

# سخنرانی: 12 شبکه CPS

سید حسین عطارزاده نیاکی

بر اساس اسلایدهای ادوارد لی

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

1

بررسی کنید

• واحدهای پردازش

- مصرف انرژی/انرژی

• اجرای موازی

• DPM

• DVFS

- پردازنده های خاص برنامه (DS، GPU، ...)

- قابلیت بلادرنگ - پردازنده های چند هسته ای

- MPSoCs

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

2

## طرح کلی

- لایه های شبکه در سیستم های تعبیه شده
- شبکه های سیمی و بی سیم

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

3

## سوپ الفبا

AVB • BLE • CAN

• 802.11 •

• 802.1(AS)

• 802.15.4

• 6LoWPAN

• 1588

• CoAP

• CSMA/CA

• HTTP

• HART

• GSM

• اینترنت اشیا

• PAN

• MAC

• LTE

• IPv6

• PTP

• QoS

• TSMP

• TDMA

• REST

• TSN

• WAN • WLAN

• TTEthernet • TTP

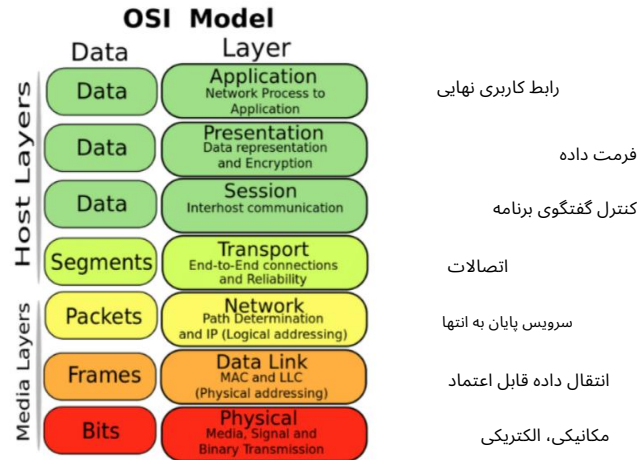
•

• WPAN

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

4

## لایه های ارتباطی



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

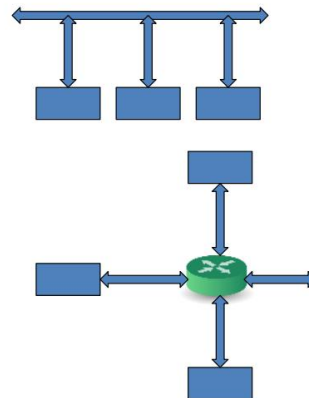
5

## فناوری های لایه فیزیکی

مشخص می کند • ویژگی های الکتریکی • نحوه نگاشت سیگنال ها • داده ها • توپولوژی شبکه

- اتوبوس ها • رسانه فیزیکی مشترک • پروتکل MAC غالب است

- شبکه های ستاره
- رسانه خصوصی • پروتکل MAC اهمیت کمتری دارد • پروتکل های مسیریابی اهمیت پیدا می کنند
- بافرها در روترها



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

6

## MAC: کنترل دسترسی رسانه CA CSMA/در مقابل زمان شکاف

دسترسی چندگانه / Carrier Sense جلوگیری از برخورد • به کانال بیکار گوش دهید

اساس  
اترنت و وای  
فای

• ارسال کنید

• منتظر ack باشید، در صورت عدم تایید پس از مدتی باز ارسال کنید

اساس TTA،  
TTethernet،  
FlexRay/  
دسترسی چندگانه تقسیم زمانی • (TDMA) منتظر نوبت خود باشید • وقتی نوبت شما  
رسید ارسال کنید • طرح های مختلف را برای بازیابی اسلات های استفاده نشده اضافه  
کنید

• ممکن است اسلات برای CSMA/CA اضافه کنید

دسترسی چندگانه تقسیم فرکانس • (FDMA) پروتکل از چندین "کانال" پشتیبانی می کند که هر کدام در فرکانس متفاوتی  
هستند. ارسال در یک کانال خاص برای عدم تضاد با دیگران

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

7

## لایه شبکه

• دستگاه ها چگونه نام گذاری می شوند (آدرس)؟ • پیام ها چگونه  
مسیریابی می شوند؟

• مسائل مربوط به مسیریابی

-بافر کردن  
• سرریز بافر می تواند باعث افت بسته شود.

قابلیت اطمینان

-جدول مسیریابی • روتر باید بسته را به کدام پورت ارسال کند؟

امنیت

-اولویت ها  
• کدام بسته برای اولین بار در صف قرار می گیرد؟

QoS

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

8

## شبکه های سیمی

• اترنت: CAN • (CSMA / CD) شبکه ناحیه کنترل کننده (بوش، TTP: • 1983)  
 پروتکل فعال با زمان (تکنولوژی وین). • TSN (شبکه های حساس به زمان)

□ کنترل بر زمان بندی، پهنای باند تضمین شده، افزودگی و تحمل خطا، همگی مسائلی هستند که در سیستم های تعبیه شده بزرگ به نظر می آرسند.  
 □ شبکه های اترنت در حال به دست آوردن همگام سازی ساعت با وضوح بالا هستند که می تواند آنها را مناسب تر کند.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

9

## شبکه های سیمی

برای همه چیز به اندازه کافی خوب نیست:

- UART

- آهسته معمولاً اتوبوس مشترک وجود ندارد.

- I<sup>2</sup>C

- آهسته ارتباط با شروع استاد. کوتاه

فاصله

- SPI

- ارتباط توسط استاد. پین های زیادی.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

10

## شبکه های دارای شکاف زمانی:

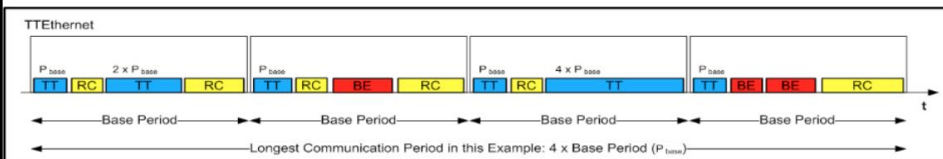
مثال: TT Ethernet (بازار شده توسط TT Tech)

سه نوع ترافیک را از طریق اینترنت ترکیب می کند:

• TT: زمان فعال شده است

• RC: نرخ محدود شده است

• BE: بهترین تلاش



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

11

## TSN: شبکه های حساس به زمان

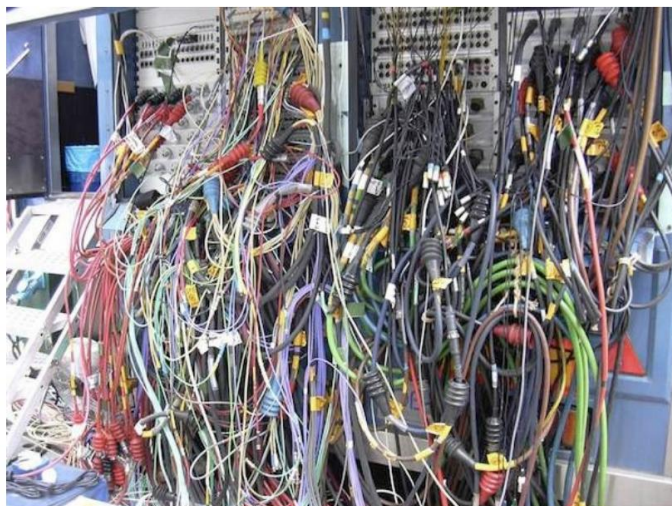
قبل از سال 2012،  
نام. Video Bridging  
AVB: Audio-

برای حل این مشکل  
توسعه یافته است:

وانت پخش.

عکس توسط گائیل میس، دارای مجوز  
با ذکر منبع مشترکات خلاق

3.0

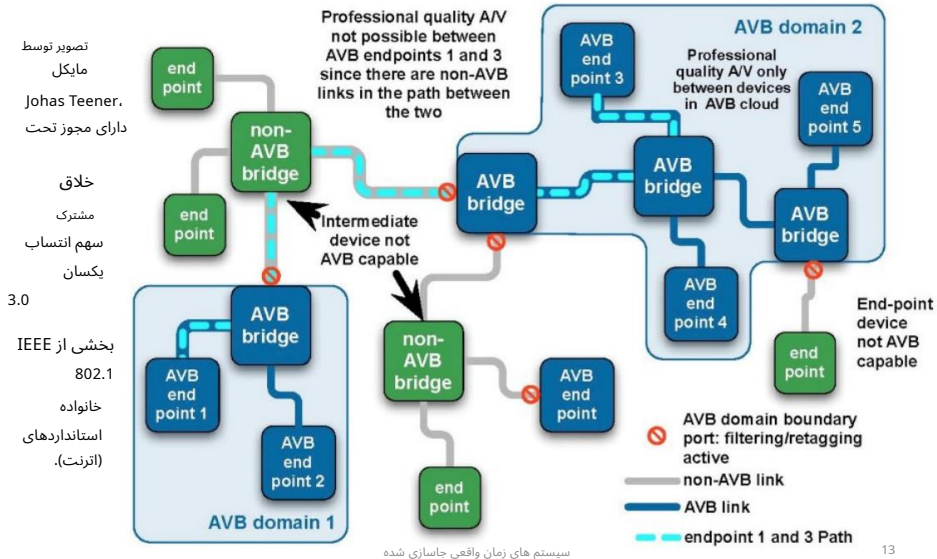


سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

12

## TSN: پل صوتی تصویری (AVB)

(مسیریابی مبتنی بر اولویت از طریق اینترنت با رزرو)



## کاربرد TSN

Meyer Sound CAL  
(بلندگوی آرایه ستونی)، با استفاده از  
IEEE 1588 از طریق اینترنت



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

14

## فعال کننده: پروتکل های زمان دقیق (PTP) (IEEE 1588 و 802.1AS در اترنت)

بیانیه مطبوعاتی 11 اکتبر 2007



**NEWS RELEASE**

For More Information Contact

**Media Contact**  
Naomi Mitchell  
National Semiconductor  
(408) 721-2142  
naomi.mitchell@nsc.com

**Reader Information**  
Design Support Group  
(800) 272-9959  
www.national.com

**Industry's First Ethernet Transceiver with IEEE 1588 PTP Hardware Support from National Semiconductor Delivers Outstanding Clock Accuracy**

Using DP83640, Designers May Choose Any Microcontroller, FPGA or ASIC to Achieve 8- Nanosecond Precision with Maximum System Flexibility



ارائه پشتیبانی سخت افزاری برای PTP ها برای رابط های فیزیکی شبکه (PHY) روال عادی شده است.

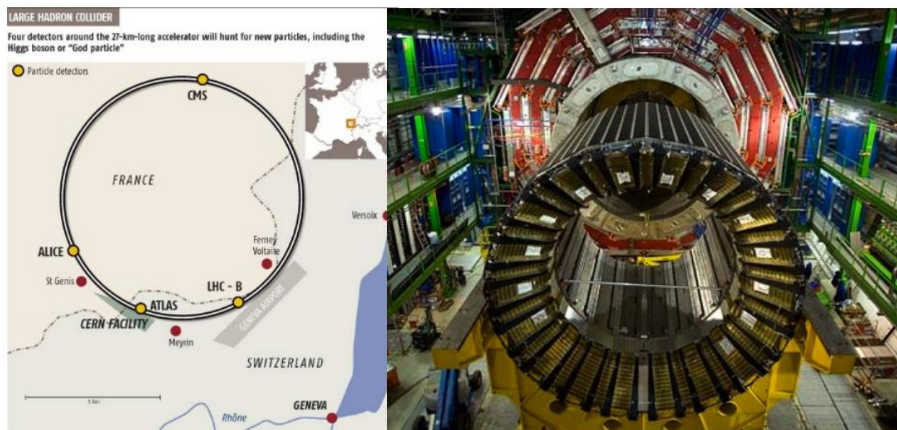
با این نسل اول، PHY ساعت های یک شبکه LAN بر روی زمان فعلی روز تا 8 ثانیه توافق می کنند، بسیار دقیق تر از تکنیک های قدیمی تر GPS مانند NTP.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

15

## یک مثال افراطی: برخورد دهنده بزرگ هادرون

پروژه White Rabbit در CERN ساعت های رایانه ها را با فاصله 10 کیلومتری با حدود 80 psec با استفاده از ترکیبی از IEEE 1588 PTP و GPS همزمان اترنت همگام سازی می کند.



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده



## نحوه عملکرد همگام سازی PTP

### Precision Time Protocols

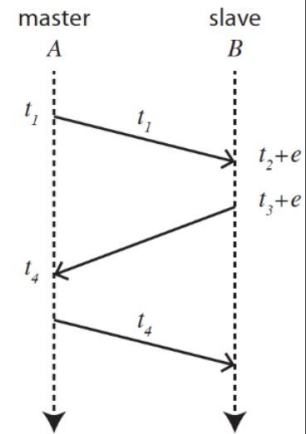
Round-trip delay:

$$r = (t_4 - t_1) - ((t_3 + e) - (t_2 + e)).$$

where  $e$  is the clock error in the slave. Estimate of the clock error is

$$\tilde{e} = (t_2 + e) - t_1 - r/2.$$

If communication latency is exactly symmetric, then  $\tilde{e} = e$ , the exact clock error.  $B$  calculates  $\tilde{e}$  and adjusts its local clock.



IEEE 1588,  
IEEE 802.1AS

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

17

## اتوبوس CAN

• اولین بار در سال 1991 استفاده شد.

- باس سریال، 1 مگابیت بر ثانیه تا 40 متر.
- اتوبوس سنکرون. • منطق 0 بر منطق 1 در CSMA/AMP: داوری با •

-داوری در اولویت پیام. • چارچوب داده

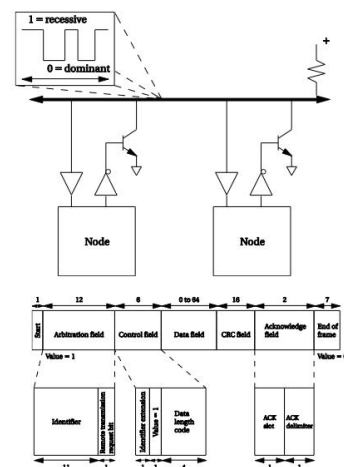
-آدرس مقصد ابیتی

-بیت RTR خواندن/نوشتن از/به را تعیین می کند

مقصد

-هر گره ای می تواند خطای اتوبوس را تشخیص دهد،

قطع بسته برای ارسال مجدد



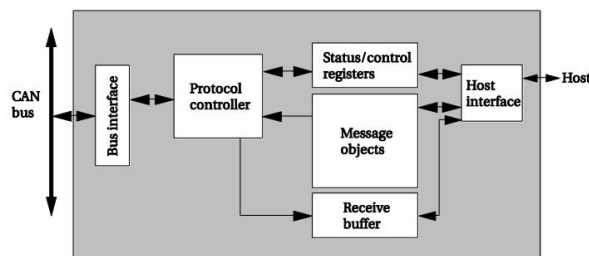
سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

18

## کنترلر CAN

• کنترلر پیوند فیزیکی و داده ای را پیاده سازی می کند  
لایه ها

• بدون نیاز به لایه شبکه --- گذرگاه اتصالات سرتاسری را فراهم می کند.



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

19

## بی سیم

• شبکه های شخصی (PAN)

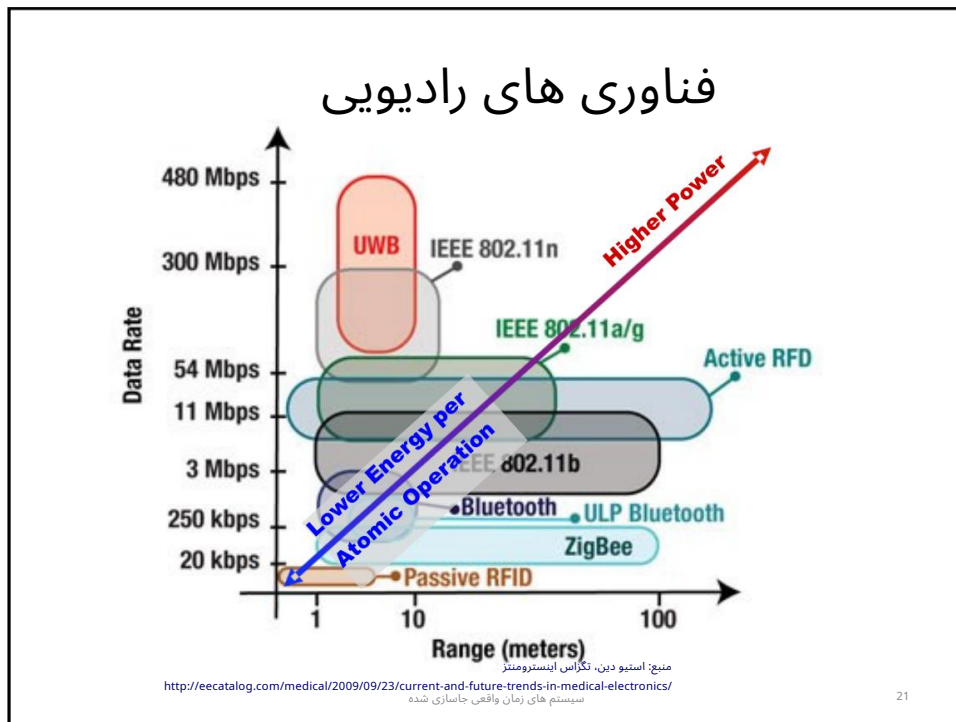
• بلوتوث، BLE

• شبکه های محلی: Zigbee، WiFi (IEEE 802.11.\*)، LAN و همکاران.  
(IEEE 802.15.4\*)

• شبکه های گسترده: GSM، WAN (برای صدا، برخی داده ها)، LTE و 5G  
(برای صدا، تصویر) LTE-M، Lora، Sigfox، IoT، ماشین به ماشین، M2M.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

20



21

## RFID

• تگ RFID می تواند شناسه شی (کد الکترونیکی محصول و غیره)، اطلاعات دیگر را ارائه دهد.

• بسیاری از برچسب ها فقط خواندنی هستند، برخی قابل نوشتن هستند.

• دو نوع تگ

- غیرفعال فقط زمانی که درخواستی را دریافت می کند، ارسال می کند.

- تگ فعال هم به طور مستقل ارسال می کند و هم به درخواست ها پاسخ می دهد.

• Passive همچنین ممکن است برای ارجاع به برچسب هایی که منبع تغذیه داخلی ندارند استفاده شود.

• برچسب های RFID ممکن است در چندین باند مختلف و در محدوده های مختلف عمل کنند.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

22

## مجموعه رو به رشد دستگاه های هوشمند و متصل



IEEE 802.15.4 • (با نام مستعار "ZigBee" پشته)

- فناوری رادیویی آسب کار برای شبکه های حسگر
- به طور گسترده برای پروتکل های مش کم مصرف پذیرفته شده است
- میانی (6LoWPAN, RPL) و بالایی (لایه های CoAP)
- می تواند برای سال ها با یک جفت باتری AA دوام بیاورد - انتظار می رود
- فروش 850 میلیون چیپست در سال 2016



• بلوتوث کم مصرف (BLE)

- فناوری RF برد کوتاه
- روی گوشی ها و وسایل جانبی
- می تواند سال ها روی سلول های سکه ای بیاید - فروش 3 میلیارد چیپست در سال 2014



• ارتباطات میدان نزدیک (NFC)

- تکنولوژی یک پراکندگی نامتقارن
- خواننده های کوچک (موبایل) در گوشی های هوشمند
- خواننده های بزرگ (ایستاد) در زیرساخت
- در حال حاضر پراکندگی پس زمینه در حال ظهور است



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

23

## IEEE 802.15.4

استاندارد لایه فیزیکی و MAC برای شبکه های شخصی بی سیم با نرخ پایین • (WPAN) برای دستگاه های دارای محدودیت انرژی.

منبایی را برای موارد زیر فراهم می کند: Zigbee • شبکه مش و رمزگذاری را اضافه می کند

WirelessHART • کنترل از راه دور آدرس پذیر بزرگراه

پروتکل مبدل، TSMP • (HART) پروتکل مش سنکرون شده زمان،

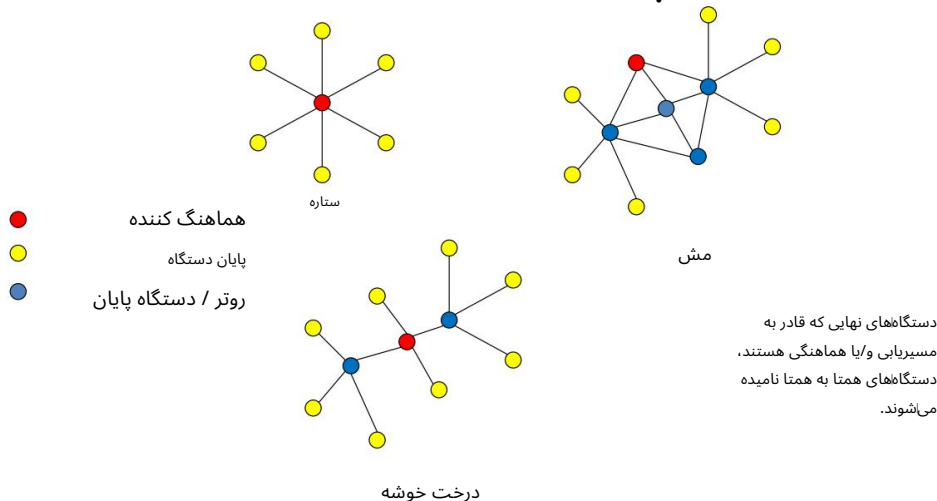
توسعه یافته توسط 6LoWPAN: IPv6 • Dust Networks. روی

کم مصرف WPAN

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

24

## توپولوژی های شبکه

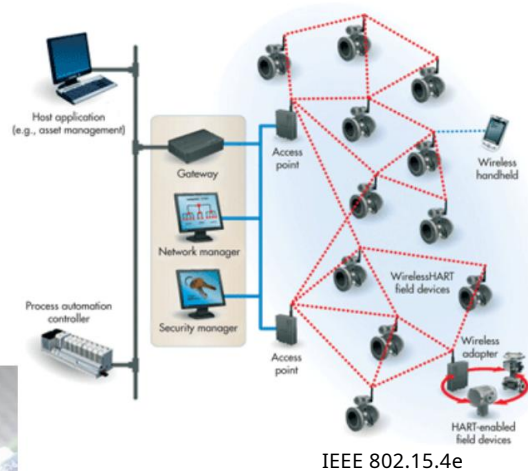


سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

25

## بهره وری انرژی

HART بی-سیم از پروتکل مش همزمان شده با زمان (TSMP) در (MoC) on-Chip استفاده از شرکت Dust Networks استفاده میکند.

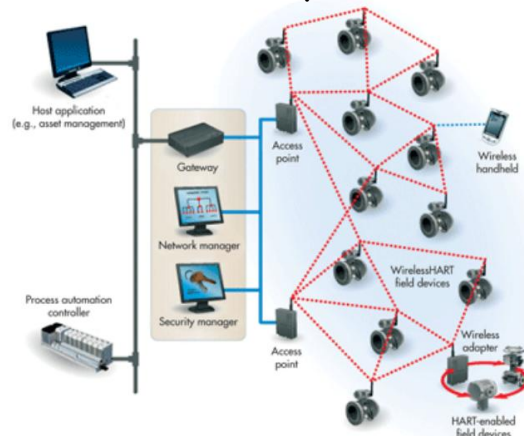


سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

26

## مسیریابی به دستگاه های دارای محدودیت انرژی: CoAP پروتکل برنامه محدود

دسترسی به دستگاه های شبکه  
ای کم مصرف و مش از طریق یک  
دروازه برای حضور اینترنت (IPv6)



Gateway آدرس های 128 بیتی IPv6  
(در مقابل 32 بیتی در IPv4) را به آدرس  
های منحصر به فرد محلی 16 بیتی ترجمه  
می کند .

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

27

## بلوتوث



• توسعه یافته توسط اریکسون، لوند، سوئد، در سال 1994، به  
اتصالات سیمی پورت سریال را در فواصل کوتاه جایگزین کنید.  
• استاندارد شده به عنوان IEEE 802.15.1

• در باندهای رادیویی صنعتی، علمی و پزشکی (ISM) بدون مجوز، 2.4 تا 2.485 گیگاهرتز،  
مانند WiFi، کار می کند.

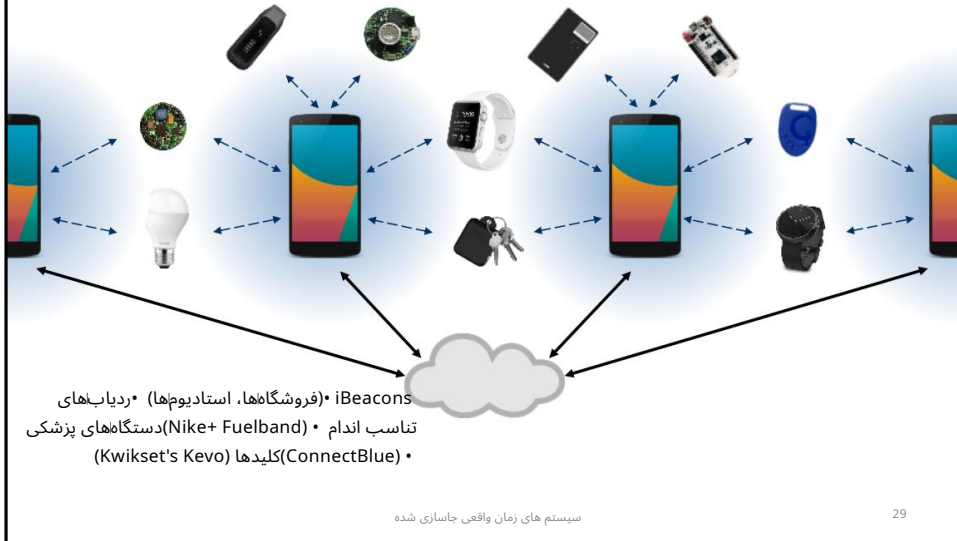
• بلوتوث نسخه 4.0 شامل بلوتوث کم مصرف (BLE) (معروف به بلوتوث است  
بلوتوث هوشمند، توسط نوکیا در سال 2006 معرفی شد. طراحی شده برای دستگاه های  
کم هزینه و کم انرژی.

• یکی از کاربردهای BLE، حس نزدیکی است، مانند اپل  
iBeacon فناوری

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

28

## گوشی‌های هوشمند با ، BLE اینترنت اشیا مصرف‌کننده را آغاز کرده‌اند

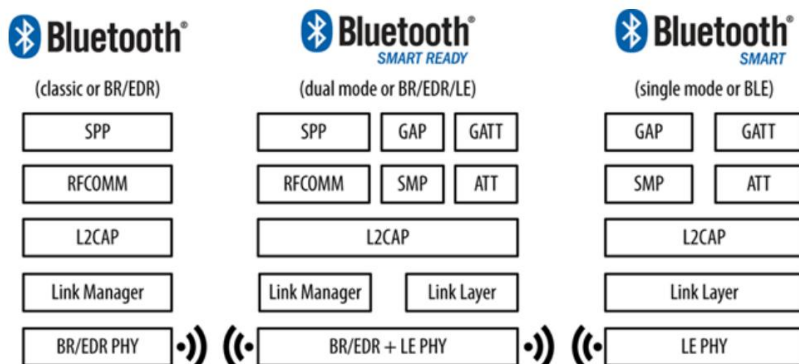


29

## مقدمه ای بر BLE

بلوتوث کلاسیک در مقابل BLE

• بلوتوث در اصل برای پخش مداوم داده‌ها ایجاد شد • بلوتوث کلاسیک برای مقادیر بیشتر داده است • مستقیماً با یکدیگر سازگار نیستند، فقط دستگاه‌های حالت دوگانه می‌توانند از هر دو استفاده کنند.



سیستم‌های زمان واقعی جاسازی شده

30

## وای فای



WLAN: شبکه محلی بی‌سیم (20~ متر)

• توسعه یافته در دهه (AT&T) 1990 به علاوه دیگران)  
• نقاط دسترسی دروازه‌هایی را به شبکه‌های سیمی ارائه می‌دهند

• در باندهای بدون مجوز 2.4 و 5 گیگاهرتز کار می‌کند

• به آنتن‌های بزرگتر و انرژی بیشتری نسبت به شبکه‌های بلوتوث یا 802.15 نیاز دارد.

سیستم‌های زمان واقعی جاسازی شده

31

## پردازنده مثال ESP 8266

### ESP8266

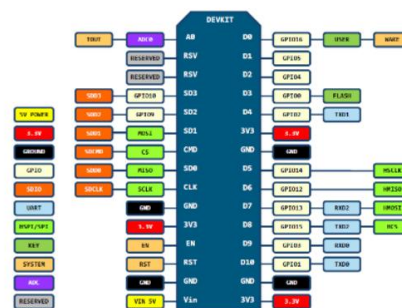
- سی پی یو
- 32 بیت
- 26 مگاهرتز - 52 مگاهرتز
- رم دستورالعمل 64 کیلوبایت، رم بوت 64 کیلوبایت
- رم داده 96 کیلوبایت
- وای فای
- 802.11b/g/n
- نقطه دسترسی یا ایستگاه
- - IEEE
- GPIO, UART, ADC, I2C, SPI, PWM
- ساخته Expressif



### NodeMCU

- آردوینو IDE
- پشتیبانی از کتابخانه

#### PIN DEFINITION

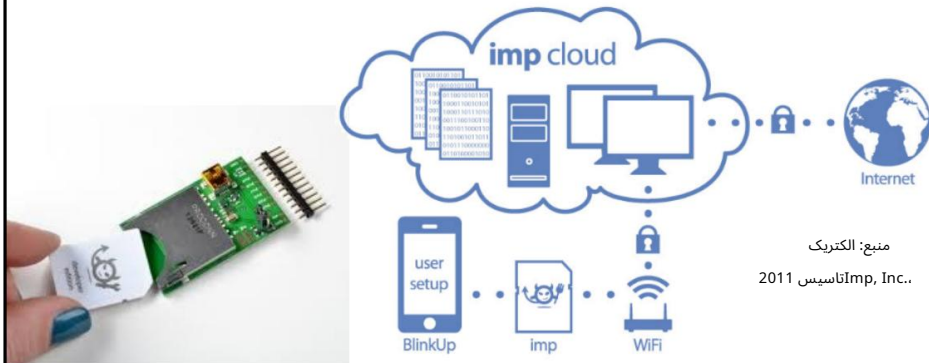


سیستم‌های زمان واقعی جاسازی شده

32



## نمونه ای از فناوری اینترنت اشیا با استفاده از WiFi: صادرات برق



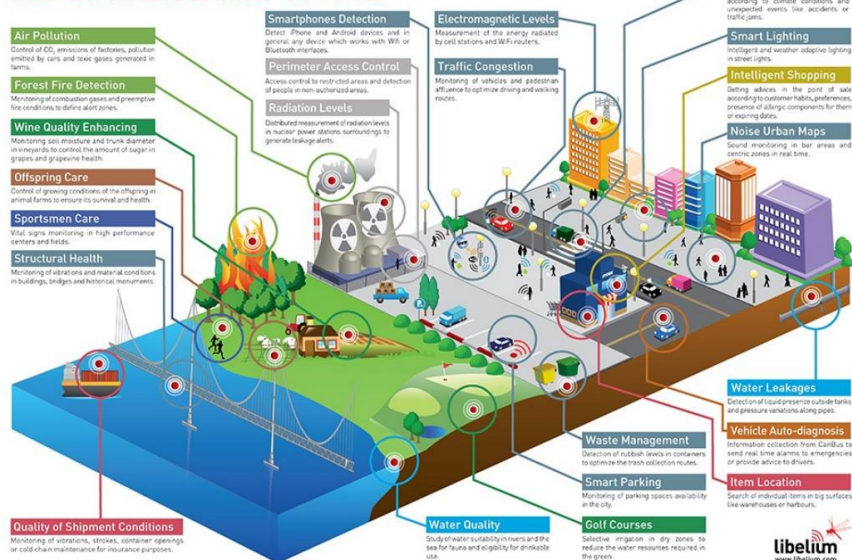
داده‌های حسگر را از CDAهای داخلی در فضای ابری منتشر می‌کند و سپس یک رابط RESTful برای داده‌ها فراهم می‌کند.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

33

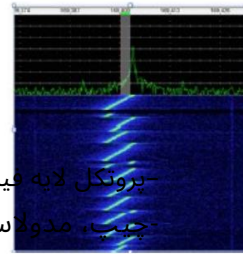
اینترنت اشیا به سمت برنامه های کاربردی در مقیاس شهر پیش می رود

## Libelium Smart World



# LoRaWAN

## • LoRa



- پروتکل لایه فیزیکی  
- چپ، مدولاسیون طیف گسترده

- باندهای فرکانس RF زیر گیگاهرتز مانند ۹۱۵، ۸۶۸، ۴۳۳، ۴۹۰ مگاهرتز.

## • LoRaWAN

- پروتکل لایه پیوند داده

- زمان انتقال و دریافت داده را مشخص می کند

LoRa

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

35

# LoRaWAN

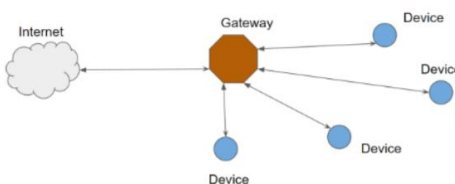
معماری شبکه

• تمام ارتباطات دو یا است

از یک دروازه

- مشابه رابطه master/slave در BLE

- دستگاه ها مستقیماً با یکدیگر ارتباط برقرار نمی کنند



نرخ داده و فاصله

• LoRaWAN معامله می کند

فاصله و سرعت داده

Name	Data Rate (bits/second)	Theoretical Range (kilometers)
Data Rate 0		25
Data Rate 1	980	21
Data Rate 2	1760	13
Data Rate 3	3125	12
Data Rate 4	5470	9
	12500	

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

36

## مجموعه در حال ظهور رابط های ارتباطی پروگزیما

### • اولترا موبیک

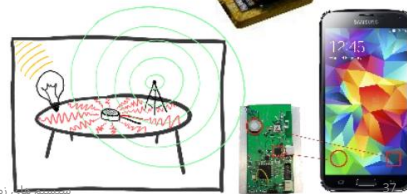
- کوچک، کم مصرف، کوتاه برد
- پشتیبانی از بیدار شدن بسیار کم مصرف
- می تواند از محدوده دوتایی گره ها پشتیبانی کند

### • نور مرئی

- توسط LED ها و دوربین های فراگیر فعال می شود
- از محلی سازی و ارتباطات داخلی پشتیبانی می کند
- آسان برای تغییر روشنایی LED موجود

### • لرزش

- شتاب سنج های فراگیر
- موتورهای ارتعاشی فراگیر
- زمینه بوت استرپ ناحیه دسکتاپ



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

## نمونه ای از پروتکل اینترنت اشیا: MQTT

- پروتکل اتصال ماشین به ماشین (M2M)/"اینترنت اشیا" • ردپای کد کوچک • الگوی تبادل پیام انتشار/اشتراک • در بالای TCP/IP کار می کند • کتابخانه های کلاینت برای Android، Arduino، C، C++، C#، جاوا، جاوا اسکریپت، دات نت • ماندگاری: MQTT از پیام های دائمی پشتیبانی می کند

در کارگزار ذخیره می شود

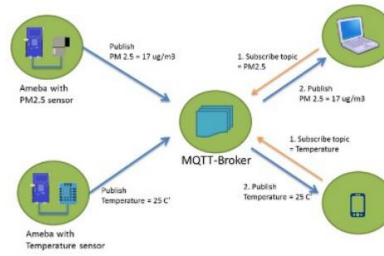
- کاربردها: اتوماسیون خانگی، بهداشت و درمان، صنعتی
- اتوماسیون، خودرو و غیره

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

38

## طرح انتشار/اشتراک MQTT

• چندین مشتری به یک کارگزار متصل می شوند و در موضوعات مورد علاقه خود مشترک می شوند. • مشتریان به کارگزار متصل می شوند و پیام هایی را برای موضوعات منتشر می کنند. • موضوعات به عنوان الف تلقی می شوند



سلسله مراتب، با استفاده از اسلش (/) به عنوان جداکننده.

• مثال:

حسگرها/COMPUTER\_NAME  
/temperature/HARDDRIVE\_NAME

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

39

## نتیجه گیری

روند داغ امروز به سمت است

• "حسگرها و محرک های هوشمند"

• مجهز به رابط های شبکه (سیم یا بی سیم)

• و از طریق قابل دسترسی هستند

-فن آوری های وب (به طور خاص HTTP)

-یا به صورت بی سیم از طریق بلوتوث.

اما کنترل کیفیت خدمات (QoS) سخت است، بنابراین این مکانیسم ها همیشه مناسب نیستند.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

40