

# Bezvadu Sensoru Tīkli

## Ievadlekcija

Reinholds Zviedris  
Datorikas fakultāte  
Latvijas Universitāte  
16.09.2015.

# Pasniedzējs

- Reinholds Zviedris, *Dr.sc.comp.*
  - epasts: reinholds @ zviedris.lv
  - Twitter: @zxpowers
  - Facebook, LinkedIn, ResearchGate
- Zinātniskās intereses:
  - sensoru tīkli
  - zema enerģijas patēriņa iegultās iekārtas
  - kiberfizikālās sistēmas
  - enerģijas ieguve no apkārtējās vides

Par ko būs šis kurss?

Jūsu idejas?

# Revolūcija!

- 1980-tie: personālie datori
- 1990-tie: internets
- 2000-ie:
  - sensori, aktuatori, roboti
  - informācijas revolūcija
  - internet of things
- 2010-tie:
  - droni, viedtelefonu
  - kas vēl?



Bezvadu  
sensoru tīkli



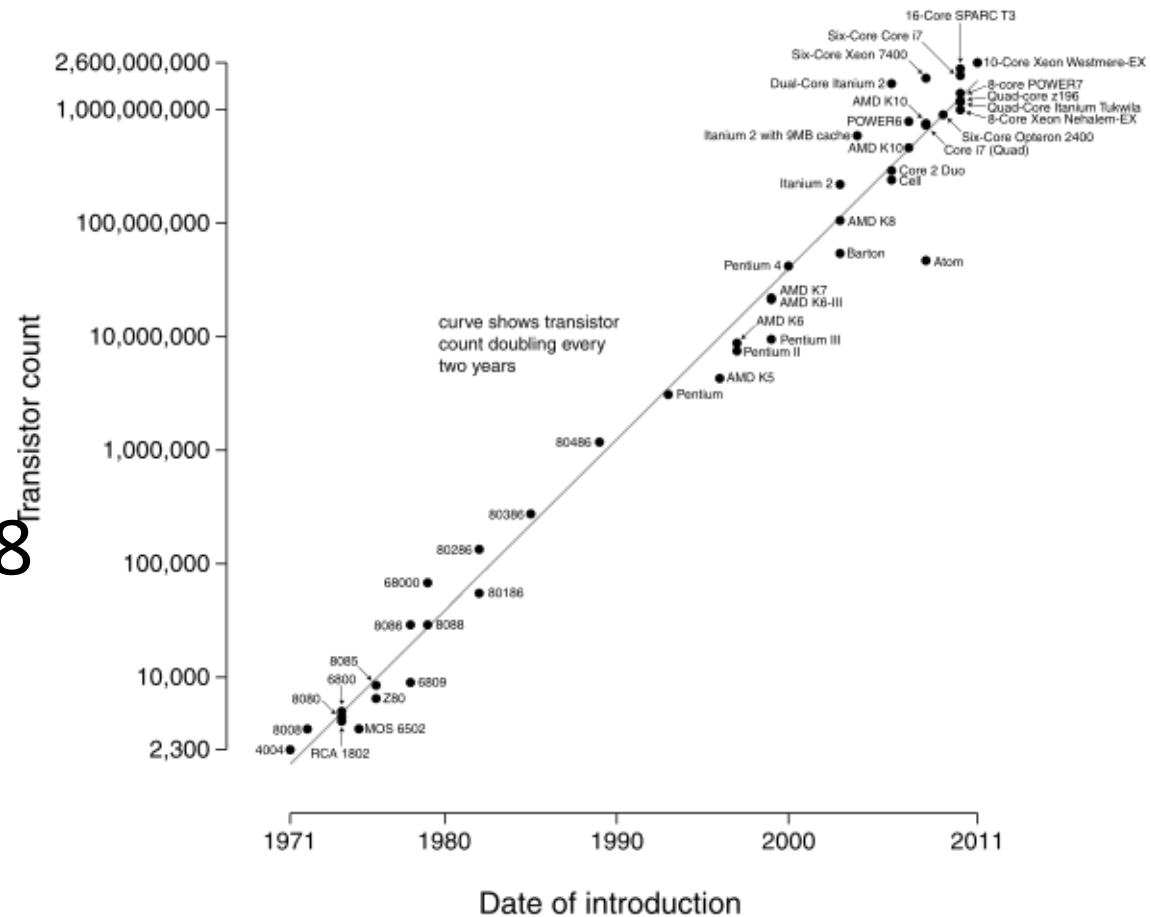
# Pare ojumi

- Heavier-than-air flying machines are impossible
  - *Lord Kelvin, president, Royal Society, 1895.*
- Everything that can be invented has been invented.
  - *Charles H. Duell, Commisioner, U.S. Office of Patents, 1899.*
- Who the hell wants to hear actors talk ?
  - *H.M. Warner, Warner Brothers, 1927.*
- I think there is a world market for maybe five computers
  - *Thomas Watson, chairman of IBM, 1943.*
- There's no reason anyone would want a computer in their home
  - *Ken Olson, president of DEC, maker of big mainframe computers, arguing against the PC in 1977.*

# Mūra likums

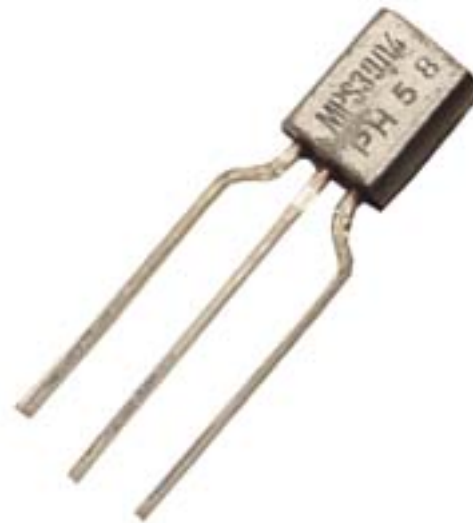
- Tranzistoru skaits procesorā dubultojas reizi divos gados (jeb ik 18 mēnešus)

Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law



# Kā izprast Mūra likumu?

- Ko dod arvien mazākie tranzistoru izmēri?



# Kā izprast Mūra likumu?

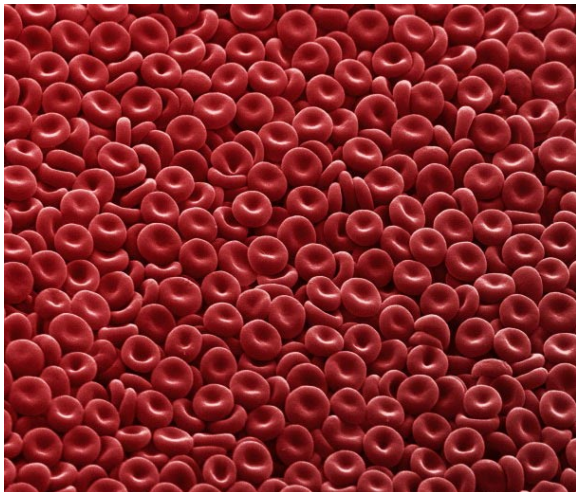
- Ko dod arvien mazākie tranzistoru izmēri?
  - Lielāka veikspēja
  - Mazāki izmēri
  - Mazāks enerģijas patēriņš
- Tranzistoru izmēram ir robežas
- Cilvēce strādā pie “bez-tranzistoru” tehnoloģijām

# No citas perspektīvas

- Kā cilvēki mēra un pēta pasauli?

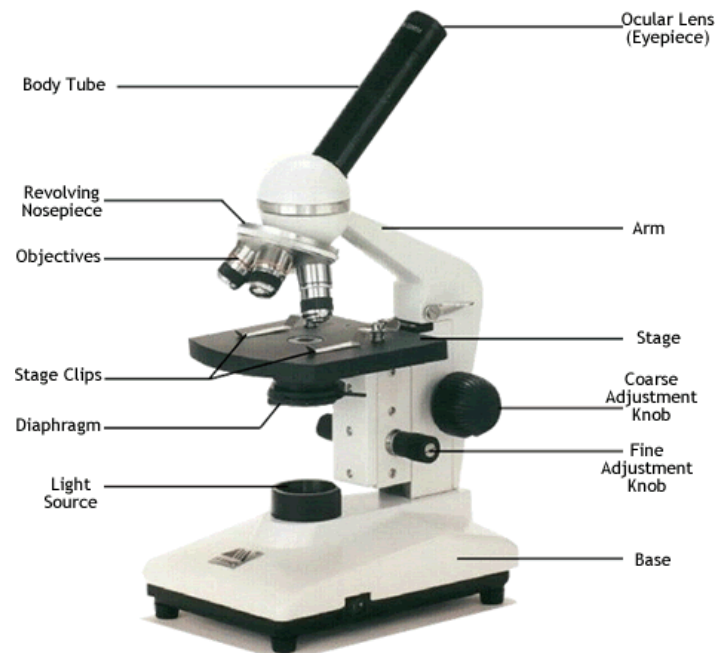
# Mikroskops: 1590. g.

- Palielina sīkus objektus
- Ļauj saskatīt detaļas
- Pavēra jaunas iespējas



Asins šūnas

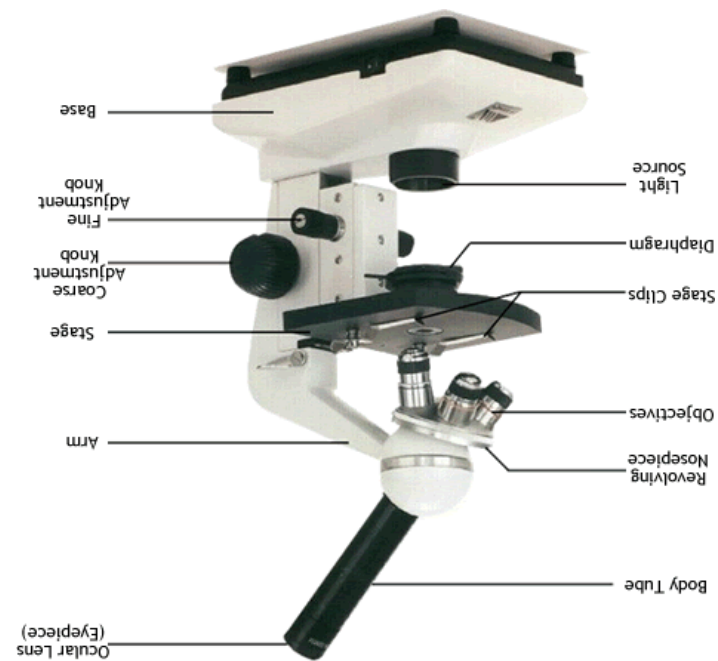
<http://www.boredpanda.com/looking-at-the-world-through-a-microscope-part-i/>



<http://www.microscopehelp.com/partsofthemicroscope.html>

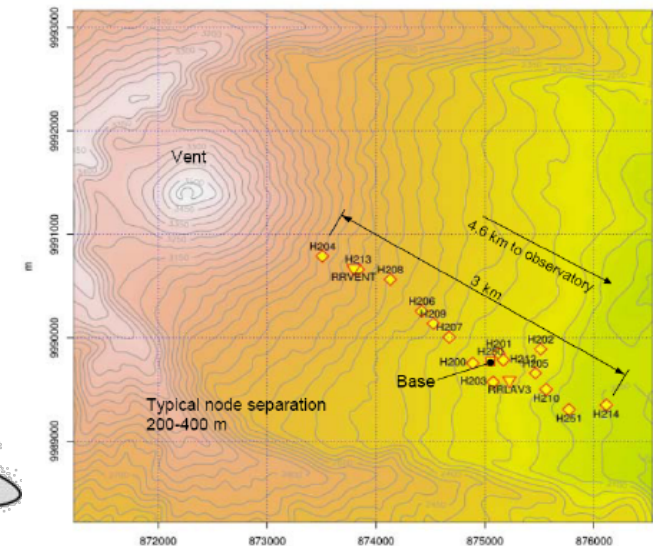
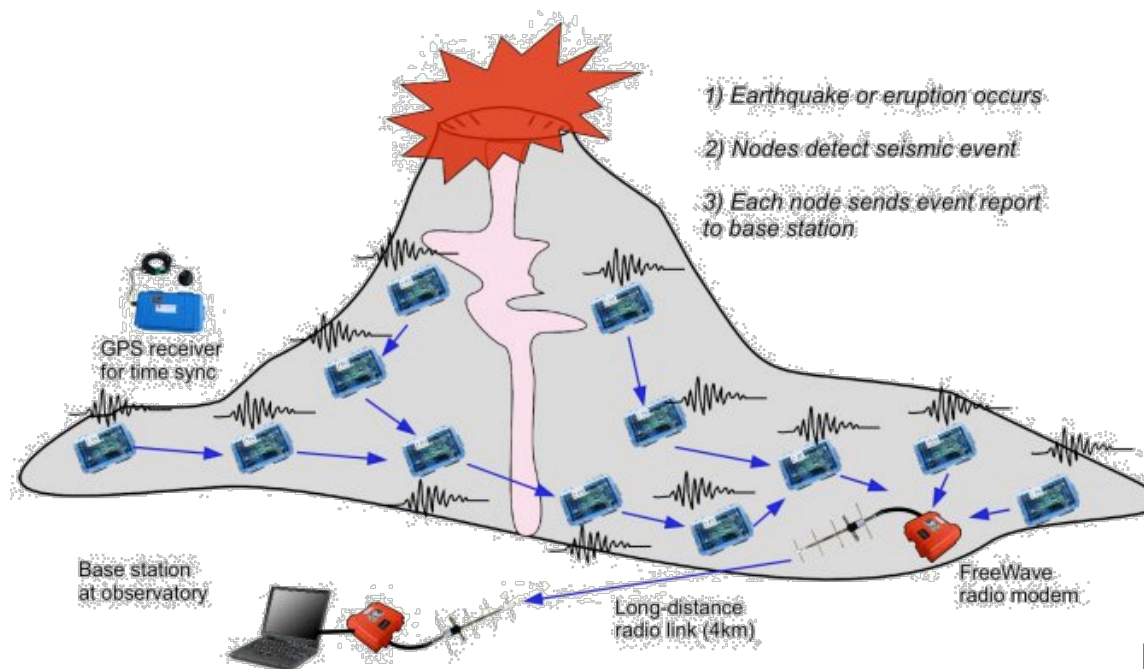
# Makroskopi: tā pat, tikai otrādi

- Koncentrē globālas parādības
- Ļauj ieraudzīt “lielo bildi”
- Atkal jaunas iespējas



# VolcanoNet

- Harvardas Universitātes bezvadu sensoru tīkls uz vulkāna, Ekvadorā



<http://fiji.eecs.harvard.edu/Volcano>

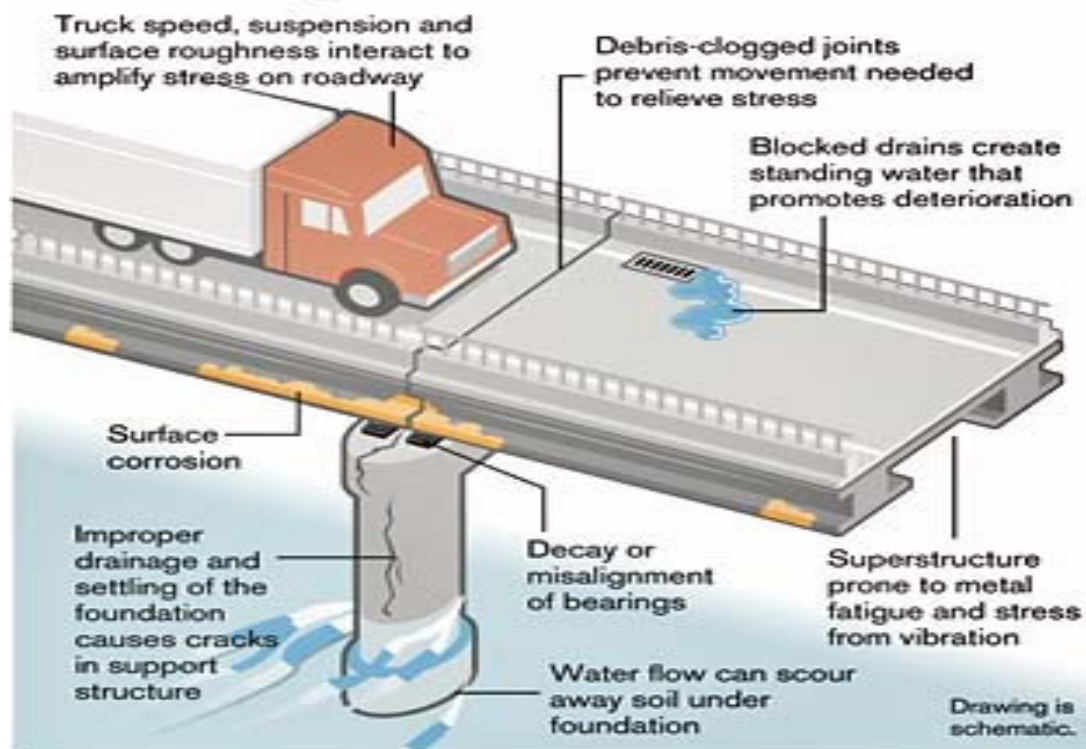


# Cits BST pielietojums: tiltu un ēku novērošana

## Weaknesses sought in inspections

State transportation departments regularly inspect bridges and rate their structural deficiencies, such as cracks, corrosion or other flaws that might reduce their ability to carry vehicles.

### Conditions leading to structural weakness



Source: Federal Highway Administration

Associated Press



Tilts 135W Mineapolē  
Pirmais no 800 ?...

# Jaunais tilts: St. Anthony Falls Bridge in Minneapolis

## What Makes America's Smartest Bridge So Smart

The new St. Anthony Falls Bridge crossing the Mississippi River in Minneapolis has a half dozen types of sensors embedded in it. Here's what they measure:

■ **Concrete Strength** During construction, meters in support columns determined when they were ready to bear weight.

▾ **Strain** Two types of devices measure shortening or stretching of the concrete.

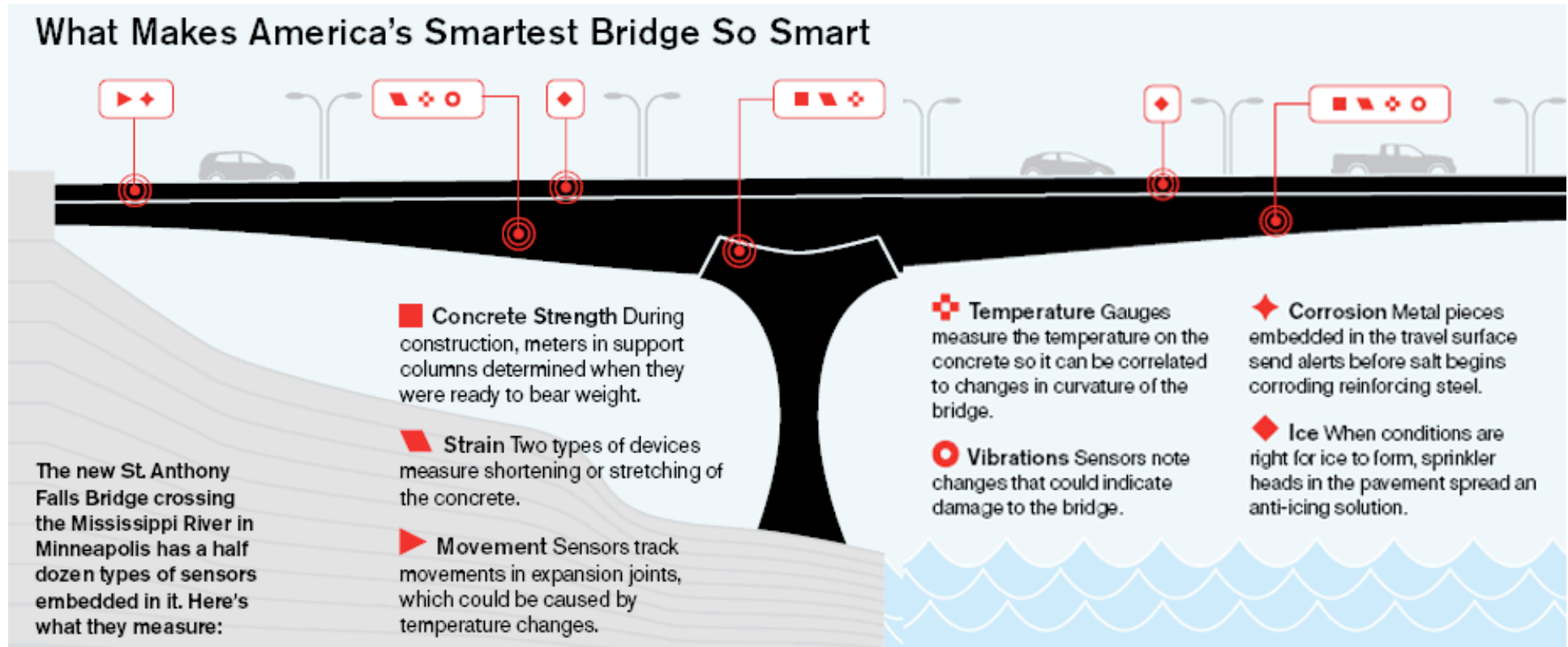
▶ **Movement** Sensors track movements in expansion joints, which could be caused by temperature changes.

⊕ **Temperature Gauges** measure the temperature on the concrete so it can be correlated to changes in curvature of the bridge.

⊙ **Vibrations** Sensors note changes that could indicate damage to the bridge.

◆ **Corrosion** Metal pieces embedded in the travel surface send alerts before salt begins corroding reinforcing steel.

◆ **Ice** When conditions are right for ice to form, sprinkler heads in the pavement spread an anti-icing solution.





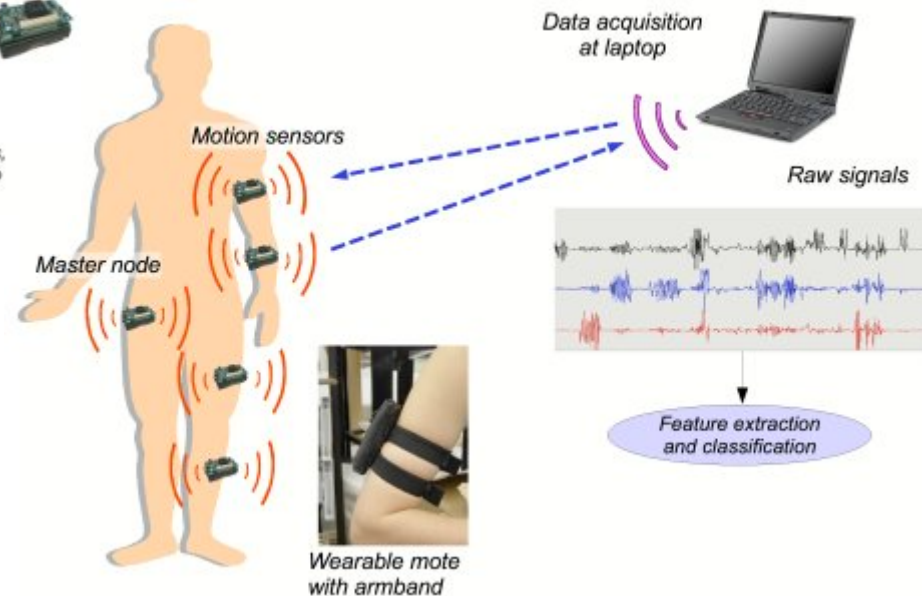
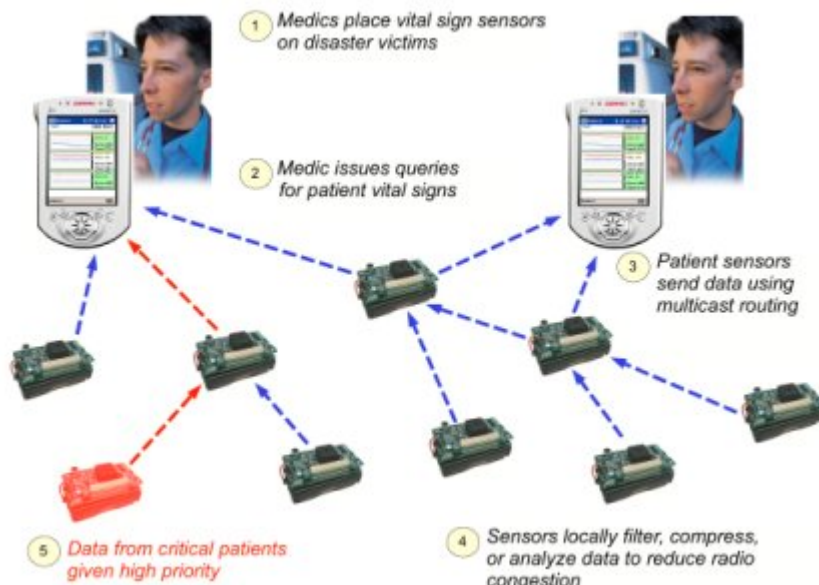
# Tepat Latvijā: sensori augļu dārzā

Latvijas Universitāte un Latvijas Valsts  
Augļkopības institūts, Dobeles



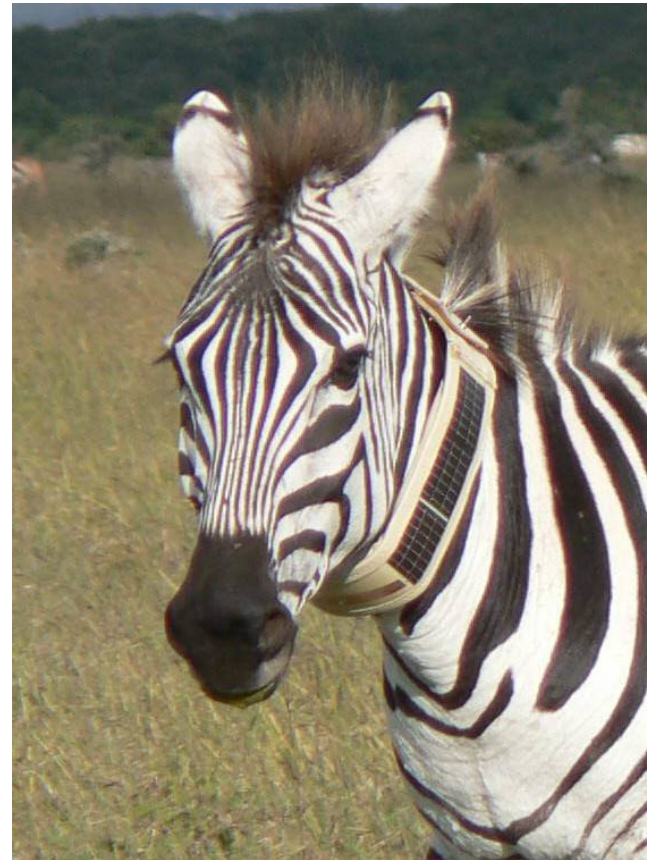


# BST pielietojumi medicīnā

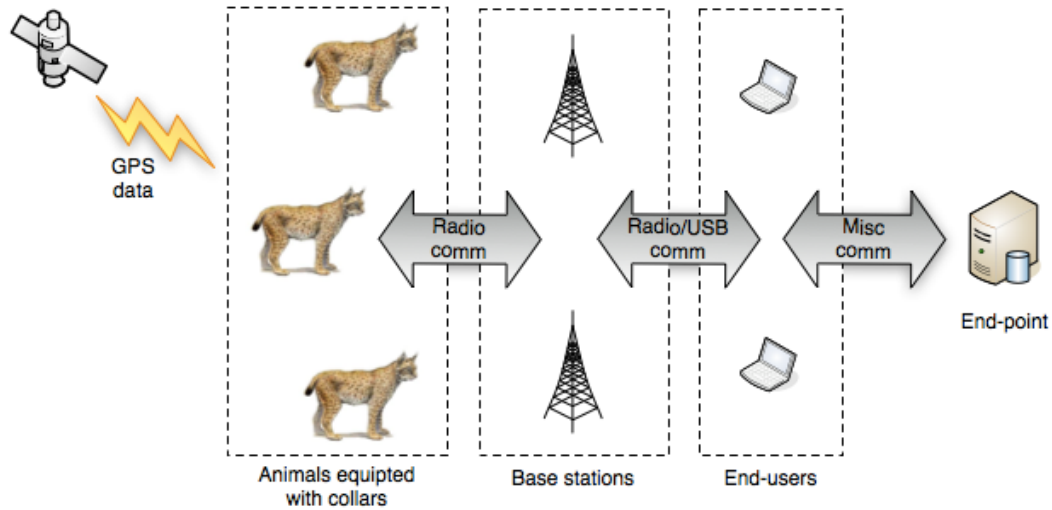


# ZebraNet

- Limited weight
- Recharging battery
  - recharged after 5 days
- Two radios:
  - long-range (base station)
  - short-range (neighbors)
- Integrated into collar
- Sensors:
  - heart rate, body temperature
  - frequency of feeding
  - GPS



# Latvijā zebru vietā lūši: LynxNet



LynxNet arhitektūra: zvēri, bāzes stacijas un savācēji



Viltus lūsis vārdā Spaiķis



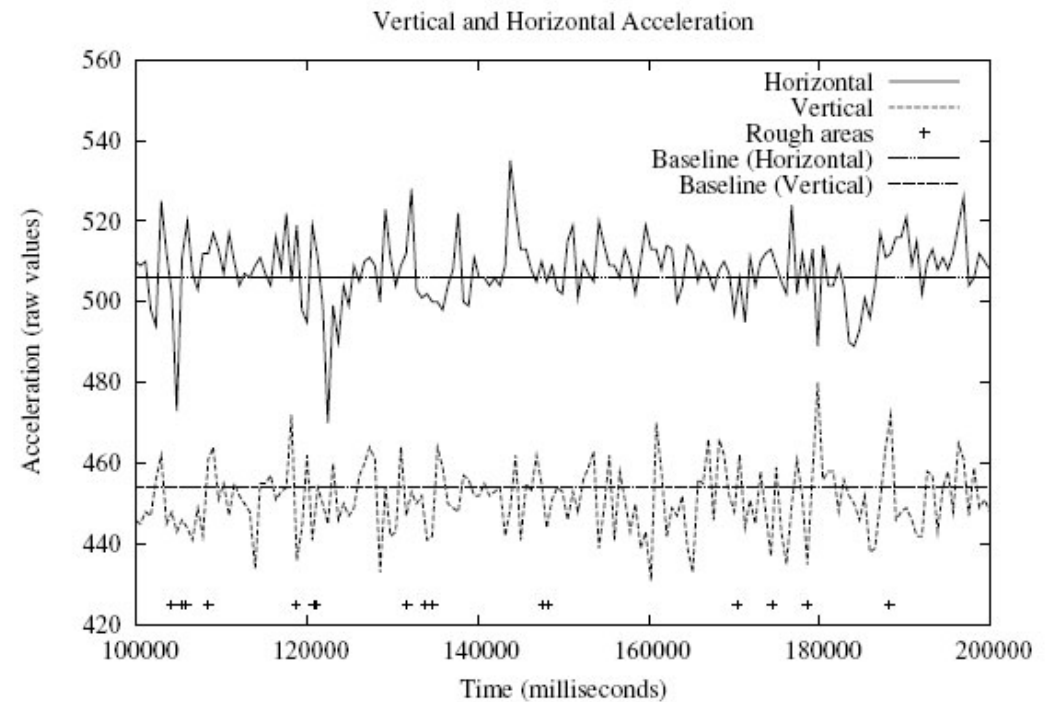
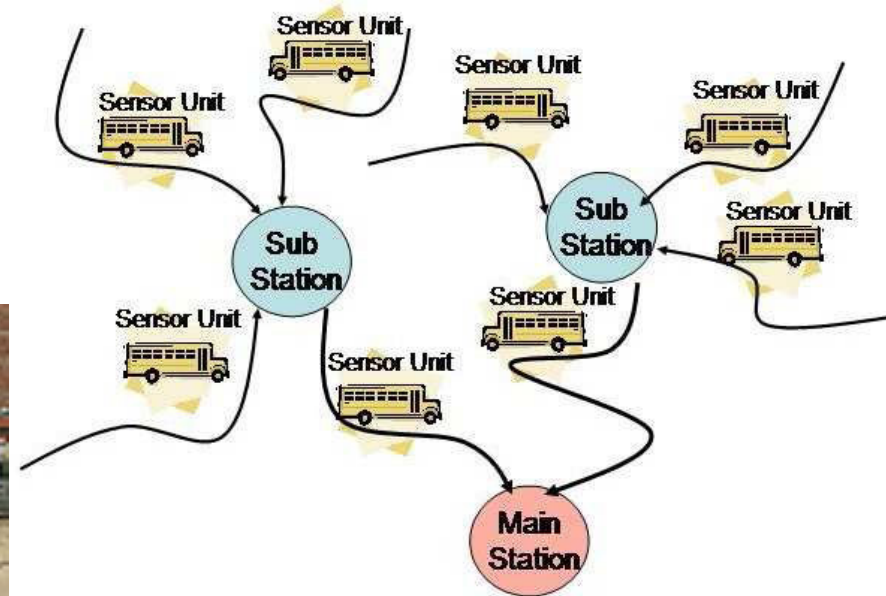
Antenas testi mežā



Lūša digitalizācijas aprīkojums



# BusNet Šrilankā





# Secret Squirrel

Total Rides: 7    Total Minutes: 480.0 mins    Total Distance: 69.4 km

Rides

Aug 14th 2007 12:36:22 (22.7 Km)

Aug 12th 2007 08:26:13 (18.1 Km)

Dec 20th 2006 14:03:39 (9.1 Km)

Dec 18th 2006 11:09:48 (4.8 Km)

Dec 16th 2006 15:02:39 (4.8 Km)

Dec 2nd 2006 13:47:04 (5.1 Km)

Nov 25th 2006 22:24:06 (4.8 Km)

Data Sharing / Live Query Submission

Control Panel

Click on Bike Sensor



joy

performance

None

↑

↶

↷

↓

+

-

Map

Satellite

Hybrid



POWERED BY

Google

Imagery ©2008 DigitalGlobe - Terms of Use

Sensor Selected

sound reading

Selected Ride Statistics

Aug 14th 2007 12:36:22

Distance

22.7 km

Duration

280.0 mins

Joy

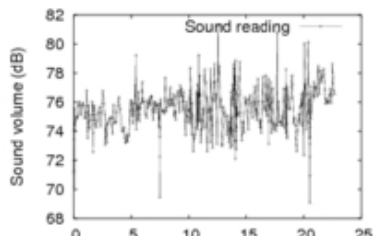
N/A

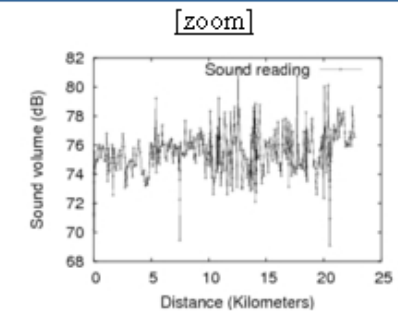
Performance

N/A

Sensor Data

zoom







# Participatory sensing



<http://research.cens.ucla.edu/>

# Participatory sensing pielietojumi

- Transports – Waze
- Trokšņu kartes
- Ūdensapgādes problēmas
- U.c.

Tēma referātam – Participatory sensing. Avoti:

- [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/participatory\\_sensing.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/participatory_sensing.pdf)
- <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/583165/>

Starppbrīdis

# Kas ir BST?

Bezvadū

Sensoru

Tīkls



Vieglāk paskaidrot šādā secībā

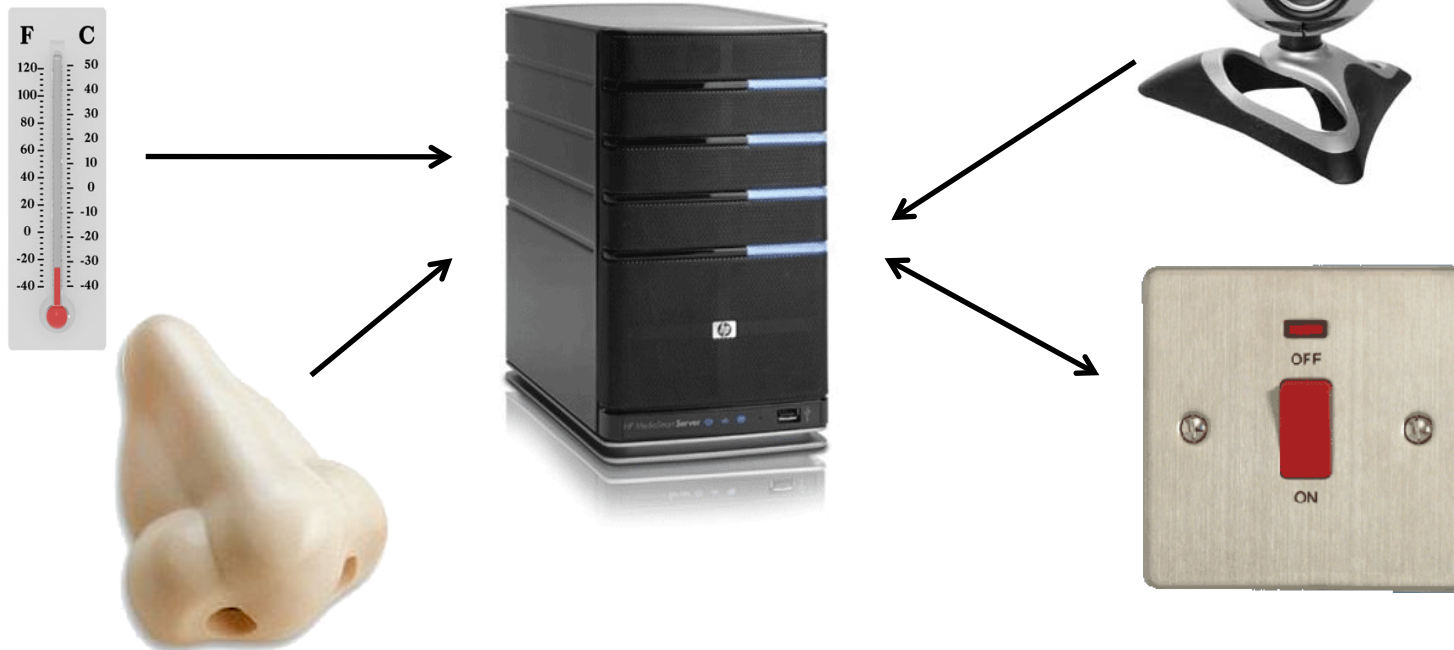
Sensoru

Tīkls

Bezvadu

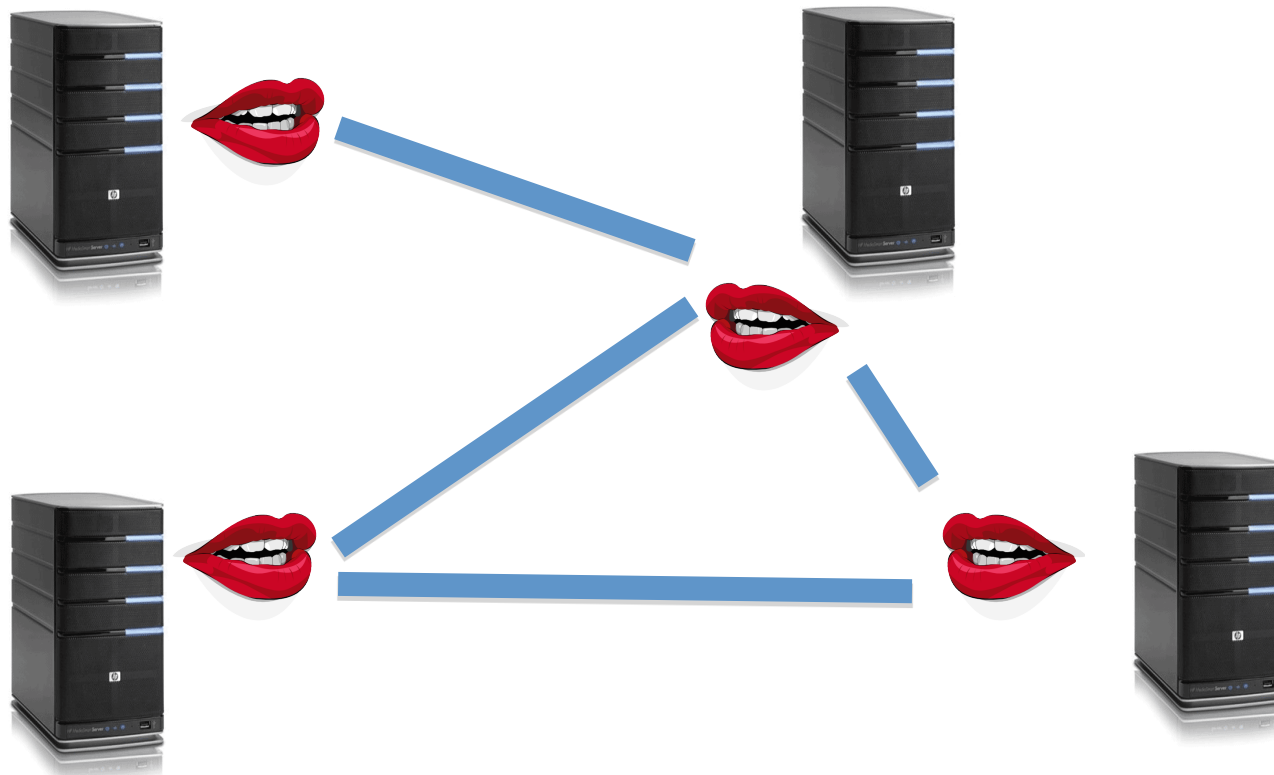
# Sensoru

- Patiesībā jāsaprot kā datoru vai iegulto iekārtu ar sensoriem: sensoru mezgls
- Papildus arī aktuatori



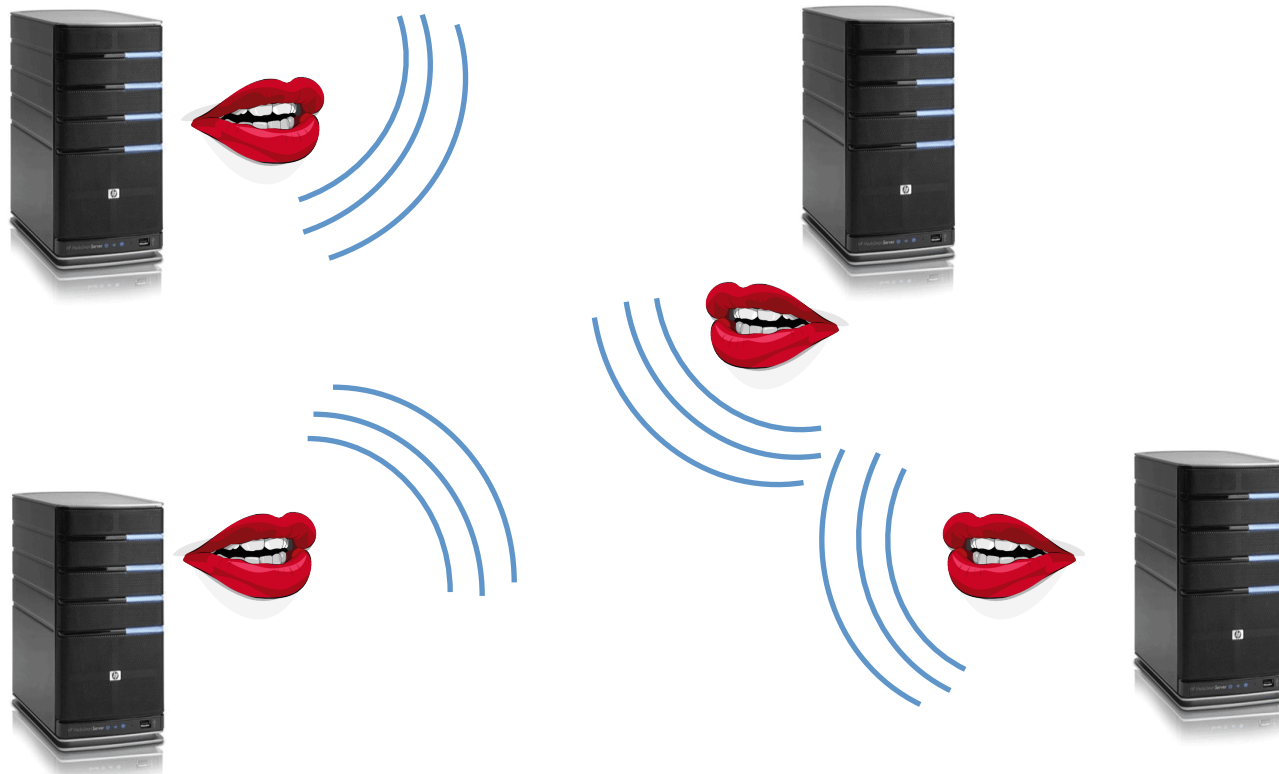
# Tīkls

- Vairāki sensoru mezgli savienoti ar komunikācijas kanāliem



# Bezvadu

- Tīkls ar bezvadu komunikācijas kanāliem



# Tātad

- BST =
  - (miniatūri) datori
  - aprīkoti ar sensoriem
  - apvienoti bezvadu tīklā



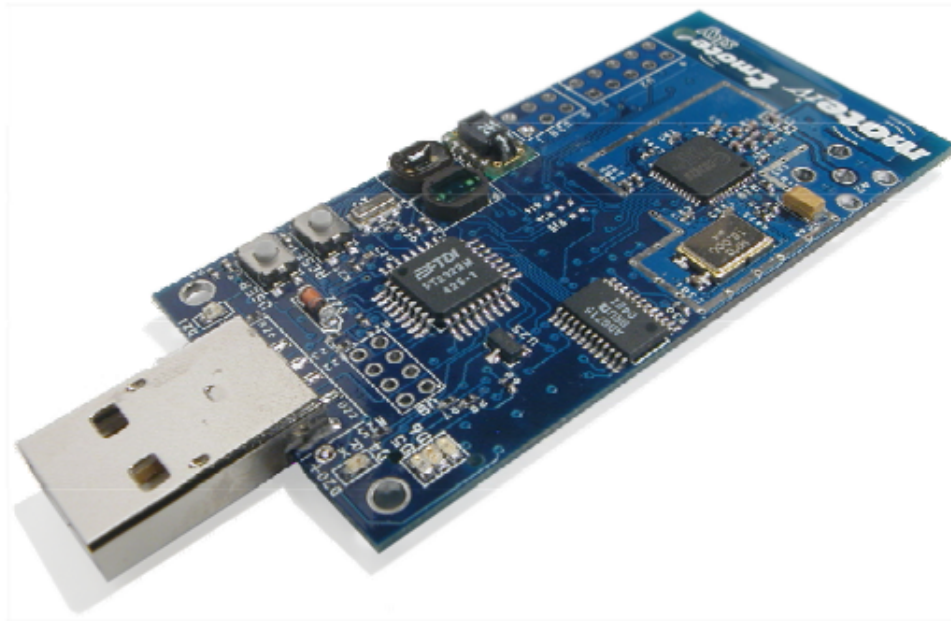
# BST definīcijas

- Sensoru mezgls: dators ar sensoriem
- Savienojums: komunikācija starp mezgliem
- Bāzes stacija: sensoru mezgls, kas savāc datus, parasti jaudīgāks un pievienots serverim

# BST tipiskās īpašības

- Sensoru mezgla ierobežotie resursi:
  - Izmērs: ~ sērkokciņu kastīte
  - Procesors: daži MHz
  - Atmiņa: daži B līdz daži desmiti KB
  - Komunikācija: 40-250 kbps
- Tīklā 10 līdz >10K sensoru mezglu
- Tīkla dzīves laiks: N stundas līdz N gadi

# Sensoru mezglu piemēri



TMote Sky



EcoMote

# Kas ir mote?

- Termins nācis no ASV
- BST kontekstā mote = sensoru mezgls iegultas sistēmas izpildījumā
- Bet jāņem vērā, ka sensoru mezgls nevienmēr ir mote

Bezvadu tīklu veidi

Kādus bezvadu tīklus zināt?

# Katram tīklam savs pielietojums

- WiFi (802.11b/g/n): lieliem datu apjomiem
- Bluetooth (802.15.1): pārsvarā perifērijai  
– jaunums: **Bluetooth LE (Low Energy)**
- **ZigBee** (802.15.4): zema enerģijas patēriņa savienojumiem, populārākais sensoru tīklos
- GPRS, EDGE, HSDPA: savienojumam ar mobilo telefonu tīkliem (cellular networks)



# BST motivācija: cēlie mērķi

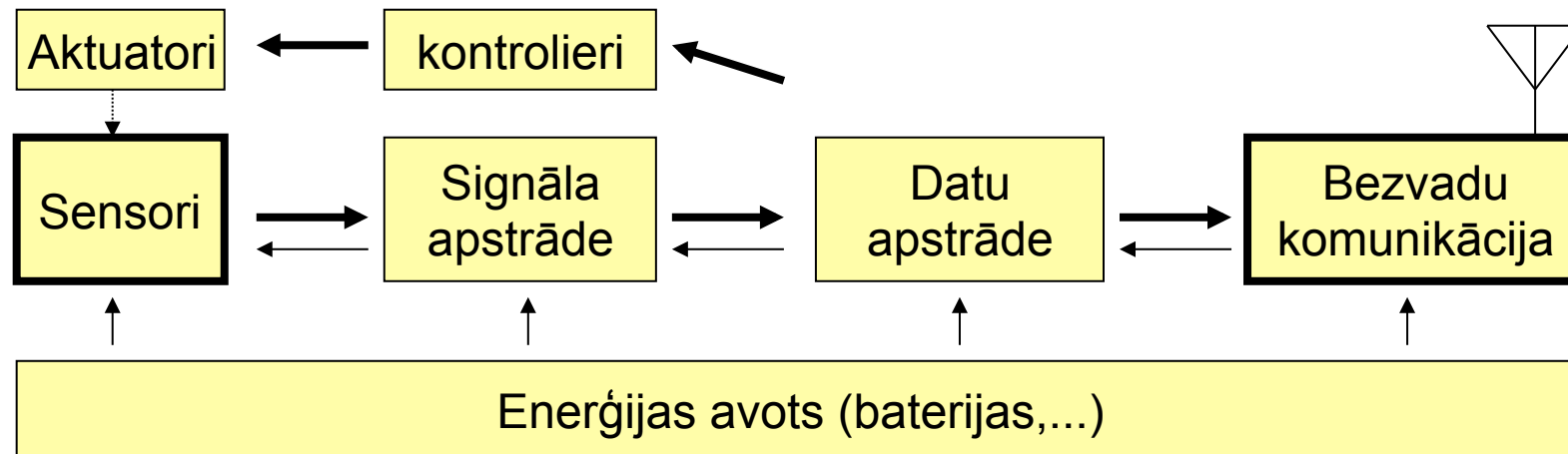
- Globāla vides novērošana, lielā platībā, augstā izšķirtspējā
- Dzīve bez gaidīšanas rindās, sastrēgumos
- Nepārtraukta veselības aizsardzība
- Auto ceļi bez negadījumiem
- Sensoru mezgli 1x1mm izmērā, t.s. “gudrie putekļi”

# Diskusija

- Kādas, jūsuprāt, ir sensoru tīklu “ēnas puses”?
- Vai nerodas sajūta, ka “Lielais brālis” visu vēro?



# Iegultās sensoru iekārtas



# Programmatūras risinājumi

- BST operētājsistēmas:
  - TinyOS
  - LiteOS
  - MansOS
  - Contiki
  - Arduino
  - ...
- Programmēšana valodās C, C++, Assembler
- Eksistē arī Java u.c. virtuālās mašīnas uz motēm

# BST problēmas I

- Maršrutizācija
  - Kā nosūtīt datus no A uz B?
- Laika sinhronizācija
  - Kā lai zin, ka visiem ir vienāds pulkstenis?
- Lokalizācija
  - Kur es esmu?

# BST problēmas II

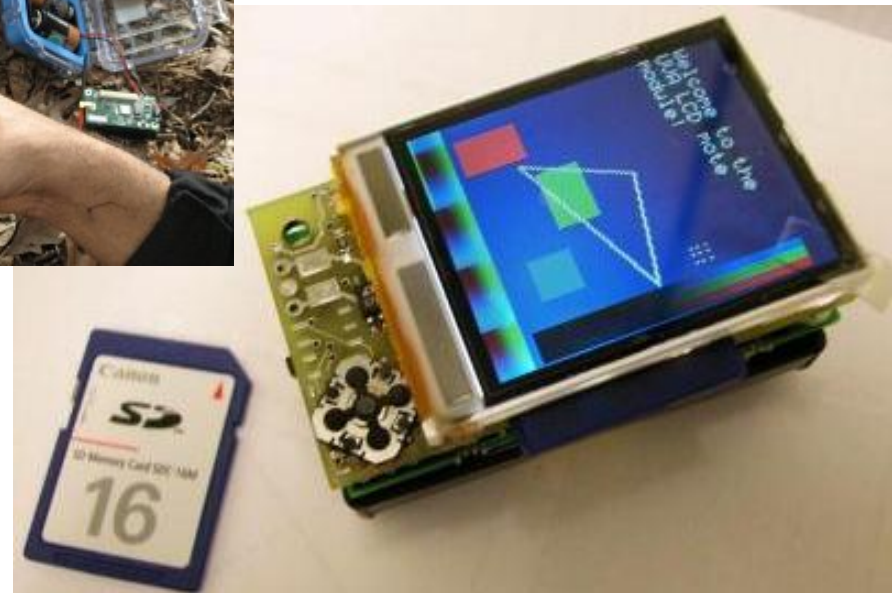
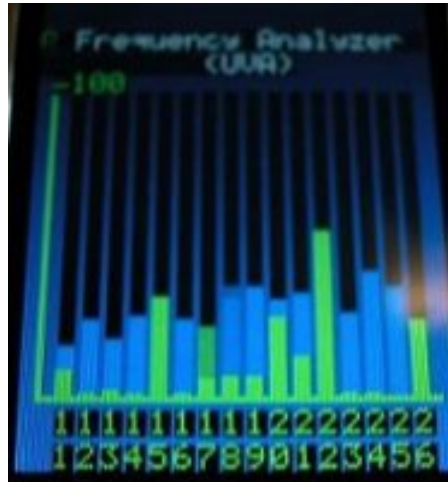
- Enerģijas taupība
  - Kā ilgāk strādāt ar to pašu enerģijas avotu?
- Izturība
  - Kā sistēmai nodrošināties pret negadījumiem un paš-ārstēties?
- Drošība un privātums
  - Kā nenodot datus nepiederošiem un ignorēt svešas komandas?



# BST problēmas III

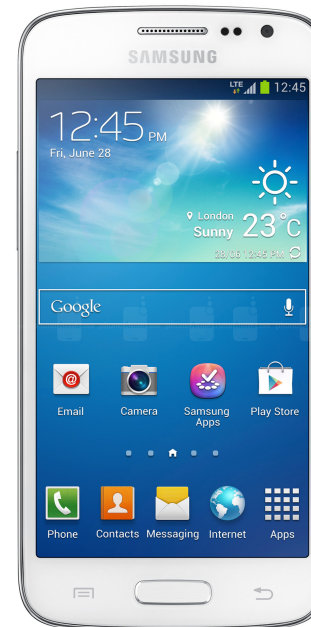
- Speciālas operāciju sistēmas
  - Kā atvieglot un paātrināt lietojumu izstrādi?
- Atklūdošanas saskarnes
  - Kā izstrādes un ekspluatācijas laikā atrast nepilnības?

# Saskarnes



# Mobilie telefoni kā sensoru mezgli

- Daļa problēmu atrisinātas, bet rodas citas



# Kur ņemt enerģiju?

- Ja arī taupot nepietiek, jāmeklē savākt no:
  - saules
  - vēja
  - temperatūras starpības
  - spiediena
  - apkārtējās vides

# Saules enerģija

- Sensoru mezglam vajag aptuveni 100mW (3V, 30mA)
- Reāli uz 1 cm<sup>2</sup> var savākt:
  - 100mW spilgtā saulē
  - 100uW dienas birojā (0.1% no 100mW)



# Termoelektriskā konversija

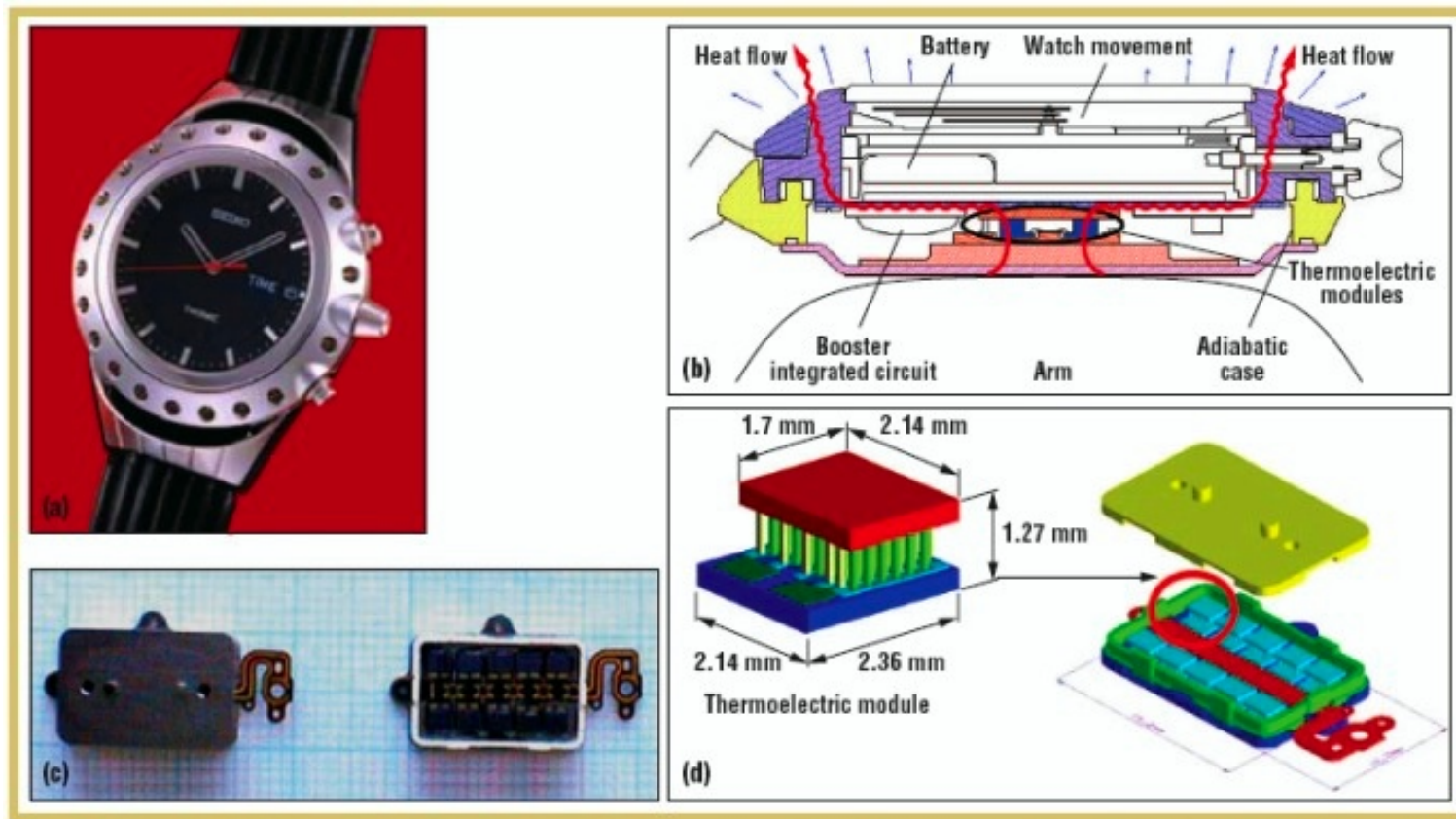


Figure 2. The Seiko Thermic wristwatch: (a) the product; (b) a cross-sectional diagram; (c) thermoelectric modules; (d) a thermopile array. Copyright by Seiko Instruments.

Seiko pulkstenim ir 10 termoelektriski moduļi:  $0.5\text{cm}^2$ ,  $10\mu\text{A}$  pie  $3\text{V}$  uz  $\Delta T=5^\circ\text{C}$



# Cilvēka ģenerēta enerģija

- Cilvēks ģenerē 0.1-1.5kW!
- Soļi: 75kg cilvēks, 1Hz solis, kas rada 1cm spiedienu, ģenerē 7W ar katru kāju

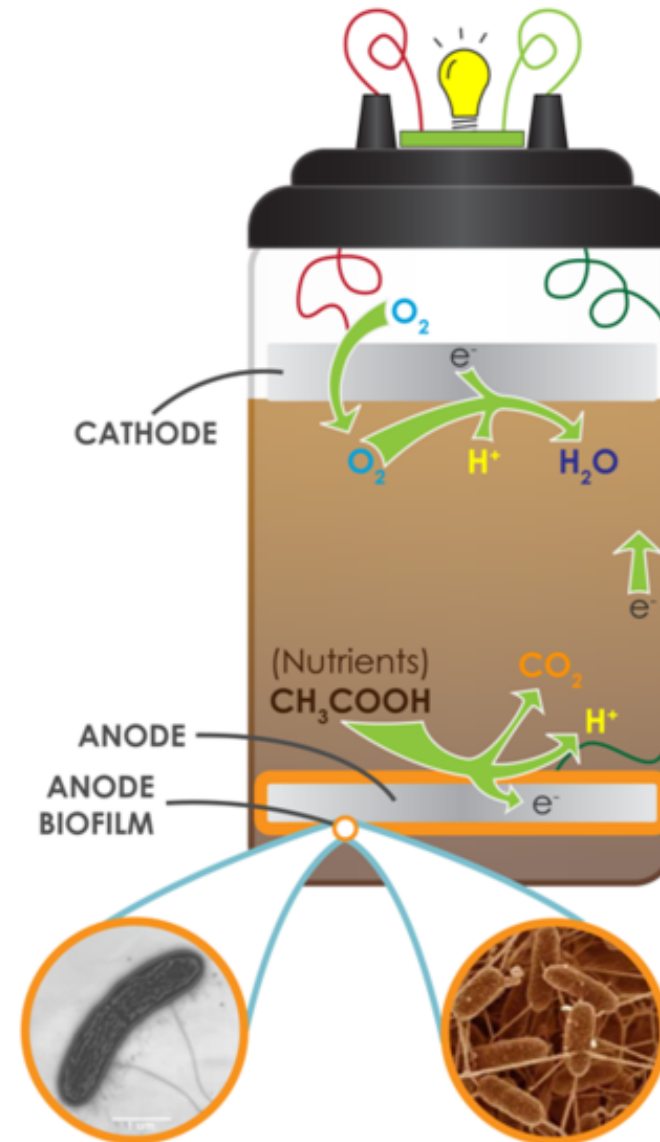


Magnētiskais ģenerators, 250mW (MIT Media Lab)



# MFC baterija

- Iespēja iegūt enerģiju no augsnes vai ūdens ar mikroorganismu palīdzību
- Vidēji no vienas šūnas var iegūt 0,014-0,2V 5-10mA







# Kopsavilkums

- Bezvadu sensoru tīkli un makroskopi ir interesantas paradigmas
- Jaunas iespējas
- Jauni izaicinājumi

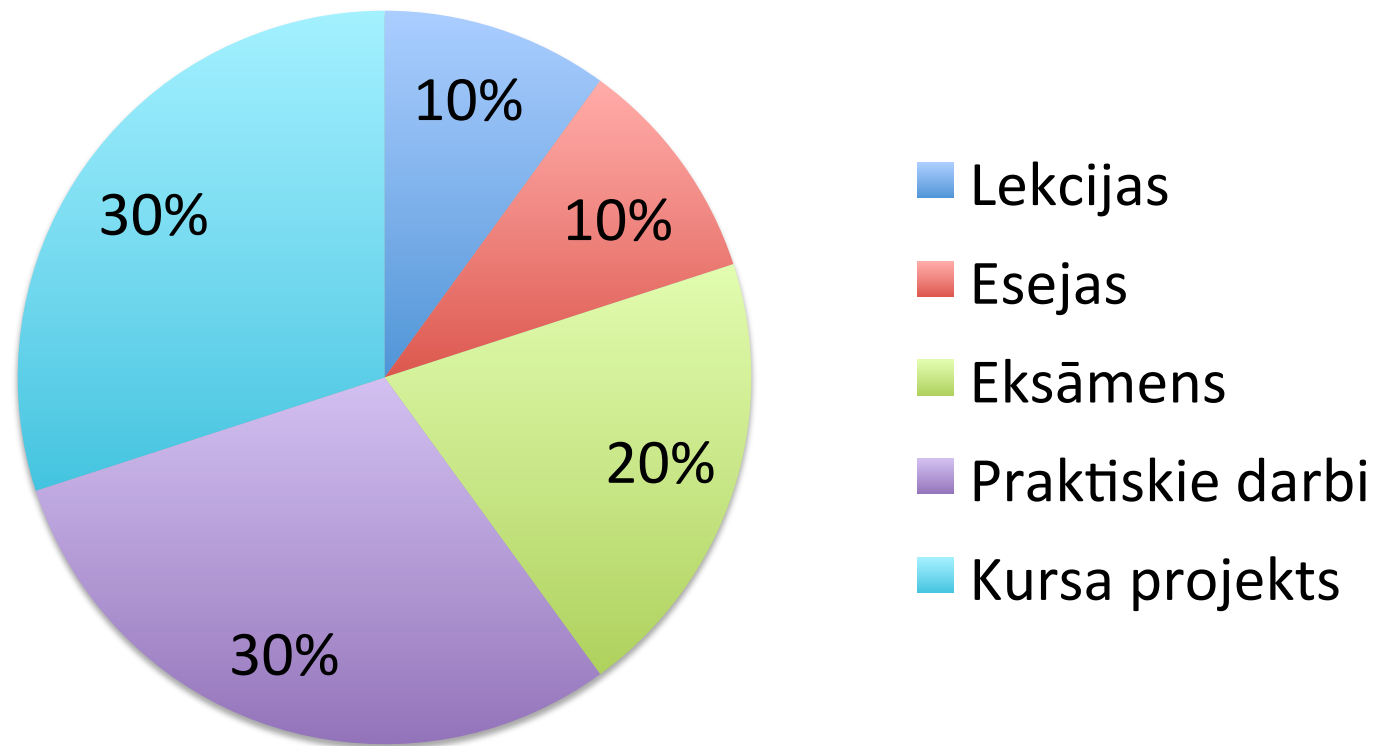
# Formāli par kursu

- Bezvadu sensoru tīkli, DatZ3070
- Bakalauri, 5. semestris, 4KP
- 312. telpa, trešdienās:
  - Lekcijas: 14:30–16:10
  - Praktiskie darbi: 16:30–18:00

# Kāpēc ir vērts kursu apmeklēt?

- Interesantas tēmas
- Praktiskas lietas
- Iespēja daudz iemācīties
- Iespējas atrast tēmas kursa/bakalaura darbiem
- Iespēja profesionāli iesaistīties bezvadu sensoru tīklu pētniecības projektos

# Kā tikt pie atzīmes?



100% = 9 (teicami) + iespēja

# Papildus iespēja

Lai saņemtu atzīmi 10 (izcili) jāizpilda šādas papildus prasības:

- jānokārto visi pārējie prasību punkti, iegūstot vērtējumu ne zemāku par 95%
- kursa projekts jārealizē līdz praktiskai sensoru tīkla demonstrācijai
- visi pārbaudes darbi (esejas, praktiskie darbi, kontroldarbi, kursa projekts) nokārtoti ne vēlāk kā 5 darba dienas pēc termiņa beigām
- sekmīgi uzrakstītas visas kursā uzdotās esejas



# Dalība lekcijās, diskusijās: 10%

- Lekcijās, iespējams, būs lietas, ko grūti atrast mācību materiālos
- Lai nokārtotu kursu, **jāapmeklē vismaz 50% lekciju**
- Apmeklējuma uzskaites forma:  
<http://goo.gl/forms/4eCiQ43L1d>
- Katru reizi uz tāfeles stūra būs vārds, kurš jāieraksta formā kopā ar pārējiem datiem

# Esejas: 10%

- Pēc katras lekcijas
- Īss, rakstisks, individuāls darbs mājās
- Lai nokārtotu kursu, **vismaz 50% eseju jābūt ieskaitītām**
- Vērtējums:
  - 100%: ir uzrakstīts un par tēmu
  - 0%: nav iesniegts vai pilnīgi ne par tēmu

# Praktiskie darbi: 30%

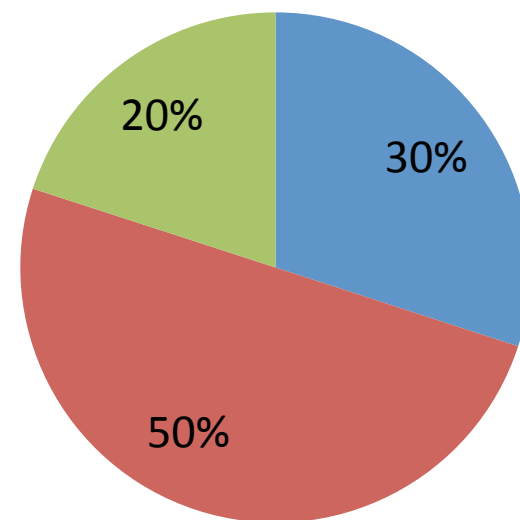
- Programmēšanas uzdevumi
- Būs 3-5 darbi, **sekmīgi jānokārto visi**
- Drīkst izmantot tīmeklī atrodamos koda piemērus, lietojot atsauces
- Nedrīkst izmantot citu BST studentu darbus, t.sk., iepriekšējo gadu
- Opcija – kādu no darbiem aizvietot ar referātu par pasniedzēja uzdotu tēmu

# Eksāmens: 20%

- Sesijas laikā, 90min laika, **jānokārto sekmīgi (>39%)**
- Materiālu izmantošama maksā -20%
- Visas līdz tam laikam apskatītās tēmas
- Saturs:
  - *multiple-choice* jautājumi
  - īsi, tekstā atbildāmi jautājumi
  - radošais uzdevums: sensoru tīkla piemērs

# Kursa projekts: 30%

- 1-3 cilvēku komanda
- Sensoru tīkla pielietojuma izstrāde
- Semestra vidū būs *checkpoint*
- Sesijas laikā prezentācija
- **Prezentācija ir obligāta**
- **50% par realizāciju!**
- Realizācijas novērtējums:
  - Ir demonstrējams tīkls: 50-100%
  - Ir “ kaut kas” praktiski rādāms: 30-50%
  - Ir tikai “ja būtu, tad būtu”: 0%



- Plakāts
- Realizācija
- Uzstāšanās

# Praktisko darbu kavēšana

- Darbu iesniegšanas termiņš tiek paziņots ne vēlāk kā nedēļu iepriekš
- Darbs elektroniskā formā jāiesniedz noteiktajā datumā līdz 10:00!
- Iesniedzot darbu laikā: 100%
  - Kavējot līdz 1 nedēļai: -25%
  - Kavējot vairāk par 1, bet mazāk par 2 ned.: -50%
  - Kavējot vairāk kā 2 nedēļas: -70%

# Kontroldarbu pārrakstīšana

- Ziņot laicīgi, ja netiekat uz KD!
- Atkārtots KD, iespējams, būs mutiski
- Soda procents par pārrakstīšanu tiek noteikts “pēc apstākļiem”, ievērojot godīgumu
- Novēlota rakstīšana = pārrakstīšana



# Melnā piektdiena

- Visiem parādiem ir pēdējais datums, kad iesniegt darbus: **08.01.2016.**
- Ja pēc šī datuma ir kāds parāds, pasniedzējam ir tiesības neizlikt atzīmi

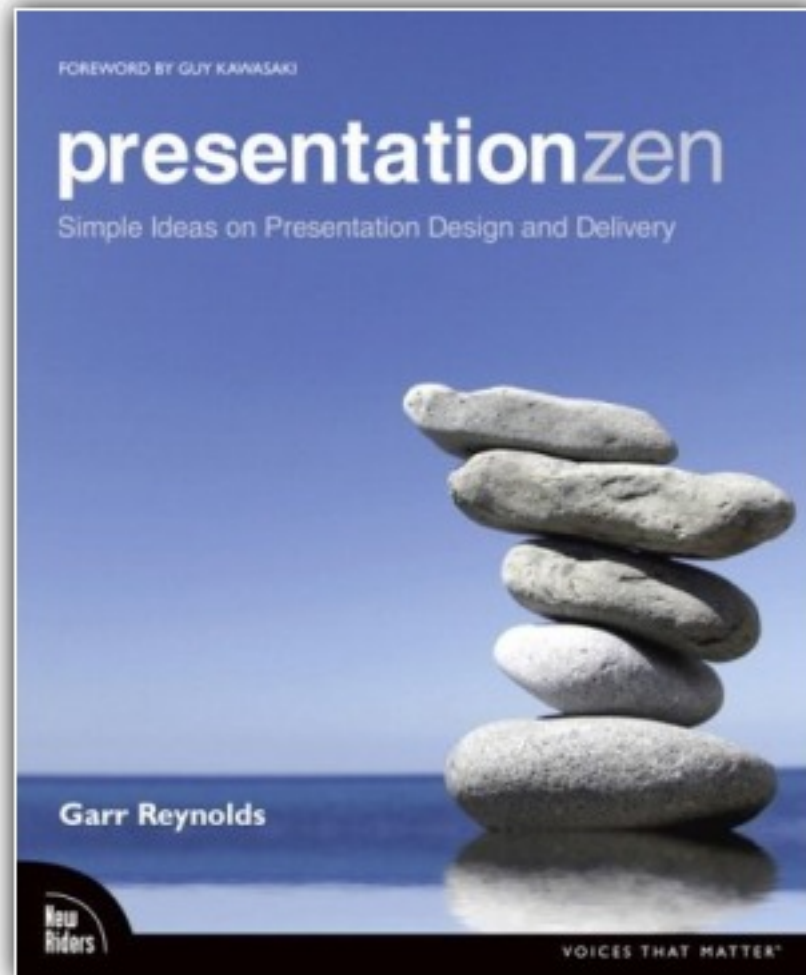
# Prasību kopsavilkums

- Būs jādarbojas, darbs būs interesants
- Atzīmi veido regulārs darbs semestra laikā
- Šis nav kurss, kur ierasties tikai sesijā ar tekstu “man vajag 4”
- Prasības ir stingras, bet taisnīgas
- No studentiem tiek prasīts tikai tas, ko paši varam izpildīt

# Kursa materiāli

- Kursa lapa
  - <http://reinholds.zviedris.lv/wiki/bst2015/sakums>
- Moodle
  - kursa informācija un kalendārs, esejas, ...
- Grāmatas ir LU bibliotēkā
- Publikācijas internetā

# Grāmata, ko der izlasīt



# Komunikācija

- Kursa lapa: paziņojumiem
- Moodle forums: jautājumiem un komentāriem
- Twitter: tēmturis #lubst15
- E-pasta grupa: [lu-bst-b@googlegroups.com](mailto:lu-bst-b@googlegroups.com)
  - Pievienoties var šeit: <http://groups.google.lv/group/lu-bst-b>
  - Arhīvos var atrast iepriekšējo gadu jautājumus un atbildes

Jūsu komentāri par kursa  
saturu, formu?

# Pirmā eseja

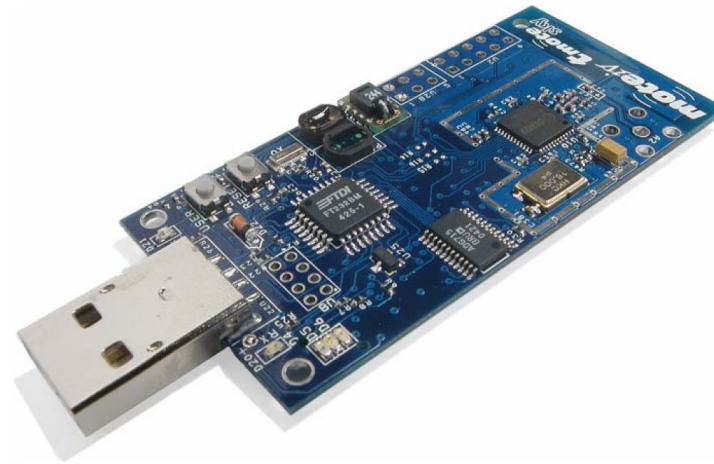
- Tēma: Trīs būtiskās lietas, ar ko jūs asociējat “bezvadu sensoru tīklus”
- Terminš: 23.09.2015. 10:00
- Sūtīt e-pastā: reinholds @ zviedris.lv





# Praktiskā nodarbība

- Tmote Sky sensoru mezgls



- Uzdevums:
  - pieslēgt *moti*
  - atrast TinyOS direktoriju :)
  - izmēģināt piemēra aplikāciju (Blink)
  - likt *motei* darīt ko jaunu (pamainot piemēra apps)