

Bezvadu **S**ensoru **T**īkli

Ievadlekcija

Reinholds Zviedris
Datorikas fakultāte
Latvijas Universitāte
03.09.2014.

Pasniedzējs

- Reinholds Zviedris
 - epasts: reinholds@zviedris.lv
 - twitter: @zxpowers
 - Facebook, LinkedIn, Draugiem.lv, ResearchGate
- Zinātniskās intereses:
 - sensoru tīkli
 - zema enerģijas patēriņa iegultās iekārtas
 - kiberfizikālās sistēmas

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?



Bezvadu
sensoru tīkli

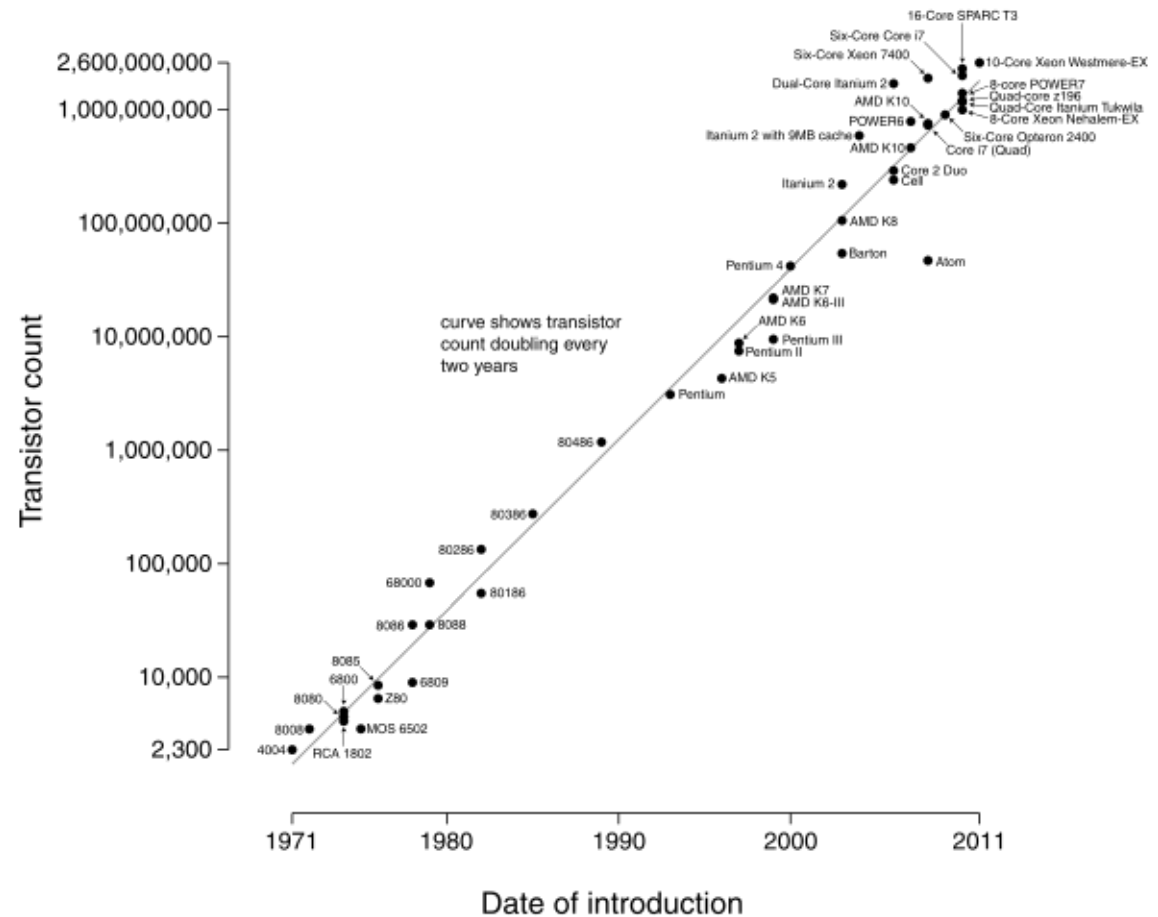
Pare ojumi

- Heavier-than-air flying machines are impossible
 - *Lord Kelvin, president, Royal Society, 1895.*
- 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

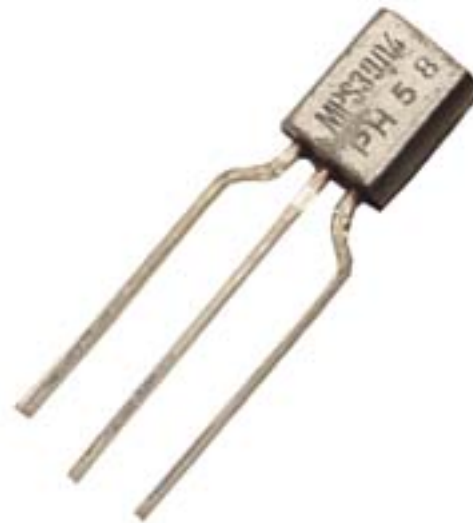
- Tranzistoru skaits procesorā dubultojas ik 18 mēnešus

Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law



Kā izprast Mūra likumu?

- Ko dod arvien mazākie tranzistoru izmēri?



Kā izprast Mūra likumu?

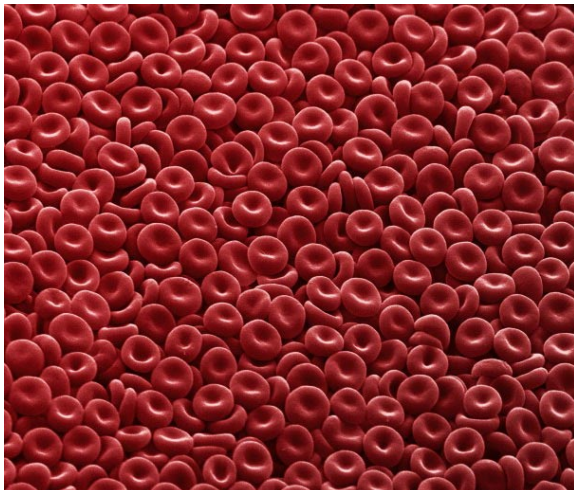
- Ko dod arvien mazākie tranzistoru izmēri?
 - Lielāka veikspēja
 - Mazāki izmēri
 - Mazāks enerģijas patēriņš
- Tranzistoru izmēram ir robežas
- Cilvēce strādā pie “bez-tranzistoru” tehnoloģijām

No citas perspektīvas

- Kā cilvēki mēra un pēta pasauli?

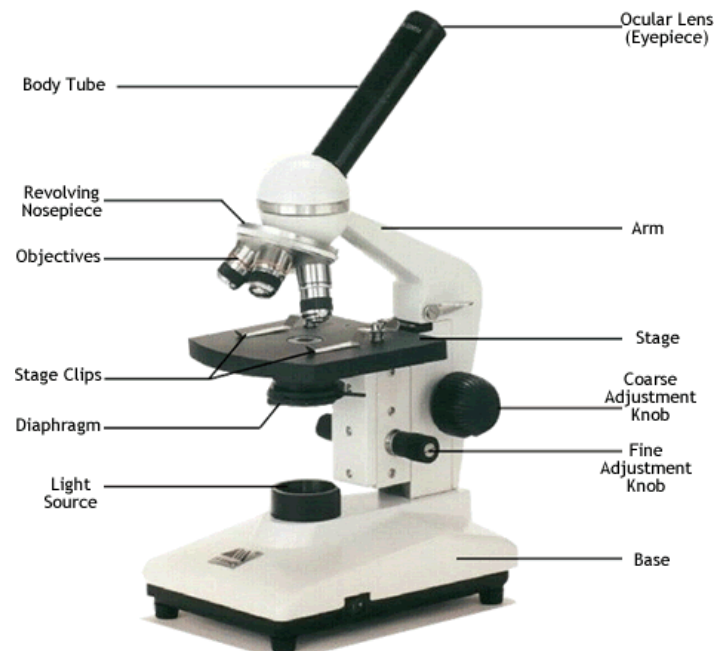
Mikroskops: 1590. g.

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



Asins šūnas

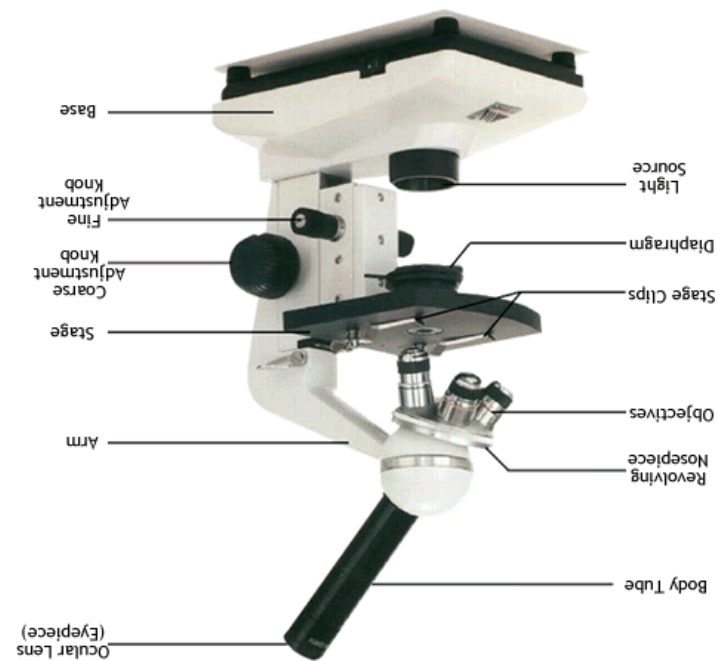
<http://www.boredpanda.com/looking-at-the-world-through-a-microscope-part-i/>



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

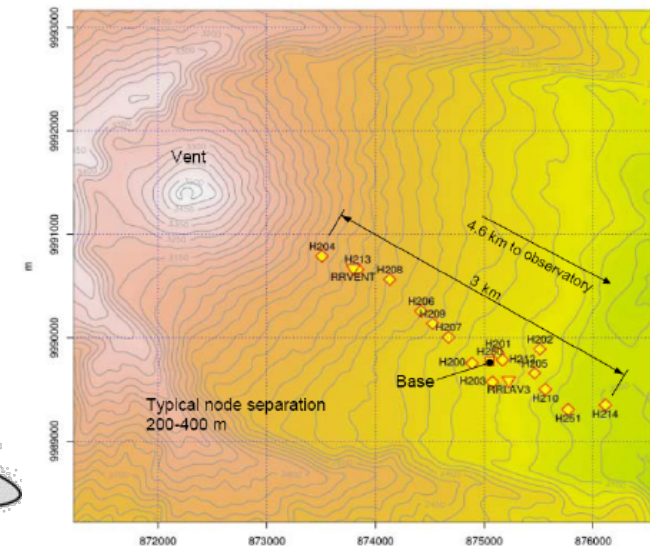
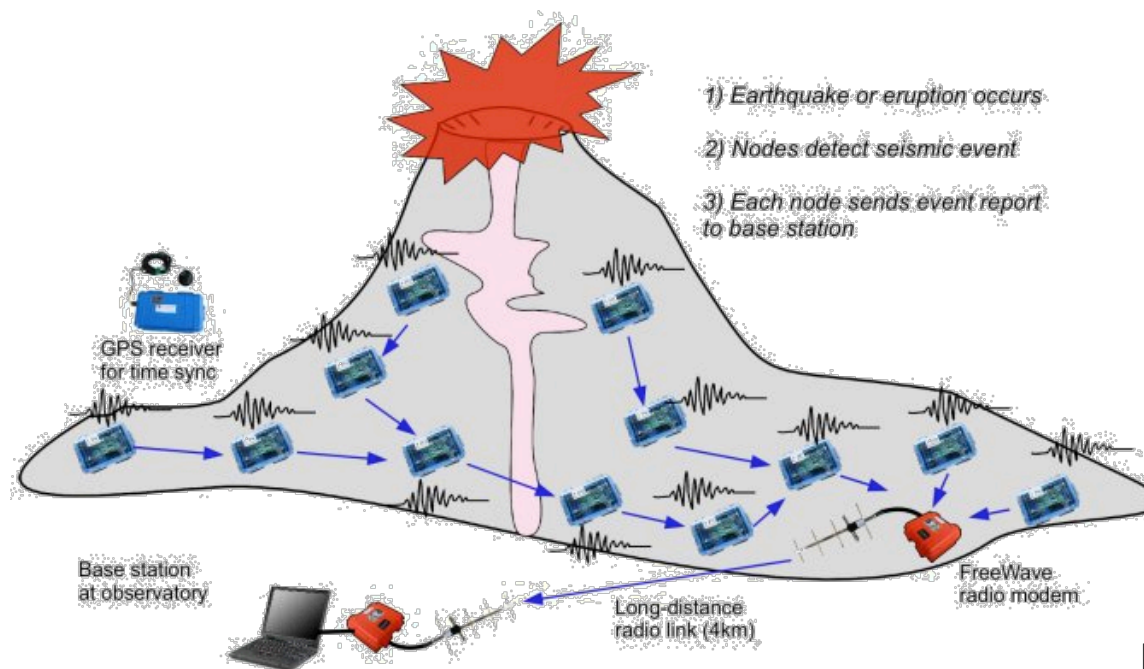
Makroskopi: tā pat, tikai otrādi

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



VolcanoNet

- Harvardas Universitātes bezvadu sensoru tīkls uz vulkāna, Ekvadorā



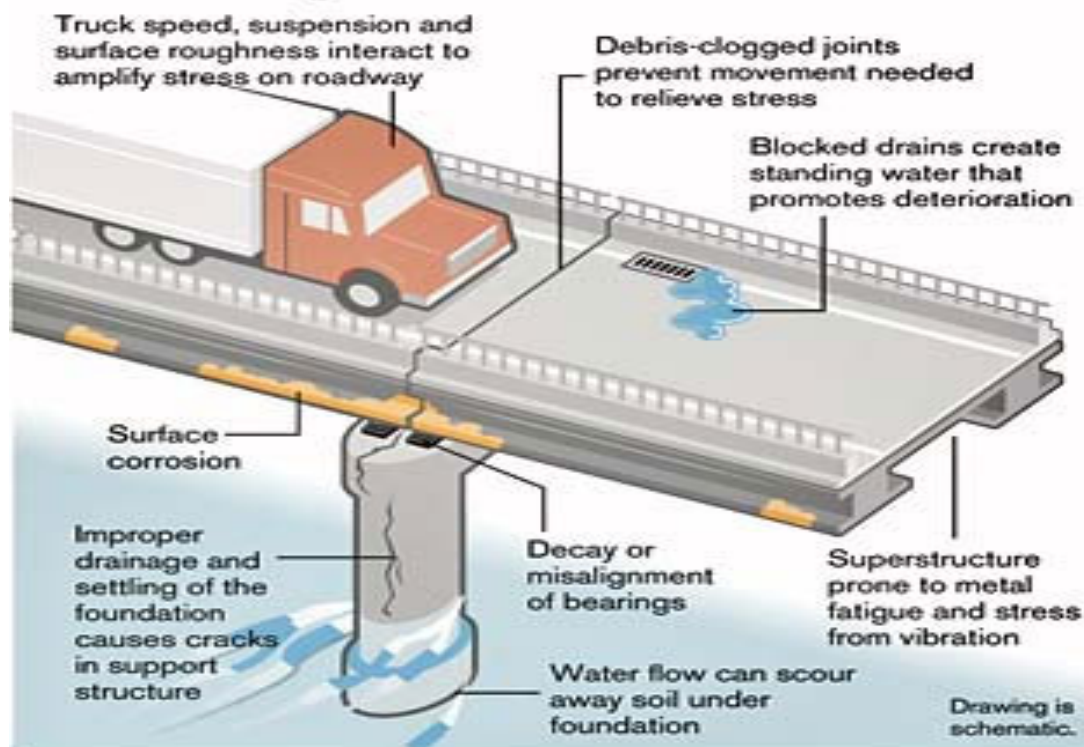
<http://fiji.eecs.harvard.edu/Volcano>

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.

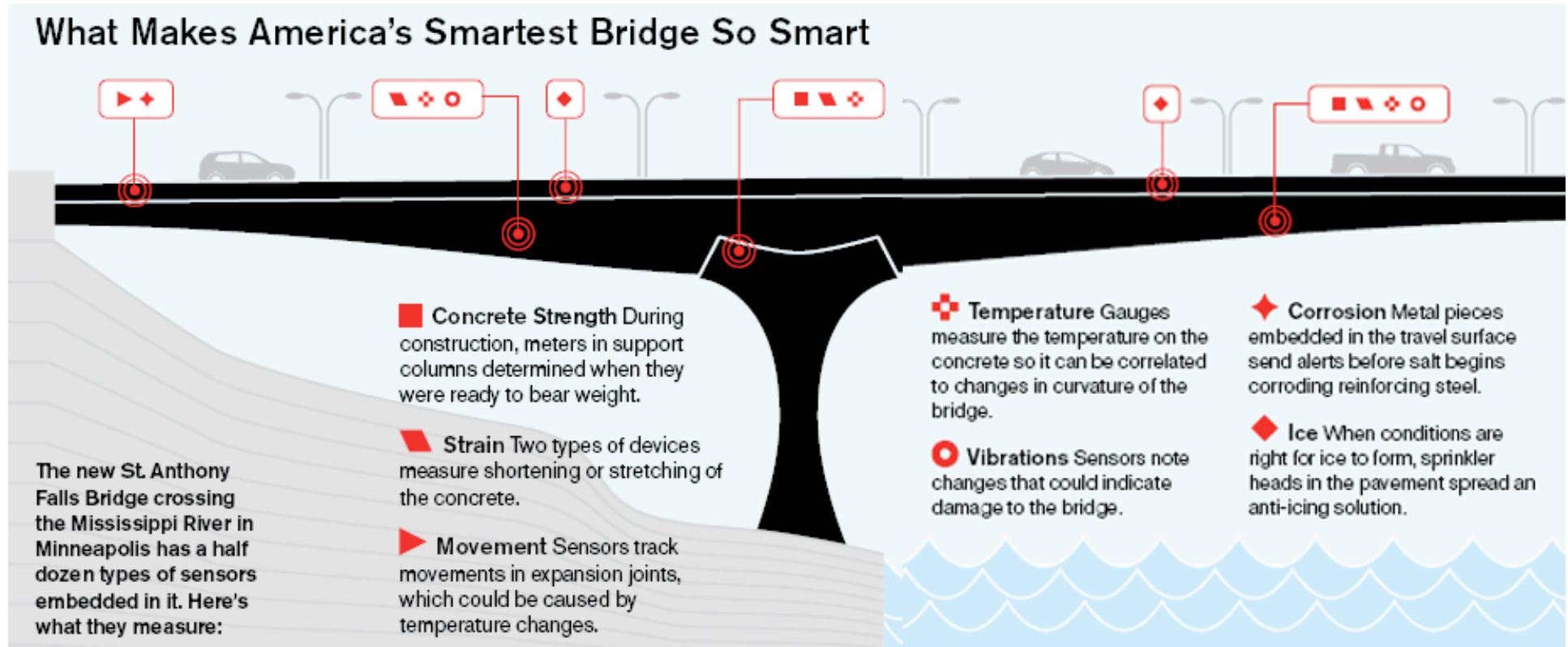
▶ **Movement** Sensors track movements in expansion joints, which could be caused by temperature changes.

⊕ **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.

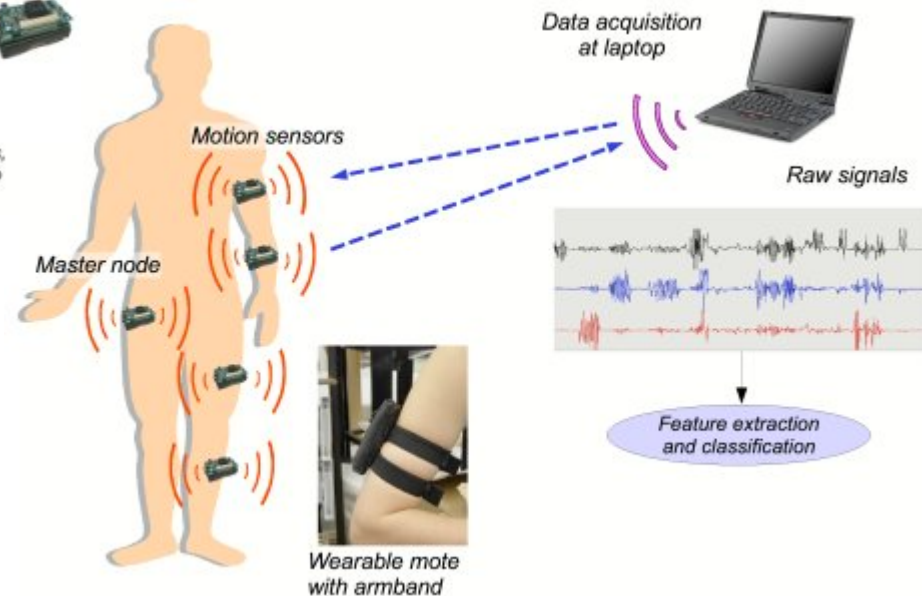
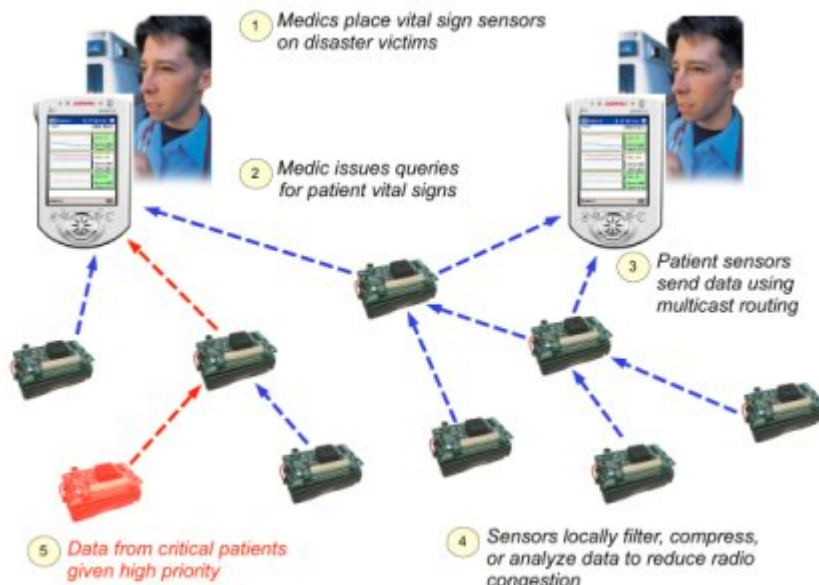


Tepat Latvijā: sensori augļu dārzā

Latvijas Universitāte un Latvijas Valsts
Augļkopības institūts, Dobele

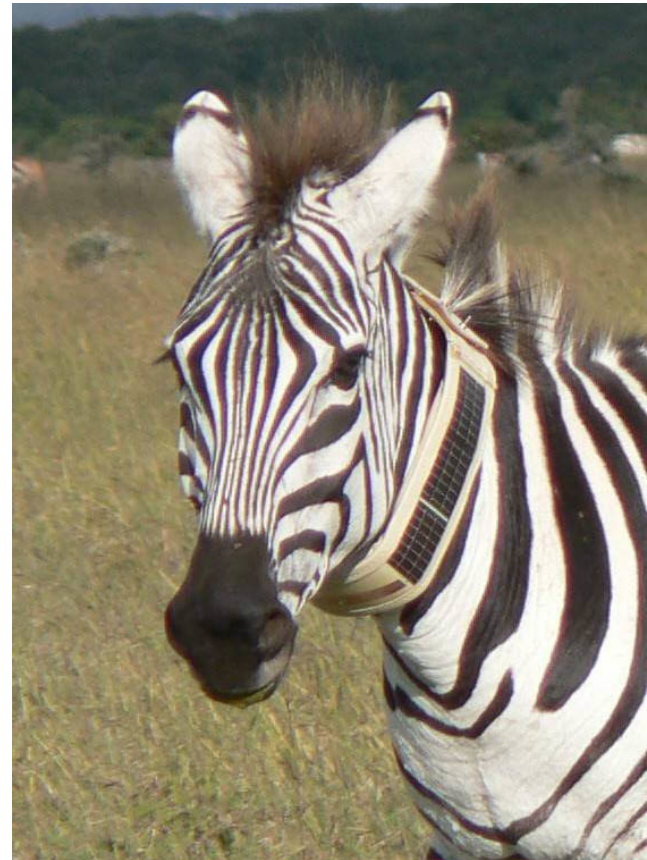


BST pielietojumi medicīnā

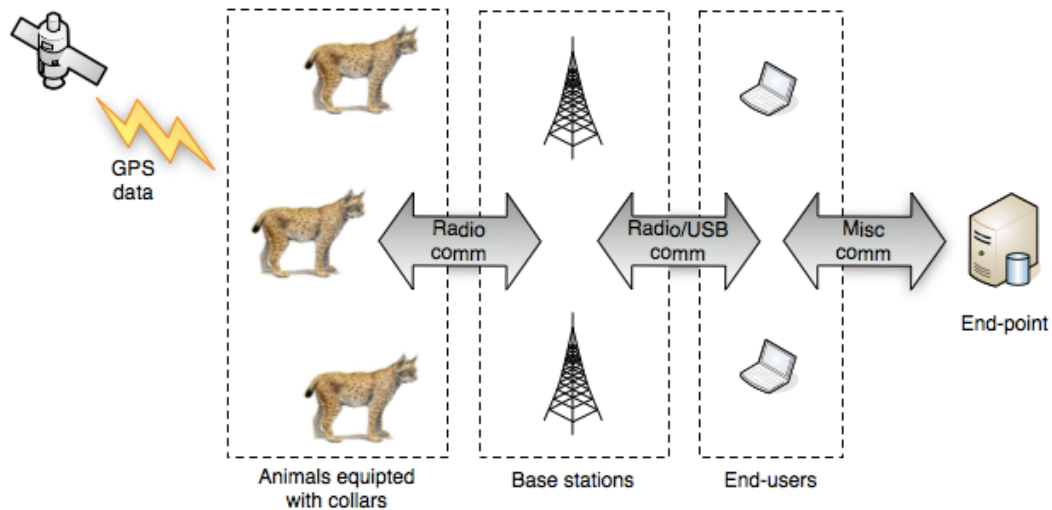


ZebraNet

- 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

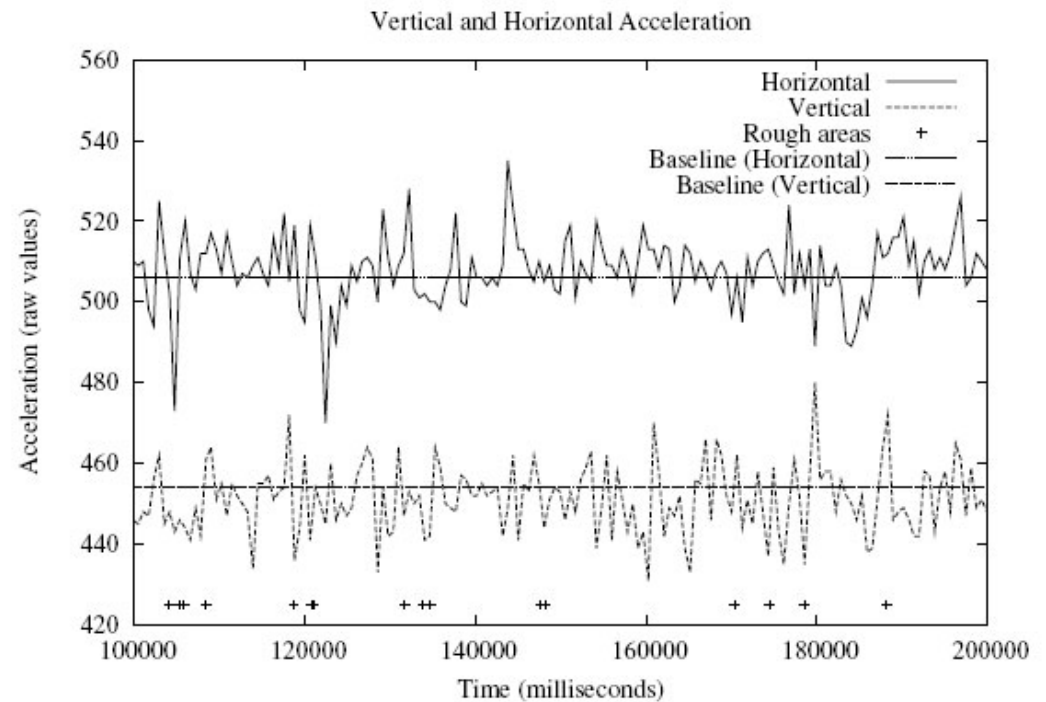
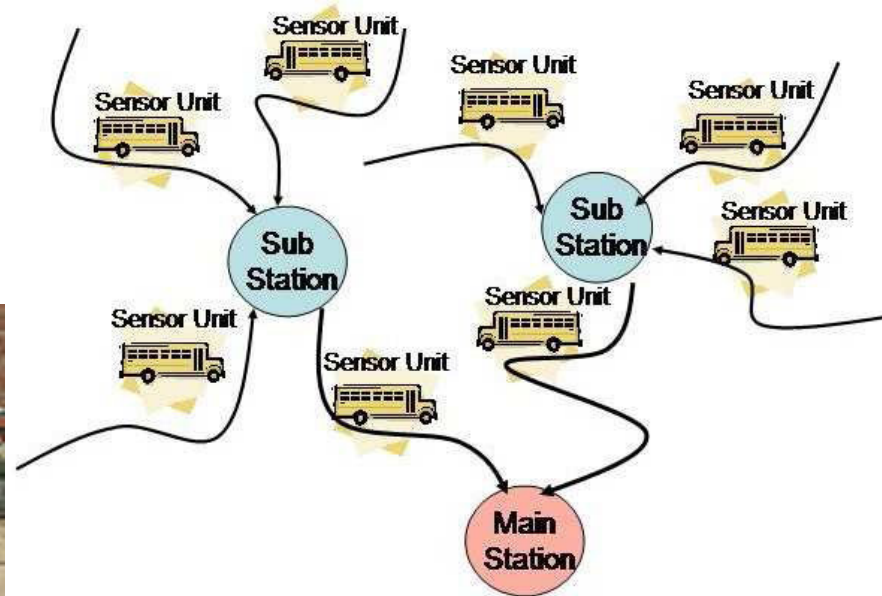


Antenas testi mežā



Lūša digitalizācijas aprīkojums

BusNet Šrilankā



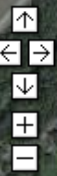
BikeNet, Dartmouth College, USA


Secret Squirrel

Total Rides: 7 Total Minutes: 480.0 mins Total Distance: 69.4 km
 [\[help\]](#)



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)





Map

Satellite

Hybrid

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

Data Sharing / Live Query Submission

Control Panel

Click on Bike Sensor



joy

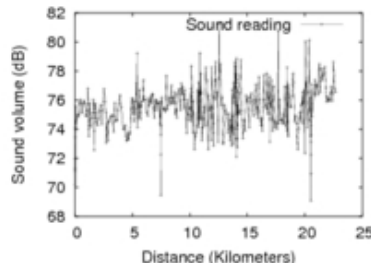
performance

None

Legend (decibels)	68.2 to 69.9	69.9 to 71.7	71.7 to 73.4	73.4 to 75.1	75.1 to 76.9	76.9 to 78.6	78.6 to 80.4	80.4 to 82.1	82.1 to 83.9

Sensor Data

[\[zoom\]](#)



Participatory sensing



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

Participatory sensing pielietojumi

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

Starppbrīdis

Kas ir BST?

Bezvadū

Sensoru

Tīkls

Vieglāk paskaidrot šādā secībā

Sensoru

Tīkls

Bezvadu

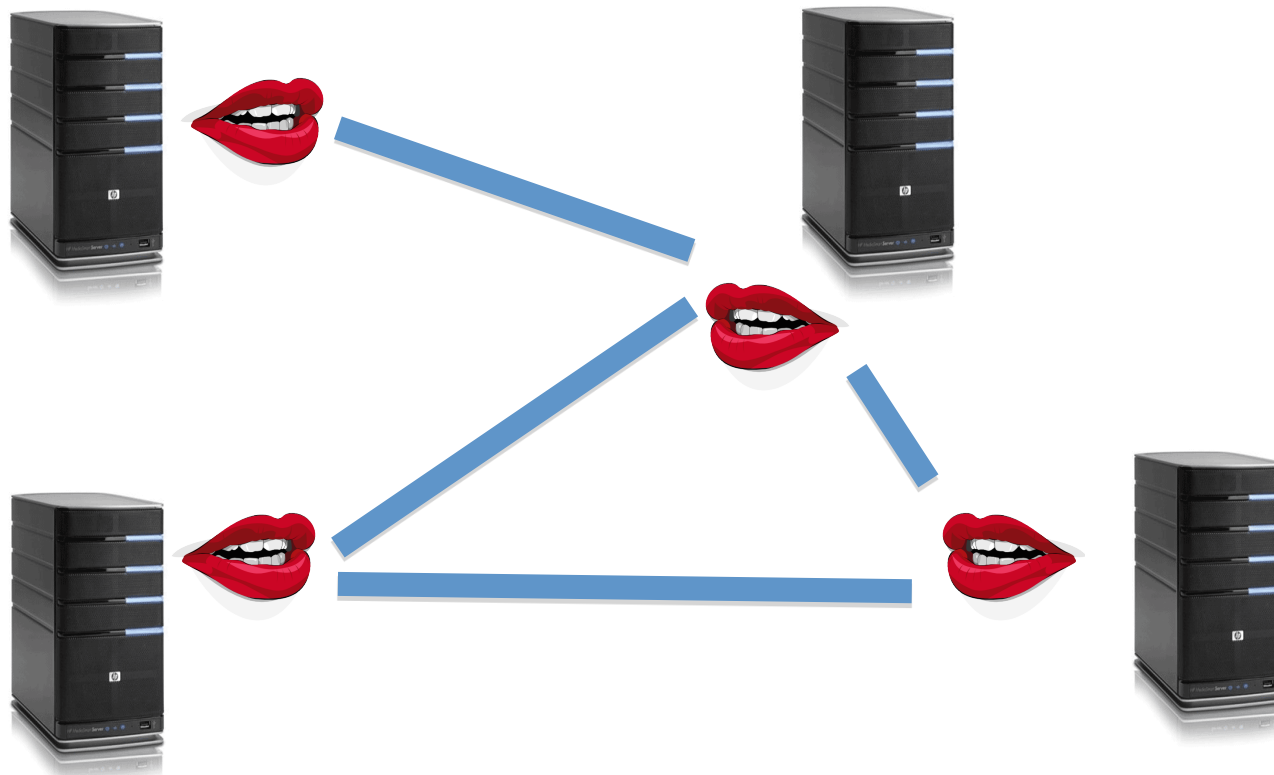
Sensoru

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



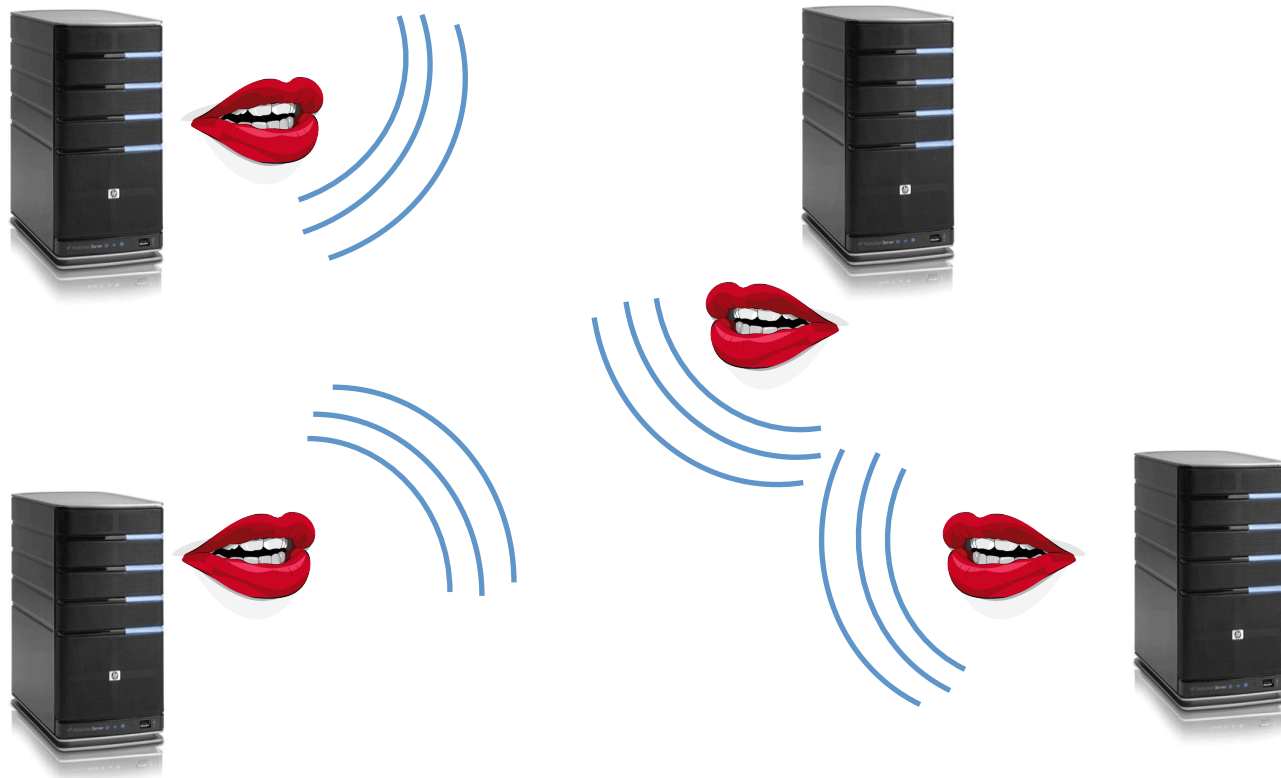
Tīkls

- Vairāki sensoru mezgli savienoti ar komunikācijas kanāliem



Bezvadu

- Tīkls ar bezvadu komunikācijas kanāliem



Tātad

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

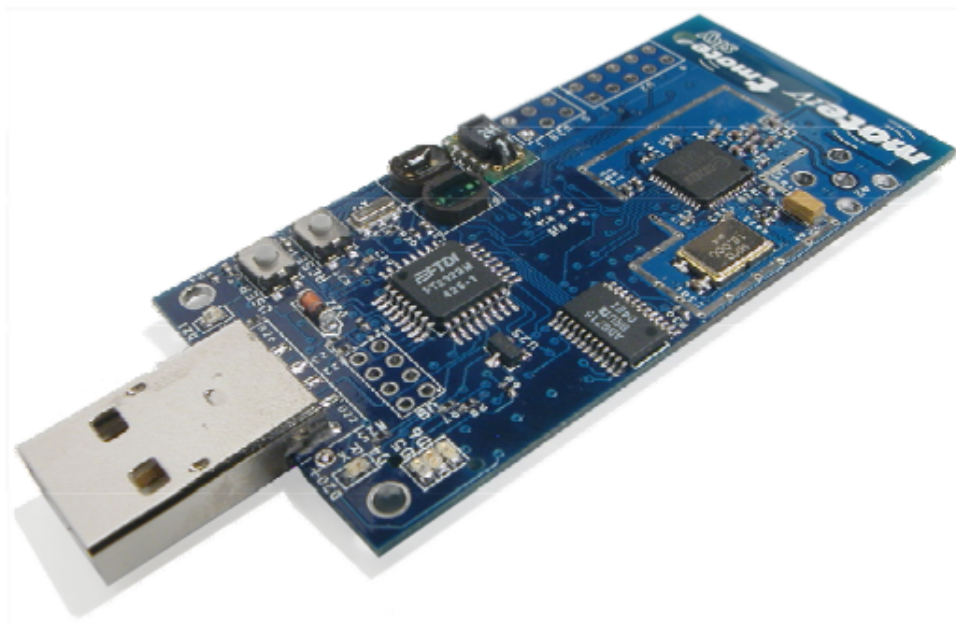
BST definīcijas

- 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



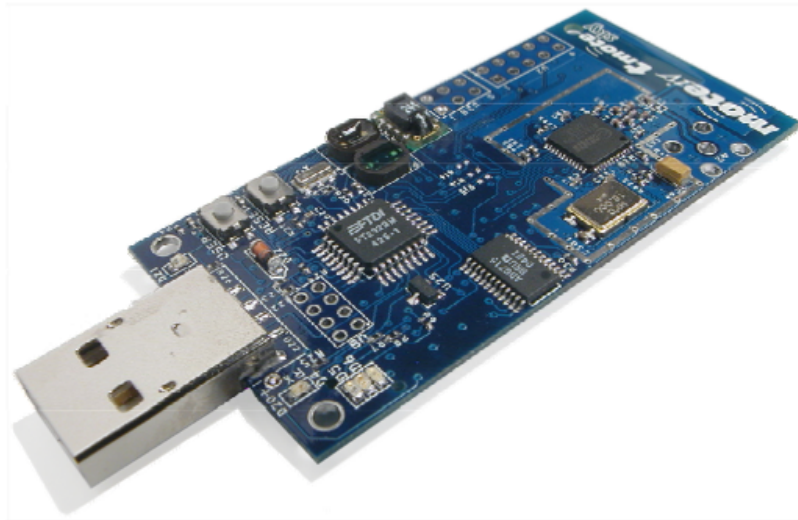
TMote Sky



EcoMote

Kas ir Mote?

- BST kontekstā Mote = sensoru mezgls iegultas sistēmas izpildījumā



BST Mote

≠



Dr Motte, Trance DJ

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

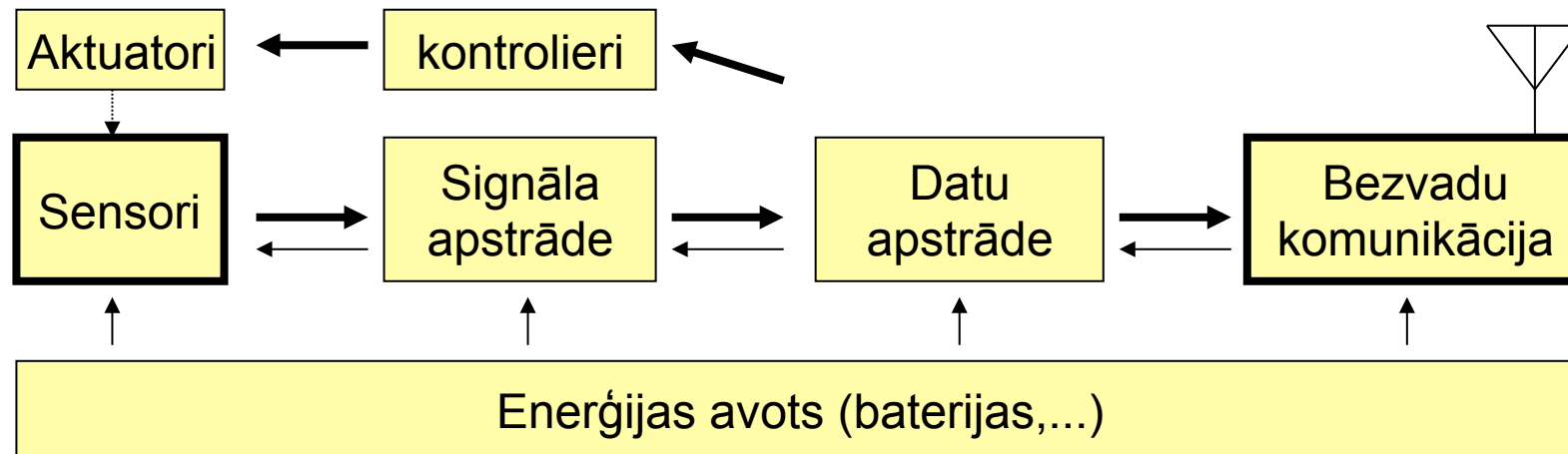
- Globāla vides novērošana, lielā platībā, augstā izšķirtspējā
- Dzīve bez gaidīšanas rindās, sastrēgumos
- Nepārtraukta veselības aizsardzība
- Auto ceļi bez negadījumiem
- Sensoru mezgli 1x1mm izmērā

Diskusija

- kādas ir sensoru tīklu “ēnas puses” ?
- vai “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 vienāds pulkstenis?
- Lokalizācija
 - Kur es esmu?

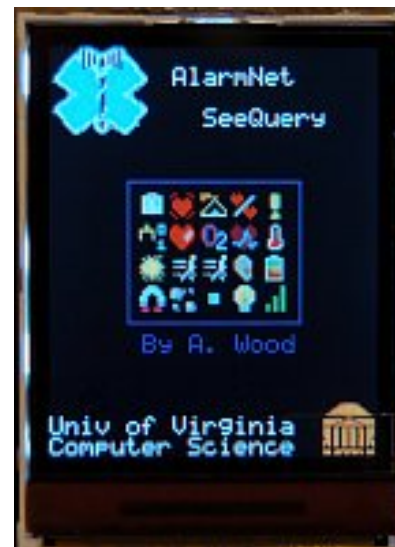
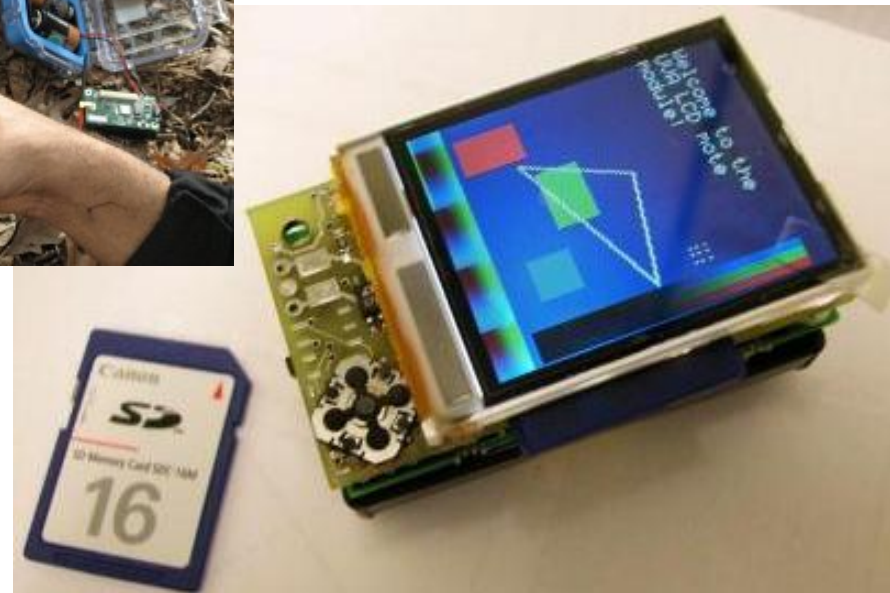
BST problēmas II

- Enerģijas taupība
 - Kā ilgāk strādāt ar tām pašām baterijām?
- 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 aplikāciju izstrādi?
- Atklūdošanas saskarnes
 - Kā izstrādes un ekspluatācijas laikā atrast nepilnības?

Saskarnes



Mobilie telefoni kā motes

- 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 cm² var savākt:
 - 100mW spilgtā saulē
 - 100uW dienas birojā (0.1% no 100mW)



Termoelektriskā konversija

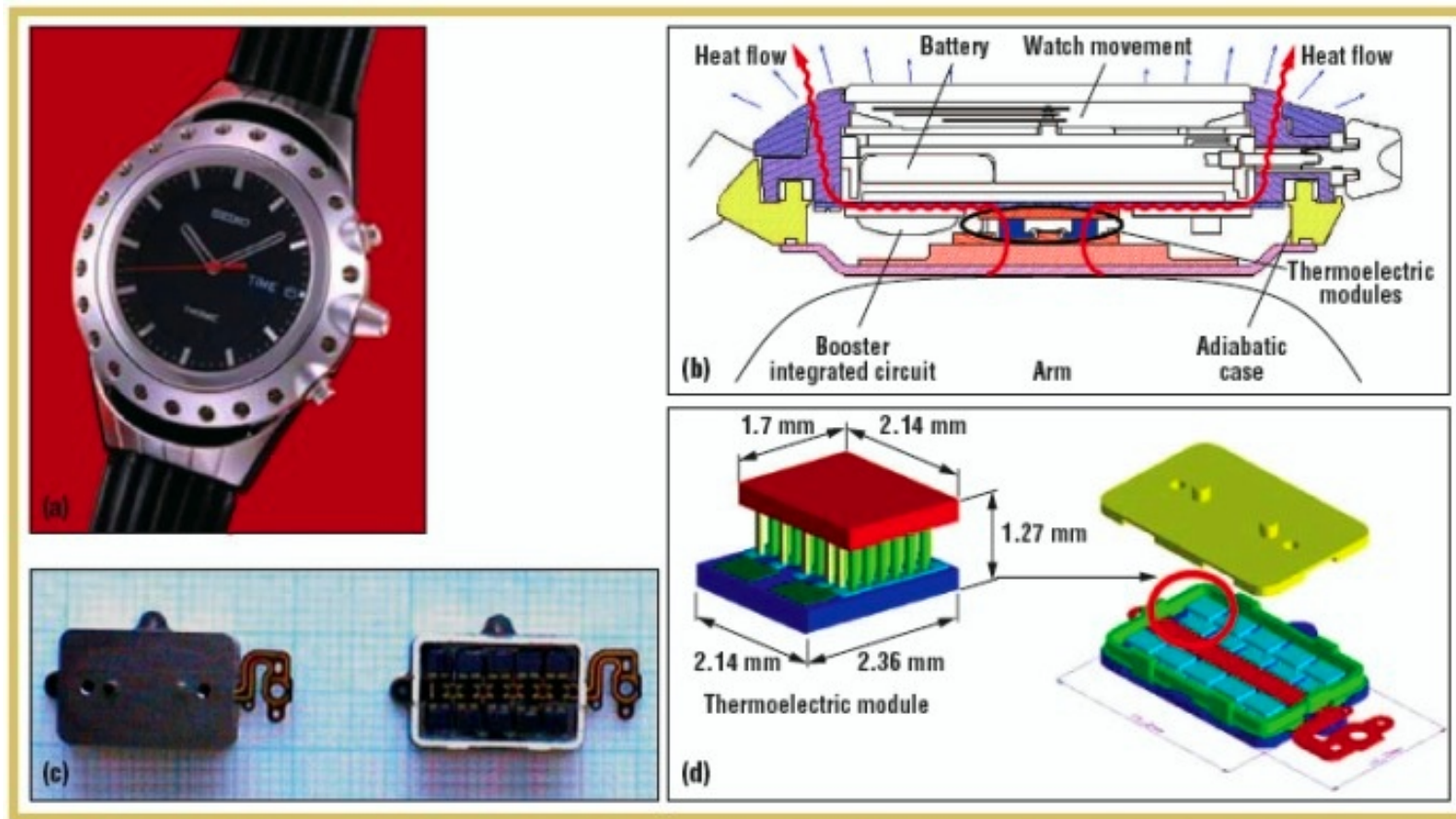


Figure 2. The Seiko Thermic wristwatch: (a) the product; (b) a cross-sectional diagram; (c) thermoelectric modules; (d) a thermopile array. Copyright by Seiko Instruments.

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

Cilvēka ģenerēta enerģija

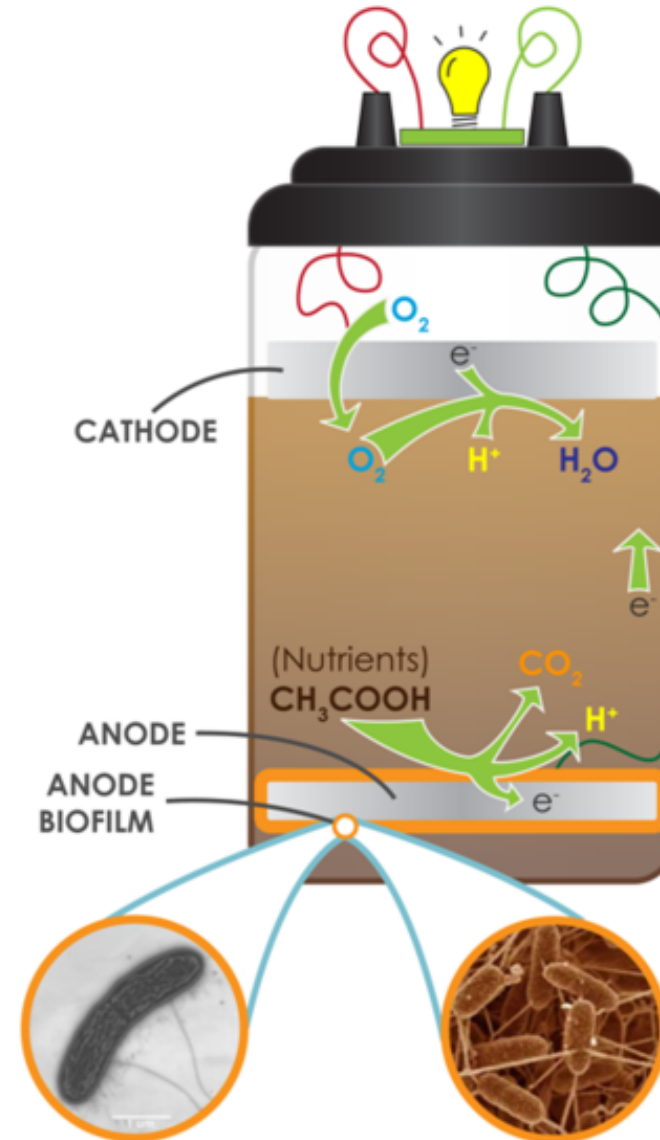
- Cilvēks ģenerē 0.1-1.5kW!
- Soļi: 75kg cilvēks, 1Hz solis, kas rada 1cm spiedienu, ģenerē 7W ar katru kāju



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 jaunas, interesantas paradigmas
- Jaunas iespējas
- Jauni izaicinājumi

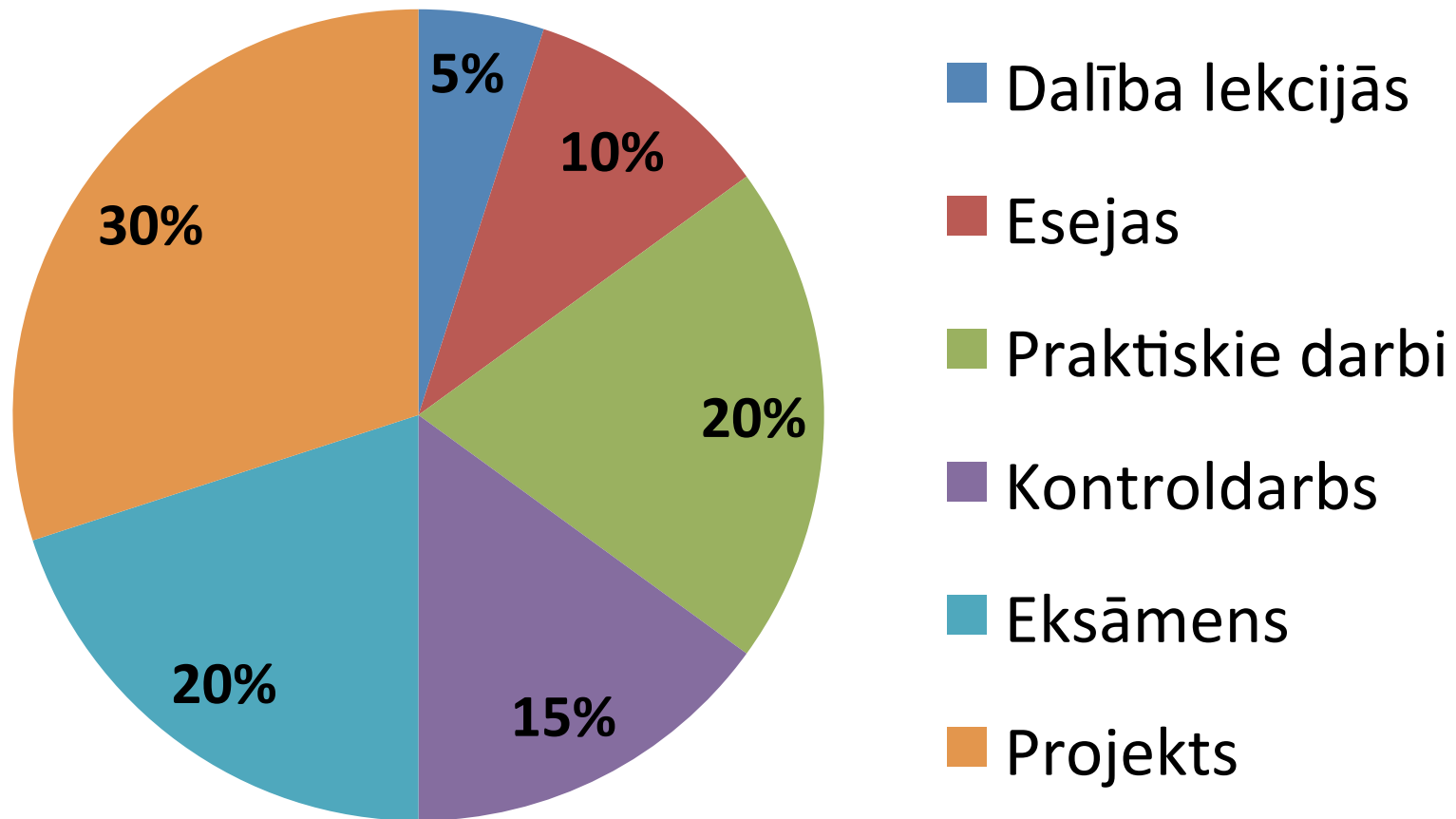
Formāli par kursu

- Bezvadu sensoru tīkli, DatZ3070
- Bakalauri, 5. semestris, 4KP
- 312. telpa, trešdienās:
 - Lekcijas: 12:30–14:10
 - Praktiskie darbi: 14:30–16:10

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 balles (+ skat. i-iespēju)

Papildus i-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 (100%) kursā uzdotās esejas

Dalība lekcijās, diskusijās: 5%

- Lekcijās, iespējams, būs lietas, ko grūti atrast mācību materiālos
- Lai nokārtotu kursu, **jāapmeklē vismaz 50% lekciju**
- Jautājums: kā fiksēsim apmeklējumu?

Esejas: 10%

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

Praktiskie darbi: 20%

- Programmēšanas uzdevumi
- TinyOS, MansOS, Contiki, Energia vai Arduino vidēs
- Būs 3-5 darbi, **sekmīgi jānokārto visi**
- Drīkst izmantot tīmeklī atrodamos koda piemērus, lietojot atsauces
- Nedrīkst izmantot BST studentu darbus, tai skaitā, iepriekšējo gadu

Kontroldarbs: 15%

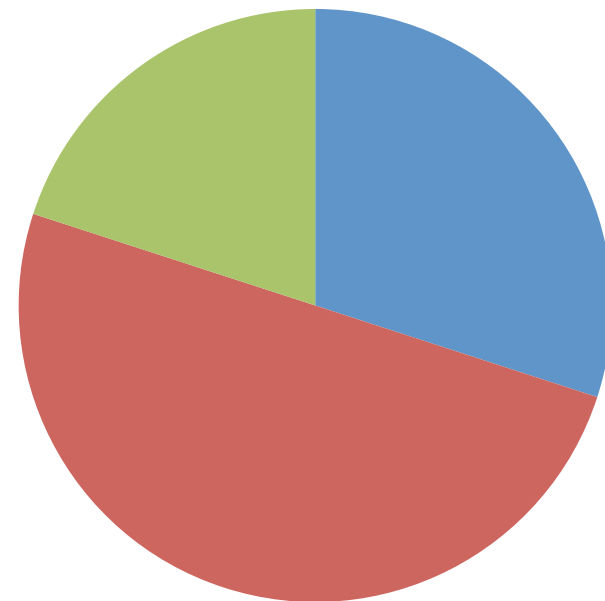
- Oktobra beigas – novembra sākums, 90min laika, **jānokārto sekmīgi (>39%)**
- Materiālu izmantošama maksā -20%
- Visas līdz tam laikam apskatītās tēmas
- Saturs:
 - *multiple-choice* jautājumi
 - īsi, tekstā atbildāmi jautājumi
 - radošais uzdevums: sensoru tīkla piemērs

Eksāmens: 20%

- Analogisks KD
- **Jānokārto sekmīgi**
- Janvārī
- Visa gada viela

Kursa projekts: 30%

- Lielākā atzīmes daļa!
- 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 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: **09.01.2015.**
- Ja pēc šī datuma ir kāds parāds, pasniedzējam ir tiesības neizlikt atzīmi

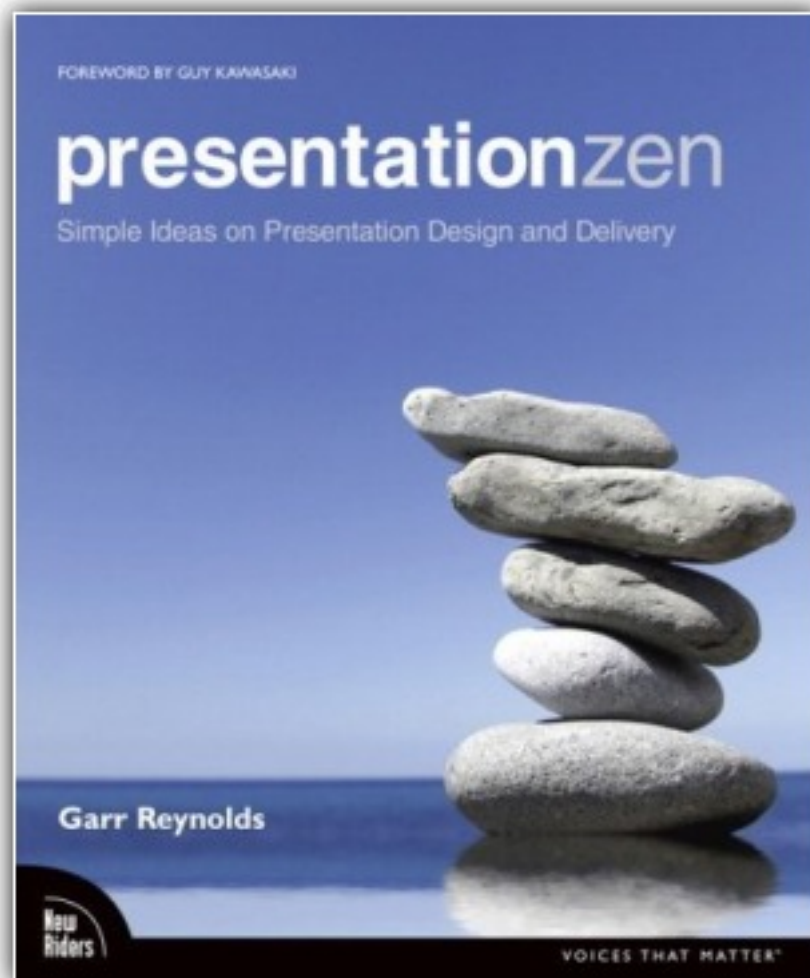
Prasību kopsavilkums

- 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 prasam tikai to, ko paši varam izpildīt

Kursa materiāli

- Moodle (tiklīdz būs sakārtotas piekļuves)
 - kursa informācija un kalendārs, mājas darbi, esejas, ...
- Iepriekšējo gadu materiāli:
<http://selavo.lv/wiki/index.php/LU-BST-b13>
<http://selavo.lv/wiki/index.php/LU-BST-b12>
- Grāmatas ir LU bibliotēkā
- Publikācijas internetā

Grāmata, ko der izlasīt



Komunikācija

- Moodle forums, kurā tiek publicēti gan jautājumi un komentāri, gan paziņojumi
- Twitter #lubst14
- E-pasta grupa: lu-bst-b@googlegroups.com
 - Pievienoties var šeit: <http://groups.google.lv/group/lu-bst-b>
 - Arhīvos var atrast iepriekšējo gadu jautājumus un atbildes

Pirmais mājas darbs

- Epasts ar tekstu “Mani sauc <vārds> <uzvārds>, mans apliecības nr ir <aplNr>, mans mob tel ir <mobnr>, vēlos reģistrēties BST grupā”
- Atsūtīt uz reinholds@zviedris.lv
- Termins: 10.09.2014. 10:00

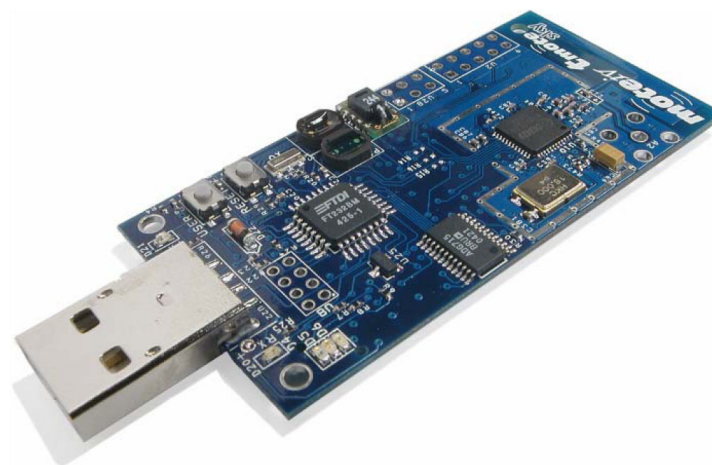
Jūsu komentāri par kursa
saturu, formu?

Pirmā eseja

- Tēma: Trīs lietas, ko no šīs lekcijas “paņemšu līdzi”
- Termins: 10.09.2014. 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)

Datori

- Lietotājs: TOS Developer
- Parole: tos123
- Failus tur neturēt, jo datori tiks “upgreidoti”