

# Demostrador d'un sistema de calefacció de la llar basat en OpenMote, OpenWSN (IEEE 802.15.4e) i thethings.iO

Roberto Romero Jotel

Màster Universitari en Enginyeria de Telecomunicació (UOC-URL)

Juny 2015



# Contingut

- Objectius
- Estat de l'art
- Desenvolupament
- Verificació
- Conclusions i línies futures
- Demostració



# Contingut

- **Objectius**
- Estat de l'art
- Desenvolupament
- Verificació
- Conclusions i línies futures
- Demostració



# Objectiu principal

- Implementar un demostrador d'un sistema de calefacció basat en la plataforma de hardware per IoT OpenMote, la pila de protocols estàndards de IoT OpenWSN i la plataforma de *cloud computing* per IoT thethings.iO



# Objectius secundaris

- Conèixer la plataforma OpenMote
- Estudiar l'arquitectura i el funcionament del projecte OpenWSN i les aplicacions associades
- Entendre el funcionament de la plataforma thethings.iO
- Desenvolupar plataforma de software utilitzant OpenMote, OpenWSN i Raspberry Pi
- Desenvolupar interfície gràfica d'usuari (GUI) amb el *framework* Qt
- Verificar i validar el correcte funcionament del demostrador



# Contingut

- Objectius
- **Estat de l'art**
- Desenvolupament
- Verificació
- Conclusions i línies futures
- Demostració



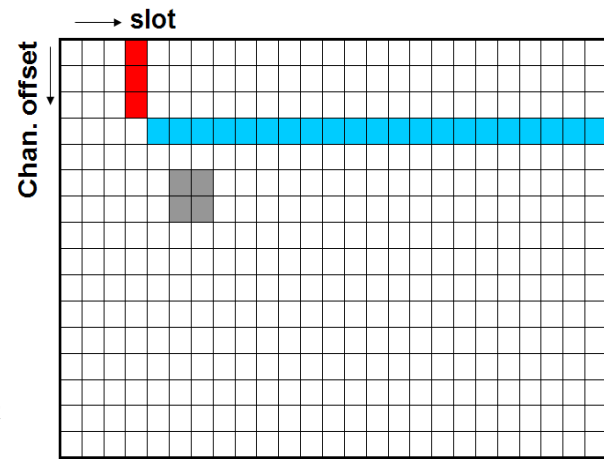
# Estat de l'art - *Internet of Things* (IoT)

- Xarxa d'objectes o “coses” intel·ligents que permet intercanviar informació, adquirir dades de sensors i actuar sobre altres objectes sense la interacció humana
- Escenaris d'aplicació:
  - Agricultura
  - Domòtica
  - Control industrial
  - *Smart City*
  - Etc.



# Estat de l'art - *Internet of Things* (IoT)

- IEEE802.15.4-2006
  - Defineix capa física i MAC
- IEEE802.15.4e
  - Defineix capa MAC basada en TSCH
    - *Timeslotted. ASN*
    - *Channel Hopping*  
$$canal = (ASN + channelOffset) \bmod N_{ch}$$
- IETF 6LoWPAN
  - Capa adaptació per enviar i rebre paquets IPv6 en xarxes IEEE802.15.4
- IETF RPL
  - Protocol d'encaminament de vector distància. *Multi-hop*





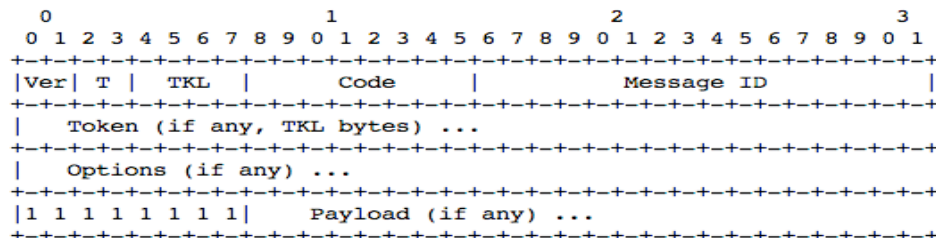
# Estat de l'art - *Internet of Things* (IoT)

- IETF CoAP

- Protocol de transferència web en entorns limitats
- Connexió UDP asíncrona
- Baix *overhead* en la capçalera
- Tipus de missatges: CON, NON, ACK, RST
- Tipus de mètodes: GET, POST, PUT, DELETE
- Esquema URI: *coap://host:port/recurs*

*coap://fe80::c30c:0000:0000:0002:5684/HelloWorld*

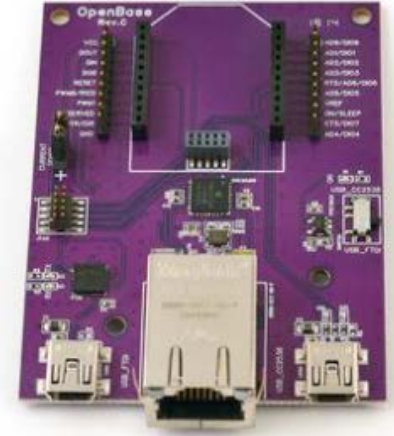
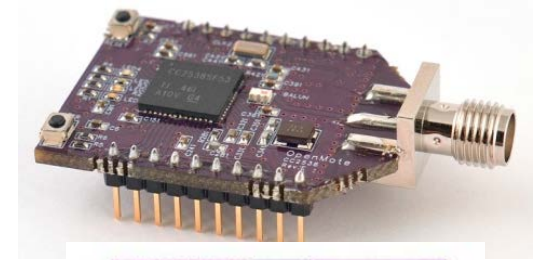
- Format paquet:





# Estat de l'art - Plataformes de hardware i software

- Plataforma de hardware OpenMote
  - **OpenMote-CC2538:** SoC TI format per Cortex-M3 i CC2520 (2.4 GHz, IEEE802.15.4-2006). Suportada per Contiki, OpenWSN i FreeRTOS
  - **OpenBase:** placa d'interfície amb ports Ethernet, USB i JTAG
  - **OpenBattery:** placa d'interfície amb 3 sensors digitals i porta piles. Funcionament sistema autònom



# Estat de l'art - Plataformes de hardware i software

- Plataforma de software thethings.io
  - Plataforma *cloud* per IoT
  - Identificador únic per cada “*thing*” anomenat *thing token*
  - Proporciona els mètodes ThingWrite i ThingRead
    - **ThingWrite**: emmagatzemar dades en format JSON amb petició POST al URI `coap://coap.thethings.io/v2/things/{{THING_TOKEN}}`
    - **ThingRead**: llegir dades d'un recurs (KEY) amb petició GET al URI `coap://coap.thethings.io/v2/things/{{THING_TOKEN}}/resources/{{KEY}}`
  - Llibreria CoAP
    - Client CoAP amb els mètodes ThingWrite i ThingRead
    - El *thing token* es configura en el fitxer *config.json*

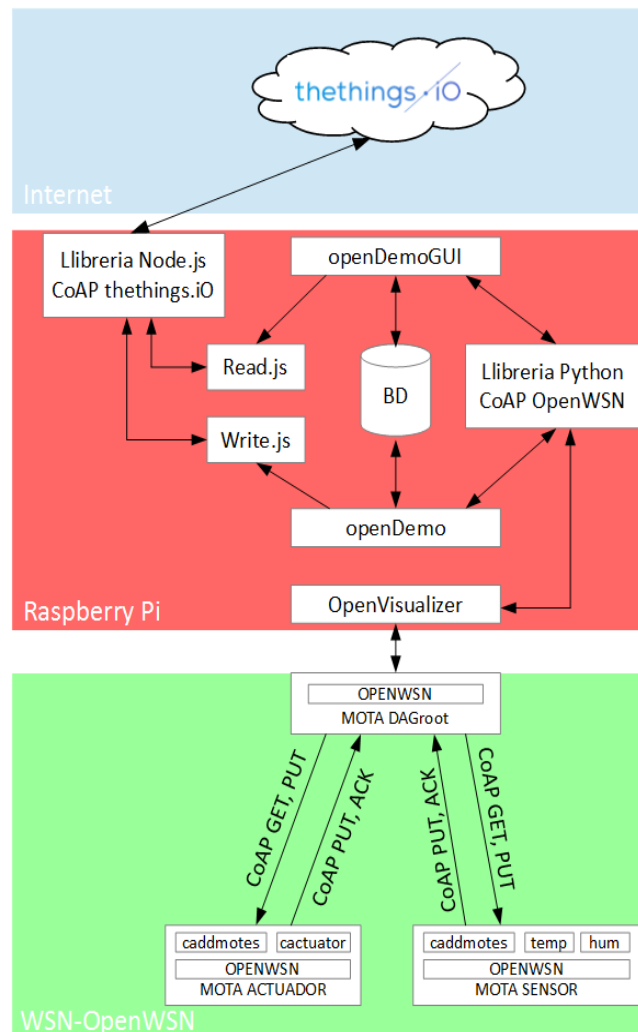
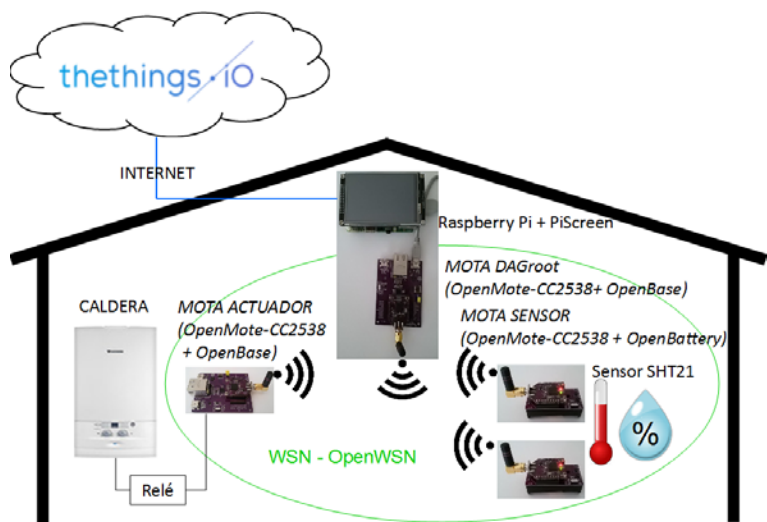


# Contingut

- Objectius
- Estat de l'art
- **Desenvolupament**
- Verificació
- Conclusions i línies futures
- Demostració



# Desenvolupament

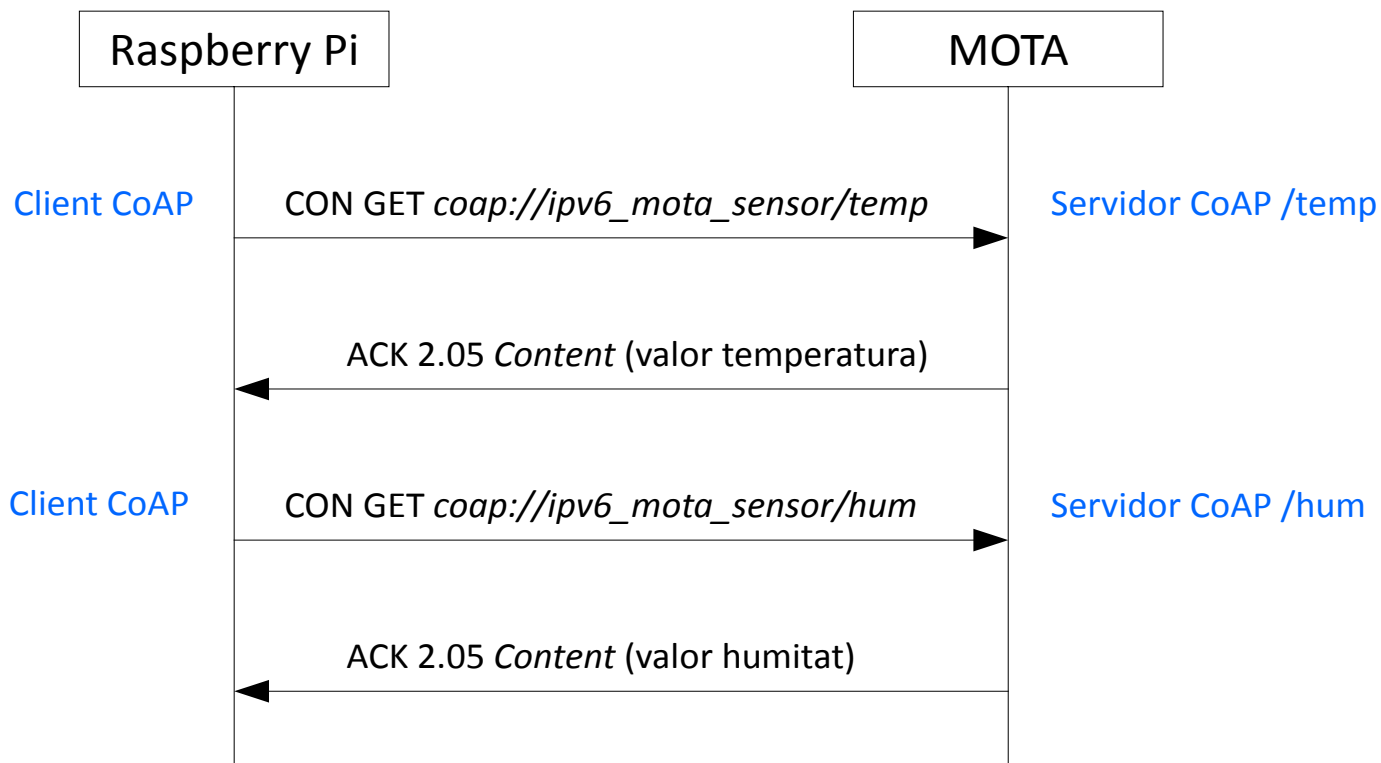


Demostrador d'un sistema de calefacció de la llar basat en OpenMote, OpenWSN (IEEE 802.15.4e) i thethings.io



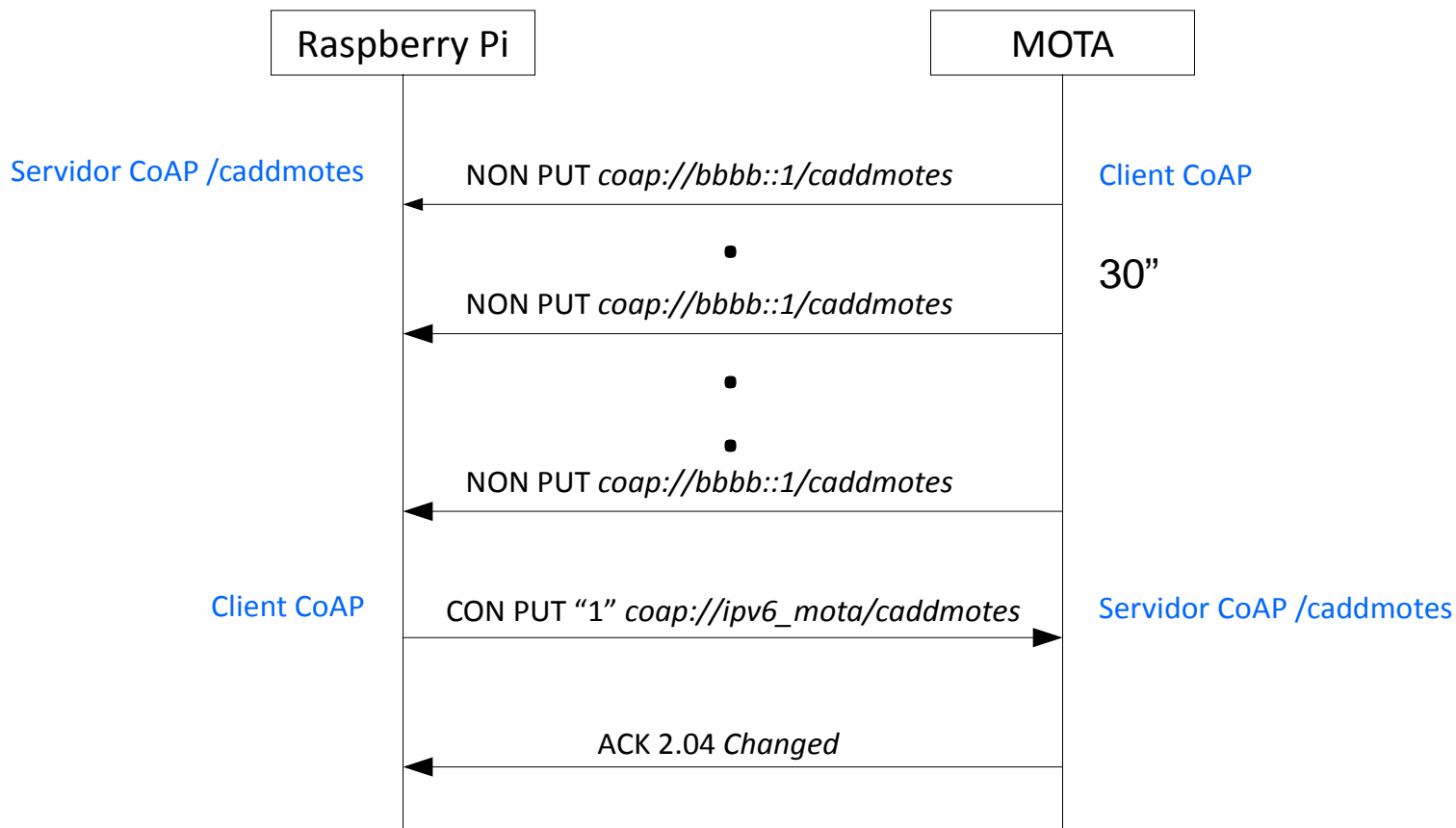
# Desenvolupament

- Captura de dades



# Desenvolupament

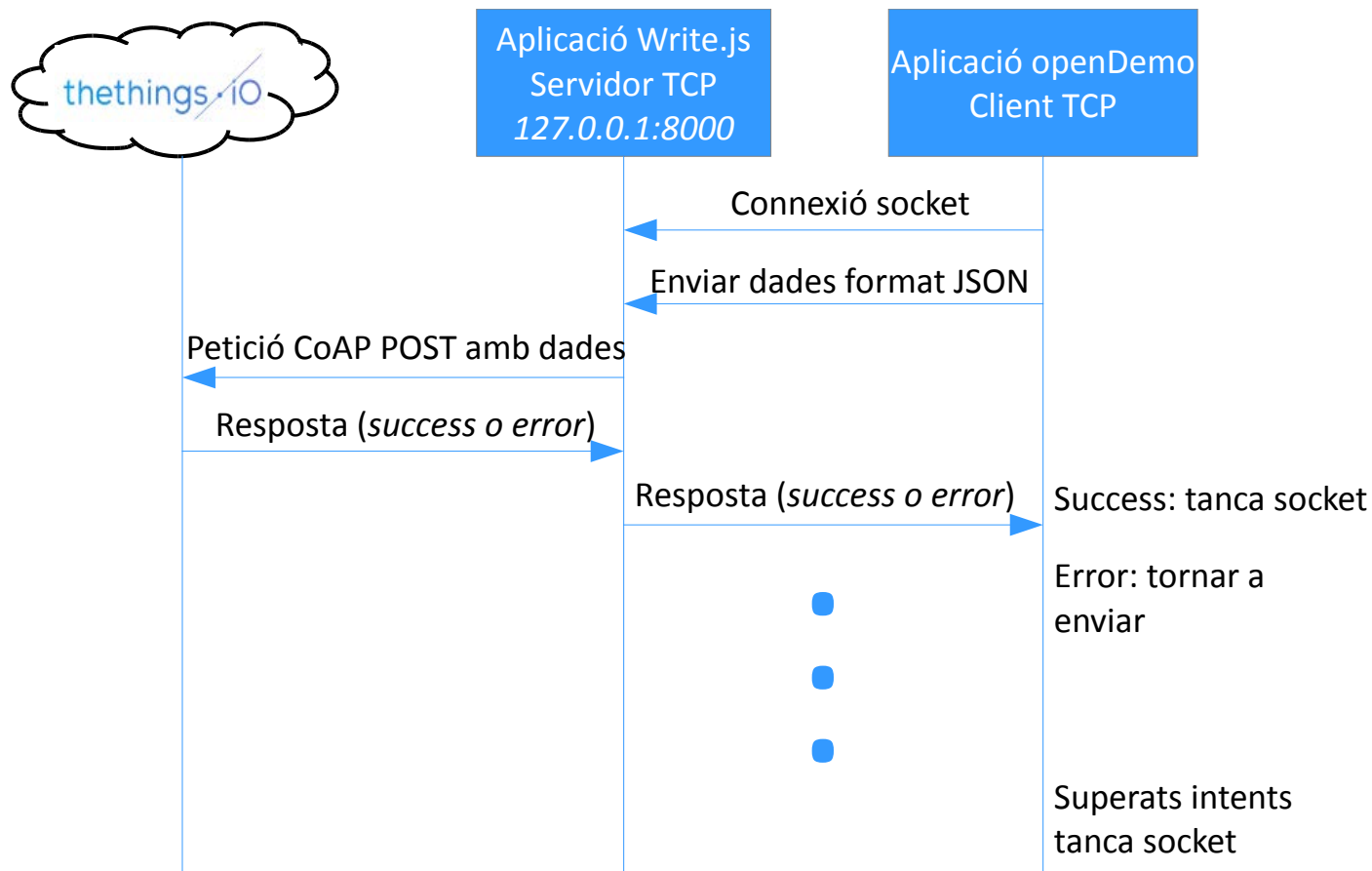
- Alta adreces IPv6





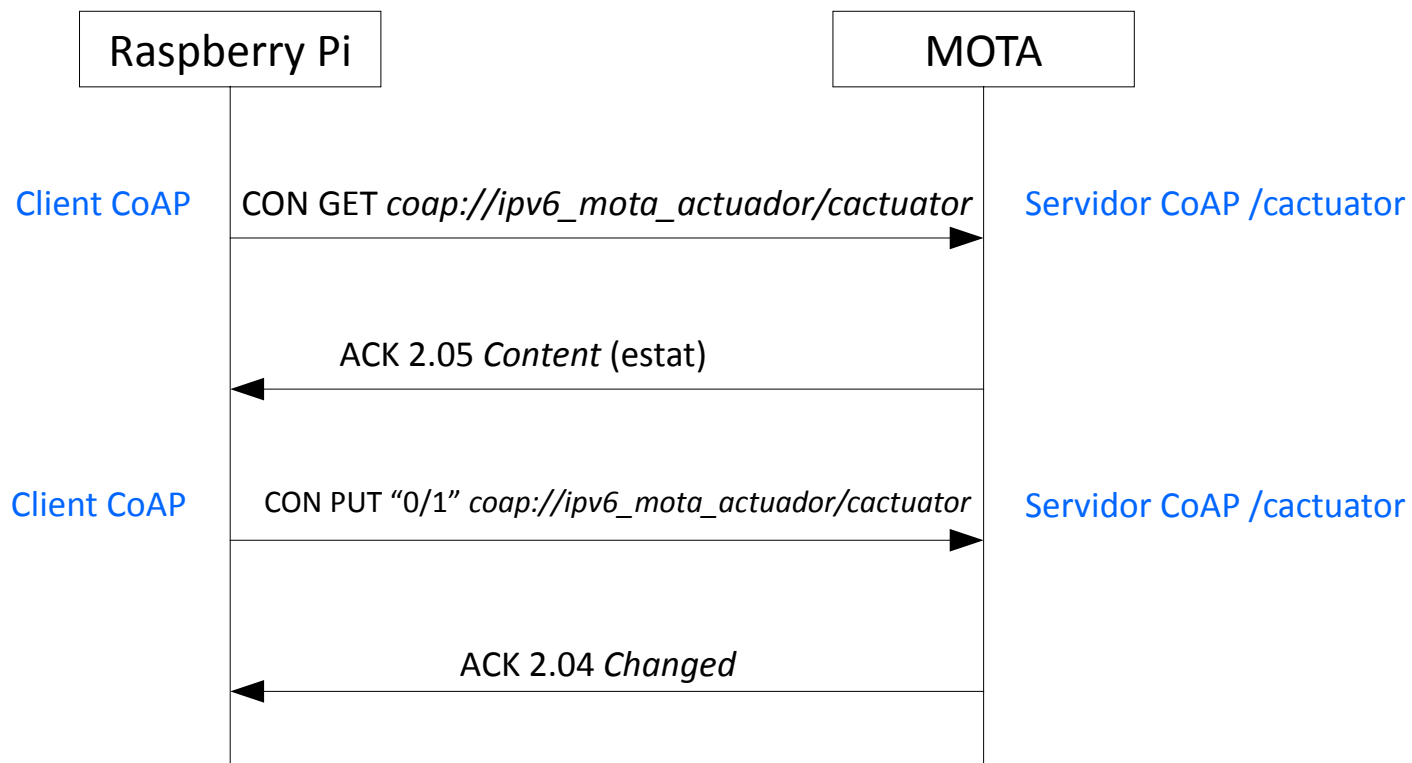
# Desenvolupament

- Emmagatzemar dades a thethings.iO



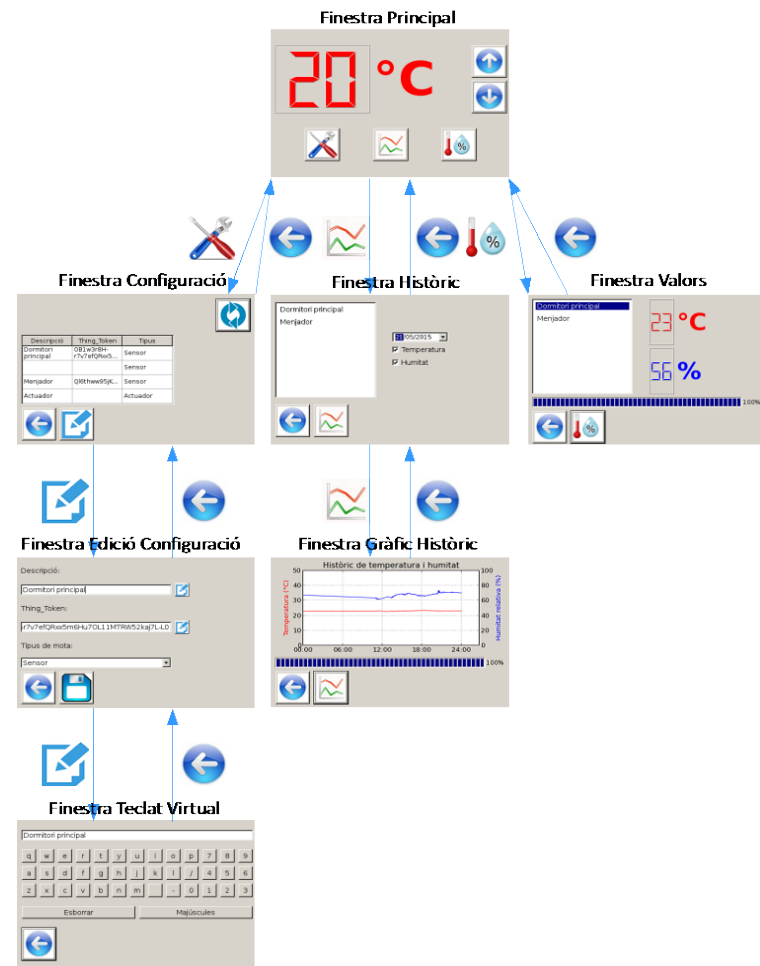
# Desenvolupament

- Control sistema calefacció



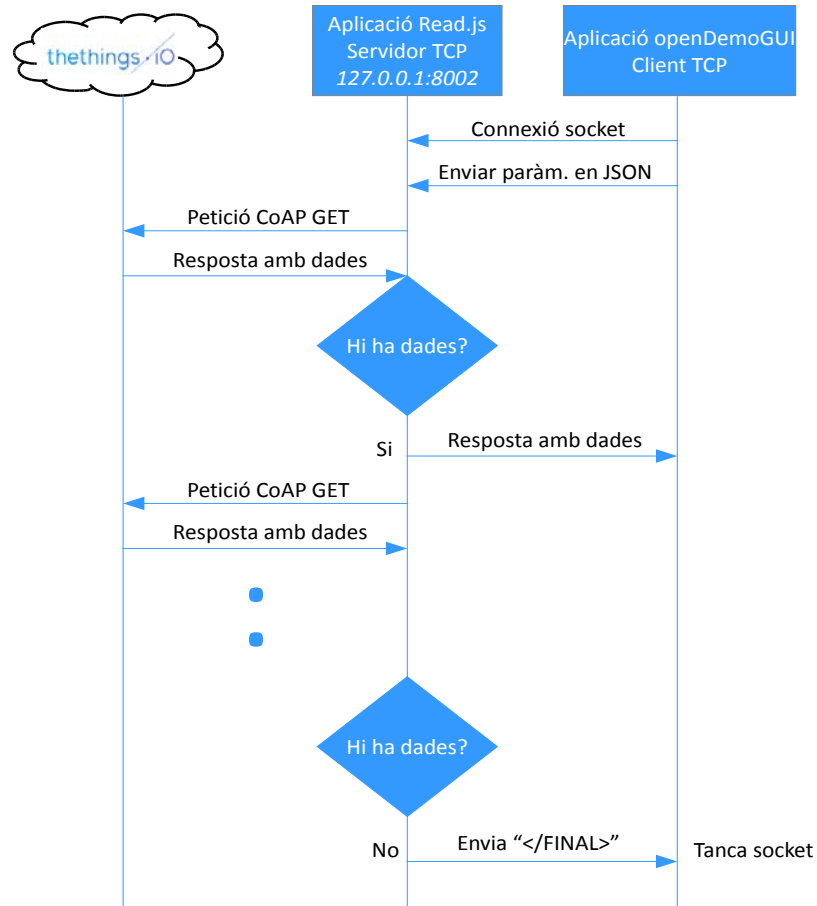
# Desenvolupament

- Visualització i configuració de dades amb la GUI



# Desenvolupament

- Llegir dades de thethings.iO



# Contingut

- Objectius
- Estat de l'art
- Desenvolupament
- **Verificació**
- Conclusions i línies futures
- Demostració



# Verificació

- Alta adreces IPv6

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	bbbb::1	CoAP	66	NON, MID:22607, PUT, TKN:ee, /caddmotes
2	0.009784000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	CoAP	53	NON, MID:22607, 4.05 Method Not Allowed, TKN:ee
3	0.010721000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	CoAP	65	CON, MID:61577, PUT, TKN:32, /caddmotes (text/plain)
4	0.490808000	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	bbbb::1	CoAP	53	ACK, MID:61577, 2.04 Changed, TKN:32
5	82.864996000	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	bbbb::1	CoAP	66	NON, MID:61026, PUT, TKN:ce, /caddmotes
6	82.866048000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	CoAP	53	NON, MID:61026, 4.05 Method Not Allowed, TKN:ce
7	82.868413000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	CoAP	65	CON, MID:2861, PUT, TKN:28, /caddmotes (text/plain)
8	83.355436000	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	bbbb::1	CoAP	53	ACK, MID:2861, 2.04 Changed, TKN:28
9	172.988976000	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	bbbb::1	CoAP	66	NON, MID:231, PUT, TKN:e3, /caddmotes
10	172.997612000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	CoAP	53	NON, MID:231, 4.05 Method Not Allowed, TKN:e3
11	173.002657000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	CoAP	65	CON, MID:20670, PUT, TKN:f7, /caddmotes (text/plain)
12	173.478238000	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	bbbb::1	CoAP	53	ACK, MID:20670, 2.04 changed, TKN:f7

```
⊕ Frame 3: 65 bytes on wire (520 bits), 65 bytes captured (520 bits) on interface 0
⊕ Raw packet data
⊕ Internet Protocol Version 6, Src: bbbb::1 (bbbb::1), Dst: bbbb::12:4b00:3a5:8d52 (bbbb::12:4b00:3a5:8d52)
⊕ User Datagram Protocol, Src Port: 5683 (5683), Dst Port: 5683 (5683)
⊕ Constrained Application Protocol, Confirmable, PUT, MID:61577
  01.. .... = Version: 1
  ..00 .... = Type: Confirmable (0)
  .... 0001 = Token Length: 1
  Code: PUT (3)
  Message ID: 61577
  Token: 32
  ⊕ Opt Name: #1: Uri-Path: caddmotes
    End of options marker: 255
  ⊕ Payload: Payload Content-Format: text/plain; charset=utf-8 (no Content-Format), Length:
    Payload Desc: text/plain; charset=utf-8
    ⊕ Line-based text data: text/plain
      1
```



# Verificació

- Captura de dades

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	CoAP	58	CON, MID:34308, GET, TKN:b1, /temp
2	0.448478000	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:34308, 2.05 Content, TKN:b1 (text/plain)
3	0.477362000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	CoAP	57	CON, MID:24563, GET, TKN:d3, /hum
4	0.776710000	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:24563, 2.05 Content, TKN:d3 (text/plain)
5	0.802810000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	CoAP	58	CON, MID:55847, GET, TKN:00, /temp
6	1.118859000	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:55847, 2.05 Content, TKN:00 (text/plain)
7	1.123163000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	CoAP	57	CON, MID:18981, GET, TKN:7d, /hum
8	1.436840000	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:18981, 2.05 Content, TKN:7d (text/plain)
9	1.444751000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	CoAP	63	CON, MID:14078, GET, TKN:d9, /cactuador
10	1.769207000	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	bbbb::1	CoAP	55	ACK, MID:14078, 2.05 Content, TKN:d9 (text/plain)

```
⊞ Frame 10: 55 bytes on wire (440 bits), 55 bytes captured (440 bits) on interface 0
⊞ Raw packet data
⊞ Internet Protocol Version 6, Src: bbbb::12:4b00:3a5:90fb (bbbb::12:4b00:3a5:90fb), Dst: bbbb::1 (bbbb::1)
⊞ User Datagram Protocol, Src Port: 5683 (5683), Dst Port: 5683 (5683)
⊞ Constrained Application Protocol, Acknowledgement, 2.05 Content, MID:14078
  01.. .... = Version: 1
  ..10 .... = Type: Acknowledgement (2)
  .... 0001 = Token Length: 1
  Code: 2.05 Content (69)
  Message ID: 14078
  Token: d9
  End of options marker: 255
⊞ Payload: Payload Content-Format: text/plain; charset=utf-8 (no Content-Format), Length:
  Payload Desc: text/plain; charset=utf-8
⊞ Line-based text data: text/plain
```

0



# Verificació

- Control sistema calefacció

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	CoAP	58	CON, MID:25371, GET, TKN:6d, /temp
2	0.322337000	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:25371, 2.05 Content, TKN:6d (text/plain)
3	0.372674000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	CoAP	57	CON, MID:9809, GET, TKN:b0, /hum
4	0.653969000	bbbb::12:4b00:3a5:8d52	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:9809, 2.05 Content, TKN:b0 (text/plain)
5	0.697120000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	CoAP	58	CON, MID:33523, GET, TKN:be, /temp
6	0.981617000	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:33523, 2.05 Content, TKN:be (text/plain)
7	1.017269000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	CoAP	57	CON, MID:41056, GET, TKN:4d, /hum
8	1.313705000	bbbb::12:4b00:3a5:90ea	bbbb::1	CoAP	56	ACK, MID:41056, 2.05 Content, TKN:4d (text/plain)
9	1.339759000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	CoAP	63	CON, MID:49901, GET, TKN:e0, /cactuador
10	1.643339000	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	bbbb::1	CoAP	55	ACK, MID:49901, 2.05 Content, TKN:e0 (text/plain)
11	1.660109000	bbbb::1	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	CoAP	65	CON, MID:52422, PUT, TKN:f9, /cactuador (text/plain)
12	1.976176000	bbbb::12:4b00:3a5:90fb	bbbb::1	CoAP	53	ACK, MID:52422, 2.04 Changed, TKN:f9

```
⊕ Frame 11: 65 bytes on wire (520 bits), 65 bytes captured (520 bits) on interface 0
⊕ Raw packet data
⊕ Internet Protocol Version 6, Src: bbbb::1 (bbbb::1), Dst: bbbb::12:4b00:3a5:90fb (bbbb::12:4b00:3a5:90fb)
⊕ User Datagram Protocol, Src Port: 5683 (5683), Dst Port: 5683 (5683)
⊖ Constrained Application Protocol, Confirmable, PUT, MID:52422
  01.. .... = Version: 1
  ..00 .... = Type: Confirmable (0)
  .... 0001 = Token Length: 1
  Code: PUT (3)
  Message ID: 52422
  Token: f9
  ⊕ Opt Name: #1: Uri-Path: cactuador
  End of options marker: 255
  ⊖ Payload: Payload Content-Format: text/plain; charset=utf-8 (no Content-Format), Length:
    Payload Desc: text/plain; charset=utf-8
  ⊖ Line-based text data: text/plain
```

1





# Verificació

- Validar valors capturats

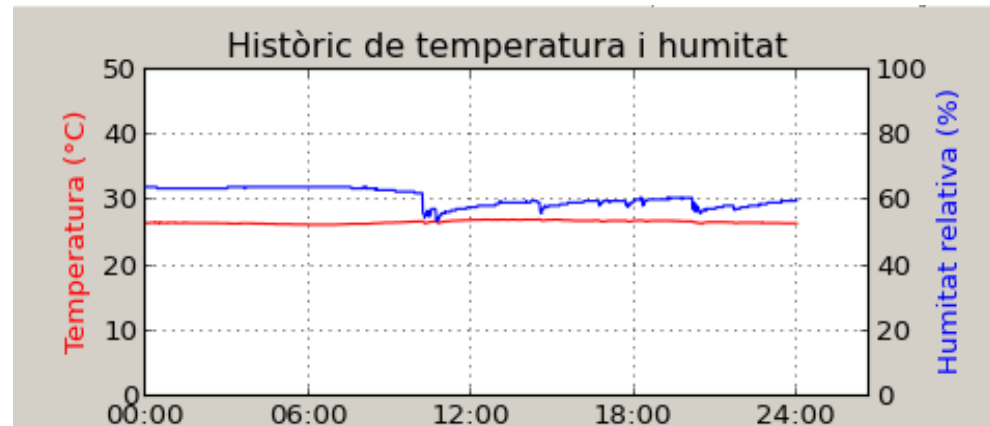


# Verificació

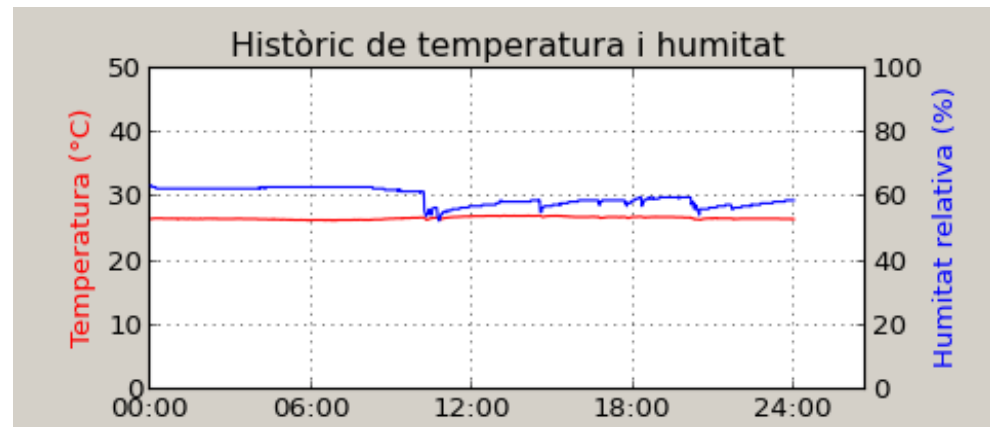
- Prova de funcionament

Mota

“Dormitori principal”



Mota “Menjador”



# Contingut

- Objectius
- Estat de l'art
- Desenvolupament
- Verificació
- **Conclusions i línies futures**
- Demostració



# Conclusions i línies futures

- **S'han assolit els objectius marcats**
- Línies futures
  - Base per a la construcció de noves aplicacions
  - Incorporar sistema expert (SE)
  - Accés remot a la GUI
  - Assignar temperatures de consigna per estances de la llar
  - Millores de la GUI



# Contingut

- Objectius
- Estat de l'art
- Desenvolupament
- Verificació
- Conclusions i línies futures
- **Demostració**



# Demostració



# Final de la presentació

Gràcies per la seva atenció.

Si tenen qualsevol dubte, estic a la seva disposició.



Roberto Romero Jotel



[rromerojo@uoc.edu](mailto:rromerojo@uoc.edu)