



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU



Fakultet
elektrotehnike i
računarstva

Diplomski studij

Računarstvo

Znanost o mrežama

Programsko inženjerstvo i informacijski
sustavi

Računalno inženjerstvo

Informacijska i komunikacijska tehnologija

Automatika i robotika

Informacijsko i komunikacijsko inženjerstvo

Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Audiotehnologije i elektroakustika

Elektroenergetika

(Izborni predmet profila)

Internet stvari

1. Općenito o Internetu stvari:
osnovni pojmovi, arhitektura
i područja primjene

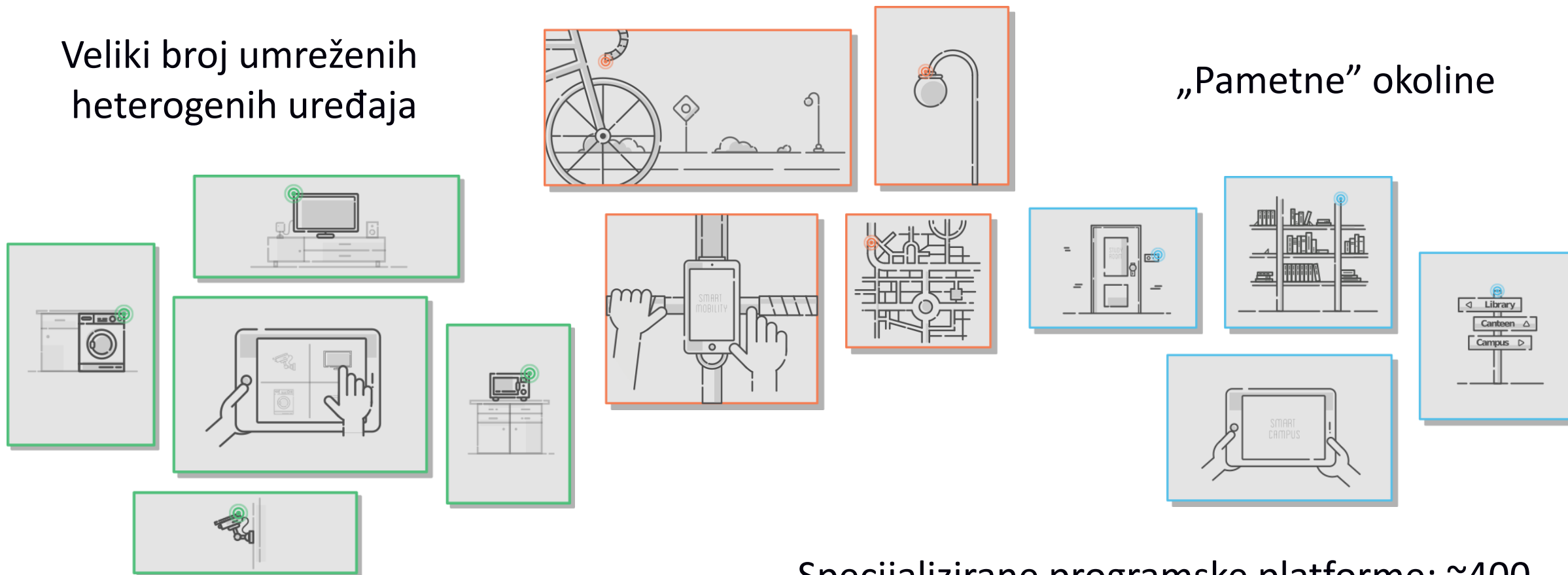
Ak. god. 2022./2023.

Sadržaj

- Umreženi uređaji i Internet stvari (engl. *Internet of Things*, IoT)
- Područja primjene
- Programske platforme za IoT
- Referentne arhitekture

IoT danas

Veliki broj umreženih heterogenih uređaja

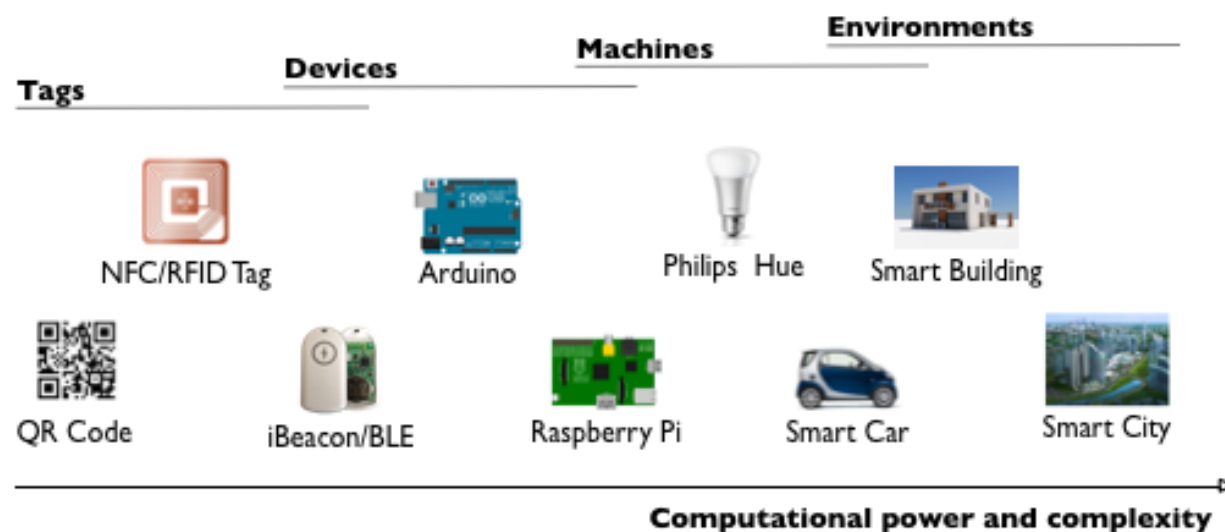


„Pametne” okoline

Specijalizirane programske platforme: ~400

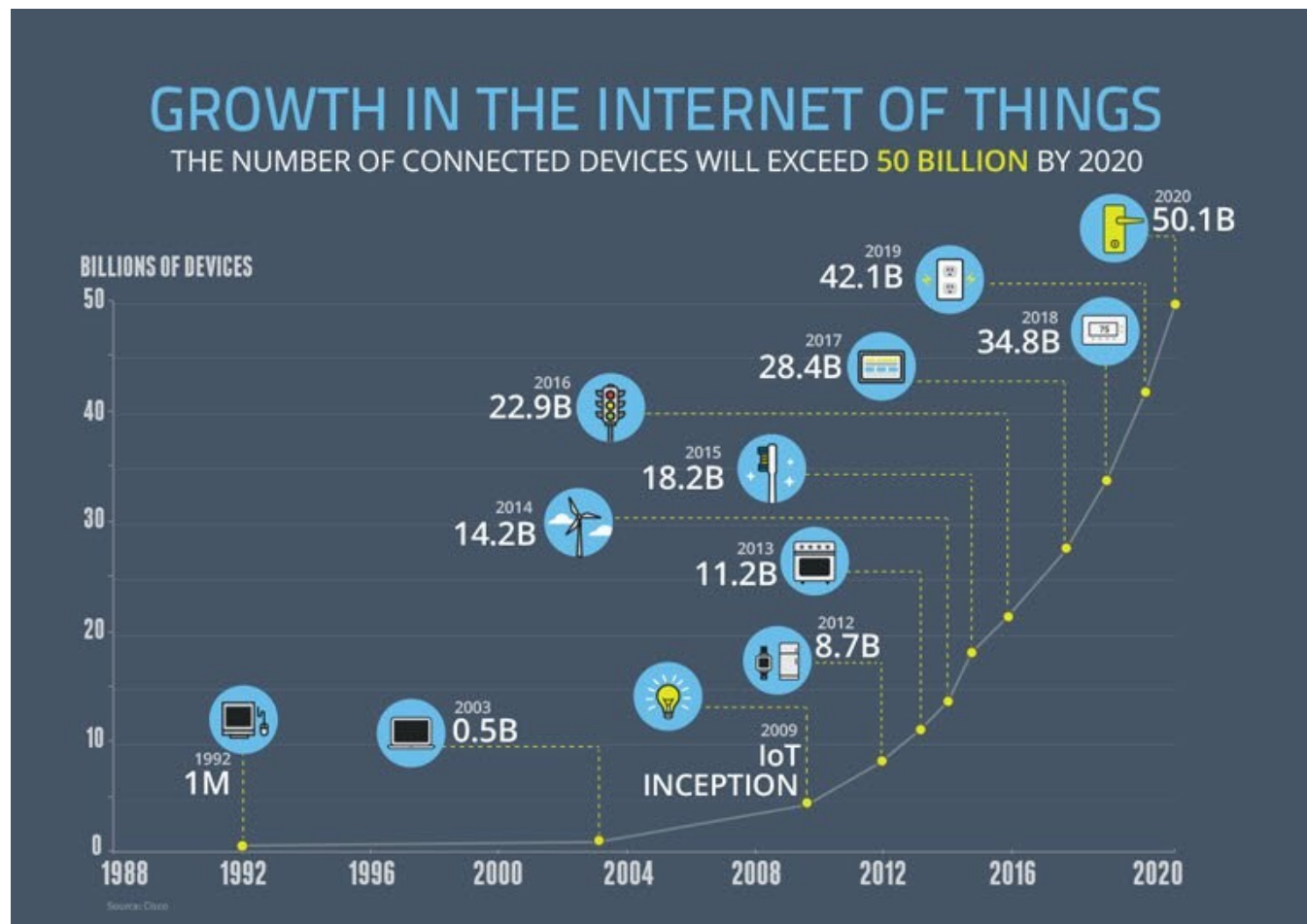
Umreženi uređaj („stvar“)

- Objekt iz fizičkog svijeta ili virtualnog digitalnog svijeta (virtualni objekt)
 - ima jedinstveni identifikator i povezan je na Internet (direktno ili putem posrednika)
 - senzor: opažanje okoline, potencijalno kontinuirano generira podatke
 - aktuator: može izvršiti određene funkcije



Source: Building the Web of Things: book.webofthings.io
Creative Commons Attribution 4.0

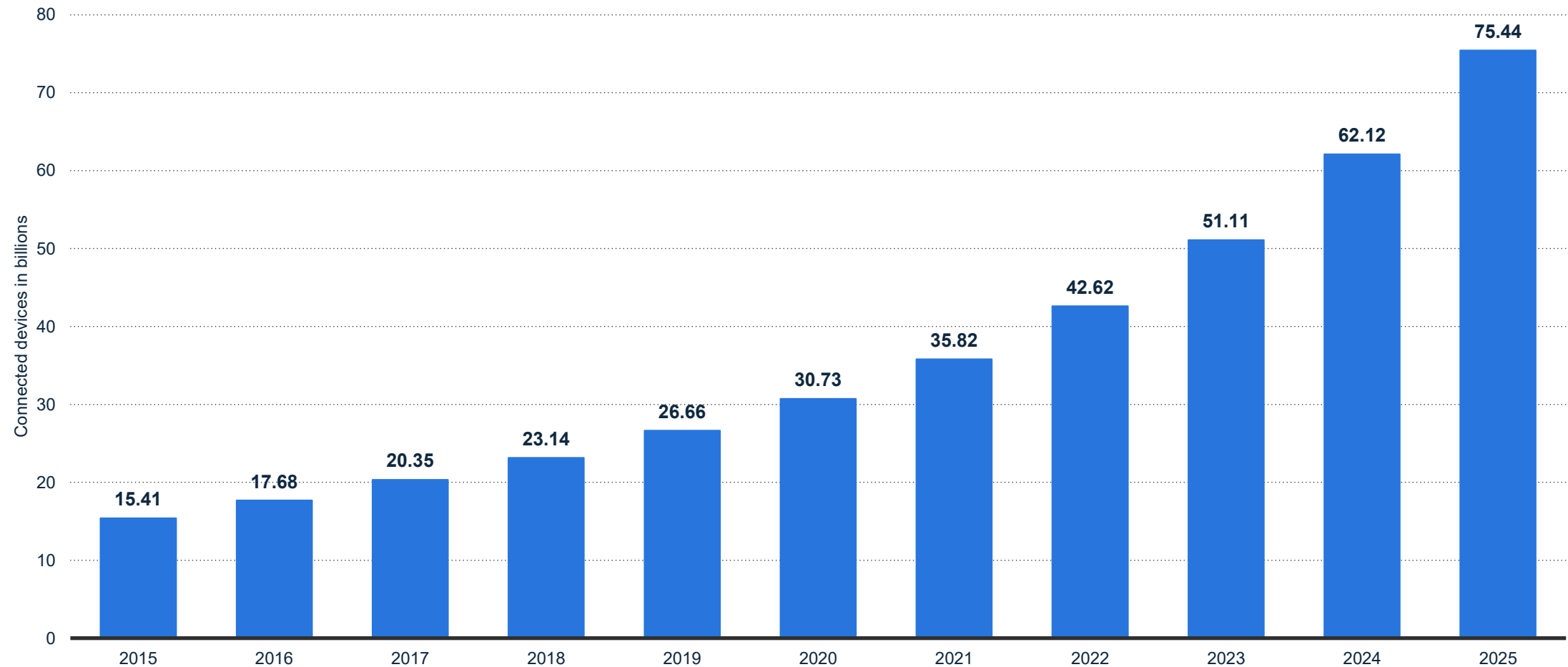
Broj stvari povezanih na Internet



Izvor: Cisco Internet of Things Infographic (2016)

Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions)

Internet of Things - number of connected devices worldwide 2015-2025



Kako smo stigli do IoT-a?

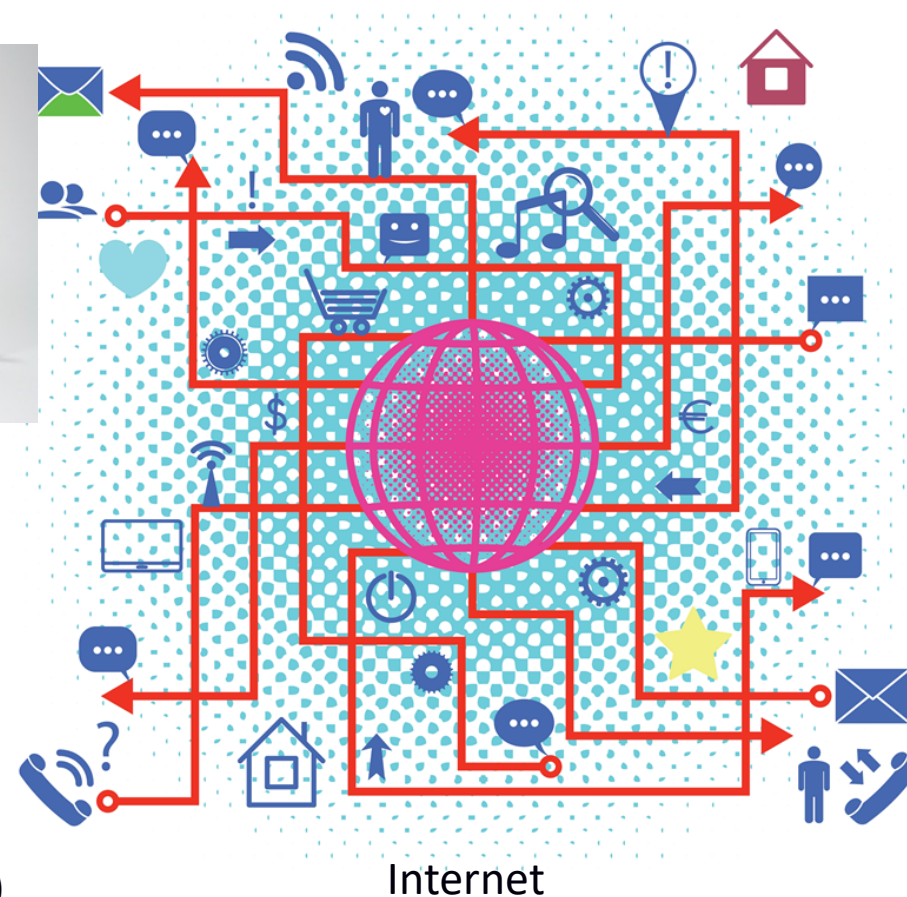


minijaturizacija el. sklopova,
smanjena potrošnja energije



pokretne mreže (4G)
i pametni telefoni

bežične senzorske mreže
Wireless Sensor Networks (WSN)



Internet of Things (IoT): definicija

ITU-T Recommendation Y.2060, 06/2012:

- *A global infrastructure for the information society, enabling **advanced services by interconnecting (physical and virtual) Things** based on, existing and evolving, interoperable information and communication technologies.*
 - *Through the exploitation of identification, data capture, processing and communication capabilities, the IoT makes **full use of things to offer services to all kinds of applications**, whilst ensuring that **security and privacy** requirements are fulfilled.*
 - *In a broad perspective, the IoT can be perceived **as a vision with technological and societal implications**.*

Područja primjene

Smart Home

- Smart Lighting
- Smart Appliances
- Intrusion Detection
- Smoke/Gas Detectors
- Energy Management

Smart City

- Smart Parking
- Waste Management
- Smart Lighting
- Emergency Response

Environment

- Weather Monitoring
- Air Pollution Monitoring
- Noise Pollution Monitoring
- Forest Fire Detection

Retail

- Inventory Management
- Smart Vending Machines
- Smart Payments

Logistics

- Fleet Tracking
- Shipment Monitoring
- Remote Vehicle Diagnostics
- Route Generation and Scheduling

Industry

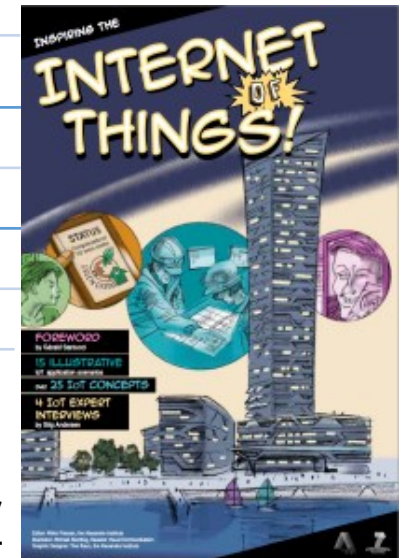
- Machine Diagnosis
- Object Tracking and Process Automation

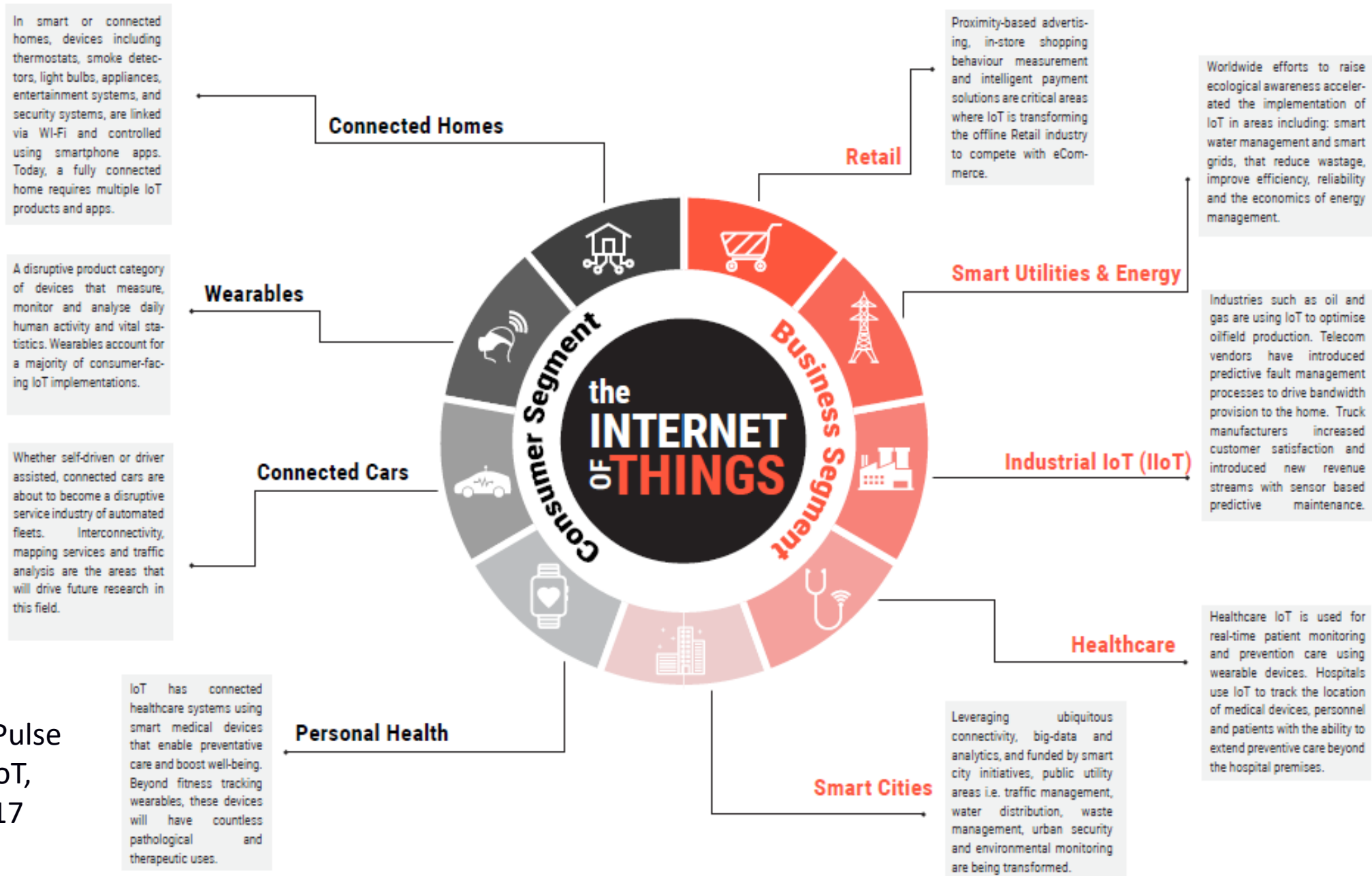
Agriculture

- Smart Irrigation
- Crop Monitoring

Za ljubitelje stripa

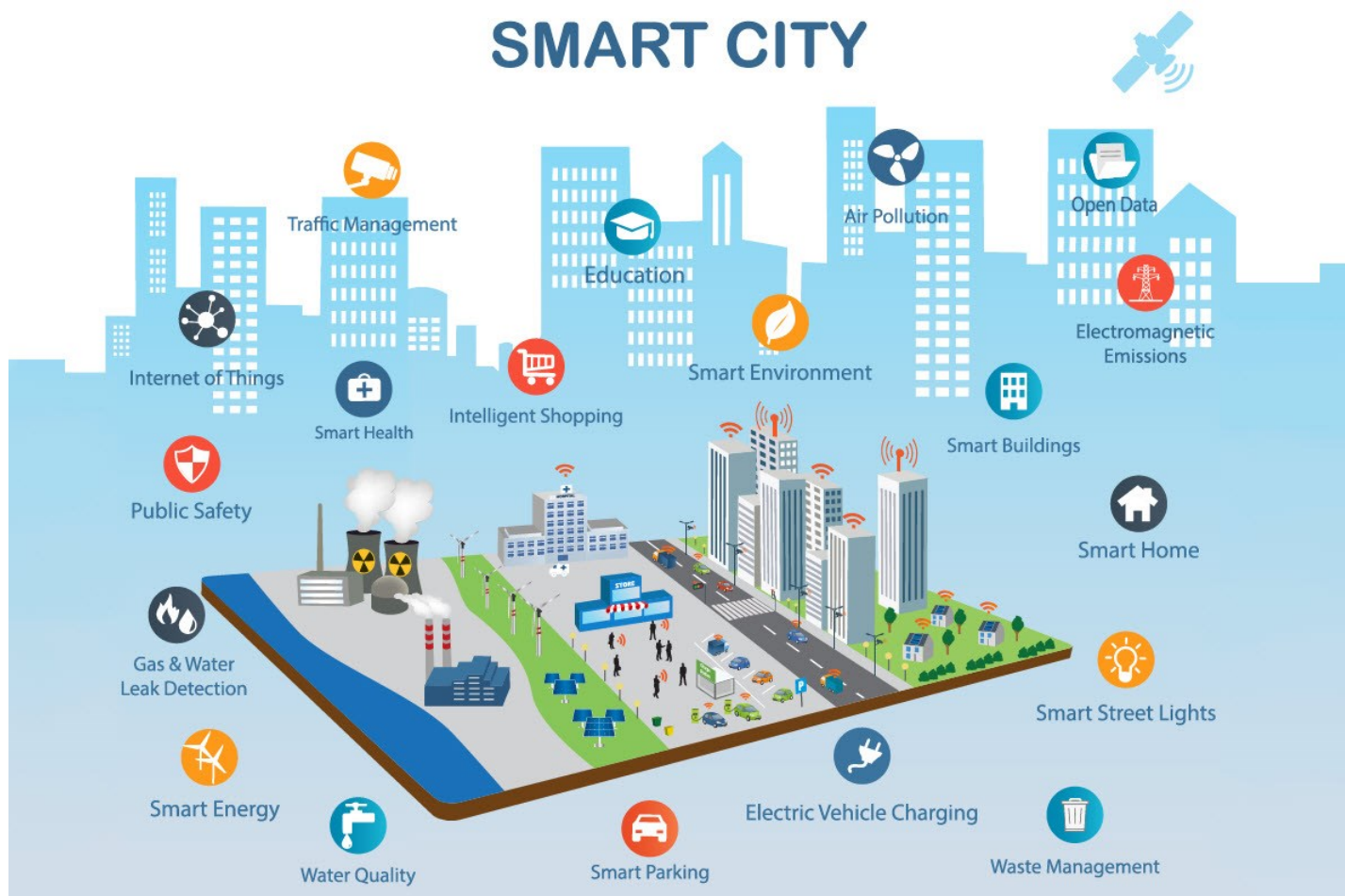
<http://iotcomicbook.org/original-edition/>





Izvor:
Statista,
Market Pulse
Report IoT,
April 2017

Koncept pametnog grada



Umreženi uređaji i inovativne IKT usluge su pokretači razvoja održivih i tehnološki naprednih gradova u službi **građana i gradskih službi**.

- ♦ Javni prijevoz
- ♦ Parkiranje
- ♦ Gradski promet
- ♦ Zbrinjavanje otpada
- ♦ Mjerenje buke, kvalitete zraka
- ♦ Pametna rasvjeta
- ♦ Energetska učinkovitost
- ♦ Nadzor prometnica
- ♦ Upravljanje prometom

Kako integrirati "stvari" i ponuditi inovativne aplikacije korisnicima?

- Pomoću programskih platformi (**IoT-platforma**) koje integriraju i upravljaju uređajima
 - uređaji: često imaju vrlo ograničene resurse te su povezani na Internet putem prilaznog uređaja (engl. *gateway*)
 - potrebno je objediniti i na jedinstveni način zapisati podatke primljene iz različitih izvora
 - potreba za obradom velike količine podataka (često u stvarnom vremenu)
 - raspodijeljeni sustav velikih razmjera
 - *Web of Things*: koncept koji povezuje uređaje direktno na WWW (tehnologije vezane uz protokol HTTP)

Business Value

Data Analytics

Core Platform

Connectivity

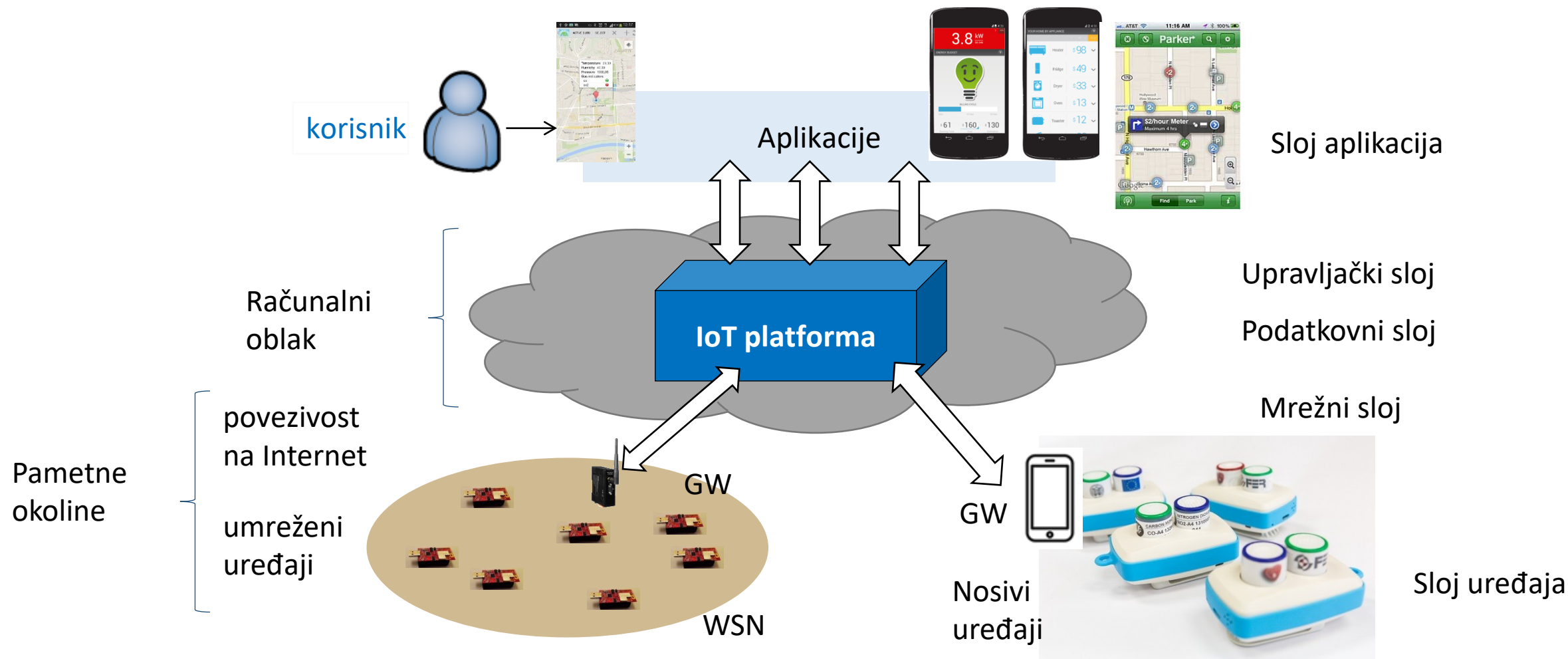
Thing

High-level IoT Stack

Okolina IoT-a

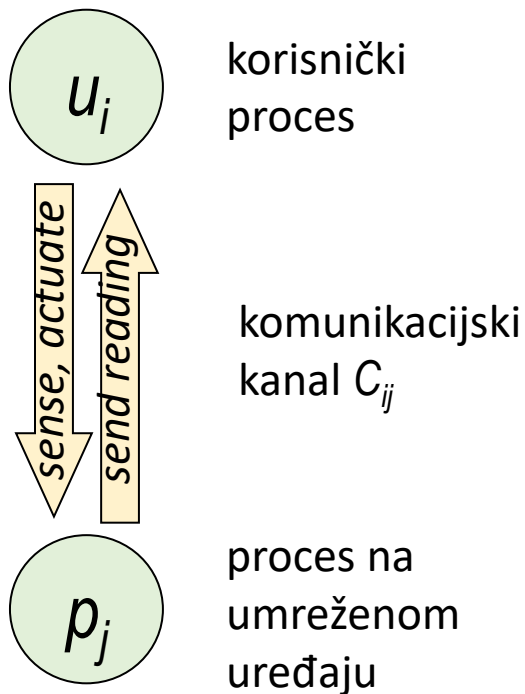
- **pametna okolina** integrira veći broj umreženih uređaja pomoću jedinstvene programske platforme kako bi se korisniku ponudile inovativne aplikacije (mobilne ili web aplikacije), npr. pametna kuća/ured/tvornica, pametan kampus, itd.
- **računani oblak**: pohrana i obrada podataka iz pametne okoline
- danas su na raspolaganju pretežno **izolirana rješenja** jednog ponuđača usluge u području IoT koji postavlja i integrira infrastrukturu u „pametnoj okolini“, podaci iz pametne okoline prikupljaju se u računalnom oblaku, pametnom okolinom se upravlja iz računalnog oblaka, a korisniku nude mobilne/web aplikacije za upravljanje vlastitom pametnom okolinom

Pojednostavljena arhitektura Interneta stvari



Generički model (osnovni) IoT-sustava

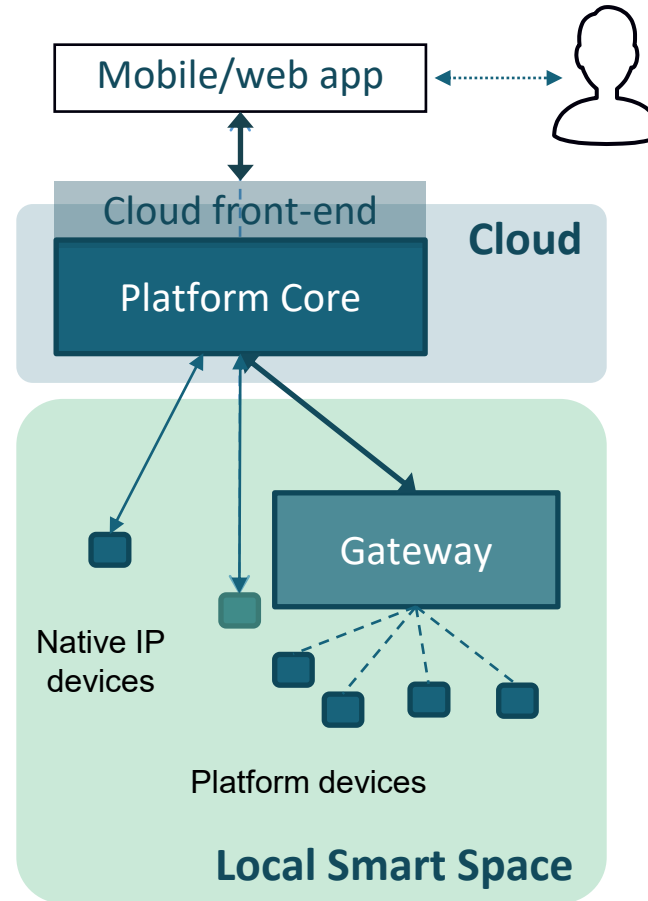
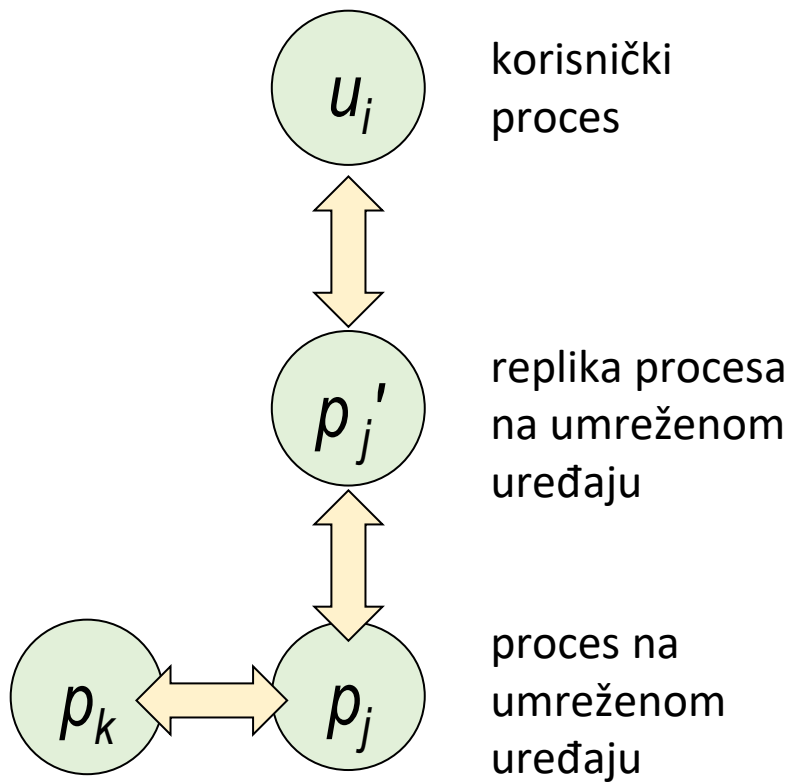
Vizija IoT-a prema *Web of Things*



- Raspodijeljeni sustav vođen događajima, modelira se I/O automatom
 - $u_i \in U$: U je konačni skup korisnika
 - $p_j \in P$: P je konačni skup uređaja
 - mogući događaji: *sense*, *actuate*, *send reading*
 - *send reading* je uvjetni događaj, posljedica *sense*

Programske platforme za IoT

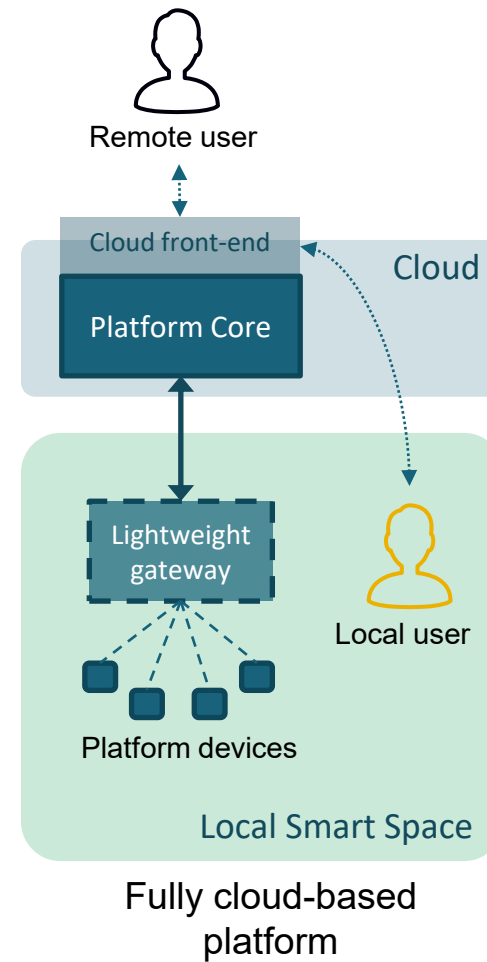
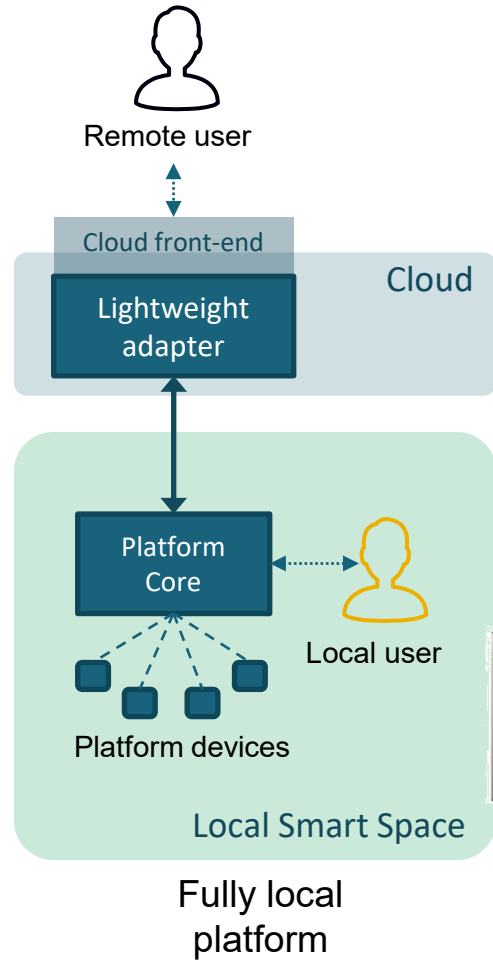
Prošireni model IoT-sustava



Virtualni entitet predstavlja stvarni uređaj

- programska platforma održava metapodatke o uređajima
- pohranjuje senzorska očitavanja, stanja aktuatora, obrađuje podatke

Vrste programskih platformi

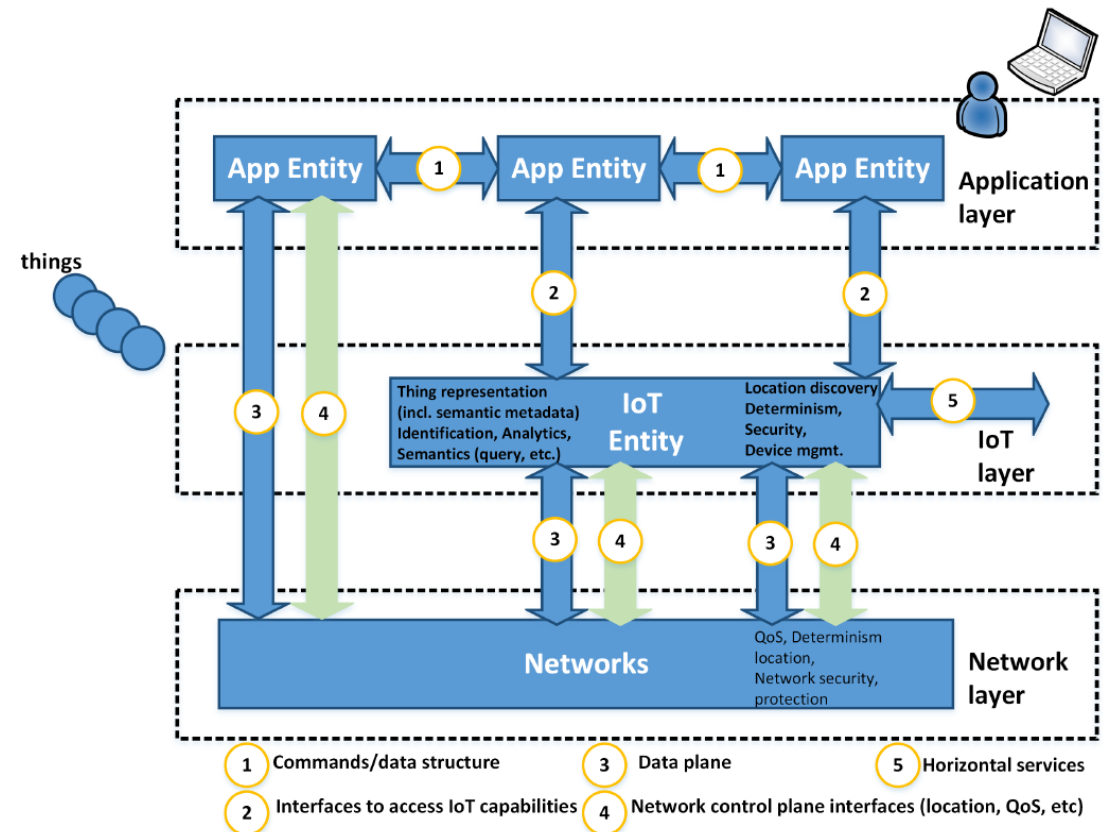


Referentne arhitekture (1/2)

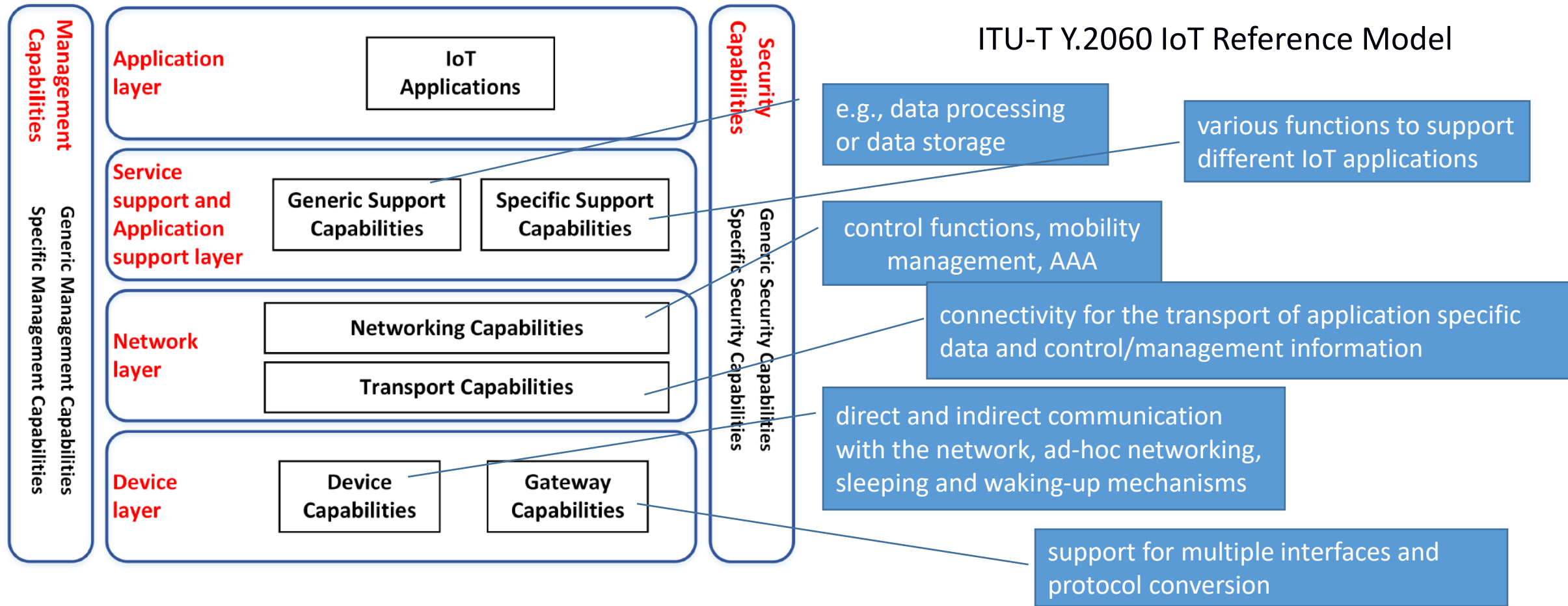
AIOTI HLA functional model

Konzorcij: Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI)

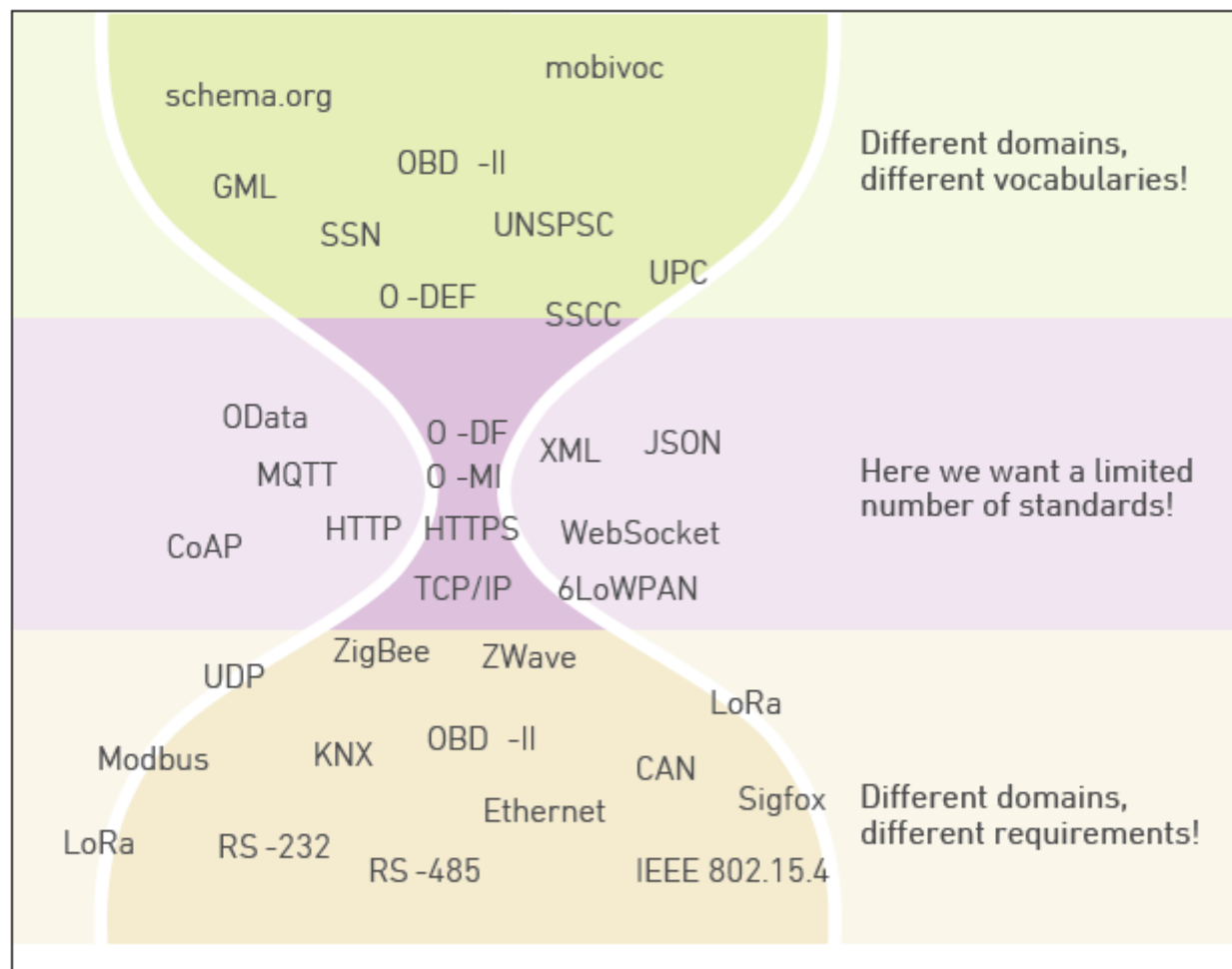
High Level Architecture (HLA)



Referentne arhitektura (2/2)



Različiti standardi i standardizacijska tijela



Web of Things at W3C



AIOTI

ALLIANCE FOR INTERNET OF THINGS INNOVATION



Izvor: IoT-EPI whitepaper, Advancing IoT Platforms Interoperability, 2018.

Izazovi IoT-a (1/2)

- Heterogeni uređaji i izvorni podataka, različiti protokoli
 - potrebno je osigurati interoperabilnost, uniforman pristup svim podacima
- Kontinuirano se generira velika količina podataka (*Big Data*) s obzirom na veliki broj izvora podataka
 - potreba za skalabilnom obradom i filtriranjem podataka u stvarnom vremenu
- **Veliki broj uređaja** koje je potrebno održavati
 - omogućiti pronalaženje uređaja, jednostavno povezivanje novih uređaja na Internet i samokonfiguracija stvari u "pametne okoline"
- **Sigurnost i privatnost**
 - veliki izazov za komercijalna rješenja, sigurnosni problemi u fizičkoj domeni (potencijalno mogu ugroziti ljudski život)
- Implementacija različitih **poslovnih modela**, **modeli naplate**
 - u inicijalnoj fazi, više na nivou ideje nego implementacije

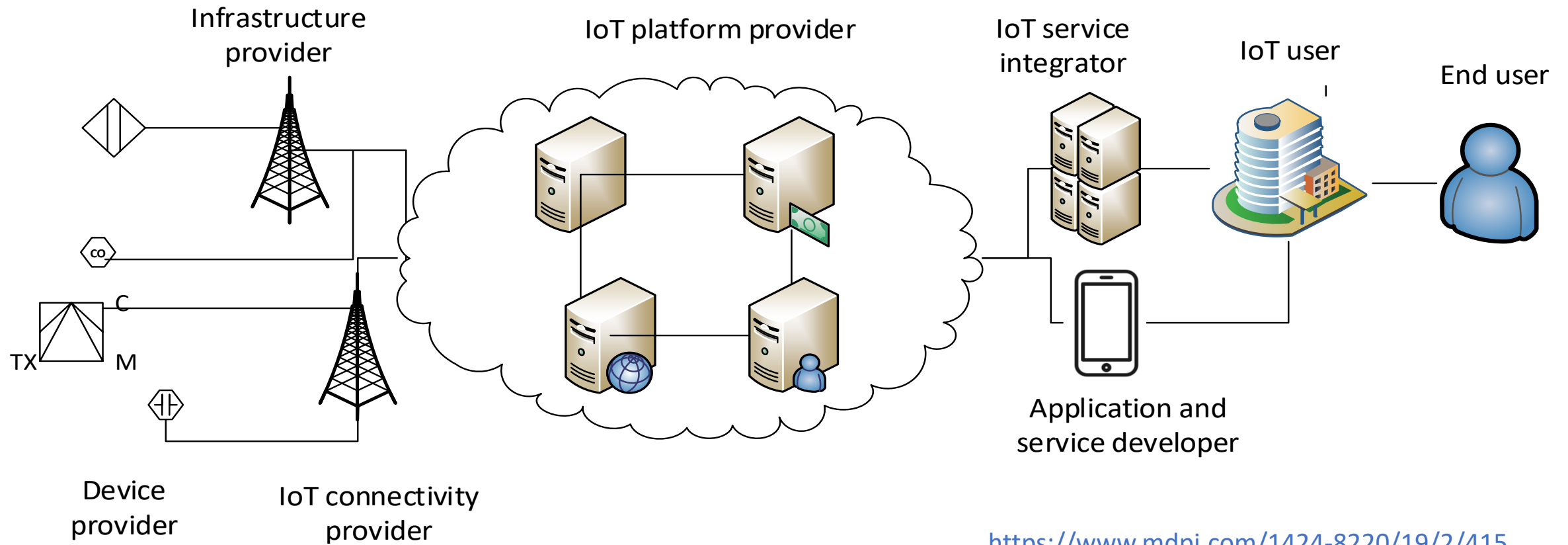
Izazovi IoT-a (2/2)

- Dinamične i prilagodljive aplikacije u skladu s kontekstom korisnika
- Fragmentacija tržišta
 - nova mobilna aplikacija za svaku umreženu stvar ili pametnu okolinu
- Integracija različitih **vertikalnih rješenja** u jedinstvenu IoT platformu
 - danas su na raspolaganju pretežno izolirana rješenja jednog ponuđača usluge u području IoT koji postavlja i integrira infrastrukturu u „pametnoj okolini” i nudi korisniku mobilne aplikacije za tu okolinu

Otvorena pitanja

- **Sigurnost**
 - Symantec 2018 Internet Security Threat Report (ISTR): broj napada na IoT uređaje je porastao 600 puta u 2017. u odnosu na 2016.
- **Privatnost**
 - Povećan je rizik povrede privatnosti i gubitka osobnih podataka, korisnici sve više postaju svjesni vrijednosti osobnih podataka te žele kontrolirati tko koristi njihove podatke (*podatkovni suverenitet*)
- **Skalabilnost**
 - Neće biti moguća bez interoperabilnih programskih rješenja
- **Decentralizacija**
 - Povjerenje (*trust*) postaje ključno za korisnike, trend primjene računalnih resursa „na rubu mreže” i tehnologije blok-lanca

Lanac vrijednosti za IoT

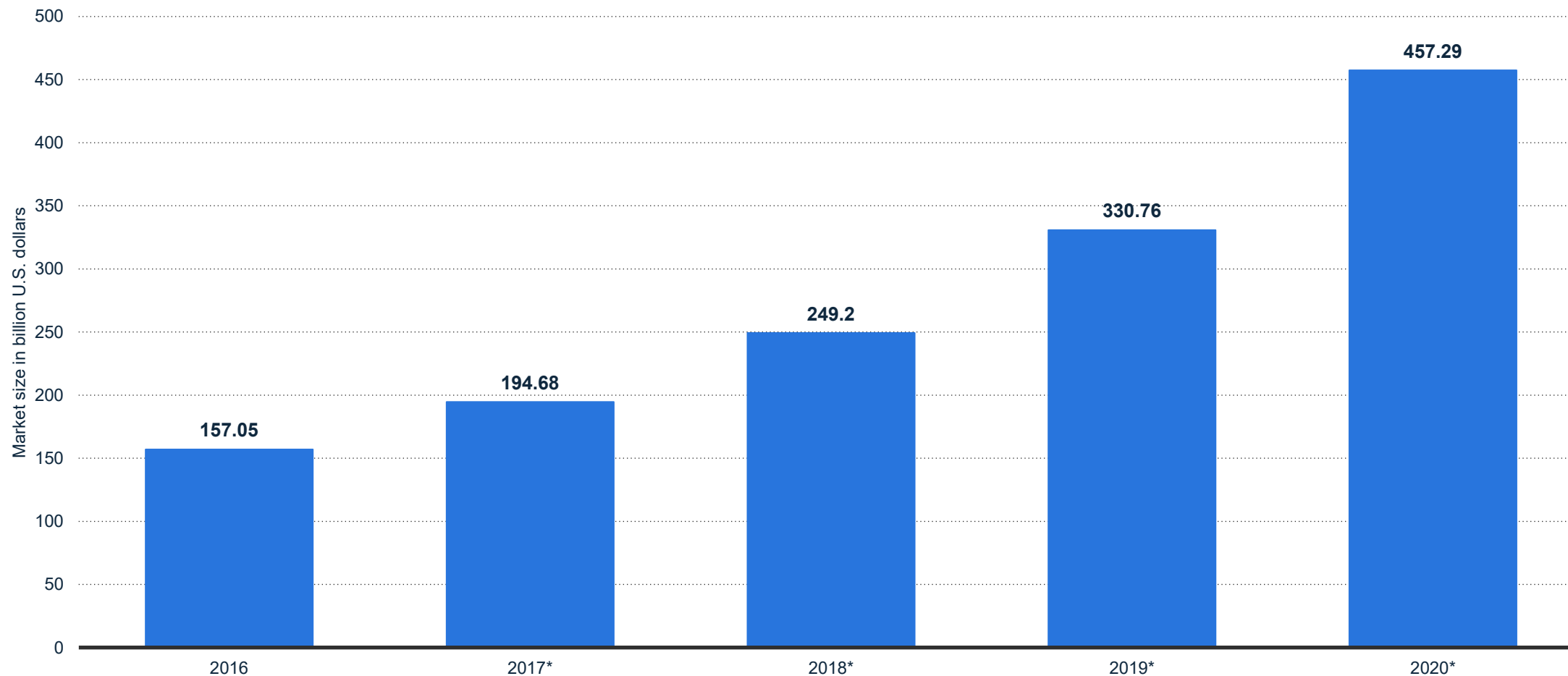


<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/415>

Tržišni potencijal

Size of the IoT market worldwide from 2016 to 2020 (in billion U.S. dollars)

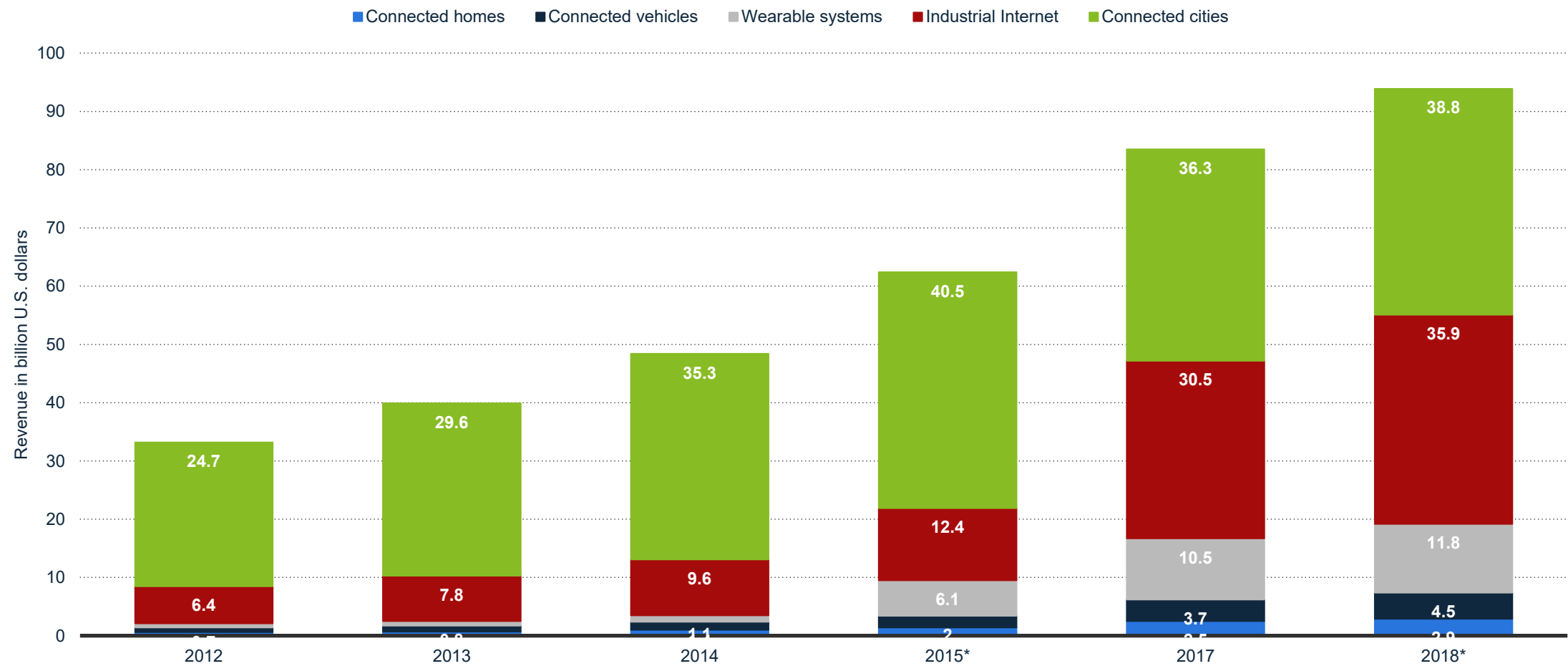
Global IoT market size 2016-2020



Izvor: Statista

Revenue of Internet of Things subsystems worldwide from 2012 to 2018 (in billion U.S. dollars)

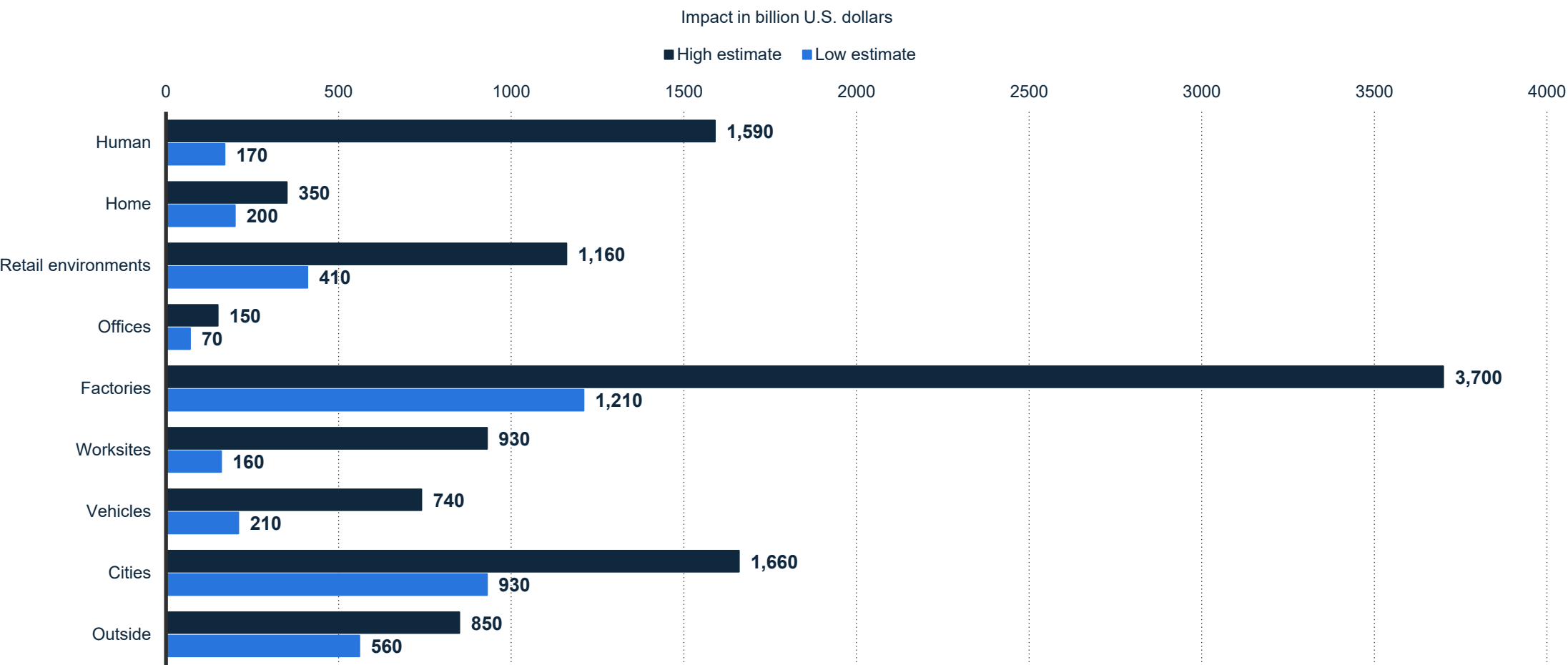
Internet of Things subsystems revenue worldwide 2012-2018



Izvor: Statista

Forecast economic impact of the Internet of Things (IoT) in 2025 (in billion U.S. dollars)

IoT economic impact forecast 2025, by sector



Izvor: Statista

Laboratorij za Internet stvari

<http://www.iot.fer.hr/>



Projekti



IoT-polje: Ekosustav umreženih uređaja i usluga za Internet stvari s primjenom u poljoprivredi

istraživački projekt financiran sredstvima ESIF

Suradne institucije: FERIT Osijek i Poljoprivredni institut Osijek

voditelj: prof. dr. sc. Ivana Podnar Žarko

(03/2020. – 02/2023.)



Pametne usluge usmjerene čovjeku u interoperabilnim i decentraliziranim okolinama Interneta stvari (IoT4us)

istraživački projekt HRZZ broj 1986

voditelj: prof. dr. sc. Ivana Podnar Žarko

(2020.-2023.)



Razvoj agrometeorološke platforme i mreže IoT uređaja tvrtke Pinova d.o.o., istraživački projekt IRI II

voditelj: prof. dr. sc. Mario Kušek

(09/2020. – 08/2023.)






Novi projekt: Horizon Europe



AloTwin

Twinning action for spreading excellence in Artificial Intelligence of Things

Trajanje: 01/2023-12/2025

No.	Participant Logo	Participant organisation name	Short Name	Country
1 (CO)	  <small>UNIVERSITY OF ZAGREB Faculty of Electrical Engineering and Computing</small>	University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing	UNIZG- FER	Croatia
2		RISE Research Institutes of Sweden AB	RISE	Sweden
3	 <small>TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN</small>	Technische Universität Wien	TUW	Austria
4	 <small>Technische Universität Berlin</small>	Technische Universität Berlin	TUB	Germany