

Xarxa de sensors al poble de Callús

Josep Maria Pinyol i Fontseca
Aleix Badia i Bosch
Fundació Aplicació Callús
{jmpinyol,a.badia}@callusdigital.org

juliol de 2005

Resum

L'objectiu d'aquest treball és realitzar una prova pilot d'una xarxa de nodes de sensorització per monitoritzar i controlar paràmetres mediambientals i de gestió d'infraestructures en la xarxa de distribució de dades de Callús.

A partir del model preestablert s'ha definit la xarxa de sensors i els elements que intervenen en el processat, distribució i adquisició de dades.

S'ha desenvolupat una versió preliminar del servidor de gestió nodes juntament amb la recopilació i implementació d'eines per a la comunicació i adquisició dels nodes a partir de la definició d'un model abstracte de distribució i comunicació.

Les implementacions encara no estan suficientment integrades al programari extern i el maquinari de desenvolupament com per assegurar-ne el funcionament en un entorn real.

1 Introducció

Aquest treball parteix de la necessitat de resoldre la problemàtica del processat, distribució i adquisició de dades associades a la sensorització de paràmetres mediambientals i de gestió d'infraestructures present en una xarxa de dades de distribució centralitzada.

Aquest treball s'ha basat en una definició abstracte de les capes intermitges dels estàndards de comunicació, topologia de la xarxa i encaminament de dades (per a més informació veure [12]), buscant una solució orientada a resoldre les capes d'aplicació i adquisició. A través del cas de la xarxa de nodes de sensorització de la població de Callús es descriu una possible implementació de les capes intermitges.

Un dels models més estesos de processat de dades en xarxes de sensorització es basa en implementacions i protocols de comunicació específics per a cada una de les aplicacions, condicionant d'aquesta manera l'actualització

i l'adaptació a l'entorn a sensoritzar. S'han proposat models i implementacions que solucionen la problemàtica anterior mitjançant nodes basats en sistemes operatius amb capacitat de càrrega dinàmica i remota de l'aplicació d'adquisició [7]. Aquest treball es centra en un model basat en una abstracció de l'adquisició, simplificant la lògica del node de sensorització i del servidor de processat.

En l'apartat 2 es presenta el model de xarxa i ens els apartats 3,4 i 5 els elements que defineixen l'abstracció de l'adquisició i els protocols de comunicació. És a partir d'aquests elements que, en els apartats 6 i 7, es descriuen les característiques del servidor de nodes i dels nodes.

2 Model de xarxa de sensorització

En el sistema de sensorització hi intervenen elements encarregats de dur a terme les tasques específiques següents:

1. Adquisició de dades
2. Lògica de sensorització
3. Distribució de dades
4. Interfície de consulta

En el model proposat de xarxa de sensorització en una xarxa de dades distribució centralitzada (veure figura 1), les tasques s'assignen entre els diferents elements

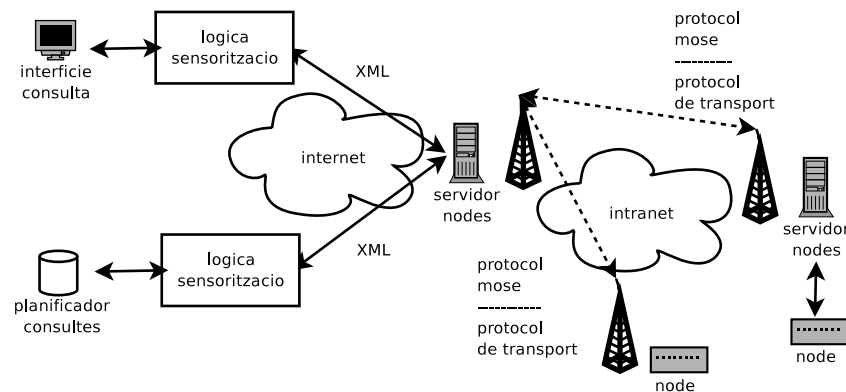


Figura 1: Model de xarxa de sensorització.

- Node de sensorització Implementa l'adquisició de dades i la comunicació amb el servidor de nodes

- Servidor de nodes de sensorització Implementa el processat de les peticions provinents de la lògica de sensorització, la corresponent consulta al node associat i el processat dels resultats
- Interfície/planificador de consultes i aplicació lògica de sensorització Implementa l'aplicació específica de sensorització a través de la consulta i interpretació dels resultats provinent del servidor de nodes

3 Capa d'abstracció dels nodes de sensorització

El nucli del sistema de sensorització es basa en una capa d'abstracció de nodes de sensorització resident al servidor de nodes. A través de la capa d'abstracció es defineixen els atributs i operacions públiques implementades al node

- Subsistema
- Paràmetre de configuració
- Canal

Les relacions de cada un d'aquests elements es poden veure a la figura 2

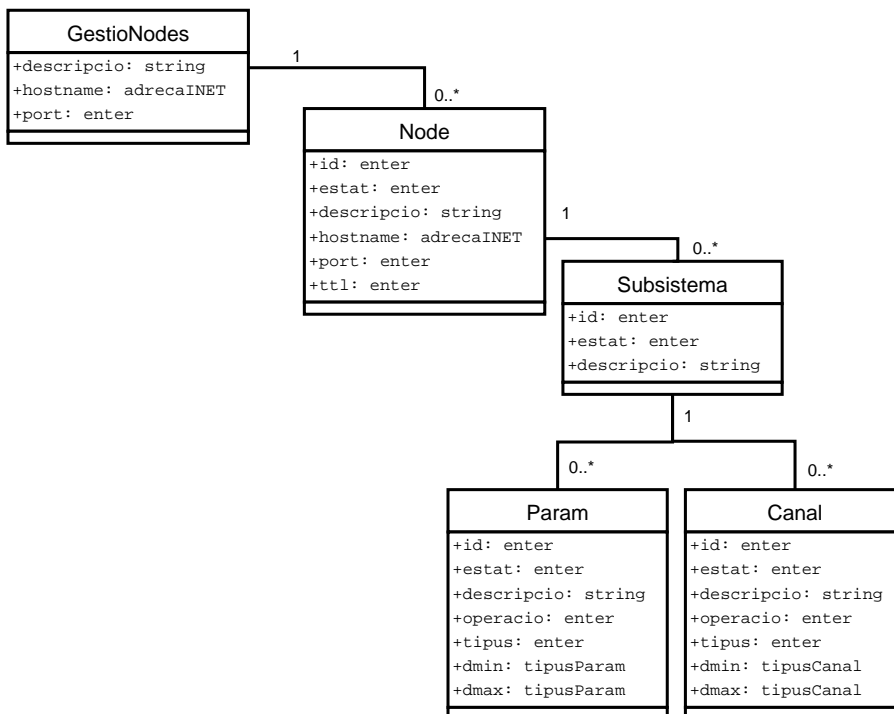


Figura 2: Definició de capa d'abstracció dels nodes de sensorització.

La definició de la capa d'abstracció es pot realitzar estàticament a partir de fitxers definits per un DTD XML basat en el diagrama 2 o dinàmicament a partir del servidor de nodes.

4 Capa d'abstracció de comunicació amb el node

El nucli de les comunicacions amb els nodes de sensorització es basa en una abstracció de les comunicacions a través d'una interfície que permet implementar mòduls de comunicació associats a un protocol o mitjà específic que es carreguen dinàmicament.

Els mòduls de comunicació han d'implementar els mètodes de la interfície definida pel diagrama de la figura 3

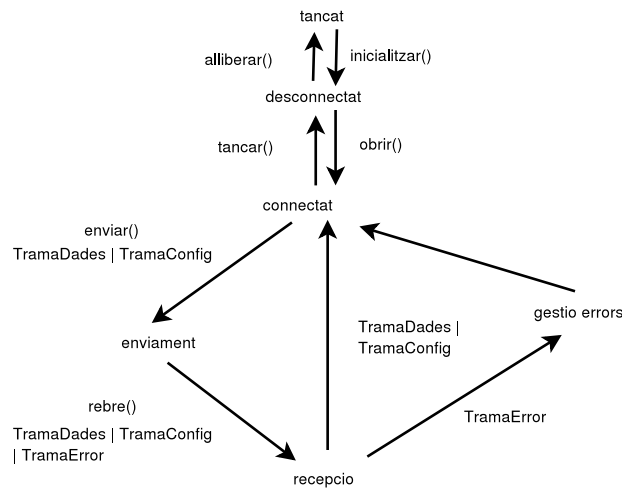


Figura 3: Definició de capa d'abstracció de comunicació.

La implementació ha de gestionar les estructures següents:

- Processat de petició d'operació i resultats

```
struct ModuleDataPacket {
    int type;
    int id;
    int subsystem;
    int channel;
    int operation;
    int size;
    char data[];
}
```

```

struct ModuleConfigPacket {
    int type;
    int id;
    int subsystem;
    int param;
    int operation;
    int size;
    char data[];
}

```

- Processat d'errors en l'execució

```

struct ModuleErrorPacket {
    int type;
    int id;
    int subsystem;
    int channel;
    int error;
    int extra_type;
    int extra_size;
    char extra_data[];
}

```

5 Protocol comunicació mose

El protocol de comunicació utilitzat en la transmissió de consultes i recepció de resultats i errors entre la interfície/planificador de consultes i el servidor de peticions s'implementa en la capa d'aplicació de la pila de TCP/IP i es està definida pel DTD XML següent:

- Trama de dades

```

<!DOCTYPE DataPacket [
  <!ELEMENT datapacket (id,module,data)>
  <!ELEMENT id (#PCDATA)>
  <!ELEMENT module (#PCDATA)>
  <!ELEMENT data (subsystem,channel,operation,value)>
  <!ELEMENT subsystem (#PCDATA)>
  <!ELEMENT channel (#PCDATA)>
  <!ELEMENT operation (#PCDATA)>
  <!ELEMENT value (#PCDATA)>
]>

```

- Trama de configuració

```

<!DOCTYPE ConfigurationPacket [
  <!ELEMENT configpacket (id,module,data)>
  <!ELEMENT id (#PCDATA)>
  <!ELEMENT module (#PCDATA)>
  <!ELEMENT data (subsystem,param,operation,value)>
  <!ELEMENT subsystem (#PCDATA)>
  <!ELEMENT param (#PCDATA)>
  <!ELEMENT operation (#PCDATA)>
  <!ELEMENT value (#PCDATA)>
]>

```

- Trama d'error

```

<!DOCTYPE ErrorPacket [
  <!ELEMENT errorpacket (id,module,data)>
  <!ELEMENT id (#PCDATA)>
  <!ELEMENT module (#PCDATA)>
  <!ELEMENT data (error,description,extra)>
  <!ELEMENT error (#PCDATA)>
  <!ELEMENT description (#PCDATA)>
  <!ELEMENT extra (type,size,data)>
  <!ELEMENT type (#PCDATA)>
  <!ELEMENT size (#PCDATA)>
  <!ELEMENT data (#PCDATA)>
]>

```

La seqüència de comunicació es descriu al diagrama 4

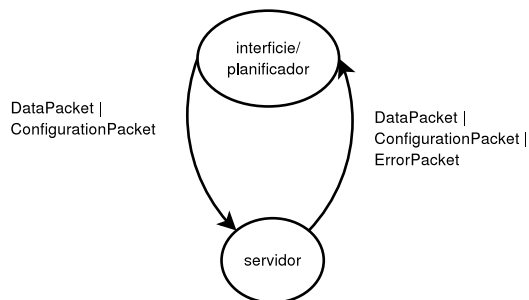


Figura 4: Seqüència de comunicació.

6 Servidor de nodes de sensorització

La seqüència d'execució del servidor de sensorització es divideix en les tasques següents:

- Servidor de processat de peticions Implementació basada en la recepció i processat en cues FIFO de trames del protocol mose.
- Validació en la capa d'abstracció dels nodes A partir de l'estructura de petició es valida el subsistema, canal, operació, tipus i valors definits a l'abstracció del node referenciat a la consulta.
- Comunicació amb el node de sensorització Transmissió de la petició al mòdul de comunicació carregat dinàmicament associat a cada node.

De forma paral·lela s'executen tasques que gestionen:

- Configuració dinàmica Modifica les propietats de l'estructura abstracte dels nodes possibilitant les operacions d'inserció, modificació i supressió de nodes, subsistemes, paràmetres i canals a través del DTD XML especificat.
- Processat d'errors Gestiona l'estructura d'error que generen els mòduls de comunicació provocats per a la desconexió d'aquests o trames d'error generades pels nodes de sensorització.
- Monitorització Permet la consulta de l'estructura abstracte dels nodes actual

7 Node de sensorització

El node de sensorització correspon a una definició per capes de l'arquitectura d'un mòdul d'adquisició de dades amb una dispositiu de connexió de xarxa (veure figura 5)

La implementació específica del node correspon a la implementació les interfícies definides en la capa de porting.

- Inicialització
- Controlador entrada/sortida
- Controlador dispositiu de xarxa
- Gestió de memòria

El nucli del node sensorització correspon a la implementació de l'estructura de subsistemes, canals i paràmetres de configuració descrits a l'estructura abstracte del servidor de node de sensorització.

L'execució del nucli es basa en el model orientat a events que es descriu a [7].

La capa de porting correspon a la implementació de les següents interfícies:

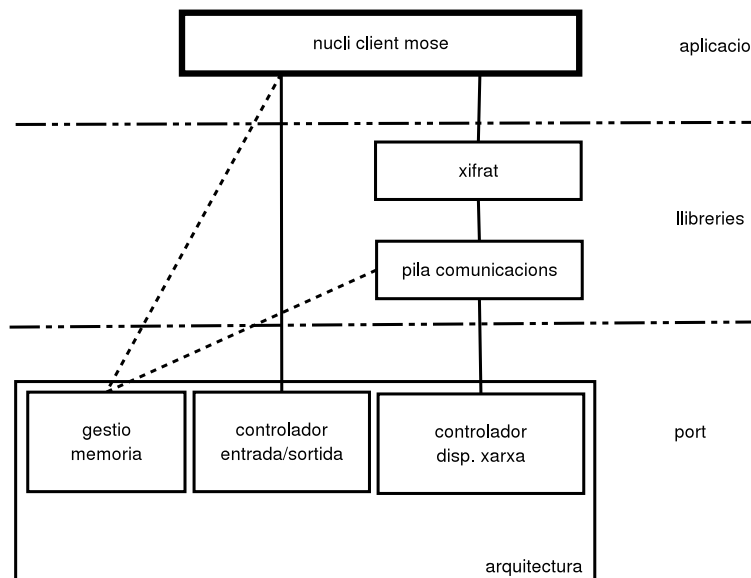


Figura 5: Diagrama de capes del node de sensorització

- Inicialització Correspon a la inicialització específica de l'arquitectura del node.
- Controladors de dispositius d'entrada/sortida Correspon a la inicialització dels dispositius d'entrada i sortida i de les corresponents estructures on es defineixen les operacions descrites a l'estructura abstracte del servidor de nodes. El nucli del node executa les funcions de la capa d'abstracció associades a l'operació de l'estructura inicialitzada.
- Controlador de dispositius de xarxa Correspon a la inicialització dels controladors del dispositiu de xarxa i les corresponents estructures que implementen la interfície de comunicació. El nucli del node o les llibreries de comunicacions executen les funcions definides a la capa d'abstracció associades al dispositiu de xarxa.
- Gestió de memòria Correspon a les estructures que implementen la interfície associada a l'assignació i alliberament de memòria que s'executen des del nucli del node o des de les piles de comunicacions.

La capa de llibreries correspon a la implementació de diferents funcions orientades a comunicacions

- Piles de comunicacions
- Xifrat de dades

8 Implementació

En aquest apartat s'expliquen alguns detalls referents a la implementació del sistema descrit anteriorment.

8.1 Protocol estàndard de comunicació

Implementació en la capa d'aplicació del protocol TCP/IP que utilitza la pila de TCP/IP implementada al kernel de GNU/Linux. El protocol es basa en les estructures de processat i petició d'operacions, resultats i errors definit.

- Trama dades

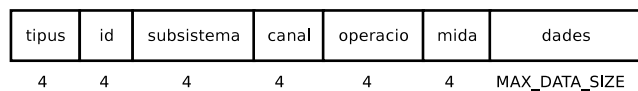


Figura 6: Definició de trama de dades.

- Trama configuració

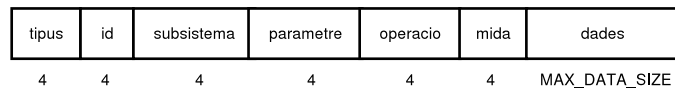


Figura 7: Definició de trama de configuració.

- Trama error

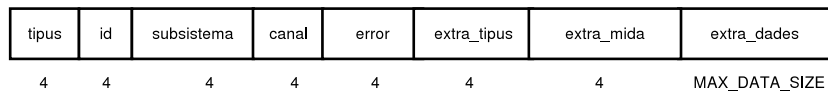


Figura 8: Definició de trama d'error.

8.2 Protocol mose de comunicació

Basat en la implementació del protocol de client de servidor de nodes i implementat en la capa d'aplicació del protocol TCP/IP que utilitza la pila de TCP/IP implementada al nucli de GNU/Linux i permet escalar el model tal i com es descriu a la figura 9

8.3 Pila de TCP/IP uIP

S'ha adaptat la pila de TCP/IP uIP [6] a les interfícies de comunicacions del node de sensorització.

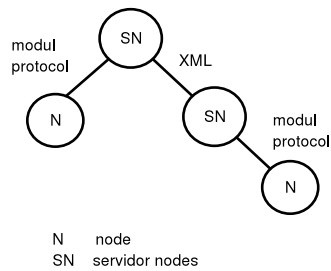


Figura 9: Exemple de l'escalabilitat del protocol.

8.4 Pila de TCP/IP mose

S'està implementant una pila de TCP/IP [15] [14] que no es descriu en aquest treball.

8.5 Llibreries de xifrat

Per al xifrat de la comunicació s'han adaptat les llibreries de xifrat del sistema operatiu SOSSE [2] per al servidor de nodes i als nodes.

- aes [13]
- newdes-sk
- skipjack [1]
- tea [17]
- xtea [18]

8.6 Controlador dispositius de xarxa

S'ha implementat el controlador i l'adaptació a la capa d'abstracció de dispositius de xarxa següents:

- RTL8019 [4]
- CS8900 [3]

S'ha adaptat a la capa d'abstracció el controlador dels següents dispositius:

- PRISM II Adaptació del controlador desenvolupat per [9] [5] [16]

9 Conclusions i treball de futur

En aquest treball s'ha presentant l'arquitectura i processat de dades d'una xarxa de sensors. Aquest sistema té com a principals característiques l'abstracció de la gestió i comunicacions simplificant la capa de la lògica de sensorització.

L'estat actual del projecte és:

- Servidor de nodes Llicència GPL[11]. Implementada una versió inicial en funcionament del processament de peticions, validació en la capa d'abstracció de nodes, mòduls de comunicació (estàndard+mose), configuració dinàmica, processat d'errors i monitorització bàsica.
- Node de sensorització
 - Aplicació del client mose Llicència GPL[11]. Implementada una versió inicial de la gestió de subsistemes i operacions de la qual s'està comprovant el correcte funcionament en un entorn simulat.
 - Pila TCP/IP uIP + controlador PRISMII Llicència "BSD-style"[8]. S'ha adaptat i pendent de comprovar-ne el correcte funcionament del port de uIP+PRISMII desenvolupat per [5] per l'arquitectura del microcontrolador Atmel ATMEGA128L a l'arquitectura del microcontrolador PIC18LF8621 de la placa de desenvolupament [9].
 - Pila TCP/IP mose Llicència GPL[11]. S'ha fer implementació inicial de part (no opcions, no fragmentació/reensamblatge) de les especificacions de [14] i [15] i s'està comprovant el correcte funcionament en un entorn simulat.
 - Controlador dispositius RTL8019 + CS8900 Llicència GPL[11]. S'està comprovant el correcte funcionament utilitzant el dispositiu [10].
 - Gestió de memòria La gestió de memòria és una de les futures línies de treball, actualment l'assignació és estàtica.

A través sistemes similars al descrit al treball, s'ha implementat de gestió planificada del reg municipal de la població de Callús controlant l'activació de les electrovàlvules del reg gota a gota.

Es preveu la utilització en l'encesa planificada de l'enllumenat públic de les zones esportives de la població de Callús a través del control de l'activació dels fanals en el quadre elèctric.

Les línies de treball a seguir *un cop estabilitzades les implementacions actuals*, estan orientades a

- Xifrat de les comunicacions de la planificador/servidor de nodes utilitzant les llibreries OpenSSL.

- Autenticació planificador/servidor servidor/node
- Cercar una implementació de assignació/alliberament dinàmica de memòria fàcilment adaptable a les característiques dels nodes
- Millora de la monitorització de transmissió de consultes
- Execució del servidor de nodes en un punt d'accés amb un SO GNU/Linux encastat (linksys)
- AODV
- Configuració dinàmica en l'abstracció d'un node a través de l'enviament de la definició (XML) emmagatzemada a memòria durant la seva etapa inicialització.

El resultat del projecte ha d'entrar en explotació un cop estabilitzat i donar serveis de monitorització de paràmetres mediambientals a la població de Callús.

Referències

- [1] Skipjack and kea algorithms. Technical report, National Security Agency, 1998. <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>.
- [2] Matthias Brustle. Sosse - simple operating system for smartcard education. <http://www.mbsks.franken.de/sosse/>, 2003.
- [3] Cirrus Logic Corp. Cs8900 product data sheet. http://www.cirrus.com/en/pubs/proDatasheet/CS8900A_F3.pdf, sep 2004.
- [4] Realtek Semiconductor Corp. Realtek full-duplex ethernet controller with plug and play function. <http://152.104.125.9/cn/nic/rt18019as/spec-8019as.zip>, 2001.
- [5] Paul Curtis. Airdrop-a driver. <http://rowley.co.uk/>, 2004.
- [6] Adam Dunkels. Full tcp/ip for 8-bit architectures. *mobysis 2003*, 2003. <http://www.sics.se/~adam/mobisys2003.pdf>.
- [7] Adam Dunkels. Contiki - a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors. *IEE EmNetS-I 2004*, 2004. <http://www.sics.se/~adam/dunkels04contiki.pdf>.
- [8] Adam Dunkels. uip license. <http://www.sics.se/~adam/uip/license.html>, 2004.

- [9] EDTP electronics. Airdrop-p schematics. http://www.edtp.com/download/airdrop/airdrop_sch.zip, 2004.
- [10] EDTP electronics. Easy ethernet/nicholas schematics. http://www.edtp.com/download/easy_schematics/easy_schematics.zip, 2004.
- [11] Free Software Foundation. Gnu general public license. <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>, 1991.
- [12] Autonomous Networks Research Group. A wireless sensor networks bibliography. <http://ceng.usc.edu/~anrg/SensorNetBib.html>, 2005.
- [13] Lechner Joachim and Tatzgern Markus. Efficient implementation of the aes encryption algorithm for smart-cards. 2004. http://www.iaik.tu-graz.ac.at/teaching/10_seminare-projekte/01_Telemati%k%20Bakkalaureat/EfficientAESImplemetation.pdf.
- [14] Information Sciences Institute University of Southern California. Internet protocol. RFC 791, Defense Advanced Research Projects Agency, sept 1981. <http://www.ibiblio.org/pub/docs/rfc/rfc791.txt>.
- [15] Information Sciences Institute University of Southern California. Transmission control protocol. RFC 793, Defense Advanced Research Projects Agency, sept 1981. <http://www.ibiblio.org/pub/docs/rfc/rfc793.txt>.
- [16] William Welch. Airdrop-p examples. <http://bellsouthpwp.net/b/v/bvwelch/airc18/index.html>, 2005.
- [17] David J. Wheeler and Roger M. Needham. Tea, a tiny encryption algorithm. 1994. <http://www.cix.co.uk/~klockstone/tea.pdf>.
- [18] David J. Wheeler and Roger M. Needham. Tea extensions. 1997. <http://www.cix.co.uk/~klockstone/xtea.pdf>.