



Mobilni sistemi i servisi

- Kontekstno svesne mobilne aplikacije –

**Katedra za računarstvo
Elektronski fakultet u Nišu**



Literatura

- ✚ Seng Loke, **Context-Aware Pervasive Systems: Architectures for a New Breed of Applications**, Auerbach Publications, 1 edition, 2006.
- ✚ Dan Chalmers, **Sensing and Systems in Pervasive Computing - Engineering Context Aware Systems**, Springer-Verlag, London Limited 2011.



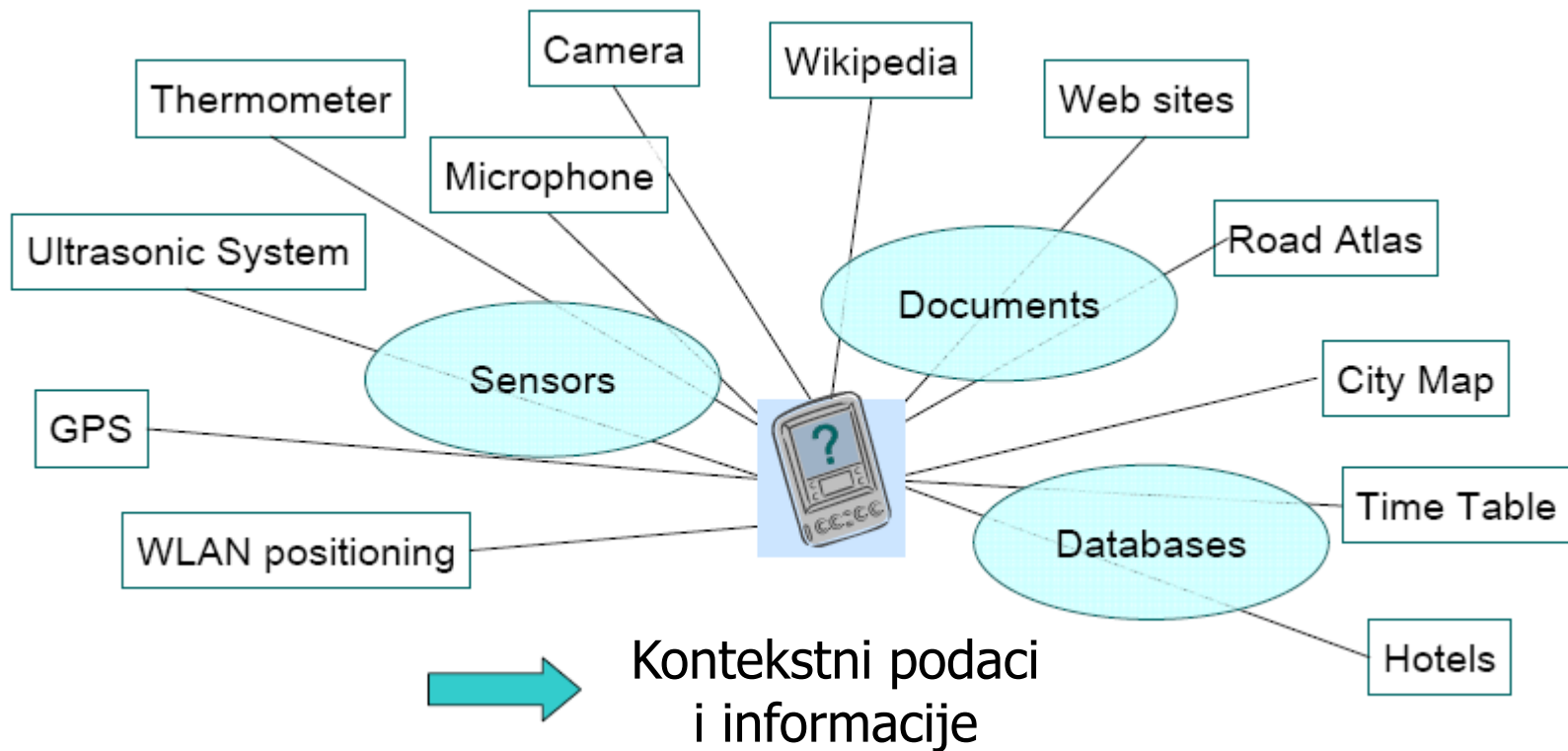
Ubiquitous (Pervasive) computing, applications and services

- ✿ **Marc Weiser**, (1952 - 1999) - *The Computer for the 21st Century (1991)* – vizionarski rad
 - ✿ *"The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it."*
- ✿ Da bi se postigla suština ove vizije u kojoj su računarski uređaji integrisani sa korisnicima/ljudima, nudeći računarske i informacione servise u svakom trenutku i na svakom mestu, sveprisutni (*ubiquitous*) sistemi moraju da budu **kontekstno-svesni** (*context-aware*)
- ✿ Definicija konteksta (Merriam Webster)
 1. *The parts of a discourse that **surround** a word or passage and can throw light on its **meaning***
 2. *The interrelated **conditions** in which something **exists** or **occurs***
- ✿ Budući da su računarski resursi integrisani sa okruženjem i ljudima, čiji se kontekst neprekidno i brzo menja, aplikacije i servisi moraju da se efikasno adaptiraju na nove situacije u kojima se nalazi korisnik koji ih koristi i na okruženje u kome se nalazi.
- ✿ **Kontekstna-svesnost** postaje ključni zahtev mobilnih i sveprisutnih računarskih sistema i aplikacija.

Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Mobilni računarski uređaji

- Obezbeđuju podatke za definisanje konteksta korisnika u korišćenju mobilne aplikacije





UPRAVLJANJE SENZORIMA

Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Prof. dr Dragan Stojanović

Mobilni sistemi i servisi

Senzori na mobilnim uređajima

- ✿ Mikrofon
- ✿ Kamera
- ✿ Senzori pozicije
 - ✦ GPS - senzor lokacije i brzine
 - ✦ Magnetometar – digitalni kompas
- ✿ Senzori pokreta i orijentacije
 - ✦ Akcelerometar
 - ✦ Gravitacioni senzor
 - ✦ Žiroskop
- ✿ Senzor blizine (*Proximity*)
- ✿ Ambijentalno osvetljenje
- ✿ Bežični mrežni interfejsi
 - ✦ WiFi
 - ✦ Bluetooth
 - ✦ NFC
- ✿ Ostali senzori: temperatura, vlažnost vazduha, pritisak, ...

Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

TI SensorTag kit

- ✿ The new SensorTag IoT kit invites you to realize your cloud-connected product idea
 - ✦ <http://www.ti.com/tools-software/sensortag.html>
- ✿ SensorTag includes 10 low-power MEMS sensors
 - ✦ light, digital microphone, magnetic sensor, humidity, pressure, accelerometer, gyroscope, magnetometer, object temperature, and ambient temperature
- ✿ SimpleLink SensorTags
 - ✦ CC2650 BLE/Multi standard SensorTag
 - ✦ CC1350 BLE and Sub-1GHz Long Range SensorTag
 - ✦ Wi-Fi CC3200 SensorTag
- ✿ DevPack plug-in modules allow you to extend the functionality of your SensorTag and add features including display, lighting, capacitive touch, new sensors, actuators, and much more.



Android – senzori

<https://developer.android.com/guide/topics/sensors>

- ✿ Upravljanje senzorima obavlja se preko klase *SensorManager*
- ✿ Objekat klase *SensorManager* se pribavlja kao sistemski servis - *getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE)*
- ✿ Senzoru se pristupa preko objekta klase *Sensor*
Sensor s = SensorManager.getDefaultSensor(int type)
- ✿ Tipovi senzora (argument *type*)
 - ✦ TYPE_ACCELEROMETER, TYPE_GRAVITY, TYPE_GYROSCOPE, TYPE_LIGHT, TYPE_MAGNETIC_FIELD, TYPE_PRESSURE, TYPE_PROXIMITY, TYPE_AMBIENT_TEMPERATURE,...
- ✿ Klasa *SensorEvent* omogućava dobijanje informacija o senzorskom događaju: senzorske podatke, tip senzora koji je generisao podatke, tačnost podataka i vreme očitavanja
- ✿ Interfejs *SensorEventListener* definiše dva metoda za dobijanje notifikacija od SensorManager-a kada se promene senzorske vrednosti: *onAccuracyChanged*, *onSensorChanged*



Android - Activity Recognition

- Activity Recognition API - Google Play Services
- Aktivnosti
 - IN_VEHICLE, ON_FOOT, RUNNING, WALKING, ON_BICYCLE, STILL, TILTING, UNKNOWN

- Dodatak u manifest-u

```
<uses-permission android:name="com.google.android.gms.permission.ACTIVITY_RECOGNITION" />  
  
<service android:name=".services.DetectedActivityIntentService" />  
<service android:name=".services.ActivityDetectionService" />
```

- Klasa *ActivityRecognitionClient*, metod *requestActivityUpdates*

```
mActivityRecognitionClient = new ActivityRecognitionClient(this);  
Task<Void> task = mActivityRecognitionClient.requestActivityUpdates(  
    DETECTION_INTERVAL_IN_MILLISECONDS,  
    mPendingIntent);
```

- Detektovana(-e) aktivnosti se dobijaju korišćenjem klase *ActivityRecognitionResult*

```
ActivityRecognitionResult result = ActivityRecognitionResult.extractResult(intent);  
List<DetectedActivity> detectedActivities = result.getProbableActivities();
```

iOS - senzori

Core Motion framework

- Upravljanje i pristup podacima sa senzora: akcelerometra, žiroskopa, magnetometra, pedometra,...

CMMotionManager klasa predstavlja *gateway* za pristup motion servisima na iOS.

- Akcelerometar – klasa *CMAccelerometerData*
- Žiroskop – klasa *CMGyroData*
- Magnetometar – klasa *CMMagnetometerData*
- Pomeranje uređaja – klasa *CMDeviceMotion*
- Relativne promene visine - klasa *CMAltimeter*
- Broj koraka – klasa *CMPedometer*

Senzor blizine - pristup preko *UIDevice* klase



Windows 10 UWP - senzori

- ✿ *Windows.Devices.Sensors* namespace
- ✿ Klase za pristup senzorima:
 - ✿ *Accelerometer, Compass, Gyrometer, Motion, Altimeter, ...*
- ✿ Interfejsi u zavisnosti od senzora koji se koristi (npr. *IAccelerometerReading*)
- ✿ Klase za očitavanje vrednosti sa senzora implementiraju odgovarajuće interfejse (**Reading*)
 - ✿ *AccelerometerReading, CompassReading, MotionReading, AltimeterReading, ...*
 - ✿ *public sealed class Accelerometer : IAccelerometer, IAccelerometer2, IAccelerometer3, IAccelerometer4, IAccelerometerDeviceId*
- ✿ Akcelerometar
 - ✿ *ReportInterval* – atribut definiše učestalost očitavanja vrednostiktora.
 - ✿ *getCurrentReading()* – metod za očitavanje vrednosti.
 - ✿ *readingChanged* – metod koji odgovara na događaj koji nastaje kada stignu novi podaci sa senzora



Windows UWP - senzori

- ✱ Visina – klase *Altimeter* i *AltimeterReading*
- ✱ Vazdušni pritisak – klase *Barometer*, *BarometerReading*
- ✱ Kompas – klase *Compass*, *CompassReading*
- ✱ Ambijentalno osvetljenje – *LightSensor*, *LightSensorReading*
- ✱ Brojač koraka – klase *Pedometer*, *PedometerReading*
- ✱ Senzor blizine – *ProximitySensor*, *ProximitySensorReading*
- ✱ ...



KONTEKSTNA SVESNOST (CONTEXT AWARENESS)

Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Prof. dr Dragan Stojanović

Mobilni sistemi i servisi

Kontekst

- ✿ Mobilne aplikacije i servise karakteriše neprekidno menjanje ...
 - ✦ okruženja korisnika koji upotrebljava aplikaciju
 - ✦ računarskih/komunikacionih karakteristika njegovog uređaja
 - ✦ njegova aktivnost, njegov profil i preference
 - ✦ vreme u kome koristi aplikaciju
- ✿ Sve ove informacije čine **kontekst**, a aplikacije koje mogu autonomno da detektuju kontekst i prilagode se tom kontekstu se nazivaju **kontekstno-svesne aplikacije**
- ✿ **Lokaciono-zasnovani servisi** predstavljaju osnovne kontekstno-svesne aplikacije u kojima je kontekst definisan samo lokacijom korisnika i vremenskim trenutkom interakcije sa servisom

Definicija konteksta

- ✿ **Kontekst** je svaka informacija koja se može iskoristiti da definiše situaciju u kojoj se neki entitet nalazi. Pod entitetom se podrazumeva osoba, objekat ili geografska lokacija koja se smatra relevantnom za interakciju između korisnika i aplikacije. Pod entitetima se takođe smatraju i sam korisnik i aplikacija.
 - ✦ *Anind K. Dey. Understanding and using context. Personal and Ubiquitous Computing, 5(1):4–7, 2001.*
- ✿ Sistem je **kontekstno-svestan** ako koristi kontekst da obezbedi relevantne informacije i/ili servise korisnicima, gde relevantnost takođe zavisi od korisnikove aktivnosti i zadatka, a takođe i da prilagodi isporučeni sadržaj, funkcionalnost servisa, način prikaza informacija i interakcije korisnika sa aplikacijom na mobilnom uređaju.

Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Klasifikacija konteksta

- ✿ **Računarski kontekst** – obuhvata tehničke karakteristike računarskih uređaja koje korisnik koristi, ili su u njegovoj blizini, karakteristike dostupnih mrežnih konekcija: tip mreže, cena prenosa podataka, brzina prenosa, kao i računarske uređaje u blizini korisnika, kao što su štampači, displeji, desktop radne stanice i serveri.
- ✿ **Korisnički kontekst** – podrazumeva preference korisnika, profil, lokaciju korisnika kao i prisustvo drugih osoba u blizini. Korisnički kontekst obuhvata čak i socijalnu situaciju u kojoj se korisnik nalazi.
- ✿ **Fizički kontekst** – obuhvata fizičke karakteristike prostora (okruženja) u kome se korisnik nalazi: nivo osvetljenja i buke, temperaturu, stanje u saobraćaju i slično.
- ✿ **Vremenski kontekst** – trenutno doba dana, dan u nedelji, mesecu, godišnje doba i slično.
- ✿ **Istorijat konteksta** je posebno bitan kada se formira profil korisnika analizom i *mining*-om korisnikovih akcija i promena konteksta u vremenu.

Adaptacija aplikacija na kontekst

- ✿ **Prikaz informacija i servisa** obuhvata funkcionalnosti koje korisniku direktno prikazuju informacije o kontekstu u neobrađenom obliku ili na osnovu podataka o kontekstu sistem nudi funkcionalnosti za koje smatra da su relevantne u trenutnom kontekstu.
 - ✦ Primer: korisniku se na mapi prikazuje njegova trenutna pozicija, pravac i brzina kretanja, na osnovu brzine kretanja korisniku se nude opcije koje imaju smisla samo ako se korisnik nalazi u vozilu (velika brzina kretanja) ili ako je statičan (brzina kretanja bliska nuli).
- ✿ **Automatsko izvršenje servisa** na osnovu podataka o kontekstu korisnika ili promene konteksta. vrši se izbor servisa iz grupe ponuđenih servisa (primer: štampanje na najbližem štampaču), ili servisi menjaju svoje karakteristike i način izvršenja u skladu sa kontekstom korisnika bez potrebe za njegovom intervencijom.
 - ✦ Primer: servis za navigaciju u slučaju da je korisnik promašio skretanje automatski računa sledeću najoptimalniju putanju i korisniku prikazuje instrukcije za navigaciju po toj novoj putanji.

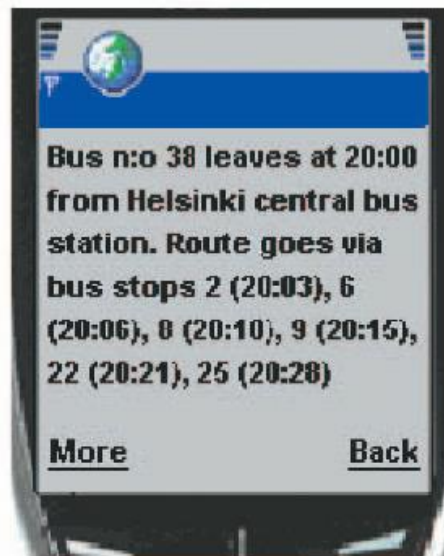
Adaptacija aplikacija na kontekst

❁ Korišćenje kontekstnih informacija i vezivanje (*tagging*) za druge informacije radi pretraživanja informacija.

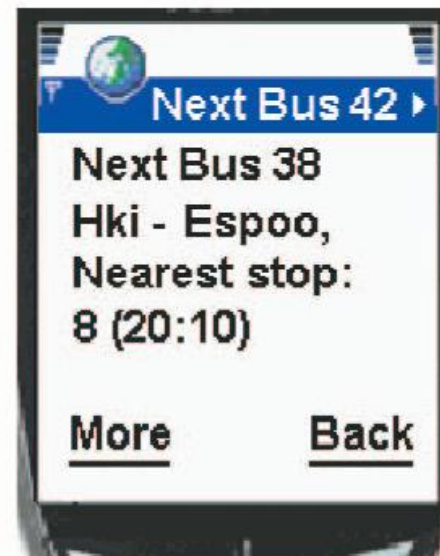
- ❁ Aplikacije skladište i kasnije koriste podatke o istoriji akcija korisnika obogaćenih kontekstnim informacijama. Na taj način je omogućena automatizovana ekstrakcija informacija o korisnikovim navikama i preferencama.
- ❁ Primer: aplikacija koja “zna” da korisnik svakog petka počevši od 21:00 večera u restoranu na datoj geografskoj lokaciji i da ne želi da bude uznemiravan, pa u skladu sa time ne želi da bude informisan audio signalima o pristiglim porukama (E-Mail, SMS...).

Kontekstno-svesne aplikacije – Efikasni korisnički interfejs

- ✿ Efikasniji korisnički interfejs koji se prilagođava promenama konteksta
 - ✦ Osvetljeniji ekran u tamnom prostoru
 - ✦ Jednostavniji tekst i veća slova ukoliko se korisnik kreće



normalni



tamni prostor &
korisnik se kreće

Kontekstno-svesne aplikacije – Efikasni korisnički interfejs (2)

- ✦ Prikazuje samo važan deo video snimka u slučaju malog propusnog opsega bežične mreže, ili u slučaju malog ekrana korisnikovog mobilnog uređaja



veliki ekran

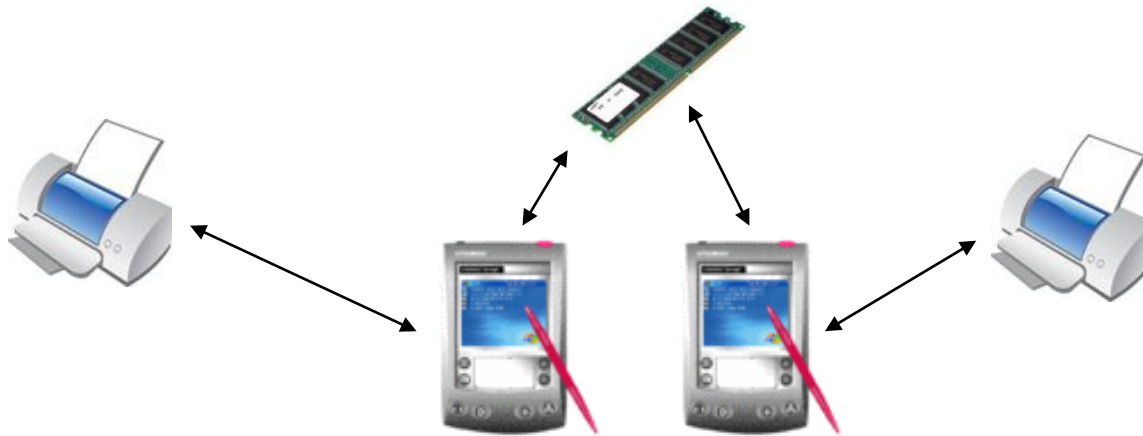


mali ekran

- ✦ Različiti meniji za različite mesta na kojima se korisnik nalazi
- ✦ Sortira se lista osoba iz liste kontakata prema udaljenosti od korisnika, ili se prikazuju na mapi
- ✦ Zavisi od preferenci korisnika

Kontekstno-svesne aplikacije - Rekonfiguracija

- Optimizuje pristup računarsko/komunikacionim resursima u skladu sa kontekstom
 - Izbor najbrže konekcije sa serverom
 - Korišćenje memorije najbližeg besposlenog (*idle*) računara pre nego *swap*-ovanje na disk
 - Štampanje na najbliži štampač
 - Lociranje preko najtačnije/najmanje zahtevne metode u pogledu resursa



Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Generalni model kontekstne-svesnosti



✚ Generisanje

- ✚ Kontekstne informacije se dobijaju preko korisničkog interfejsa ili putem senzora, fizičkih, virtuelnih i socijalnih

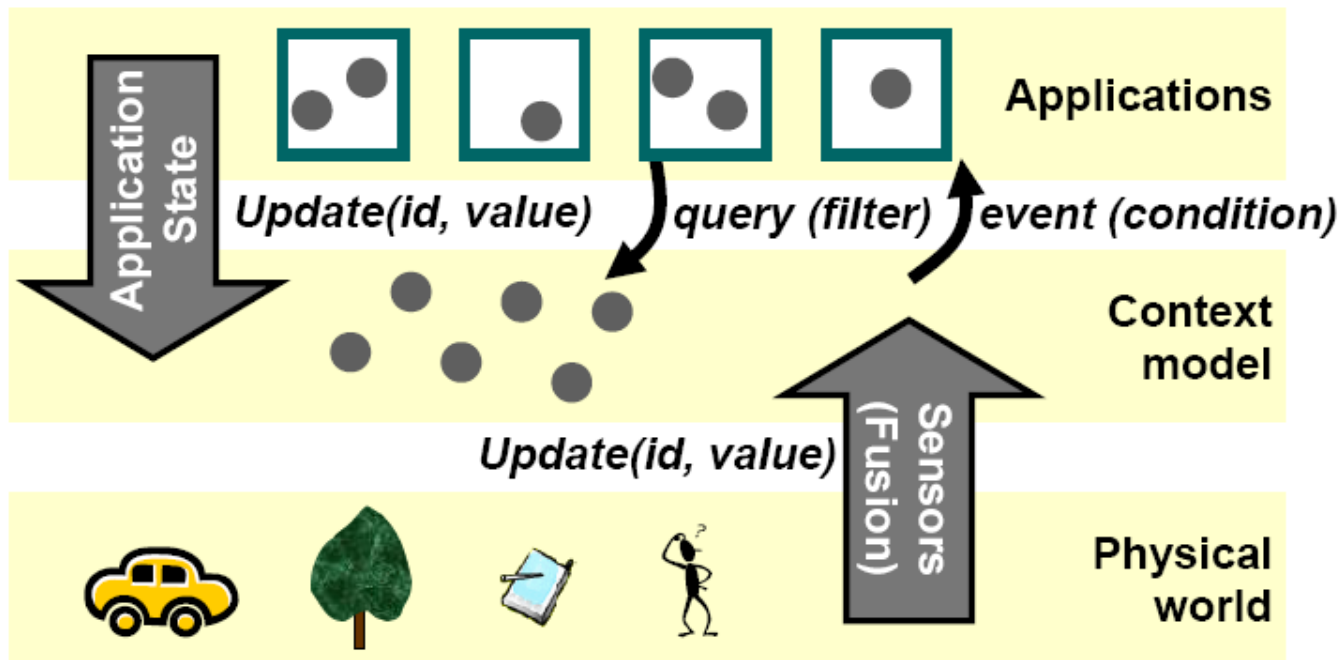
✚ Procesiranje

- ✚ transformacija sirovih podataka u informacije koje nose značenje o kontekstu (aktivnostima i okruženju korisnika)

✚ Korišćenje

- ✚ Korišćenje kontekstnih informacija za adaptaciju ponašanja i karakteristika aplikacije, kao i generisanje eventualne reakcije kao izlaz na promenu konteksta

Model kontekstno-svesnih aplikacija



Application
Storage/Management
Preprocessing
Raw data retrieval
Sensors

Konceptualna arhitektura kontekstno-svesnih aplikacija

- ✚ **Sloj senzora** se sastoji od kolekcije različitih senzora. Pri tome se ne misli samo na fizičke (hardverske) senzore već na sve izvore informacija koje mogu da obezbede korisne kontekstne informacije, virtuelne (logičke, softverske) i socijalne "senzore".
- ✚ **Sloj adaptera senzora** je odgovoran za prikupljanje sirovih kontekstnih podataka sa senzora (*retrieval of raw context data*). Ovaj sloj koristi odgovarajuće drajvere za fizičke senzore i API-e za virtuelne i logičke senzore.
- ✚ **Sloj preprocesiranja** je odgovoran za zaključivanje (*reasoning*) i interpretiranje kontekstnih informacija. Na osnovu kontekstnih podataka dobijenih od senzora ovaj sloj generiše kontekstne informacije višeg nivoa apstrakcije.
- ✚ **Sloj za smeštanje i upravljanje** kontekstom (*Storage and Management*), organizuje kontekstne podatke i obezbeđuje pristup ovim podacima od strane klijenta preko javnih interfejsa. Klijenti mogu pristupiti ovim podacima na dva načina: **sinhroni** i **asinhroni**.
- ✚ **Aplikacioni sloj** predstavlja implementaciju **kontekstno-svesne** aplikacije. U okviru ovog sloja se implementira reakcija na različite događaje koji utiču na promene vrednosti konteksta i obezbeđuje podrška za adaptiranje aplikacije u skladu sa kontekstom.

Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Klasifikacija senzora i način opažanja konteksta

❁ Fizički senzori

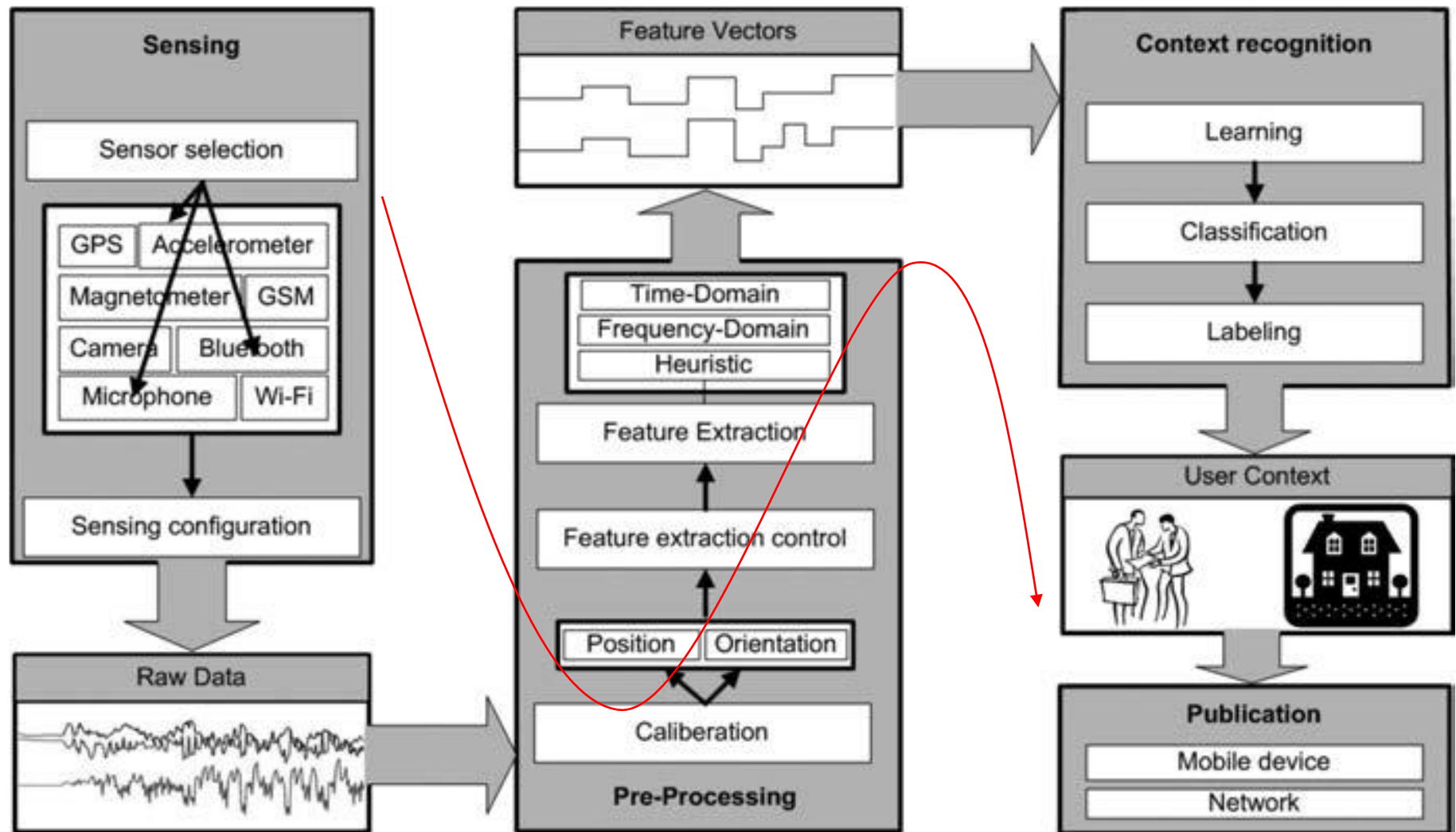
- ❁ Osvetljenje - Fotodiode, IC i UV senzori, detektori boje
- ❁ Vizuelni kontekst - kamere
- ❁ Audio - Mikrofoni
- ❁ Pokret, ubrzanje - akcelerometri, detektori pokreta, žiroskop, kompas,...
- ❁ Lokacija (GPS, WiFi-zasnovana, itd.)
- ❁ Dodir - detektori dodira prsta na mobilnim uređajima
- ❁ Senzori temperature, vlažnosti vazduha, atmosferskog pritiska, zagađenja, itd.
- ❁ Fizički atributi - biometrijski senzori (krvni pritisak, puls, otpor kože itd.)

- ❁ **Virtuelni (logički, softverski) senzori** - kontekstne informacije se mogu dobiti na osnovu korisnikove interakcije sa aplikacijama ili servisima. Na primer, lokacija korisnika se može detektovati pretraživanjem njegovog elektronskog kalendara/rokovnika, dok se korisnikova aktivnost može odrediti putem akcelerometra, ili na osnovu trenutno aktivne aplikacije

- ❁ **Socijalni senzori** – komunikacija interakcija sa "prijateljima" iz okruženja, razmena poruka, telefonski pozivi, itd.

- ❁ Kombinujući ove informacije sa podacima iz dostupnih Web servisa, sistem generiše **kontekstne informacije višeg nivoa (semantičke)** koje opisuju situaciju, ponašanje, aktivnosti i osobine korisnika.

Prepoznavanje konteksta



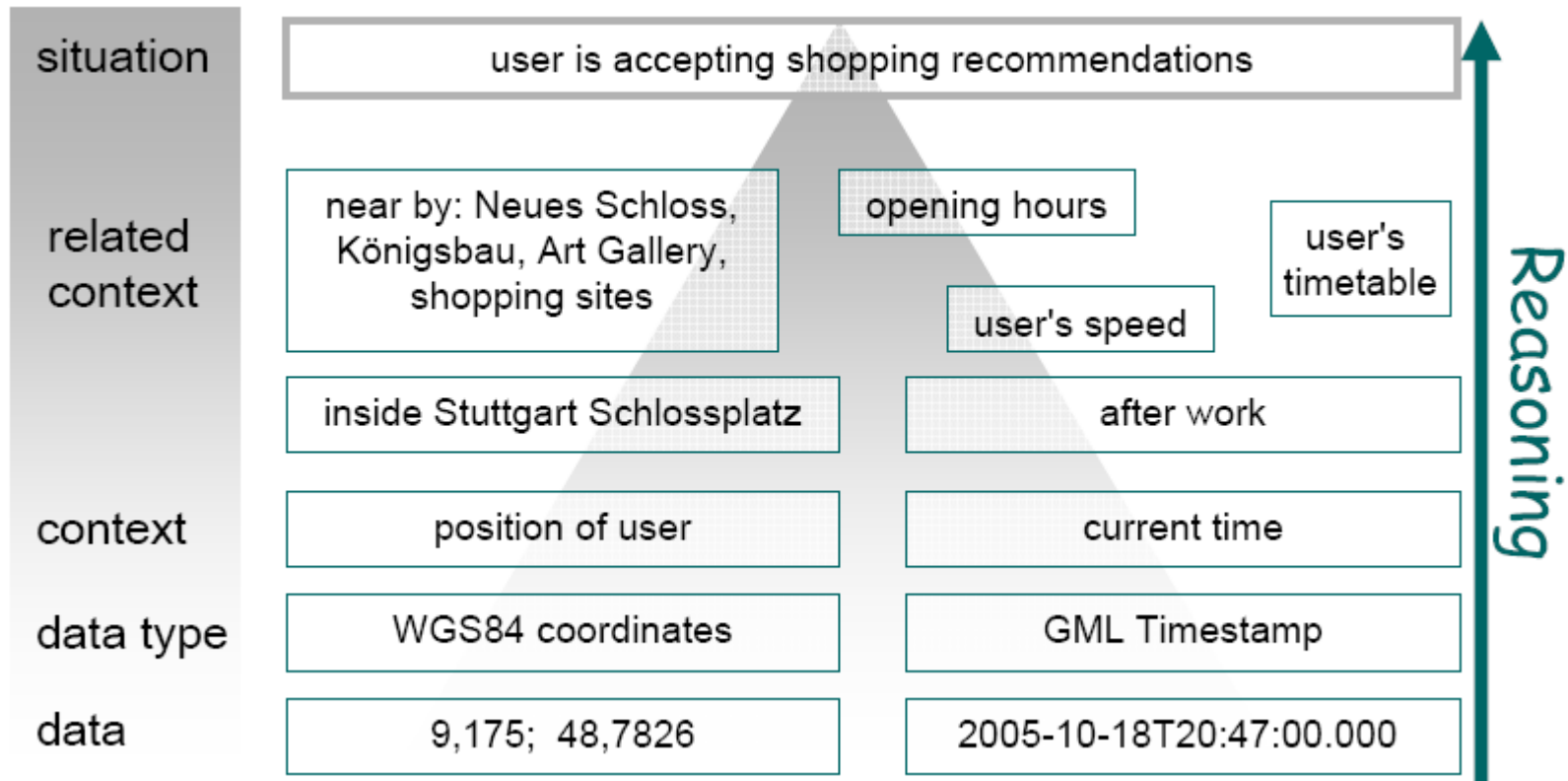
Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Modeliranje konteksta

- ✱ **Modeli ključ – vrednost** (*Key-Value*)
- ✱ **Modeli koji koriste markup scheme (XML)** - hijerarhijsko uređenje vrednosti kroz tagove za obeležavanje. Tagovi su najčešće rekurzivno definisani drugim tagovima (primeri, CC/PP, User Agent Profile – UAProf, zasnovani na RDF)
- ✱ **Grafički modeli** - Modeli konteksta iz ove grupe uglavnom vode poreklo od danas široko korišćenog jezika UML (Unified Modelling Language) – primer *Context Modeling Language* (proširenje ORM).
- ✱ **Objektno orijentisani modeli**
- ✱ **Logički modeli** - zasnovani na definisanju skupa činjenica i pravila za izvođenje. Kontekstne informacije dobijene direktno od senzora se dodaju direktno u sistem kao činjenice, kontekstne informacije višeg nivoa se dobijaju primenom pravila na skup činjenica
- ✱ **Modeli zasnovani na ontologijama** – ontologije omogućavaju specificiranje semantike koncepata iz domena problema i njihovih međusobnih odnosa

Primer obrade konteksta

- Podaci** (dobijeni od senzora), **kontekst** (informacije koje se odnose na korisnika i njegovo okruženje; kontekst niskog nivoa), **situacija** (informacije koje se direktno koriste od kontekstno svesne aplikacije; kontekst visokog nivoa)

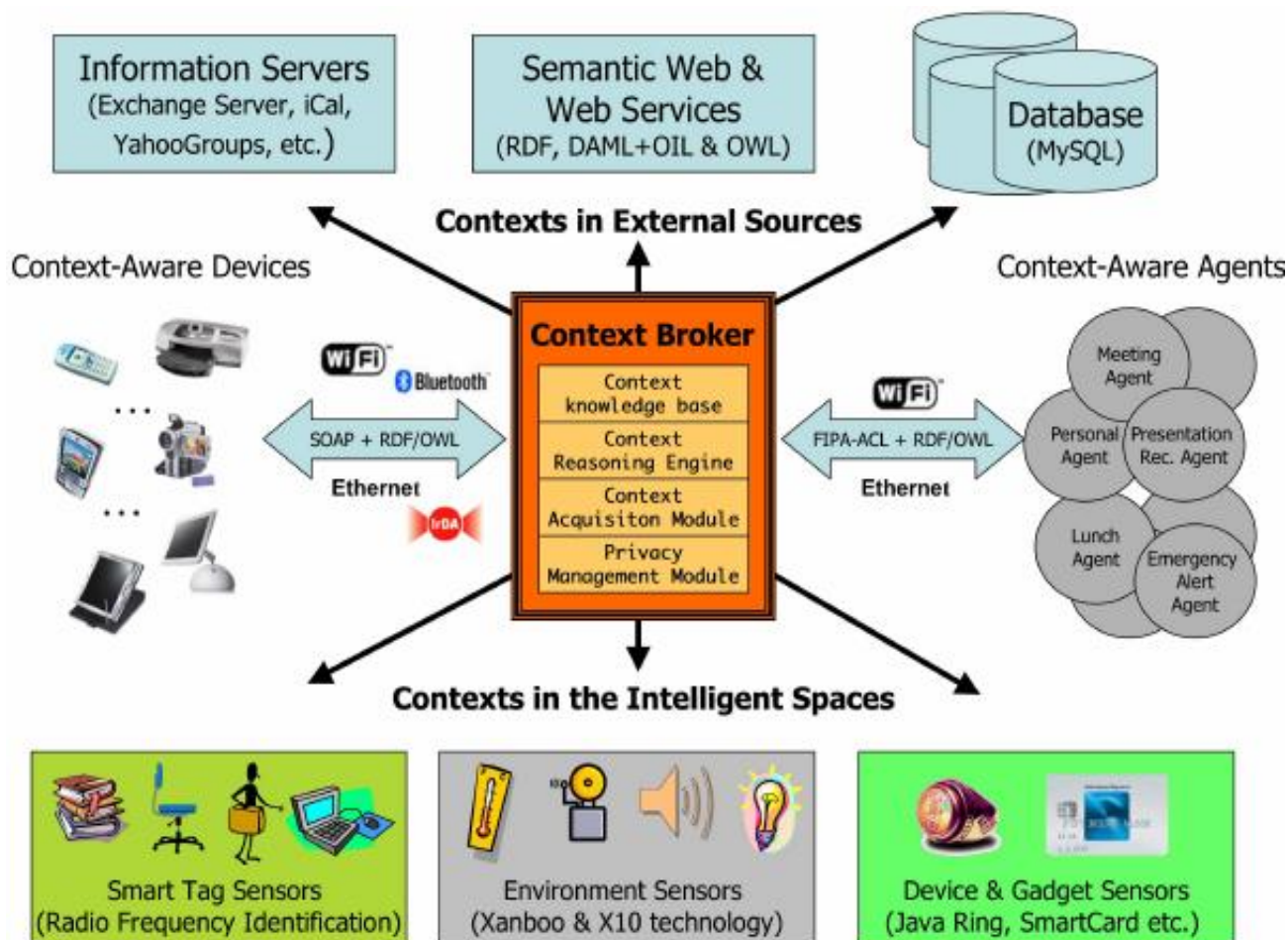


Zaključivanje konteksta

- ✿ *Context reasoning (inference)*
- ✿ Izvođenje i generisanje konteksta **višeg nivoa apstrakcije** (korisnik je na sastanku) na osnovu konteksta nižeg nivoa i sirovih podataka dobijenih sa senzora (nalazi se u sali za sastanke, radno vreme → *silent mod* na telefonu, ...)
- ✿ Različiti načini implementacije:
 - ✦ Logika za zaključivanje implementirana direktno u okviru aplikacije ("hard-kodirana", ili neki specifičan model zaključivanja)
 - ✦ Sistemi zasnovani na pravilima (*rule engine*, deskriptivna logika): kontekst je definisan u obliku činjenica, izraza i pravila
 - ✦ Mašinsko učenje: npr., Bayes-ove mreže (*Bayesian network*)

Framework za razvoj kontekstno-svesnih aplikacija

Context Broker Architecture (*CoBrA*)



Kontekstno-svesne mobilne aplikacije

Kontekstno-svesne aplikacije

- ✿ Navigacija
 - ✦ vozila, pešaci, multimodalni transport
- ✿ Mobilni informacioni servisi
 - ✦ Turistički vodiči, podrška osoblju na terenu, ...
- ✿ Komunikacioni servisi
 - ✦ GeoCast, best network, ...
- ✿ *Edutainment*
 - ✦ socijalno okupljanje, "mixed reality games"
- ✿ Pametna okruženja (*Smart Environments*)
 - ✦ pametne sobe, kuće, zgrade, kancelarije, fabrike
- ✿ Servisi za podsećanje
 - ✦ *Do not forget, life-logging*
- ✿ Kolaborativni servisi
 - ✦ Timovi za spašavanje,
 - ✦ Mobilne medicinske (*health care*) aplikacije



Kontekstno-svesne aplikacije – Obaveštavanje i notifikacija

- ✿ Obaveštavanje o događajima - Obaveštavaju o korisnim informacijama (*triggering*) relevantnim u odnosu na tekući kontekst korisnika
 - ✦ Navigacioni sistemi
 - ✦ Objašnjenja i upozorenja u vezi mesta na koja korisnik putuje ili gde se trenutno nalazi
- ✿ Pretraživanje informacija
 - ✦ Čuvanje konteksta svakog događaja i pretraživanje događaja po kontekstu
 - Koja je bila tema i dokumenti sastanka održanog 15. maja prošle godine u ovoj konferencijskoj sali, na kome su bili i Mika i Pera
 - ✦ Objekti su definisani kontekstom u kome su generisani
 - Ne znam ime datoteke ali znam kontekst u kome sam je formirao
- ✿ Deljenje iskustva
 - ✦ Dobijanje konteksta drugih korisnika i slanje sopstvenog konteksta
 - Sniženje cena u prodavnici/pozorištu u kome se nalazim

Zaštita privatnosti

- ✿ Koliko informacija o sebi moramo otkriti da bi dobili kvalitetan i efikasan servis?
 - ✦ Kompromis između zaštite privatnosti i QoS (*Quality of Service*)
- ✿ Da li želimo kontekstno-svesne aplikacije i servise na pametnim telefonima i IoT uređajima oko nas koji će kontinualno prepoznavati i pratiti naš kontekst/situaciju, adaptirati se i proaktivno „reagovati“.
 - ✦ Koliko nam je to zaista potrebno?

Web linkovi

Android senzori

- ▣ <https://developer.android.com/guide/topics/sensors/>

iOS senzori

- ▣ <https://developer.apple.com/documentation/coremotion>

Windows Phone/UWP senzori

- ▣ <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/uwp/devices-sensors/sensors>
- ▣ <https://docs.microsoft.com/en-us/uwp/api/windows.devices.sensors>

Pitanja i komentari

