

# IoT architektura

## Sadržaj

- Uvod
- Poređenje IoT architektura
- Jednostavna IoT architektura
- IoT funkcionalni stek
- IoT menadžment i računarski stek

# Uvod

- ❑ Arhitektura kompanijske računarske mreže je dobro istražena i poznata
- ❑ IoT mreža je novina koja zahtijeva promjene u postojećim arhitekturama kompanijskih računarskih mreža baziranim na tri nivoa
- ❑ Izazovi i zahtjevi koji se postavljaju ispred IoT sistema su radikalno različiti u odnosu na IT sisteme zbog razlika koje postoje između računarskih i industrijskih mreža
- ❑ Terminologija u IoT mrežama je različita
- ❑ IT mreže se bave prenosom tokova podataka najčešće zanemarujući njihove tipove

# Uvod

## Razlike između IT i IoT mreža

- ❑ Podaci - IT sistemi se nave pouzdanim i kontinualnim prenosom podataka radi podrške biznis aplikacija (email, web, baze podataka,...) dok je IoT zadužen za prenos i korišćenje podataka koje generišu senzori
- ❑ Skalabilost - Broj IoT uređaja na istom prostoru treba da bude 1000 puta veći od broja IT uređaja (što između ostalog nameće potrebu pune primjene IPv6)
- ❑ Sigurnost - IoT uređaji, posebno u bežičnim senzorskim mrežama, su veoma često izloženi spoljnjem svijetu tako da se zaštita sigurnosti zahtijeva na svakom nivou IoT mreže na način da svaki IoT čvor mora biti jednostavan za implementaciju kao dio cjelovite strategije zaštite i podržavati tehnike autentifikacije, enkripcije podataka i detekcije napada
  - Stuxnet worm - Siemens PLC (*Programmable Logic Control*) sistemi
  - Firewallska zaštita nije dovoljna
  - Napad na SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistem Ukrajinske distributivne mreže 2015. godine
  - IoT sistemi moraju
    - Identifikovati i autentifikovati sve entitete IoT servisa (čvorove, gateway-e, ...)
    - Osigurati enkripciju podataka koji se razmjenjuju
    - Obezbijediti korektnu zaštitu memorisanih podataka
    - Koristiti platformu za upravljanje konekcijama i uspostaviti sigurnosne politike koje garantuje brzu detekciju "nenormalnog" ponašanja
    - Imati holistički pristup mrežnog nivoa u odnosu na zaštitu

# Uvod

## Razlike između IT i IoT mreža

- Ograničenja u pogledu napajanja, CPU, memorije i brzina prenosa - IoT mreže imaju veliki broj ograničenja pa najčešće nude minimalne brzine prenosa na velike daljine
  - IoT senzori se obično prave za jednu namjenu, mali su i jeftini
  - Imaju ograničenja u pogledu napajanja, CPU i memorije i samo šalju podatke kada je to važno
  - Obzirom na veliki broj uređaja koji se disperzivno postavljaju mreže nude male brzine i linkove sa velikim vjerovatnoćama gubitaka
- Velike količine podataka - na dnevnoj bazi senzori generišu velike količine podataka izazivajući zagušenja mreža i usporavajući obrade u cloudu što zahtijeva potrebu da se obrada podataka obavlja distribuirano u IoT mreži od foga do clouda.
  - IoT podaci mogu biti „zlata vrijedni“
  - Zbog velike količine ovim podacima se teško upravlja pri čemu je analiza neefikasna
  - Potrebno je filtriranje podatka kroz mrežu kako bi se uklonili nepotrebni podaci

# Uvod

## Razlike između IT i IoT mreža

- Podrška starih uređaja - IoT mreža sadrži moderne uređaje koji komuniciraju preko IP protokola ali i stare uređaje koji koriste serijsku komunikaciju ili sopstvene protokole komunikacije
  - Implementacija IoT mreže podrazumijeva i podršku starih uređaja koji mogu u industriji biti prisutni i nekoliko decenija
  - Stari uređaji često ne podržavaju IP protokol jer je njihov vijek trajanja često 20 i više godina
  - IoT mora obezbijediti translaciju protokola za povezivanje starih uređaja koji posjeduju stare komunikacione protokole (RS-232)
- Potreba za obradom podataka u realnom vremenu - za razliku od IT mreža, IoT veoma često podrazumijeva obradu podataka i odgovor na tu obradu u realnom vremenu što zahtijeva izvršavanje softvera za analizu podataka i podršku *real-time streaming* aplikacija blizu IoT čvorova

# Poređenje IoT arhitektura

- Izazovi koji se postavljaju pred IoT sistemima podstakli su razvoj velikog broj arhitektura
- Zajednički imenitelj za sve ove arhitekture je podrška IoT čvorovima da manipulišu podacima, izvršavaju procese i funkcije
- Najpoznatije arhitekture su
  - oneM2M arhitektura
  - IoT World Forum arhitektura
  - Purdue model kontrolne hijerarhije
    - [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/EttF/EttFDIG/ch2\\_EttF.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/EttF/EttFDIG/ch2_EttF.html)
  - Industrial Internet Architecture (IIRA)
    - [www.iiconsortium.org](http://www.iiconsortium.org)
  - Internet of Things Architecture (IoT-A)
    - <https://vdivde-it.de/en>

# Poređenje IoT arhitektura

## oneM2M arhitektura

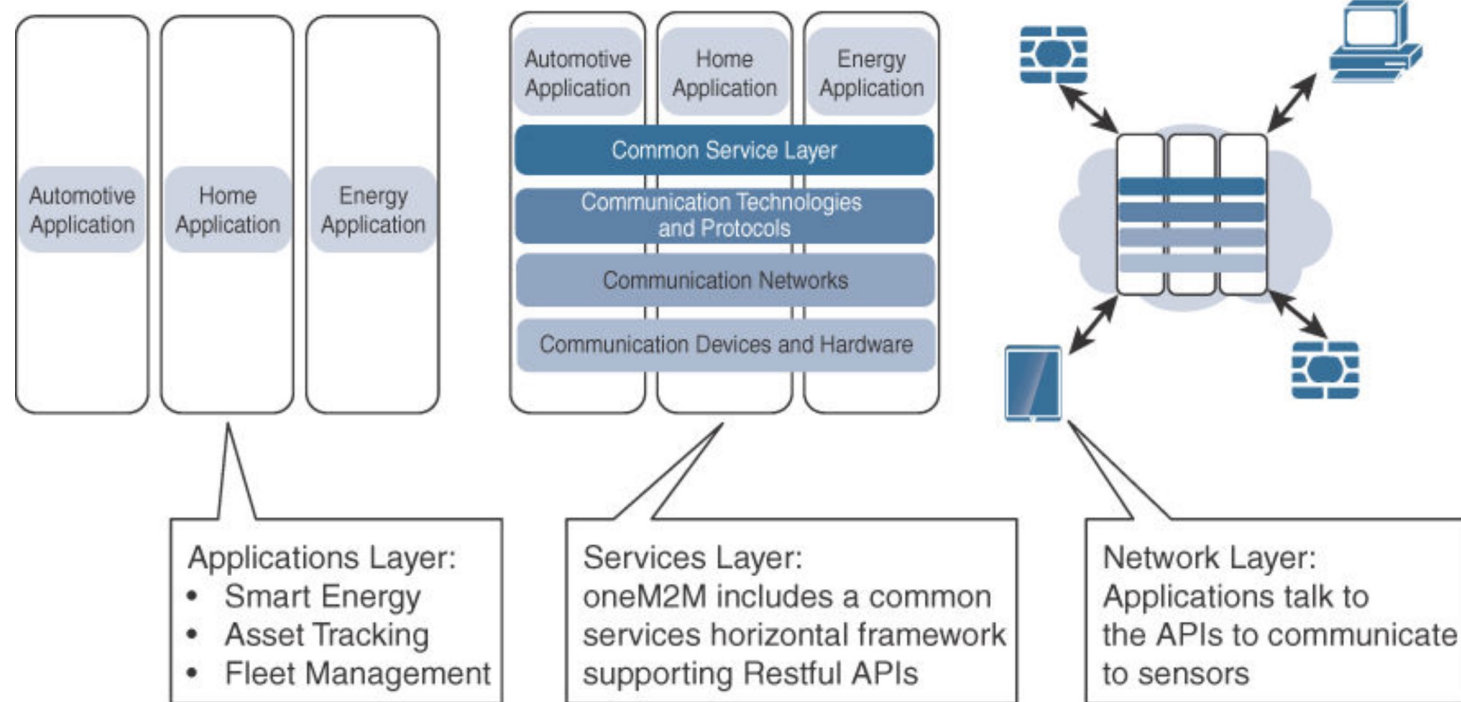
- ❑ Namijenjena standardizaciji M2M (*machine-to-machine*) komunikacija
- ❑ ETSI je osnovao M2M tehnički komitet 2008. godine sa ciljem da kreira arhitekturu koja bi ubrzala primjenu M2M aplikacija i uređaja, što je vremenom prošireno na IoT
- ❑ oneM2M postaje 2012. globalna inicijativa za ciljem da kreira zajednički servisni nivo koji bi lako bio implementiran na senzorskim uređajima kako bi oni mogli komunicirati sa aplikacionim servisima
- ❑ Fokusirana na IoT servise, aplikacije i platforme
- ❑ Pametna mjerenja, pametne elektrodistributivne mreže, pametni gradovi, e-zdravlje, autonomna vozila
- ❑ Njena horizontalna platforma omogućava razvoj standarda koji dozvoljavaju interoperabilnost na svim nivoima IoT steka
  - Na primjer korišćenje RESTful API-ja dozvoljava konzistentno povezivanje LoRaWAN sistema sa tradicionalnim sistemima za nadzor objekata
- ❑ [www.onem2m.org](http://www.onem2m.org)

# Poređenje IoT arhitektura

oneM2M arhitektura

Tri glavna domena

- Nivo aplikacije
- Nivo servisa
- Nivo mreže



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

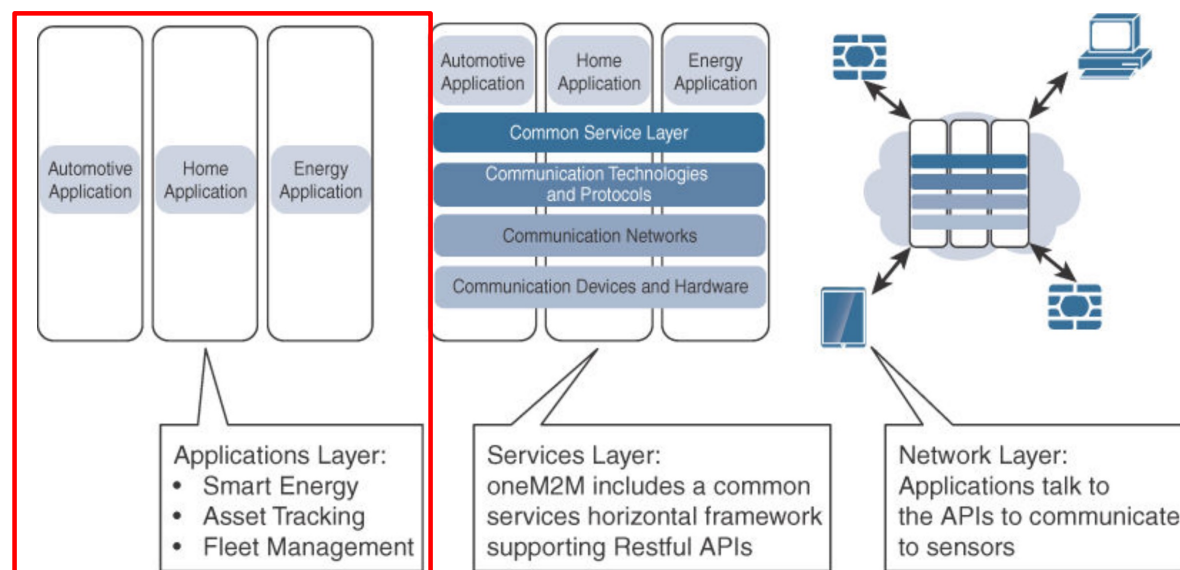


# Poređenje IoT arhitektura

## oneM2M arhitektura

### Nivo aplikacije

- Bavi se povezivanjem između uređaja i njihovih aplikacija
- Uključuje protokole nivoa aplikacije
- Standardizuje northbound API za interakciju sa Business intelligence (BI) sistemima
- Aplikacije su
  - Industrijske
  - Imaju svoje modele podataka
  - Prikazane su kao vertikalni entiteti



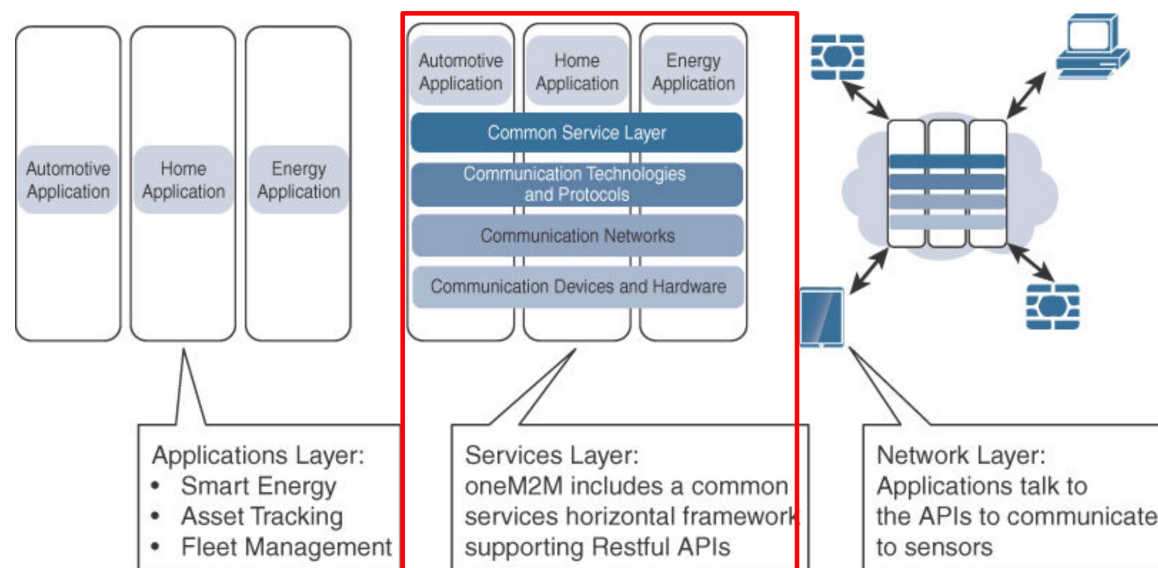
David Hanes, et al., "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## oneM2M arhitektura

### Nivo servisa

- Horizontalni okvir po vertikalnim industrijskim aplikacijama
- Horizontalni moduli uključuju:
  - Fizičku mrežu na kojoj se izvršavaju IoT aplikacije
  - Menadžment protokole
  - Hardware
- Common service layer nudi
  - API - je
  - Middleware za podršku raznih sistema



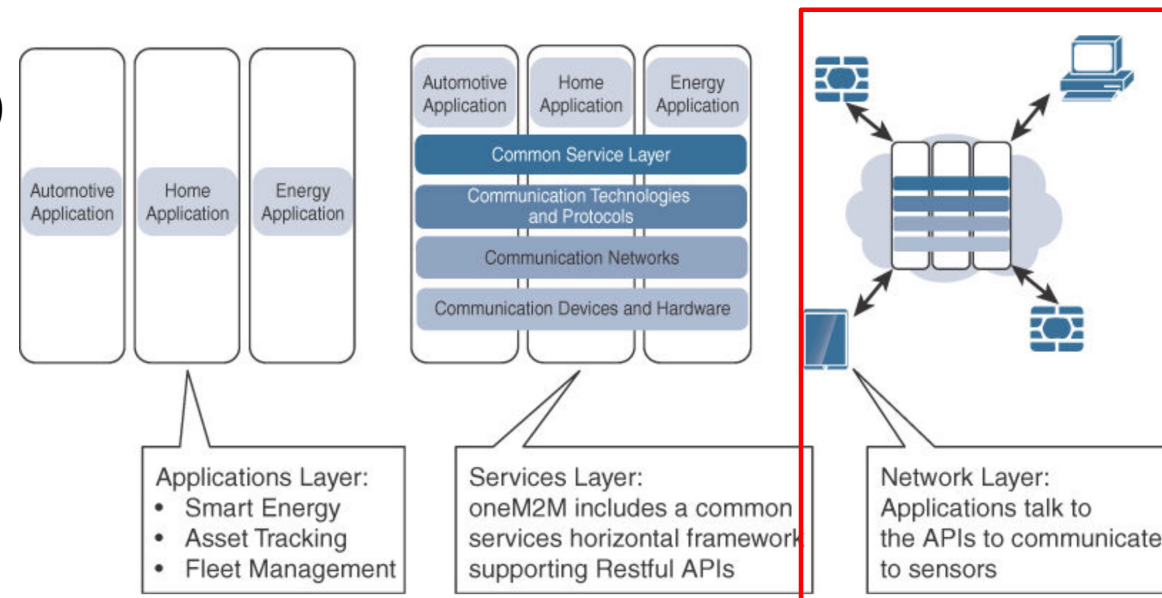
David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## oneM2M arhitektura

### Nivo mreže

- ❑ Komunikacioni domen IoT uređaja
- ❑ Uključuje same uređaje i njihove linkove
- ❑ IEEE 802.15.4 (*mesh*)
- ❑ IEEE 802.11ah (*point-to-multipoint*)
- ❑ IEEE 1901 (*power line communications*)
- ❑ *gateway* uređaji
  - Međusobna komunikacija IoT uređaja
  - Granica između IoT mreže i Interneta



# Poređenje IoT arhitektura

IoT World Forum (IoTWF) arhitektura

- Cisco, IBM, Rockwell Automation,...
- Sedmonivovski model
- Kontrola komunikacije od centra (cloud ili data centar) do edge (senzori, uređaji, mašine,...)
- Omogućava
  - Dekompoziciju IoT problema na manje djelove
  - Identifikaciju različitih tehnologija na svakom nivou i njihove međusobne relacije
  - Definisane sistema u kome uređaje mogu isporučiti različiti proizvođači
  - Definisane interfejsa koji garantuju interoperabilnost
  - Sigurnosne aktivnosti na granicama između nivoa

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**  
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**  
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**  
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**  
(Storage)
- 3 **Edge Computing**  
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**  
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**  
(The "Things" in IoT)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

IoT World Forum (IoTWF) arhitektura

Nivo 1: Nivo fizičkih uređaja i kontrolera

- Krajnji uređaji i senzori (*THINGS*) koji šalju i primaju informacije
- *Things* mogu biti od mikropskih do gigantskih dimenzija
- Generisanje podataka i sposobnost da mogu biti ispitivani/kontrolisani preko mreže

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**  
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**  
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**  
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**  
(Storage)
- 3 **Edge Computing**  
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**  
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**  
(The "Things" in IoT)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

IoT World Forum (IoTWF) arhitektura

Nivo 2: Nivo povezivanja

- Fokus na povezivanju
- Pouzdani i vremenski usklađeni prenos podataka između prvog nivoa i mreže, odnosno između mreže i sistema za obradu podataka na trećem nivou (edge computing)
- Ne razlikuje se od pristupne mreže Interneta

② **Connectivity**  
(Communication and Processing Units)

**Layer 2 Functions:**

- Communications Between Layer 1 Devices
- Reliable Delivery of Information Across the Network
- Switching and Routing
- Translation Between Protocols
- Network Level Security



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**  
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**  
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**  
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**  
(Storage)
- 3 **Edge Computing**  
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**  
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**  
(The "Things" in IoT)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



# Poređenje IoT arhitektura

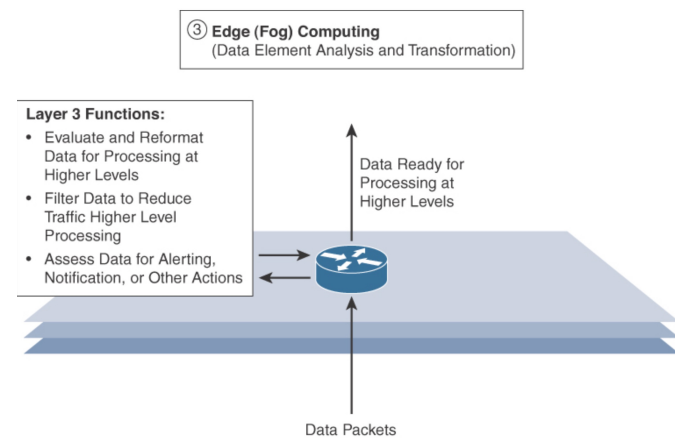
IoT World Forum (IoTWF) arhitektura

Nivo 3: Nivo *Edge computing-a*

- *FOG* nivo
- Redukcija podataka
- Konvertovanje tokova podataka u informaciju koja je pogodna za memorisanje i obradu na višim nivoima
- Početak obrada informacije se pozicionira što bliže edge-u mreže



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

IoT World Forum (IoTWF) arhitektura

Nivo 4: *Data Accumulation* nivo

- prikuplja podatke
- čuva podatke dok ne zatrebaju aplikacijama
- konvertuje *event based* u *query based* obradu

Nivo 5: *Data Abstraction* nivo

- Usklađuje različite formate podataka
- Garantuje konzistentnu semantiku podataka iz različitih izvora
- Potvrđuju da je skup podataka kompletan i konsoliduju ih na jednom ili više mjesta koristeći virtuelizaciju

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**  
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**  
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**  
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**  
(Storage)
- 3 **Edge Computing**  
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**  
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**  
(The "Things" in IoT)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



# Poređenje IoT arhitektura

IoT World Forum (IoTWF) arhitektura

Nivo 6: Nivo aplikacije

- Interpretira podatke korišćenjem softvera aplikacije
- Praćenje, kontrola i izvještavanje na bazi analize podataka

Nivo 7: *Collaboration and processing* nivo

- Koristi i dijeli informacije različitih aplikacija
- Čini IoT korisnim
- Mijenja biznis procese

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**  
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**  
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**  
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**  
(Storage)
- 3 **Edge Computing**  
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**  
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**  
(The "Things" in IoT)

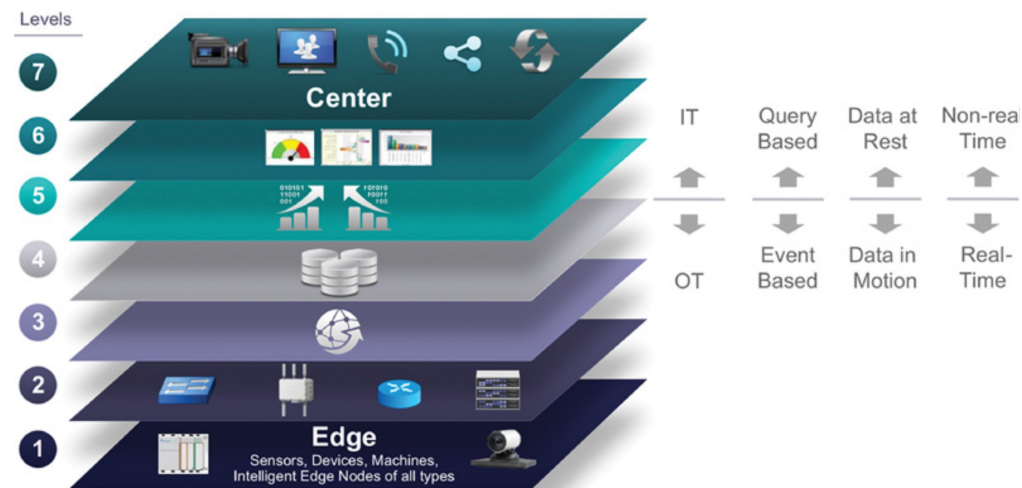


David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

IoT World Forum (IoTWF) arhitektura  
IT i OT

- Niži nivoi arhitekture spadaju u OT domen
  - Senzori
  - Mašine
  - Generisanje velike količine podataka u realnom vremenu
- Viši nivoi spadaju u IT oblast
  - Serveri
  - Baze podataka
  - Aplikacije
  - Podaci koji se prikupljaju na zahtjev aplikacije

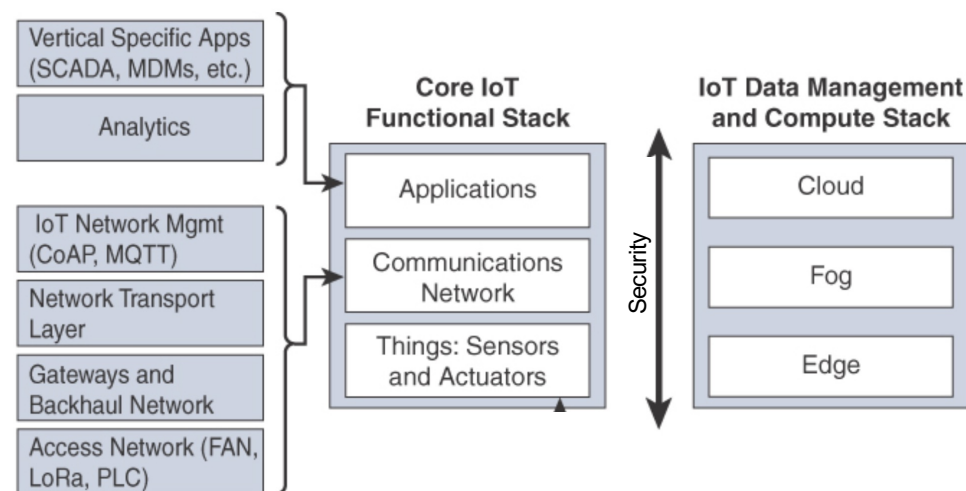


David Hanes, et al., "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

- ❑ Zvanične IoT arhitekture se razlikuju zavisno od industrijske grane ili primijenjene tehnologije
- ❑ Pojednostavljena arhitektura pocrtava zajedničke blokove većine IoT sistema i pomaže dizajnu IoT mreža
- ❑ Svi nivoi kompleksnih modela su prisutni ali su grupisani radi lakšeg razumijevanja
- ❑ Sadrži dva paralelana steka
  - *IoT Data management and Compute stek*
  - *Core IoT funkcionalni stek*
    - Posjeduje i podnivo
- ❑ Zaštitna (*Security*) funkcija je centralna za kompletnu arhitekturu



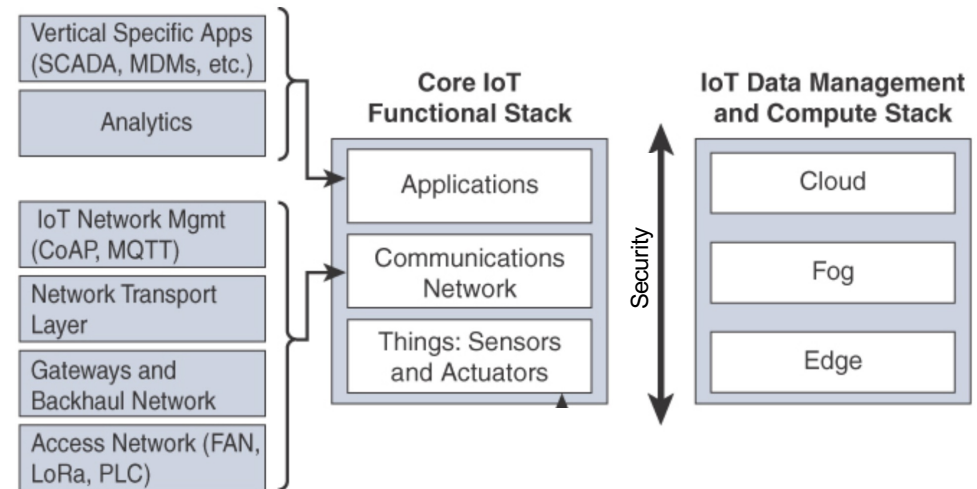
David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

- ❑ *Things* nivo: fizički pametni uređaji koji se prilagođavaju ograničenjima sredine u kojoj se nalaze i dostavljaju potrebne informacije
- ❑ Nivo komunikacione mreže
  - Obezbjeđuje pametnim uređajima mogućnost komunikacije
  - Podnivo pristupne mreže (IEEE802.11ah, IEEE 802.15.4g, LoRa, vođeni medijumi...)
  - Podnivo gateway-a i backhala mreže predstavlja zajednički komunikacioni sistem za više pametnih objekata na jednom terenu
    - Gateway komunicira direktno sa pametnim objektima i prosleđuje informacije prema okosnici mreže i Internetu
  - Podnivo transportne mreže (IP i UDP)
  - Podnivo IoT menadžmenta mreže omogućava da aplikacije razmjenjuju podatke sa sensorima (CoAP i MQTT)
- ❑ Nivo aplikacije i analitike: kontrola pametnih objekata, obrada podataka i donošenje inteligentnih odluka



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

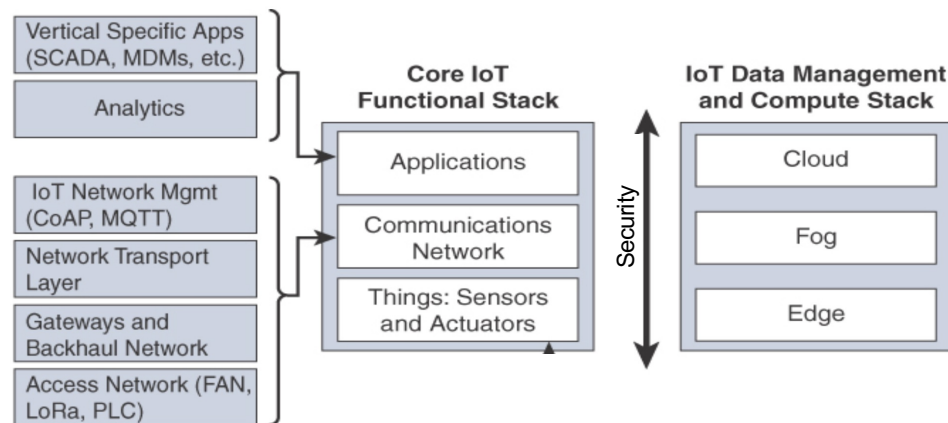
# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

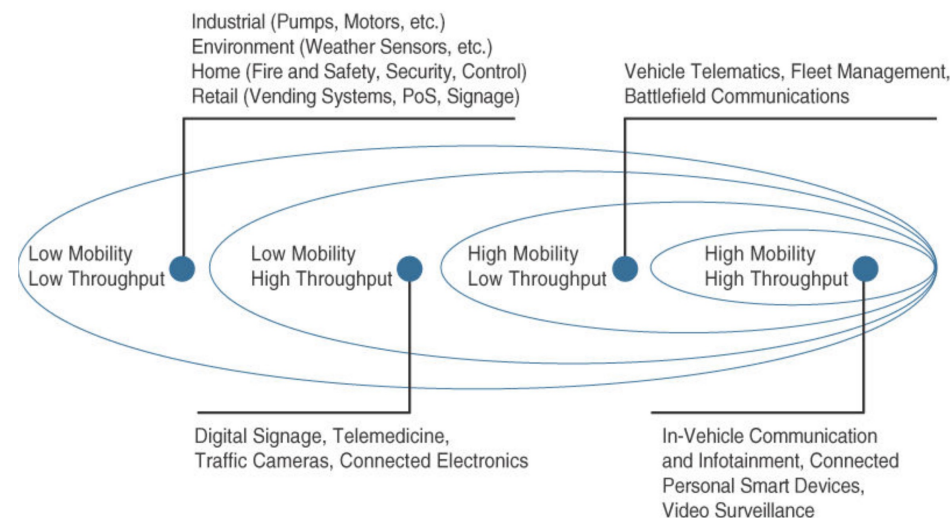
### Core IoT funkcionalni stek

### Things nivo

- ❑ Klasifikacije pametnih objekata
  - Baterijski napajani ili napajani iz elektrodistributivne mreže
  - Mobilni ili statički
  - Rijetko ili često slanje podataka
  - Jednostavni ili složeni podaci
  - Rastojanje do gateway-a
  - Gustina pametnih objekata
- ❑ Na osnovu prethodnog treba odrediti koja komunikaciona tehnologija treba da se koristi
- ❑ Neke industrije zahtijevaju korišćenje više različitih tipova pametnih objekata
- ❑ Prvi korak u dizajnu IoT mreže je utvrđivanje zahtjeva u pogledu mobilnosti i karakteristika prenosa podataka (količina, učestanost slanja,...)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



# Poređenje IoT arhitektura

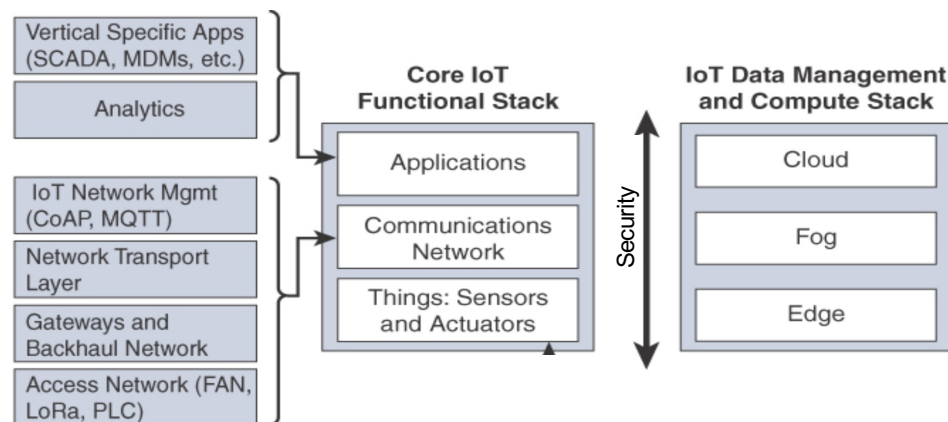
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

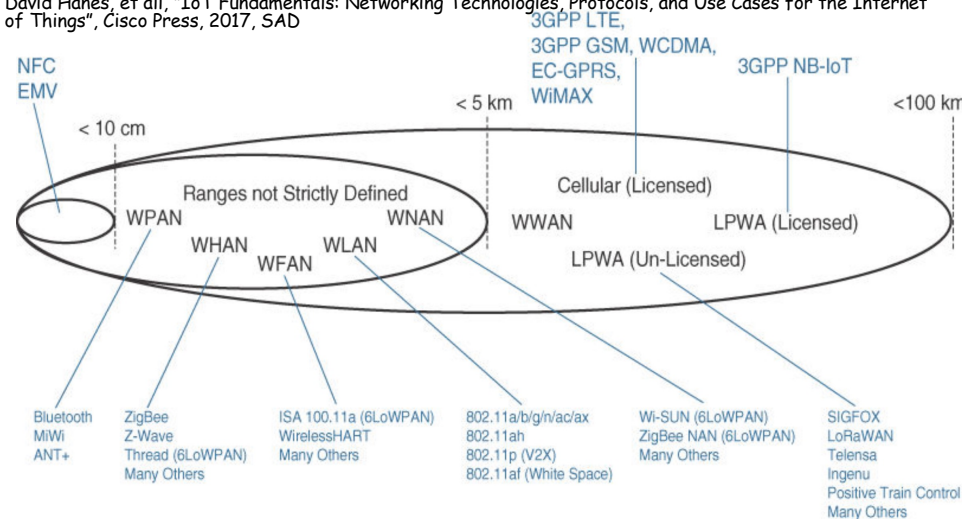
### Nivo komunikacione mreže

### Podnivo pristupne mreže

- ❑ Ključni faktor izbora je rastojanje između pametnog objekta i mjesta skupljanja informacija
- ❑ PAN (*Personal Area Network*): okruženje osobe veličine nekoliko metara (npr. Bluetooth)
- ❑ HAN (*Home Area Network*): okruženje veličine nekoliko desetina metara (npr. ZigBee i Bluetooth Low Energy)
- ❑ NAN (*Neighborhood Area Network*): nekoliko stotina metara
- ❑ FAN (*Field Area Network*): otvoreni prostor od nekoliko desetina do nekoliko stotina metara
- ❑ LAN (*Local Area Network*): stotinak metara (Ethernet ili WiFi)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



WPAN: Wireless Personal Area Network  
 WHAN: Wireless Home Area Network  
 WFAN: Wireless Field (or Factory) Area Network  
 WLAN: Wireless Local Area Network

WNAN: Wireless Neighborhood Area Network  
 WWAN: Wireless Wide Area Network  
 LPWA: Low Power Wide Area

David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

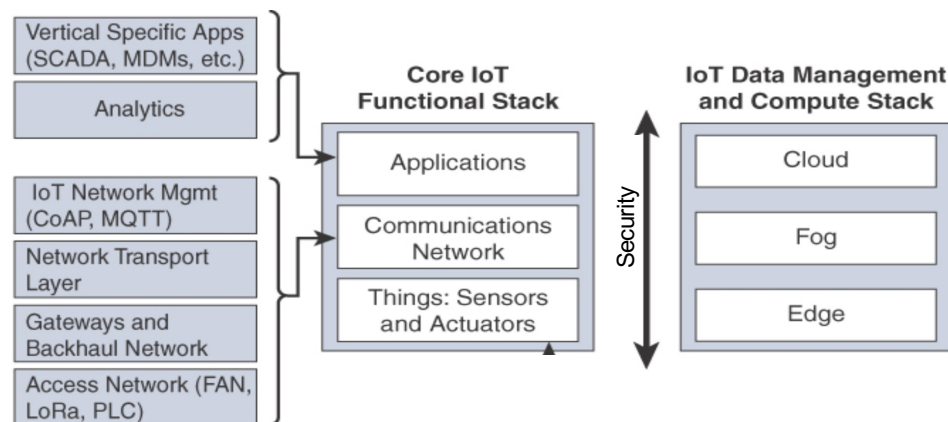
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

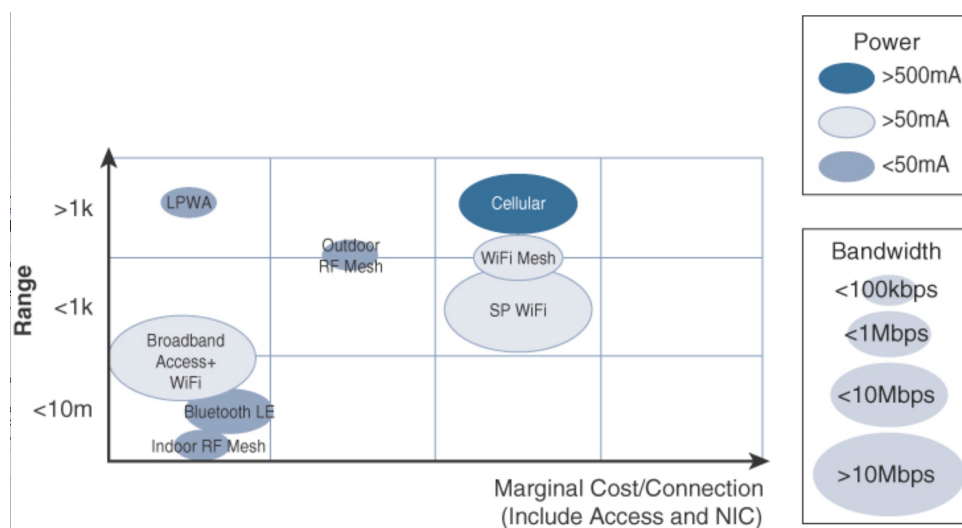
#### Nivo komunikacione mreže

#### Podnivo pristupne mreže

- ❑ Svaki protokol koristi svoj format podataka i svoje tehnike prenosa na specifičnim frekvencijama.
- ❑ Zbog toga se bitno razlikuju po brzini prenosa i dometu
- ❑ Veća propusnost i domet uvijek znače veću potrošnju energije
- ❑ Poslije utvrđivanja zahtjeva prema pametnim objektima drugi korak je uvijek utvrđivanje broja objekata na jednom području
- ❑ Treći kriterijum za izbor je cijena koja objedinjava sve prethodne faktore.
- ❑ Prethodni faktori determinišu strukturu i veličinu pristupne mreže.



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

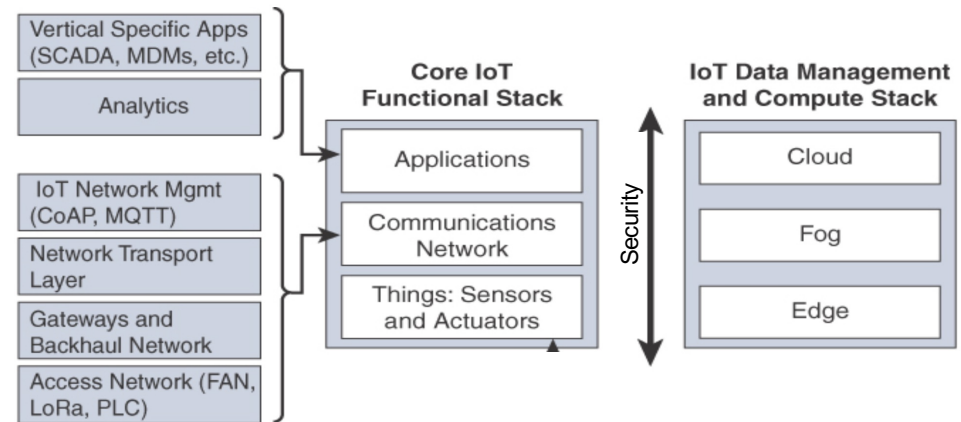
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

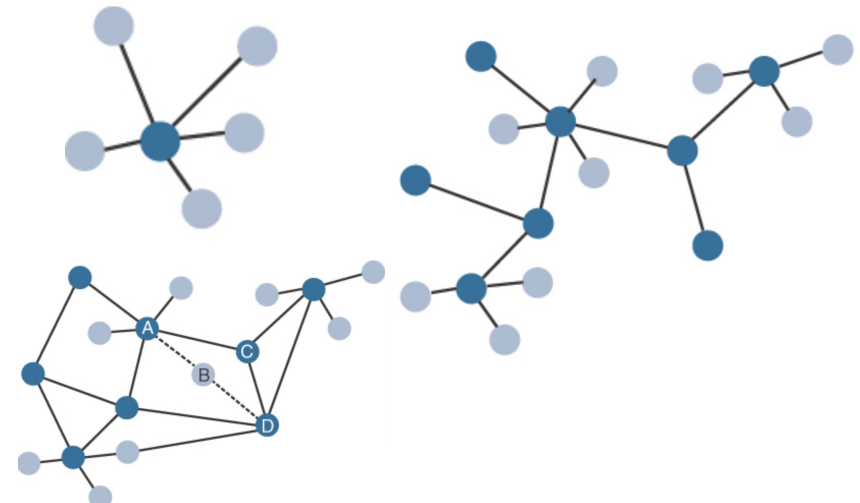
#### Nivo komunikacione mreže

#### Podnivo pristupne mreže

- ❑ Da bi se kreirala mreža uređaji se moraju međusobno povezivati
- ❑ Zvezda topologija sadrži kontrolnu jedinicu u centru na koje se povezuju senzori a koja je zadužena kompletnu koordinaciju mreže po master slave principu
- ❑ Povezivanjem više zvezda topologija kreira se stablo mreža
- ❑ Ukoliko je potrebno više puteva između uređaja koristi se mesh topologija u kojoj pojedini čvorovi igraju funkciju releja



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



# Poređenje IoT arhitektura

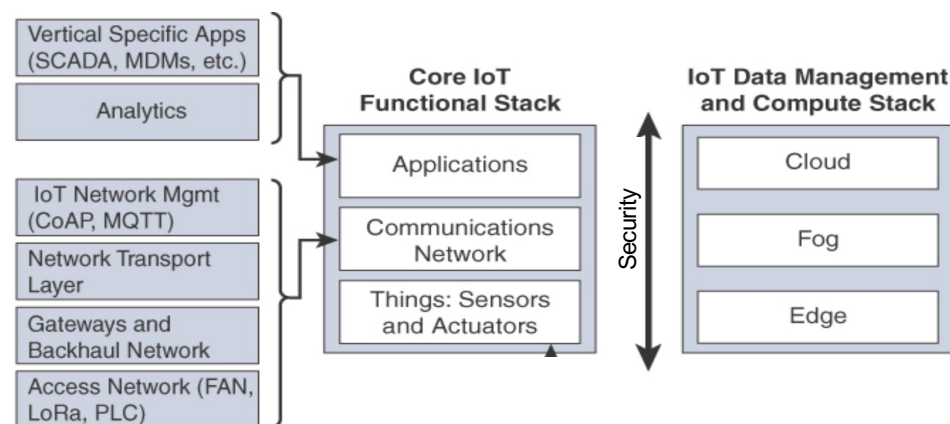
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

#### Nivo komunikacione mreže

#### *Gateway and backhaul* podnivo

- ❑ Prenos podataka sa pristupne mreže prema lokaciji na kojoj se koriste informacije
- ❑ *Gateway* može biti statičan ili mobilan uređaj
- ❑ Izbor *backhaul* tehnologije se vrši na sličan način kao kod pristupne mreže
  - Ethernet (vođeni medijum, 100m)
  - WiFi (bežični, 100m-nekoliko kilometara)
  - IEEE 802.11ah (bežični 1,5km-10km)
  - WiMAX (bežični nekoliko km do 50 km)
  - Celularne (bežični nekoliko kilometara)



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

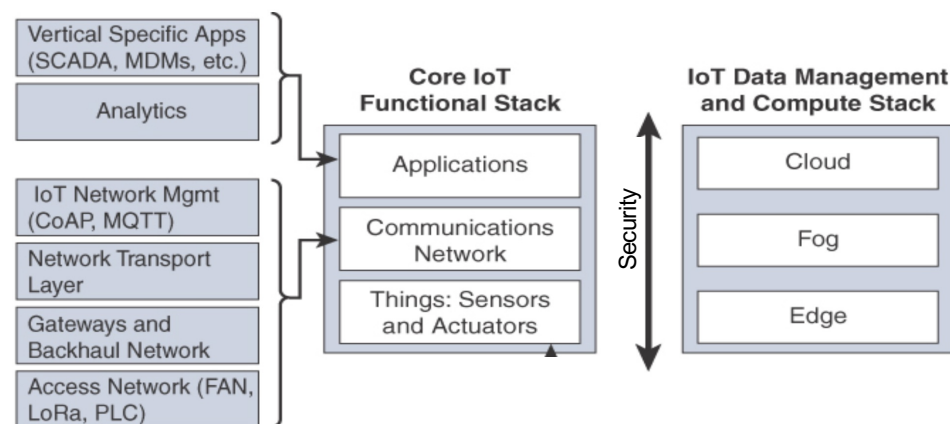
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

Nivo komunikacione mreže

Podnivo mrežnog transporta

- ❑ Praktičnaa implementacija prethodnih podnivoa je veoma fleksibilna
- ❑ Protokoli ovog podnivoa moraju da budu otvoreni i standardizovani kako bi podržali različite industrije, skalabilnost i sigurnost.
- ❑ IP protokol ispunjava sve ove zahtjeve
- ❑ TCP se koristi kada je potrebno da mreža kontroliše predaju podataka a UDP kada tu kontrolu obavlja aplikacija
- ❑ Sigrunost se postiže korišćenjem TLS/SSL (TCP) i DTLS (UDP).



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

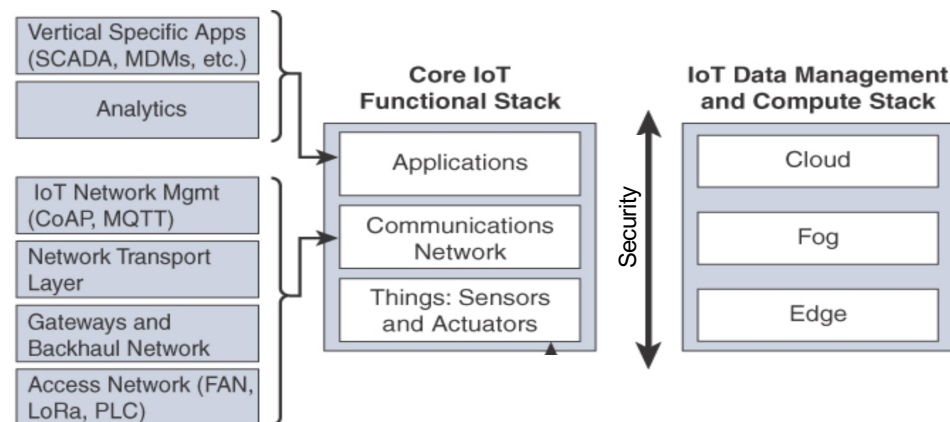
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

### Nivo komunikacione mreže

### Podnivo menadžmenta IoT mreže

- ❑ *Push* model aplikacije
- ❑ *Pull* model aplikacije
- ❑ Hibridni model
- ❑ HTTP se često koristi iako nije napravljen za IoT okruženje sa prisutnim ograničenjima
- ❑ WebSocket je dio HTML5 specifikacije koji omogućava dvosmjernu komunikaciju na jednoj vezi kombinujući se sa drugim protokolima (poput MQTT) za IoT karakterističan dio komunikacije.
- ❑ XMPP (*eXtensible Messaging and Presence Protocol*) koristi TCP (što je ograničenje) i baziran je na principima instant messaging-a.
- ❑ *Constrained Application Protocol* (CoAP) koristi slične metode kao HTTP (GET, POST,...) ali ima mnogo manje zaglavlje, baziran je na UDP i za razliku od HTTP-a ima mogućnost observacije.
- ❑ *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) koristi TCP i ima brokersku arhitekturu (publisher, subscriber i broker).



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

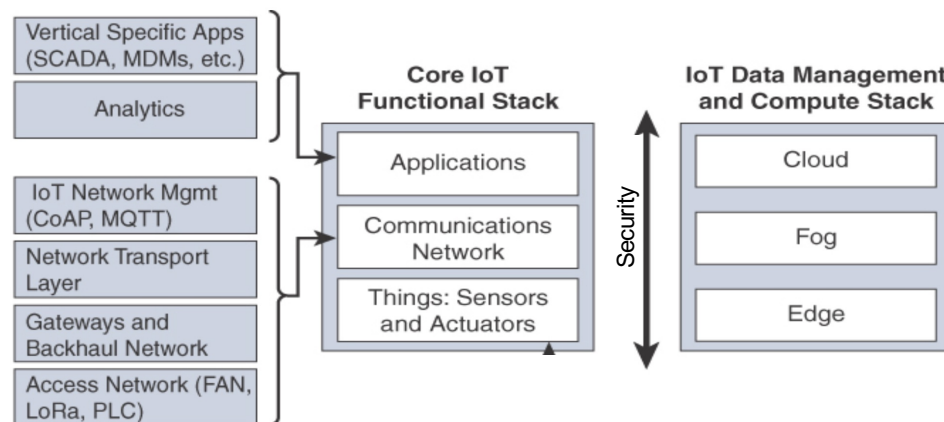
# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

#### Nivo aplikacije i analitike

- ❑ Analitička aplikacija prikuplja podatke sa više objekata, obrađuje prikupljene podatke i prikazuje informacije koje su rezultat obrađenih podataka
- ❑ Kontrolna aplikacija kontroliše ponašanje pametnih objekata i koristi se za kontrolu kompleksnih procesa u situacijama kada odgovarajuća logika ne može biti implementirana sa pametnom objektu.
- ❑ Veliki broj IoT aplikacija sadrže i analitičke i kontrolne module, pri čemu se u većini slučajeva podaci skupljaju sa pametnih objekata i procesiraju u analitičkim modulima, a rezultati procesiranja se koriste za modifikaciju ponašanja objekata ili sistema koji su povezani sa njima



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

### Core IoT funkcionalni stek

#### Nivo aplikacije i analitike

#### Analitika se u IoT domenu može podijeliti na:

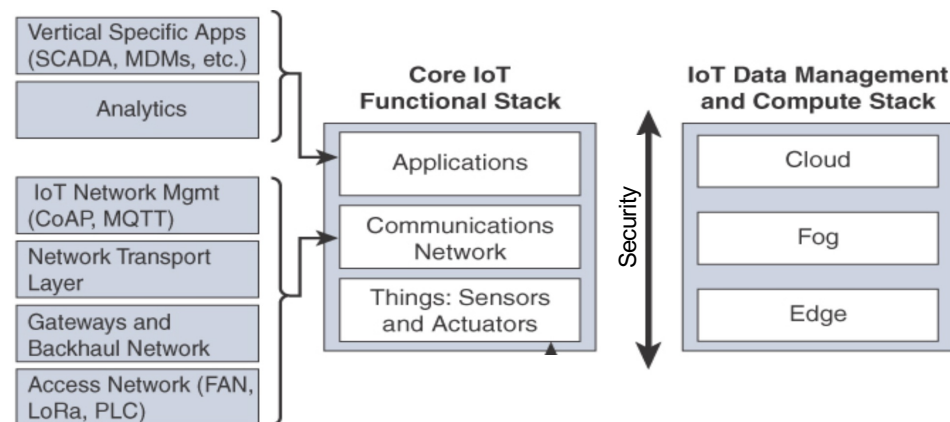
- Data analitiku koja obrađuje podatke prikupljene sa pametnih objekata kombinujući ih na način da se dobija neki inteligentni pogled na IoT sistem (npr. podaci o brzini kretanja robota mogu biti iskorišćeni za indikaciju potrebe njegovog servisa prije nego što se desi sami kvar)
- Mrežnu analitiku koja obezbeđuje informaciju o gubitku ili degradaciji povezanosti pametnog objekta na mrežu što indicira prestanak komunikacije i zaustavljanje sistema da izvršava inteligentne akcije

#### Većina analitičkih aplikacija sadrže i data i mrežne analitičke module što zavisi od rezultata evaluacije zahtjeva prema nekom IoT sistemu

#### Data analitika je mnogo složenija i predstavlja jedan od ključnih razloga za popularnost IoT

#### IoT mreže mogu biti:

- Statičke: kod kojih se lista elemenata za praćenje i odgovarajuća analitika ne mijenjaju
- Otvorene: u kojima su mreže fleksibilne za dodavanje novih senzora i mogućnosti poboljšanja procesiranja (npr. Cisco-ov Jasper)



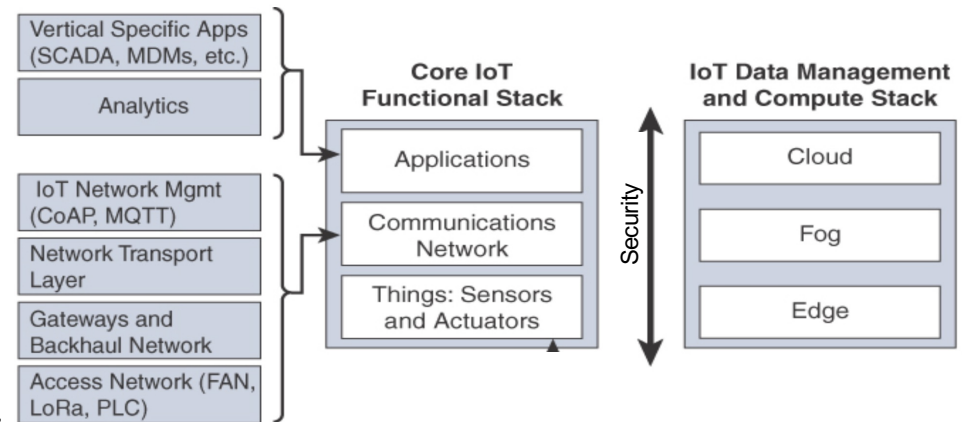
David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

### *IoT Data Management and Compute stek*

- ❑ Količina generisanih podataka je ključni IoT izazov
- ❑ Podaci koje generišu senzori su od male koristi ako se ne procesiraju
- ❑ Mjesto procesiranja podataka je najčešće udaljeno od pametnog objekta tako da se podaci moraju efikasno prenijeti mrežom
- ❑ Za mnoge industrijske aplikacije ili autonomna vozila potrebno je minimizovati kašnjenje što podrazumijva da je mjesto procesiranja blizu objektima koji generišu podatke
- ❑ U mnogim primjenama potrebno je smanjiti zauzimanje telekomunikacionih resursa
- ❑ Nepouzdanost telekomunikacionih transportnih mreža može biti fatalna za funkcionisanje nekih aplikacija
- ❑ Postoje primjene gdje su podaci iz lokalnog okruženja dovoljni za neku lokalnu akciju i nema potrebe razmatrati podatke sa šireg nivoa



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

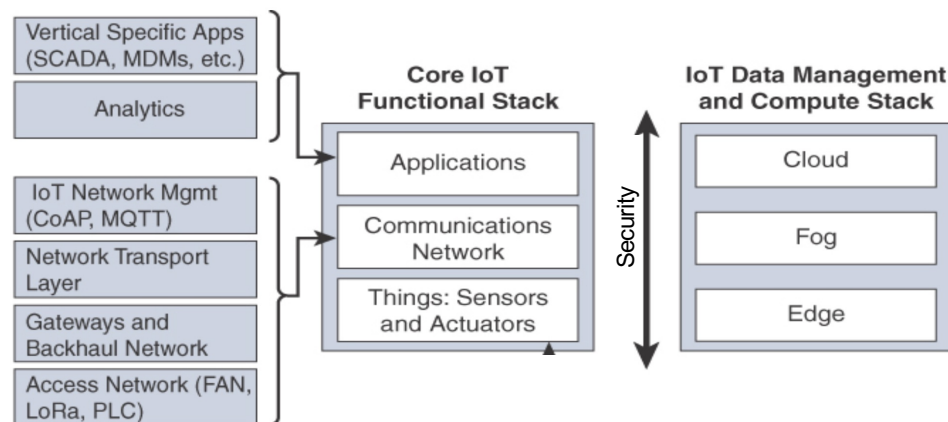


# Poređenje IoT arhitektura

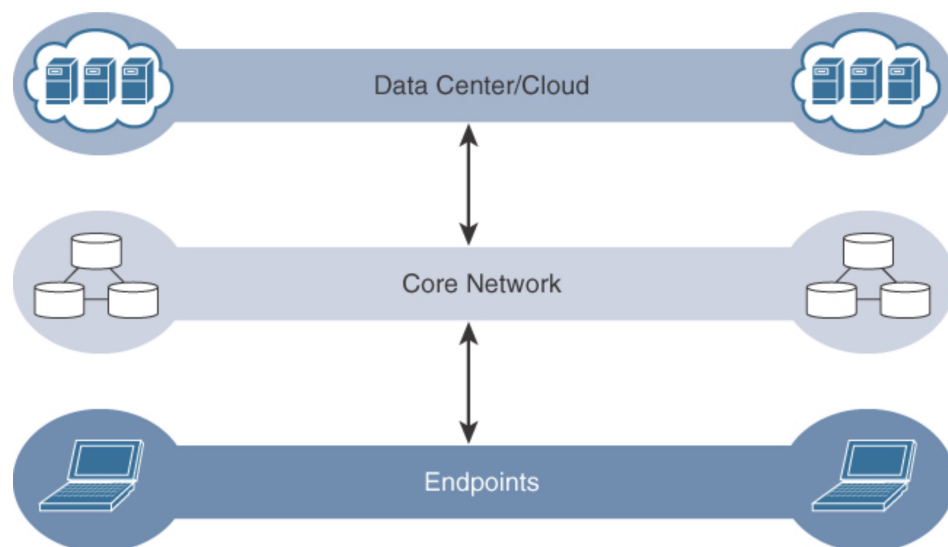
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### *IoT Data Management and Compute stack* *Cloud computing*

- ❑ Menadžment podataka u tradicionalnim IT sistemima je veoma jednostavan
- ❑ Krajnji sistemi komuniciraju preko core IP mreže sa data centrom ili cloudom.
- ❑ Podaci su generalno smješteni u data centru ili cloudu, a kapacitet fizičkih linkova je obično izuzetno visok
- ❑ IoT sistemi se ponašaju drugačije
  - Limitirani kapaciteti pristupne mreže
  - Visoka kašnjenja
  - Nepouzdana transportna mreža
  - Ogromna količina podataka na okosnici mreže
  - Obesmišljeno procesiranje podatka u realnom vremenu uslijed ogromne količina generisanih podataka



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

### *IoT Data Management and Compute stek*

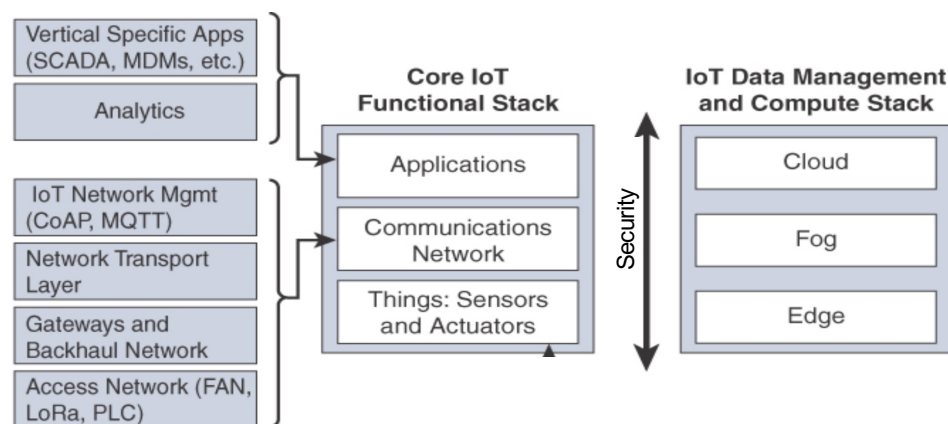
#### *Fog computing*

❑ Rješenje prethodnih problema je da se menadžment podacima distribuira kroz IoT sistem što bliže pametnim objektima

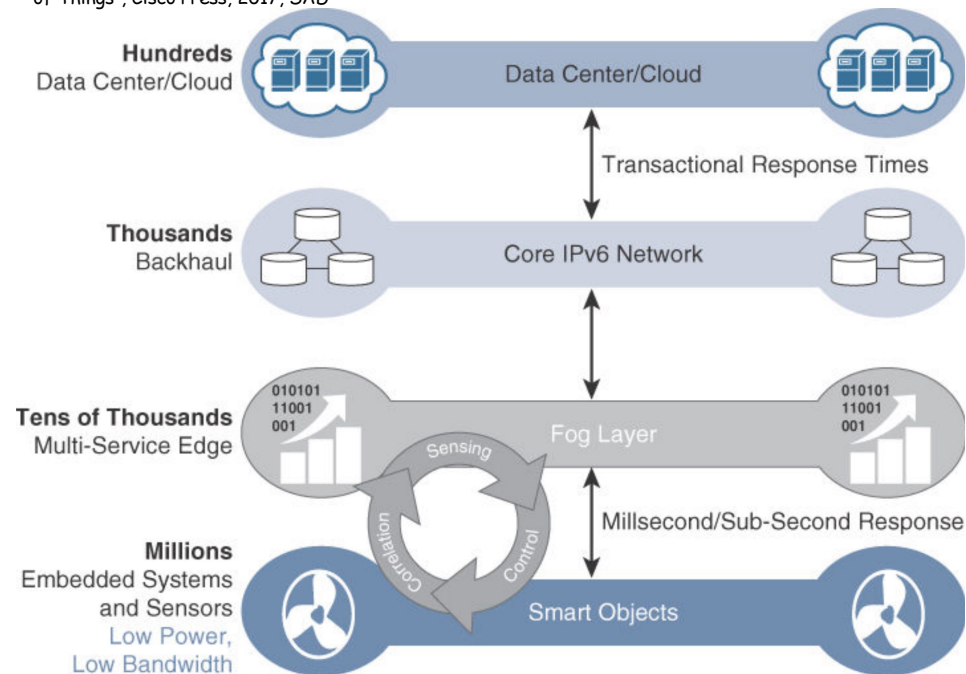
❑ *Fog computing* predstavlja smještanje uređaja za procesiranje, memorisanje i komuniciranje blizu pametnih objekata (npr. ruteri, switch-evi, kontroleri...)

❑ *Fog computing* omogućava široku lepezu aplikacija

- Mijenjanje konfiguracije opreme
- Automatizacija zumiranja video kamere
- Slanje alarma za preventivne opravke
- ....



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD





# Poređenje IoT arhitektura

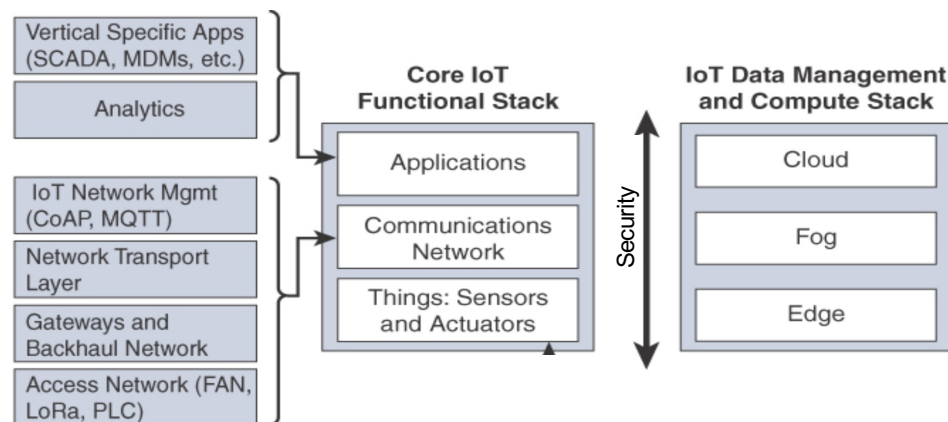
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### *IoT Data Management and Compute stek*

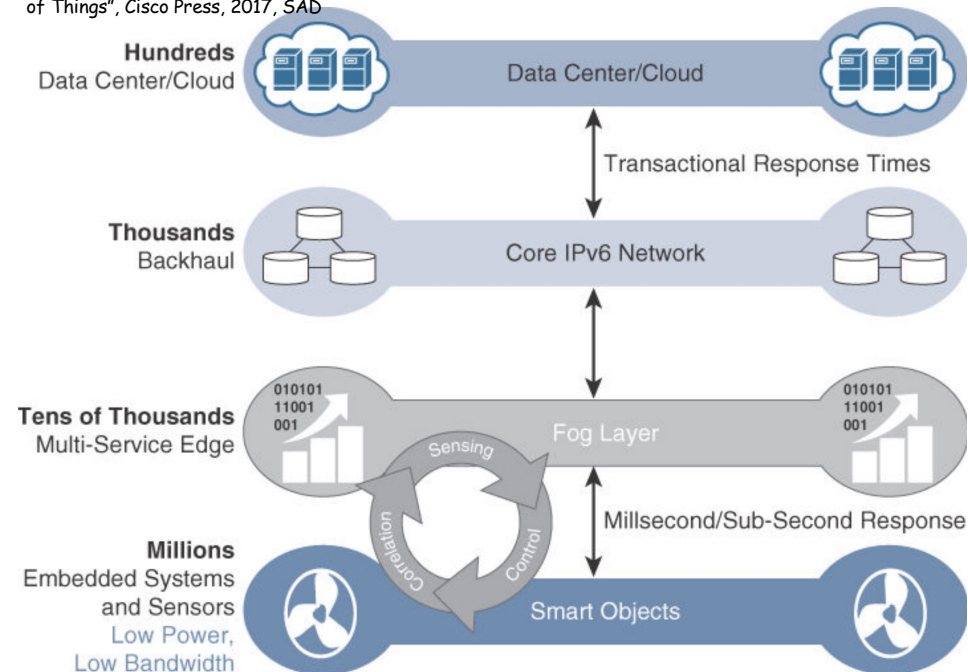
### *Fog computing*

#### □ Ključne karakteristike su

- Implementacija u mrežnim uređajima koji su blizu IoT čvorovima
- Vođenje računa o kontekstu lokacije i malom kašnjenju jer se IoT objekti mogu pratiti, kontrolisati i analizirati bez komunikacije sa serverima u data centru ili cloudu
- Široka geografska distribuiranost
- Implementacija blizu velikog broja IoT pametnih objekata (3000-4000 po jednom fog čvoru)
- Bežična komunikacija između fog čvora i IoT pametnog objekta
- Interakcije i obrada podataka u realnom vremenu



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



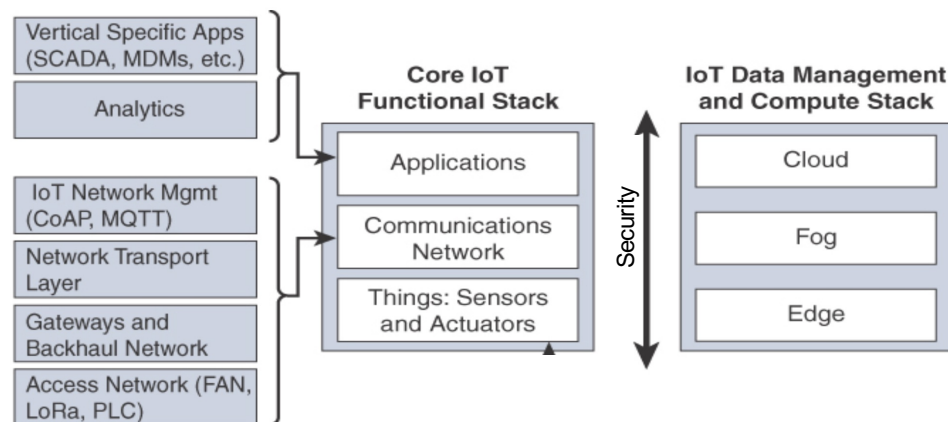
# Poređenje IoT arhitektura

## Pojednostavljena IoT arhitektura

### *IoT Data Management and Compute stack*

#### *Edge computing*

- ❑ Funkcionalnosti procesiranja i memorisanja su implementirane u samim IoT objektima
- ❑ Nove generacije IoT objekata imaju dovoljne hardverske karakteristike za obavljanje ovih funkcija
- ❑ Nude dodatna poboljšanja, a samim tim i servise, u odnosu na *fog computing*
- ❑ Daju dodatnu fleksibilnost za implementaciju IoT sistema
- ❑ Primjer ovakvih sistema su jednostavne računarske konfiguracije poput (RPI,...)



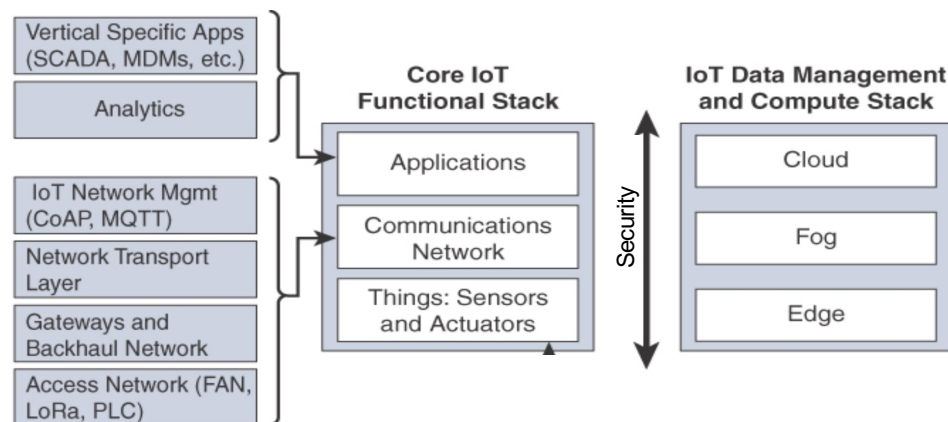
David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

# Poređenje IoT arhitektura

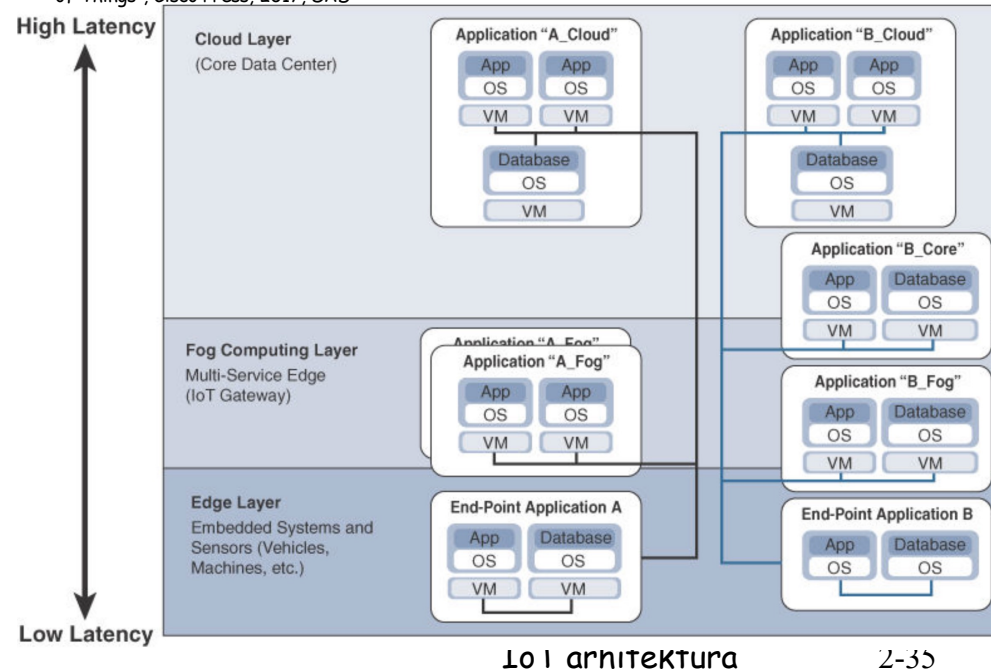
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### *IoT Data Management and Compute stek*

- ❑ Važno je primijetiti da *edge* i *fog computing* nijesu zamjena za *cloud computing* već podrška.
- ❑ Njihova implementacija zahtijeva koordinaciju i hijerarhijsku organizaciju mrežnih elemenata i modula za procesiranje i memorisanje.
- ❑ Na svakom nivou se podaci prikupljaju, procesiraju i šalju akcije kao posledice procesiranja onda kada je to potrebno, a kada nije potrebno to se prepušta višem nivou hijerarhije.
- ❑ Bez obzira što su *cloud* resursi homogeni, heterogene prirode *fog* i *edge* uređaja (različiti OS, CPU, memorije, različiti nivoi potrošnje energije...) zahtijeva posebni nivo abstrakcije koji nudi zajednički skup API-ja i zahtijeva mehanizam podrške virtuelizacije (više OS na jednom sistemu).
- ❑ Primjer okvira zajedničkih komunikacionih servisa je prisutan kod oneM2M



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD

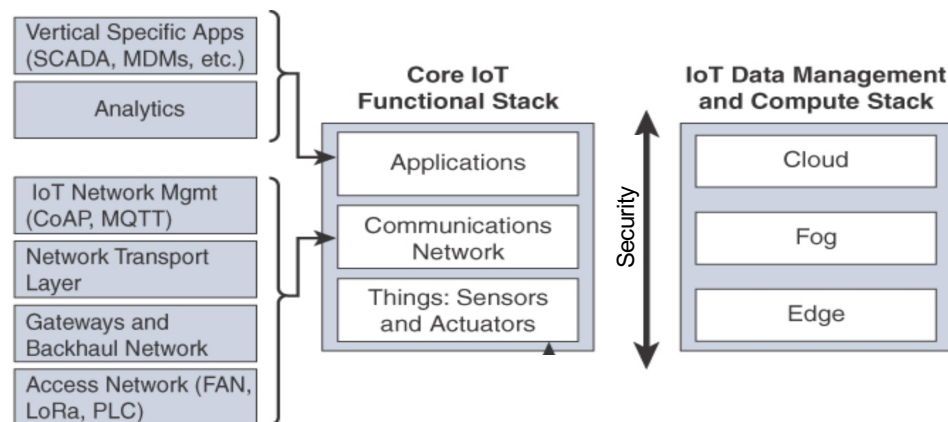


# Poređenje IoT arhitektura

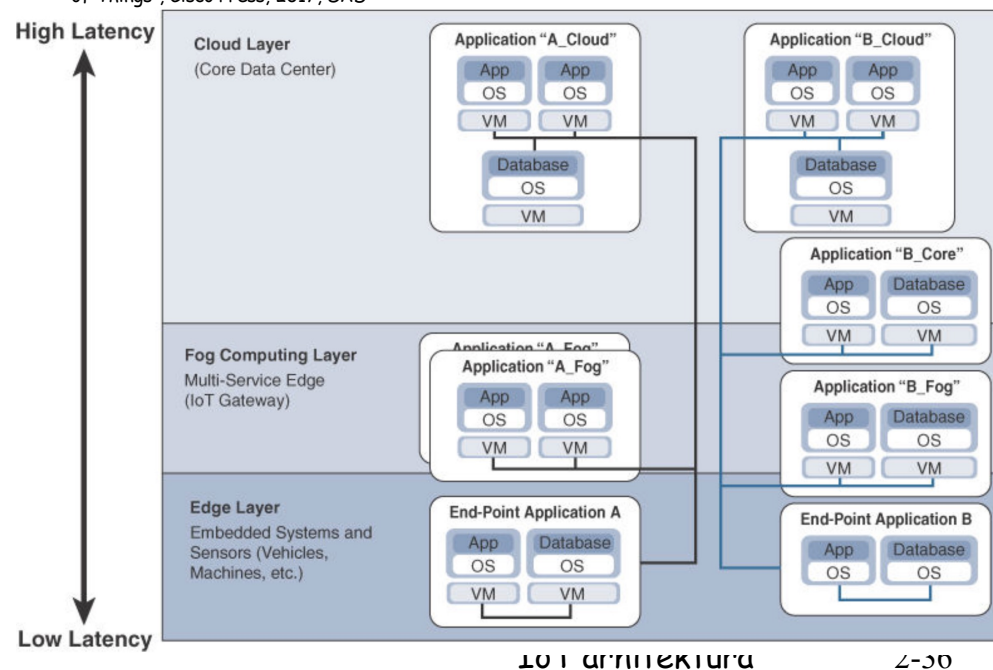
## Pojednostavljena IoT arhitektura

### IoT Data Management and Compute stack

- ❑ Fog čvorovi dobijaju podatke sa IoT uređaja
- ❑ Fog IoT aplikacija usmjerava različite tipove podataka prema optimalnom mjestu za analizu
  - Podaci koji su vremenski najosjetljiviji se analiziraju na *edge* ili *fog* čvorovima koji su najbliži izvoru podataka
  - Podaci čija obrada može sačekati nekoliko sekundi ili minuta se prosleđuju agregacionom čvoru za analizu i akciju
  - Podaci koji nijesu vremenski osjetljivi se šalju na *cloud* za analizu istorijskih podataka, *big data* analitiku ili trajno memorisanje.
- ❑ Prilikom izrade arhitekture IoT mreže treba razmotriti količinu podataka, njihovu vremensku osjetljivost i sigurnosne prijetnje
- ❑ Razmatranje treba da pruži odgovor da li je *cloud computing* dovoljan ili je potreban *fog/edge computing*



David Hanes, et al, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", Cisco Press, 2017, SAD



IoT arhitektura

4-50