosu

⇒ Komsuluk Tablosu

UYGULAMA KATMANI

(15)

3 kısımdan oluşur.



ZigBee 2 tip Binding (Bağlama) kullanır;

↓

Direct Binding ⇒ Bağlantı yapılarak bir Binding Tablosu oluşturulur.
Direkt bağlantılı bağlantı tablosu kendi içinde tutar.

→ Indirect Binding ⇒ Başka bir cihaz kullanılarak başka bir cihazla olan bağlantı.

Endpoint ⇒ Endpoint (8 bittir.) (1-254 arası)

255 → Reserve (Ayrılmış)

Binding (Bağlantı) ⇒ 1-1'e yapıldığından 1'ler -n'e bağlantı

255-254 → Reserve

1-254 → Endpoint

Profile ID ⇒ ID no belirleme

ZigBee Device Object (ZDO) ⇒ Koordinatör. 0x0000 adresi var.

Command ID (Komut gönderme) ⇒ Kendi içinde kümeleme yapabilir. (Cluster ID)

ZigBee Gateway ⇒ ZigBee'nin farklı protokollerde çalışabilmesidir.

→ ZigBee ile başka eşya arasında bağlantı sağlanır.

≈ 1/12 SEKANS ≈

≈ MİNE UÇAN ≈
≈ DUYARMA AĞLARI ≈

(16)

LM35 Sensörü (Sıcaklık Sensörü) - (Isık (LDR) Sensörü)

~ LM35 ve LDR analog sensörlerdir.

LM35 Sıcaklık Sensörü

* Analog sensördür.

- * Ortam sıcaklığı ile orantılı voltaj çıkışı üretir.
- * Ölçüm aralığı -40 ile $+110$ °C arasındadır.
- * Derece başına 9.9 mV ile 10.2 mV çıkışı verir. (Ortalama 10 mV/°C alınır.)
- * 95 derece hassasiyetle çalışır.
- * $4-30$ volt arası beslemeye çalışılabilir. (Genelde 5 V tercih edilir.)

Seri Haberleşme Aktif

Analog Değer Oku

mV karşılığını hesapla

mV değer / 10 = Sıcaklık

LDR Isık Sensörü

- * Isıkla direnci ters yönde değişen fotodirenklendir.
- * Cıktı hassas isık ölçümünde kullanılır.
 - Anahtarlama sistemi
 - Alarm Sistemi
 - Ambians Kontrol Sisteminde kullanılır.
- * Çıktı değeri analog beslemeden yapılır. Bu değer $0-1023$ arasında değişir.

HT - Sayısal Sıcaklık ve Nem Sensörü

- * Sayısal sensördür. Sıcaklık ve Nem ölçümünde kullanılır.
- * Kalibreli bir singl çıkışı verir.
- * İçinde 8 bitlik bir mikrokontrolör bulunur.
- * Nemi $\approx 1\%$ hassasiyetle, Sıcaklığı ± 0.5 °C hassasiyetle ölçer.
- * Besleme gerilimi 3.3 V ile 5.5 V arasındadır.
- * -40 ile $+80$ °C sıcaklık aralığında çalışır.

Veri Paketi;

16 bitlik Nem Verisi	16 bitlik Sıcaklık Verisi	8 bit Check-Sum
----------------------	---------------------------	-----------------

Check-sum işlemi

Gelen veri setinin bitleri 8 bitlik bloklar halinde alınıp bu blokların toplanması sonucu elde edilen sayısal değer ile veri setinden gelen check-sum değeri ile oluşur.

Toz Sensörü

- * Analog bir sensördür.
- * Ortamdaki çok küçük toz tanelerini tespit etmede ve
- * Hava kirliliğini ölçmede kullanılır.
- * 0.5 V'da 1 mg/lm³ ölçüm yapar.
- * Kızılötesi verici (IRED) ve fototransistör bulunur.
- * Yayılan kızılötesi ışının toz tanelerinden yansımaları ölçülerek çalışır.
- * Yeni yayılan kızılötesi ışınlar toz parçacıklarına çarpıp fototransistörü ilettime geçirir.
- * MAX Çekilen akım = 20 mA'dır.

ULTRASONIC SENSÖR

- * Analog sensördür.
- * Mesafe ölçümü yapılır.
- * Ultrasonic ses yayıcı ve ses algılayıcısı vardır.
- * 40 kHz frekansda ses yayılması sağlanır.
- * Ses herhangi bir cisme çarpıp geri döndüğünde, mesafeye bağlı sinyal alınır.
- * Bu sinyal süresi ile mesafe hesaplanır.

XBee Modeller

- * S1 Model ⇒ Fiziksel ve Mac katmanını görevi görür.
Sadece 1 hop uzaklığı iletim yapar.
- * S2 Model ⇒ NWK ve APP katmanları vardır. (PHY ve Mac'de vardır.)
Çok fazla hop uzaklığı için iletim yapar.

* 2 Çalışma modu vardır;

① AT Mode ② API Mode

AT Mode ⇒ XBee modülünde yerli moddur. Basit haberleşme işlemleri yapılır.

API Mode ⇒ XBee'nin bir MCU veya PC ile birlikte çalışma durumudur.

XCTU ⇒ XBee modül konfigürasyonunda

AP güncelleme ve test

API Frame'ler oluşturma için kullanılan yazılımdır.

Yardımcı Komponentler ⇒ Kartlardır.

Breakout Kart (Adapter)

⇒ Explorer kart (USB'ye bağlı bilgisayarla haberleşen kart tipidir.)

AT Komut	Açıklaması
ID	→ ilgili open pan Adresi
CH	→ Haberleşme Kanalı
DH	→ Hedef adresin High
DL	→ Hedef adresin Low
- RN	→ Exponent değeri
- NO	→ Düşüm keski açt-kapalı
CE	→ pan koordinatları (1), End Device (0)
A1	→ End Device'ların open kabul etmesi
A2	→ pan Koordinatların open nasıl davranacağını belirleme.
- NI	→ Düşüm Tanımlama
- PL	→ Düşüm TX gücünü ayarlama.
- CA	→ CCA için eşik değeri ayarlar (dBm cinsinden)
AP	→ API mod mu - AT mod mu belirleme

SM → Uyku modu ayarları → uyuma pasif.

RR → Tekrar gönderilme süresi

⊗ XCTU'da console log bölümüne;

"+++" girip OK cevabı alınır. Sonra AT komutu girilir.

(18)

Örneğin; pan ID öğrenme;

+++ OK AT+ID 4444	console
-------------------------	---------

Senaryo 1: Düşüm 0x3535 nolu pan ID olan 0013A20040C2402F hedef düğmeye veri gönderen koordinatör düğme oluşturun. Aynı zamanda TX power'ı 16 dbm olacak. Energy scan esik değeri = -60 dbm olacak. ve heriki uyuma ayar. olsun.

ID = 3535

DI = 0013A200

DL = 40C2402F

CE = 1 (koordinatör)

PL = 4 (en yüksek dbm)

SM = 0 (uyuma pozitif)

Senaryo 2: Düşüm enddevice olarak. 4 nolu I/O pinini 2sn aralıklarla okudupu veriyi trim pandeki düğmeye broadcast yapacak. AP içinde gönderici 1 olarak.

ID = 0xFFFF

CE = 0 (enddevice)

NI = (gönderici 1 (düşüm için tanımlanmıştır))

Senaryo 3: Düşüm enddevice olarak. 14 nolu kanaldan geçecek. 0x2526 nolu pan ID olacak. Backofexponenti 1 olarak. Tekrarlan gönderme süresi 3 olarak API modda olacak. 3 nolu I/O bacağı sinupl girili olacak.

ID = 2526

CH = E (kanal = 14 = E)

RA = 1 (back of exponenti)

RR = 3 (tekrarlanma)

AP = AP2 (API mod)

DI = 5 (I/O bacağı)

⊗ ZigBee Sinit Düşüm Tanımlama;

public okuyucu (1 throws Exception {

local x b = new ZigBeeDevice ("coma", 9600);

local x b.open (); → x b'yi açma.

✓ Sensörler 'de;



Kullandıkları-Sinyal Tipine Göre

Analog Sensör ⇒ Çıktıları bir analog sensördür.
ABC tarafından sayısallaştırılır.
(LM35-LB2-Ultrasonic)

Dijital Sensör ⇒ Doğrudan okunup çıkartıp
dijital değeri verir.
(DHT-Sıcaklık-Nem)



Devre Yapılarına Göre;

(19)

Aktif Sensör ⇒ Ölçme sırasında ölçmeyi gerçekleştirir.
recet sinyali kendisi üretir.
obektif. (ultrasonic) mesafe

Pasif sensör ⇒ Sadece olay gerçekleştiğinde
sinyal üretir.
(LM35 - Sıcaklık sen.)

JSon kullanım formatı ve veri soketleme Formatı

```
{  
  "veri1": [  
    {  
      "dupum": "0013A20040AE9B23", "ag": "FIRATWSU", "sensorler": "SC-Nm-02", "22-33-415"  
    }  
  ]  
}
```


NOON Algoritması ile

Rota kısıf potat içeriği;

Network Adresi	Sıra No	Kayıp Sayısı	En uygun Dışarı Adresi	Zaman Aralığı
----------------	---------	--------------	------------------------	---------------

Router bir 3 tabanlı tablo.

- Yönlendirme Tablosu
- Rota kısıf Tablosu
- Komutluk Tablosu

LM35 Sıcaklık

Analog Sensör

- $4.0 - 110^{\circ}\text{C}$ ölçer.
- Hassasiyet 0.5°C 'dir.

5 V en iyi çalışma alanıdır.

Ortun sıcak ile orantılı voltaj verir.

LM35 Sıcaklık

- Sıcaklık değeri her 100 mV'de değişir.
- 0-1023 arasında değişir. (Analog Değer)
- Analog sensördür.
- Çok hassas bir ölçer. Kullanılır.

DHT11 (Sıcaklık - Nem)

- Dijital sensördür.
- Sinyal çıkışı verir.
- 8 bitlik mikrokontrolör bulur.
- Nemli %20 hassasiyetle sıcaklığı 0.5°C hassasiyetle
- 3.3 V - 5.5 V besleme gerektirir.

Checksum = Veriler 8 bit 8 bit bloklar halinde gönderilir. Her blokta 16 bitlik checksum değeri oluşur.

Toz Sensörü

- Analog sensördür.
- Ort. toz konsantrasyonu ve toz miktarını ölçer.
- Kirlilik ve sensörün toz miktarını ölçer.
- Kirlilik 15.000 toz konsantrasyonu gösterir.

Ultrasonik

- Mesafe ölçer sensördür.
- Ses yayını ve yansımasıyla çalışır.
- Ses bir cisimle çarpıp döndüğünde sinyal verir.
- Bu işlemi sürekli olarak yapar.
- Analog sensördür.

Xbee Modüller

S1 Modül → Fiziksel ve MAC katmanları.

S2 Modül → Tüm katmanlarıdır.

2 çalışma modusu var.

↓
API modu AT modu

→ Xbee bir mikrokontrolör ile birlikte çalışır.

AT → Xbee modülü bir yazılım modüdür. Komut kodlarına göre.

JD → pan adresi id

CH → kanal

DH → Destination adresi H-L

DL → pan adresi

RN → pan adresi

NO → Dışarı Kısıfı

CE → pan Coordinator - Endüstri

A1 → endüstriye göre çalışma şekli

A2 → Koordinasyon yapılarıdır.

NJ → Dışarı Tanımlama

PL → Tx güçü

CA → Esit değeri

AP → API modu AT modu

SM → Uçlu modu ayar

RR → Teknolojiye göre

Xbee S1 Dışarı Tanımlama;

```
public class Xbee {
    throws Exception {
        localXB = new ZigBeeDevice ("com", 1000);
        localXB.open();
    }
}
```

Sensörler

Kullanılan sinyal tipi

→ Analog: Çıkışı analogdur. ADC tarafından sayısalıdır.

→ Dijital: Dışarıdan alınan dijital değer sayıdır.

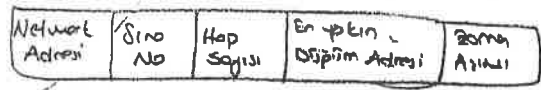
Devre yapısına göre

Aktif → Çalışma sırasında sürekli olarak sinyal üretir.

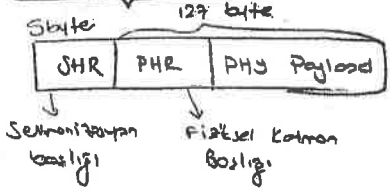
Pasif → Sadece olay gerçekleştiğinde sinyal üretir.

Sensör → Ölçme → Kuantalama → Sayısalıdır (10 bit)

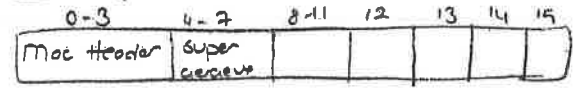
Roto kesif paket/icerigi



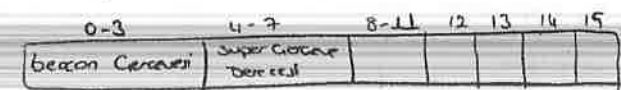
PHY Paket Formati



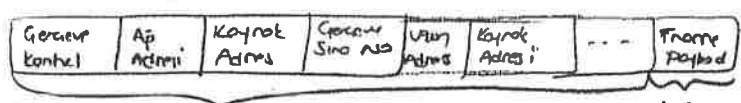
Beacon Cercevesi (MAC paketi)



Super Cerceve



NWK Cerceve Formati

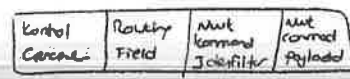


NWK Header

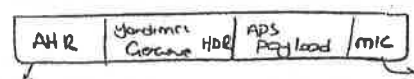
NWK payload

↓
Data Cercevesi

↓
Kontrol Cercevesi

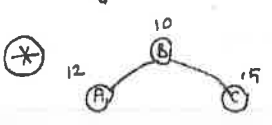


Uygulama Cerceve Formati

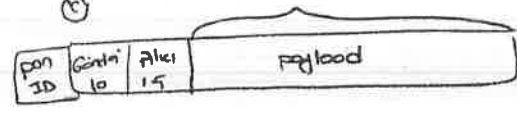


Uygulama Basligi

mesaj birlirlik bade



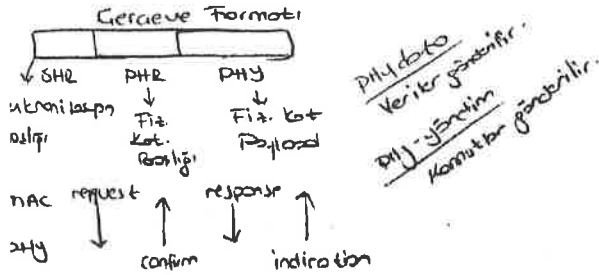
NWK



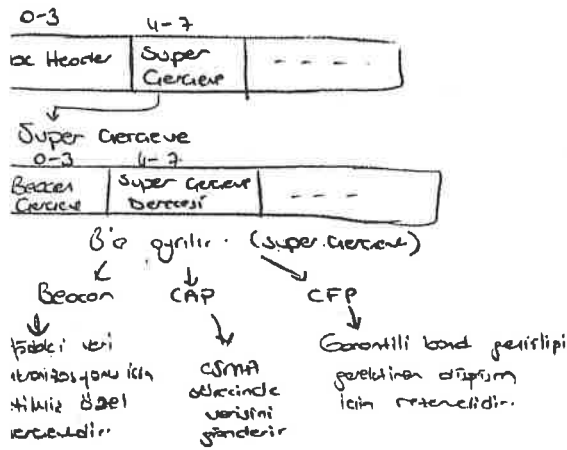
* AP Katmaninda adres degismez mac Katmaninda degisir.

Fiziksel Katman Özellikleri

- Sensör Verisi → Dijital veriye çevirme (kaynak kodlama)
- Kaynak kodlama verisi güvenli iletimi (kanal kodlama)
- Modülasyon ve Demodülasyon yapma
- Sınırlı bant genişliği (2-4 GHz)
- Sınırlı Mesafe
- Veri Alma - Gönderme
- Kanal frekansı seçme (kanal seçme)
- CSMA/CA için kanal boş olup olmadığını kontrol etme
- MAC katmanı emrecek, Fiz. Kat. ise koordinatı boş olup olmadığını kontrol etme



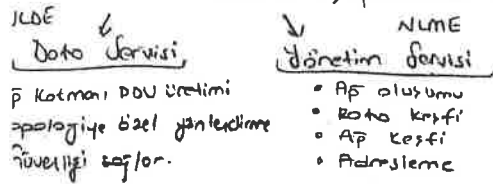
Beacon Çerçeve Yapısı



- MAC-DATA- Çerçevesi ⇒ NWE verilerini taşır.
- MAC-Komut- Çerçevesi ⇒ Komutları taşır.
- MAC-Onay- " ⇒ Hiçbir bilgi taşımaz.

FA Katmanı Özellikleri

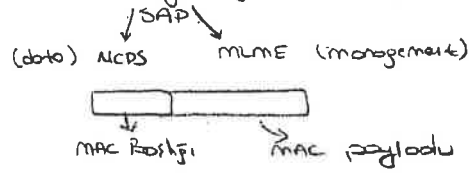
- Yeni Bir Ağort yapılandırma
- Yeni bir ağ başlatma
- Bir ağ katılma ve ayrılma
- Çerçeveleri yönetme
- Ağortlar arası yol keşfi ve kurma
- Hop uzaklıktaki komşu keşfi
- Komşu bilgileri saklama
- Ağ katılma adreslerini, ağ cihazına oturma.



MAC Katmanı Özellikleri

(1)

- * Beacon çerçevesi iletir.
- * Beacon çerçeveleri senkronize edilir.
- * Pan'a girilme - çıkılma olur.
- * Kanal erişimi sağlar.
- * Cihaz güvenliği destekler.



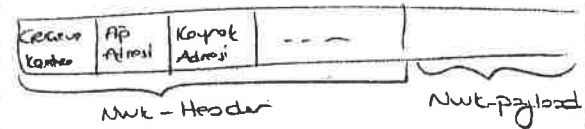
- 4 tane MAC çerçevesi vardır;
- Beacon Frame
- Data Frame
- Onay Frame
- Komut Frame

Beacon → pan belirler ve süper çerçeve yapısını belirler.

Süper çerçeve → ap koordinatları tarafından gönderilir ve yapının kullanılması seçilir.
(iki beacon arasında iletir.)

- Bir koordinatlar tarafından tanımlanır
- 16 tane eşit zaman aralığına eklenmesiyle oluşur.
- Her bir beacon çerçeve süper çerçevenin ilk slotunda gönderilir.

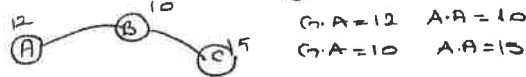
NWE Çerçeve Formatı



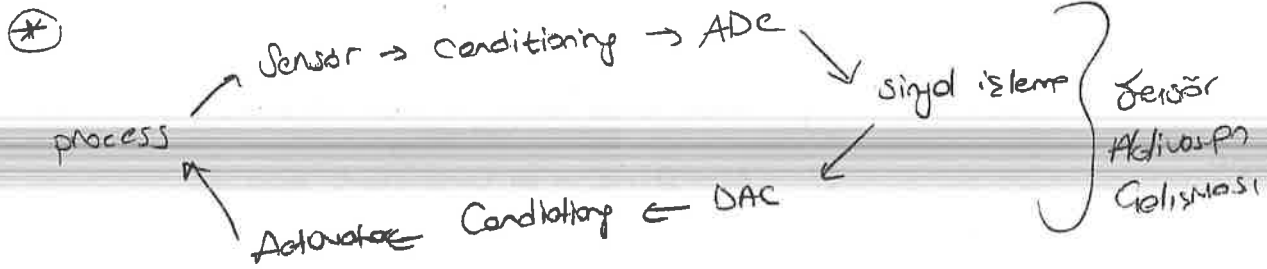
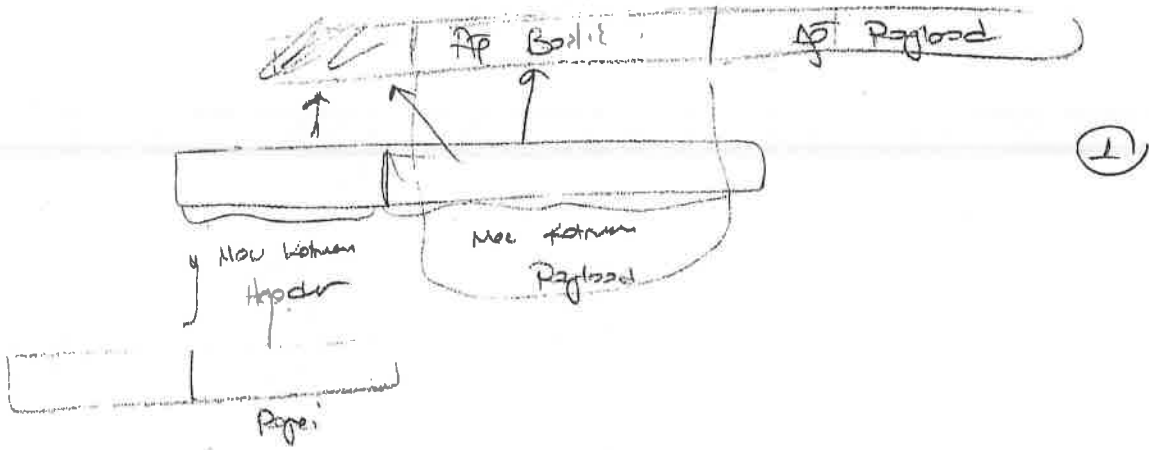
- Adres Ataması → Kısa Adres (16 bit)
- Uzun Adres (64 bit)

NOT → Bir düğüm önce mac adresiyle bağlanır sonra kendisine ağ adresi atanır ve ağa bağlanır.

FA Katmanında Adres Değişmez.
Mac Katmanında Değişir.



- Adresleme
- Çoklu Adresleme
- Stochastic Method



Zigbee → IEEE 802.15.4 standardının Mac ve fiziksel katmanı üzerinde
 of ve uygulama katmanı servislerinin işletilmesidir.

