Programmēšanas abstrakcijas. MansOS, SEAL.

Uldis Bojārs
Kurss “Bezvadu sensoru tīkli” [B]
Datorikas fakultāte
Latvijas Universitāte
20.nov.2013.

KĀ SENSORU TĪKLU PROGRAMMĒŠANU PADARĪT VIENKĀRŠĀKU

Sensoru tīklu galvenais uzdevums:

Savākt informāciju!

Informācijas savākšana:

- Jēlo datu interpretāciju
- Informācijas apstrāde, agregācija
- Rezultātu nogādāšana līdz apstrādes vietai

Kāpēc nesūtīt visu uz bāzes staciju?

- Komunikācija tērē enerģiju
- Radio kapacitāte ir ierobežota

Galvenās pieejas

- Programmēt katru mezglu veidu atsevišķi
- Makro programmēšana
- Aģentu bāzētas pieejas
- Vaicājumu (query) bāzētas pieejas

Makro programmēšana

- Ļauj programmēt visu tīklu kopumā
- Kompilators globālo programmu nokompilē individuāliem mezgliem

Makro programmēšanas priekšrocības un trūkumi

+ Ļauj domāt par visu tīklu kopumā
- Šāda paradigmas maiņa nav vienkārša
- Sarežģīta kompilatoru būve

Makro programmēšanas piemērs: Pleaides

- Specifiska valoda, kas kompilējas uz n TinyOS programmām

```
1: #include "pleiades.h"
2: boolean nodelocal isfree=TRUE;
3: nodeset nodelocal neighbors;
4: node nodelocal neighborIter;

5: void reserve(pos dst) {
6:  boolean reserved=FALSE;
7:  node nodeIter,reservedNode=NULL;
8:  node n=closest_node(dst);
9:  nodeset loose nToExamine=add_node(n, empty_nodeset());
10: nodeset loose nExamined=empty_nodeset();


11: if(isfree@n) {
12:  reserved=TRUE; reservedNode=n;
13:  isfree@n=FALSE;
14:  return;
15: }

16: while(!reserved && !empty(nToExamine)){
17:  cfor(nodeIter=get_first(nToExamine);nodeIter!=NULL;
          nodeIter = get_next(nToExamine)){
18:   neighbors@nodeIter=get_neighbors(nodeIter);
19:   for(neighborIter@nodeIter=get_first(neighbors@nodeIter);
          neighborIter@nodeIter!=NULL;
          neighborIter@nodeIter=get_next(neighbors@nodeIter)){
20:    if(!member(neighborIter@nodeIter,nExamined))
21:     add_node(neighborIter@nodeIter,nToExamine);
22:   }
23:   if(isfree@nodeIter){
24:    if(!reserved){
25:     reserved=TRUE; reservedNode=nodeIter;
26:     isfree@nodeIter=FALSE;
27:     break;
28:    }
29:   }
30:   remove_node(nodeIter,nToExamine);
31:   add_node(nodeIter,nExamined);
32:  }
33: }
34:}
```

Ko dara šī programma?

```
1: #include "pleiades.h"
2: boolean nodelocal isfree=TRUE;
3: nodeset nodelocal neighbors;
4: node nodelocal neighborIter;

5: void reserve(pos dst) {
6:  boolean reserved=FALSE;
7:  node nodeIter,reservedNode=NULL;
8:  node n=closest_node(dst);
9:  nodeset loose nToExamine=add_node(n, empty_nodeset());
10: nodeset loose nExamined=empty_nodeset();


11: if(isfree@n) {
12:  reserved=TRUE; reservedNode=n;
13:  isfree@n=FALSE;
14:  return;
15: }

16: while(!reserved && !empty(nToExamine)){
17:  cfor(nodeIter=get_first(nToExamine);nodeIter!=NULL;
         nodeIter = get_next(nToExamine)){
18:   neighbors@nodeIter=get_neighbors(nodeIter);
19:   for(neighborIter@nodeIter=get_first(neighbors@nodeIter);
         neighborIter@nodeIter!=NULL;
         neighborIter@nodeIter=get_next(neighbors@nodeIter)){
20:    if(!member(neighborIter@nodeIter,nExamined))
21:     add_node(neighborIter@nodeIter,nToExamine);
22:   }
23:   if(isfree@nodeIter){
24:    if(!reserved){
25:     reserved=TRUE; reservedNode=nodeIter;
26:     isfree@nodeIter=FALSE;
27:     break;
28:    }
29:   }
30:   remove_node(nodeIter,nToExamine);
31:   add_node(nodeIter,nExamined);
32:  }
33: }
34:}
```

Ko dara šī programma?

Figure 1. A street-parking application in Pleiades.

Aģentu bāzētas programmas

- Kas ir aģents?

Aģentu bāzētas programmas

- Aģents ir programma, kas ceļo starp mezgliem
- Nevis dati nāk pie programmas, bet programma iet pie datiem
- Aģenti autonomi pārvietojas
- Vienlaikus tīklā var darboties vairāki aģenti
- Kaut kas ļoti eksotisks

Aģentu priekšrocības

- Ļoti plašas iespējas
- Mazs datu pārraides apjoms (?)
- Spēcīga decentralizācija, apstrāde seko datiem
- Spēja dinamiski reaģēt uz izmaiņām tīklā

Aģentu trūkumi

- Sarežģīti modelēt tīkla komponentes un to sadarbību
- Grūti paredzēt izmaiņas, uz kurām jāreaģē
- Sarežģīta testēšana un atkļūdošana

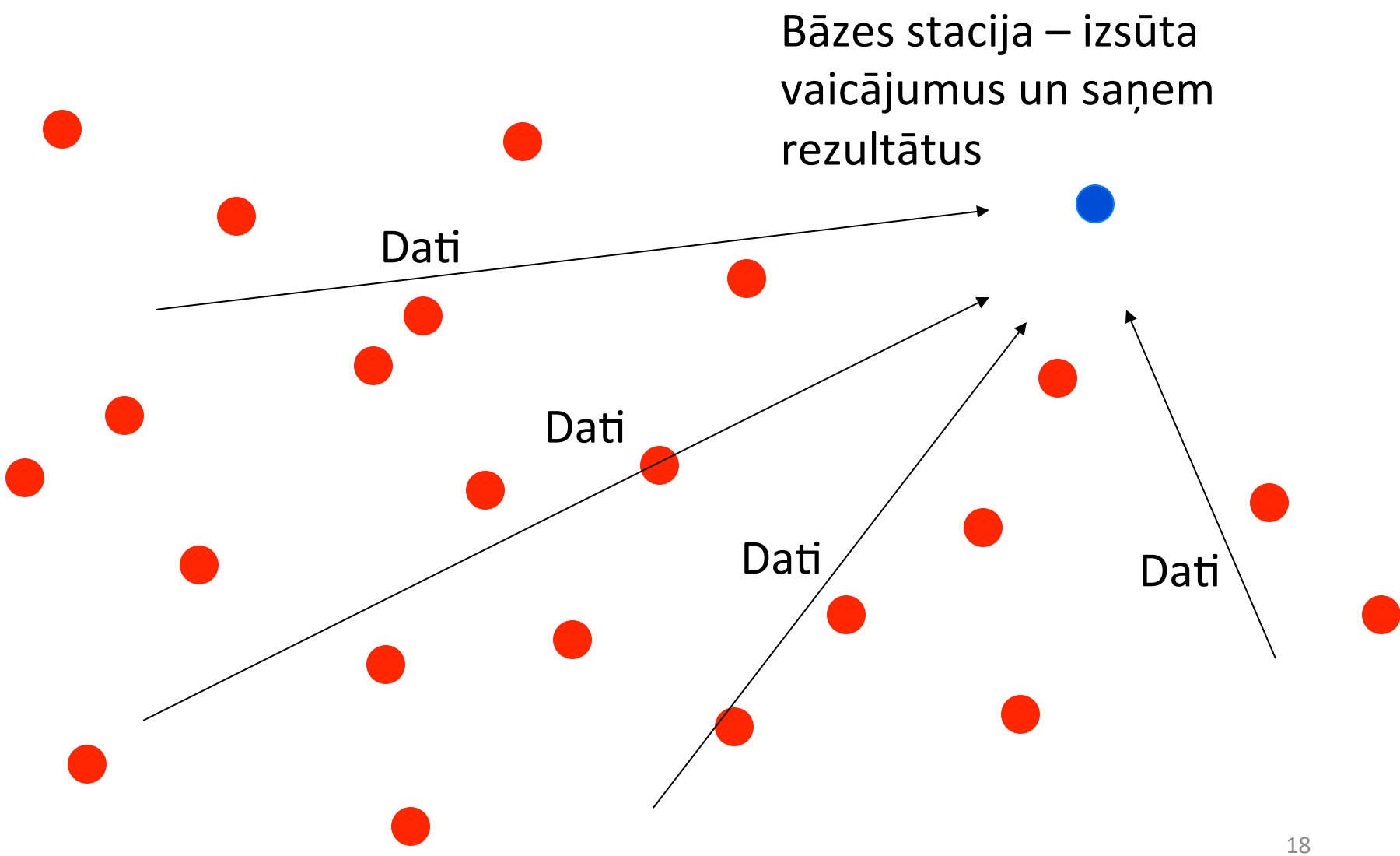
Query-based WSN programming

Vaicājumu bāzētas pieejas

- Tīklā iesūta vaicājumu, atpakaļ nāk atbilde
- Parasti centralizēti risinājumi: bāzes stacija vaicā, tīkls atbild
- Vispopulārākā pieeja – vienkārša realizācija

TinyDB, SwissQM, ...

Tipiska vaicājumu pieejas arhitektūra



Pieejas pamatmērķis

- Sensoru tīkls kā dalīta (distributed) datu bāze
- Problēmas:
  - Ierobežota atmiņa
  - Nepieciešams kopīgs *duty cycle*
  - Mezgli parasti nav uzticami
  - Dati var būt trokšņaini
  - Parasti datiem svarīgs arī laiks un vieta

Vaicājumu pieejas priekšrocības

- Vienkārša realizācija
- Abstrahēšanās no tīkla topoloģijas

Vaicājumu pieejas trūkumi

- Pārsvarā triviāla datu apstrāde
- Vaicājums parasti vai nu konkrētam mezglam, vai visam tīklam
- (Sarežģīti apstrādāt telpas un laika atribūtus)

Vaicājumu pieejas piemērs: TinyDB

- SQL-tipa dalītā datu bāze sensoru tīkliem
- Darbojas kā slānis virs TinyOS
- Visi sensoru mezgli kā daļa no tabulas
- Katrs sensoru lasījums kā viens ieraksts
- Vaicājumus izsūta un atbildes savāc bāzes stacija

- Sīkāk rakstā: S. Madden, M. Franklin, J. Hellerstein, and W. Hong, “TinyDB: an acquisitional query processing system for sensor networks,” ACM Transactions on Database Systems (TODS), vol. 30, no. 1, pp. 122–173, 2005.

TinyDB vaicājuma piemērs

```
SELECT nodeid, light, temp
  FROM sensors
  SAMPLE PERIOD 1s FOR 10s
```

Lasa gaismu un temperatūru ik sekundi, 10 sekunžu garumā

TinyDB Agregācija

- Datu agregāciju veic pēc iespējas tuvu datu avotam, notiek automātiski

SELECT AVG(volume), room FROM sensors
WHERE floor = 6
GROUP BY room
HAVING AVG(volume) > *threshold*
SAMPLE PERIOD 30s

TinyDB kopsavilkums

- Dalītā datu bāze sensoru tīkliem
- Slānis virs TinyOS [1.x]
- Piedāvā vienkāršu saskarni, efektīvu agregāciju

Trūkumi:

- Paplašināmība
- Iebūvēta vaicājumu valoda ierobežo
  - nevar veidot patvaļīgas programmas

SwissQM virtuālā mašīna

- ETH Zurich, 2007.g

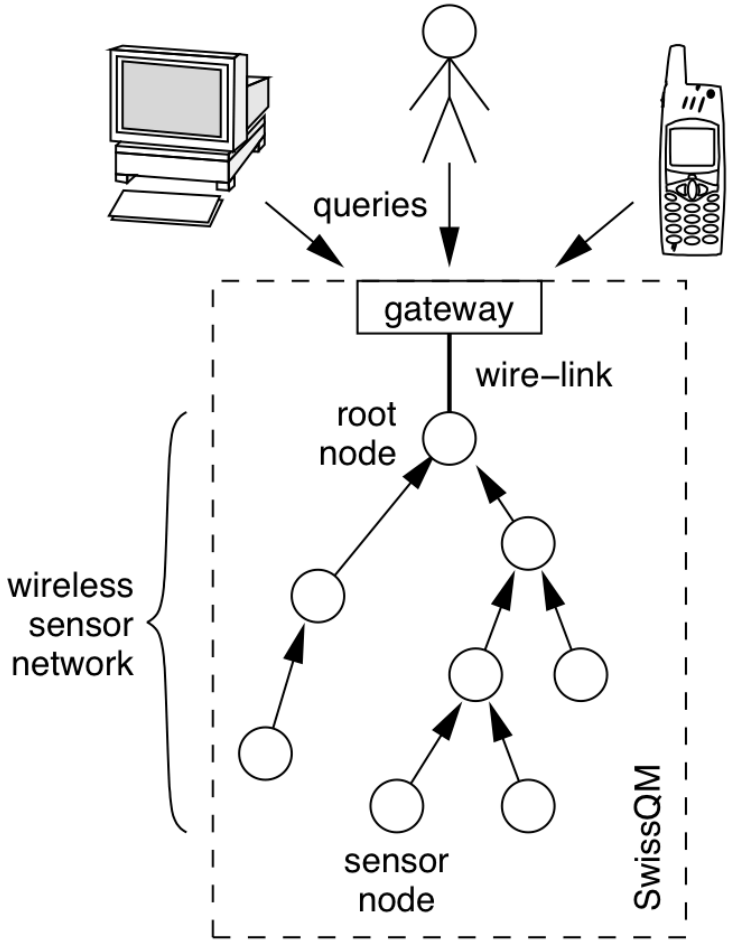
- Izteiksmīgāka par TinyDB
- Kompaktāka par Mate VM

- QM = Query Machine
  - Query [Engine] + [Virtual] Machine

R. Muller, G. Alonso, and D. Kossmann, “A virtual machine for sensor networks,” in Proceedings of the 2nd ACM SIGOPS/EuroSys European Conference on Computer Systems 2007, pp. 145–158, ACM, 2007.

SwissQM pieeja

- Gateway kā ”gudrais mezgls”
  - vaicājumu pārveidošana mezglu programmās
  - vaicājumu merging
  - multi-query optimization
- Paaugstina efektivitāti
  - motes izpilda tikai to, kas vajadzīgs (sense, aggregate, transmit)



Gateway

- Daudz plašāka funkcionalitāte kā pierasts
  - multi-query optimization and merging
- Var “klausīt” dažādām vaicājumu valodām
  - SQL, XQuery, web services (t.sk. vienlaikus)
- Paplašināms
  - var realizēt dažādu papildus funkcionalitāti

- Ģenerē *byte-code,* ko izpildīt meglu VM

XQuery piemērs

Atgriezt NodeID motēm, kam temp > 60 :

```
for $n in xt:sample($sensors, 10s)//node
    where $n/temp gt 60
    return $n/nodeid
```

vaicājums XML “dokumentam” ar <node/> elementiem, kas satur <nodeid> un <temp>.

Agregācijas piemērs (SQL)

Atrast vidējo temperatūras vērtību nodēm, kam ir līdzīgi gaismas sensora rādījumi:

SELECT (light-512) / 10, AVG(temp)
FROM sensors GROUP BY (light-512) / 10
SAMPLE PERIOD 30s

vaicājums satur uz motēm izpildāmus aprēķinus
- TinyDB ir ļoti minimālas iespējas to veikt

SwissQM kopsavilkums

- Vienkāršāk programmējams kā Mate VM
- Plašākas iespējas par TinyDB
  - Dažāda veida interfeisi (XQuery, SQL, ...)
  - Multi-user, multi-programming
- Adaptējama / pielāgojama sistēma

MansOS

un

SEAL

MansOS

- A. Elsts, G. Strazdins, A. Vihrov, and L. Selavo, "Design and Implementation of MansOS: a Wireless Sensor Network Operating System," Scientific Papers, University of Latvia, Volume 787, pp. 79-105, 2012.

- http://mansos.edi.lv

- Ata Elsta slaidi par MansOS un SEAL

10. Eseja

Tēma: TinyOS vai MansOS ?

- aprakstiet šo BST OS atšķirības
- kurš no tiem Jums patīk un kāpēc ?
- kādiem lietojumiem kuru lietotu ?

Termiņš: 27.11.2013. 10:00