

Testbench comparatiu del protocol RFC6550  
Storing mode envers Non-Storing mode  
Implementat al sistema operatiu OpenWSN

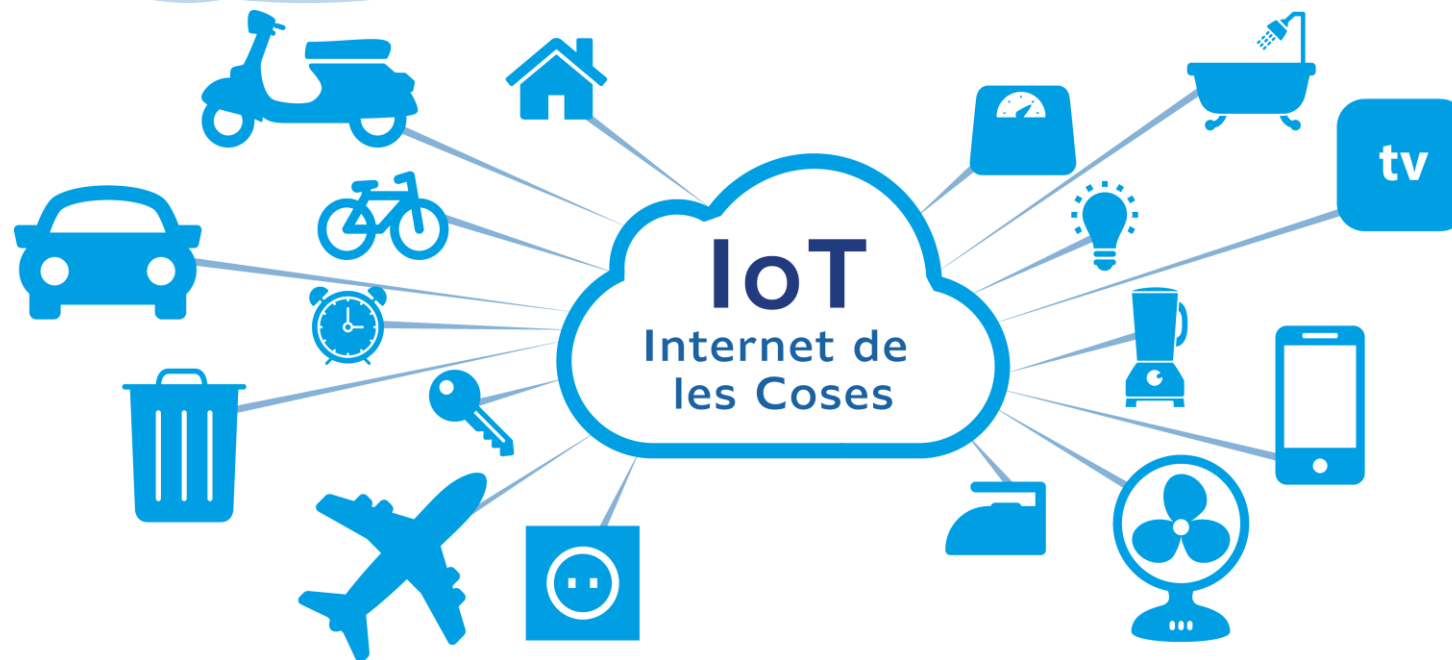
**Presentació**

Marcos del Rio Sanz

# Presentació

## Xarxes IoT - Internet de les Coses

**Internet de les coses** fa referència a una xarxa d'objectes interconnectats. Es tracta de comunicacions M2M on els objectes s'anomenarien *smart objects*. El concepte que es planteja es un mon on tots els objectes estarien equipats amb dispositius que els dotarien d'un mitjà d'identificació, i donaria la possibilitat d'adquirir informació variada d'aquests objectes.



# Presentació

## Sistema OPENWSN - Descripció i estàndards

### OPENWSN

L'objectiu del projecte OPENWSN és proporcionar una implementació en codi obert d'una pila de protocols basada en el estàndard de IoT, en una varietat de plataformes de hardware i software.

Capa OSI	Estàndard
Aplicació	CoAP, HTTP
Transport	UDP, TCP
IP/Routing	IETF RPL
Adaptació	IETF 6LoWPAN
Access al Medi	IEEE802.15.4e
PHY	IEEE802.15.4-2006

# Presentació

## Protocol RPL - Descripció

### RPL

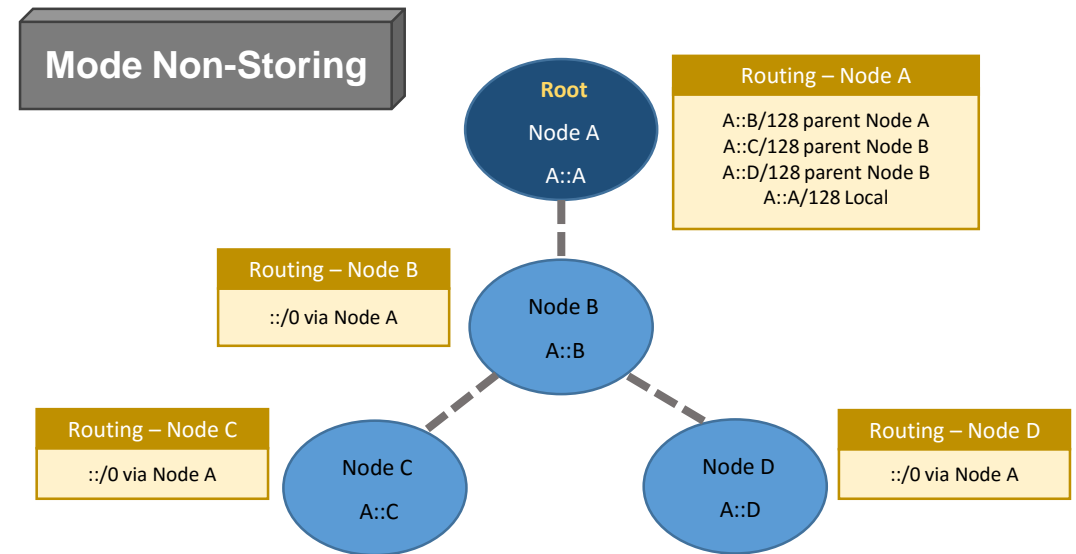
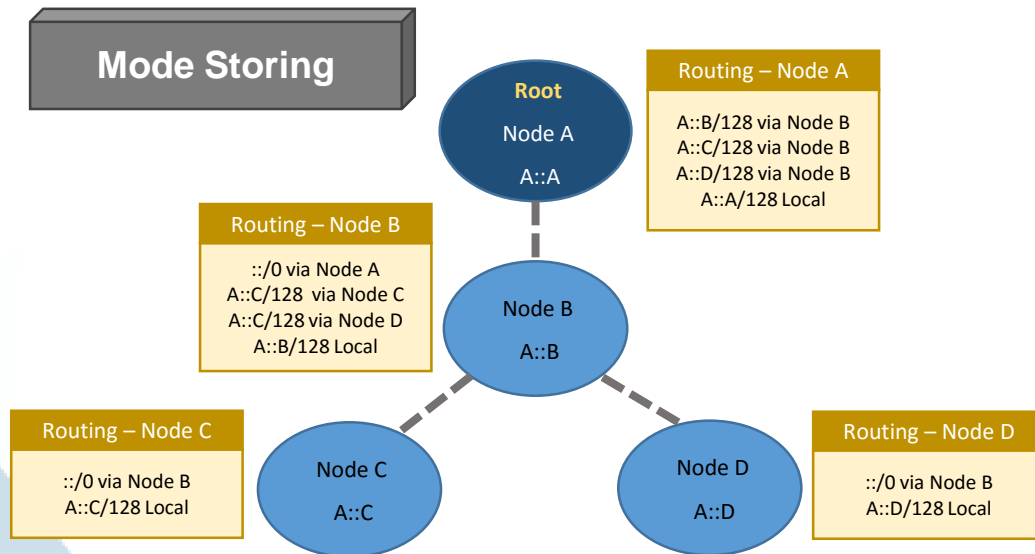
El Protocol RPL (RFC6550) es un protocol de routing específicament dissenyat per a xarxes LLN, i compatible amb el protocol 6LoWPAN.

### Protocol

- Es un protocol d'enrutament vector-distància per xarxes LLN que fa ús de IPv6
- Es tracta d'un protocol proactiu, ja que tots els nodes participen proactivament per tal d'explorar la xarxa
- Tracta d'evitar els bucles d'encaminament mitjançant el càlcul de la posició d'un node respecte a altres nodes utilitzant els ranks, generant una posició relativa dintre de la l'arrel DODAG

# Presentació

## Protocol RPL - Modes de treball



### Mode Storing (Table-Routing)

Tots els nodes guarden informació i participen en el Routing activament.

*Routing Distribuït*

### Mode Non-Storing (Source-Routing)

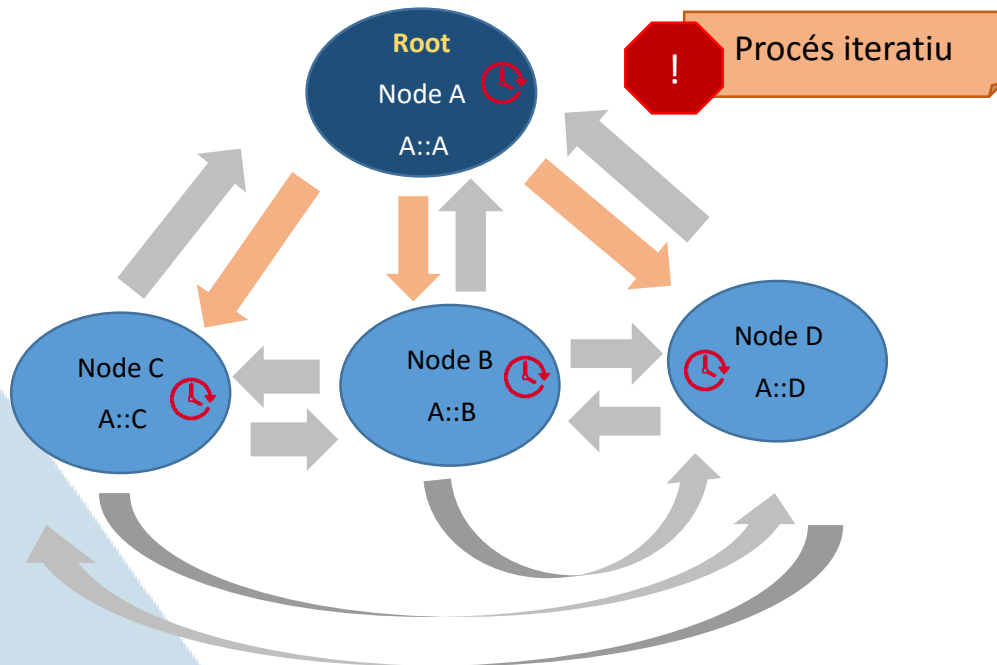
El node root es l'únic que emmagatzema la informació de Routing, la resta de nodes envien el tràfic cap el node root per a que ho enviï a destí afegint la capçalera de Source-Routing.

*Routing Centralitzat*

# Disseny d'implementació – Mode Storing

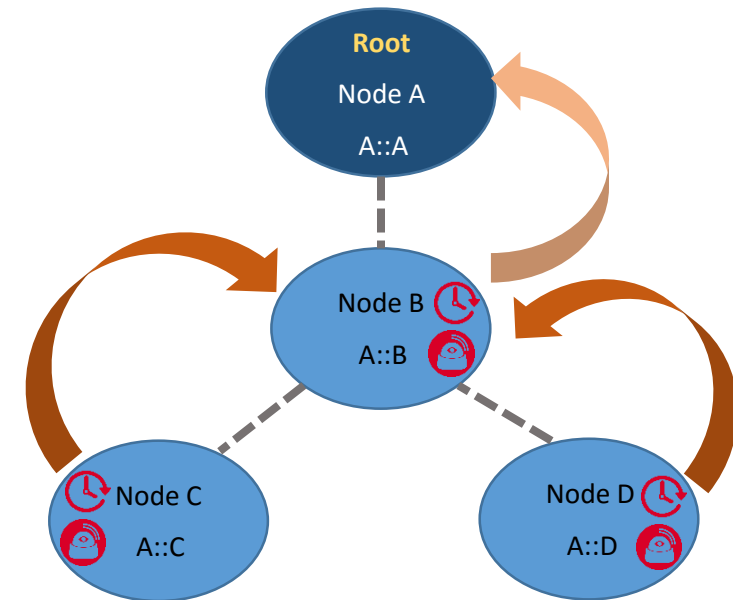
## Missatgeria DIO i DAO – Passos i activadors

### Missatgeria DIO



🕒 Enviament de missatgeria DIO en mode broadcast segons un timer establert de 10000 ms

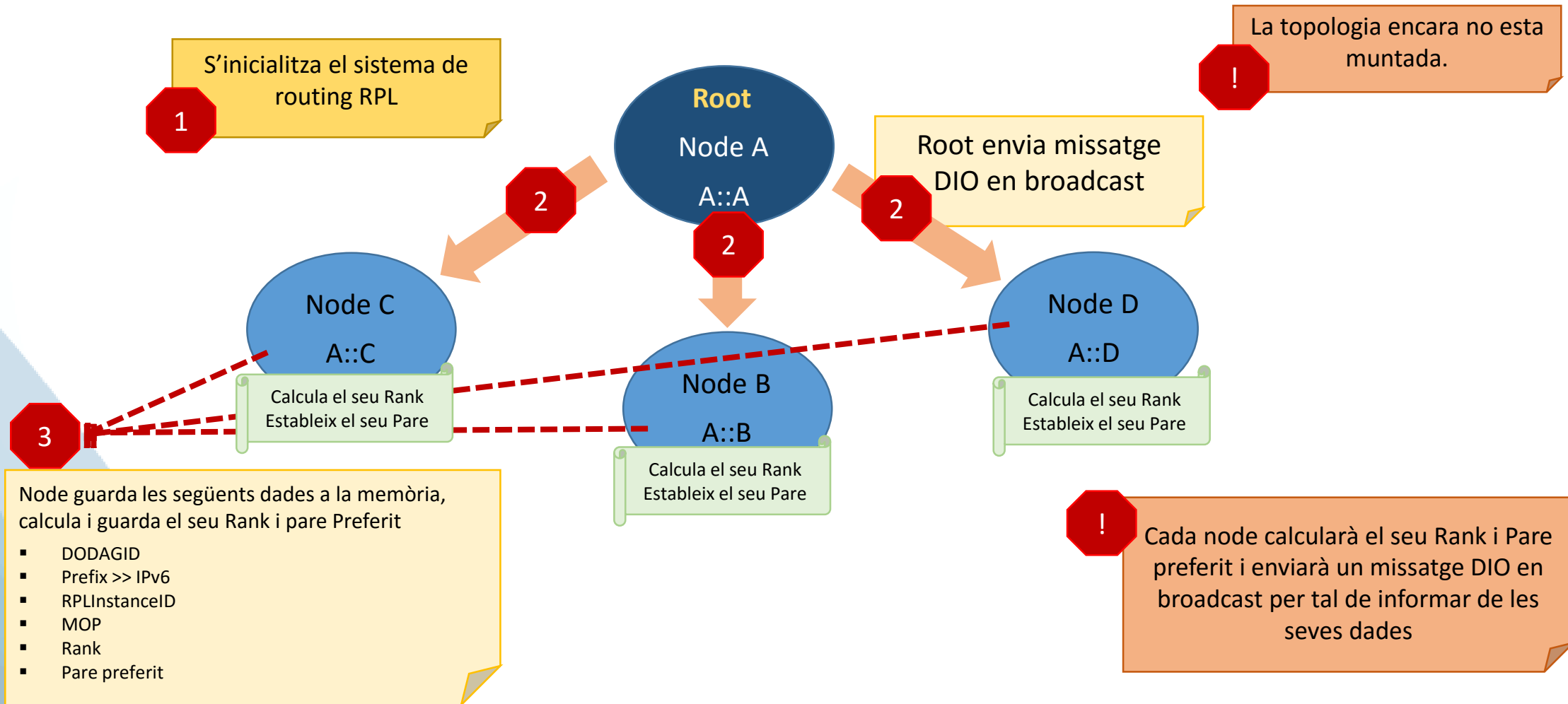
### Missatgeria DAO



- 🕒 Tots els nodes excepte el root envien missatges DAO cap el seu pare amb un timer establert de 60000 ms
- 🗨️ Enviament de missatges si rebem un missatge DAO porta informació nova

# Disseny d'implementació – Mode Storing

## Missatgeria DIO – Mapa de Processos - Inici



# Disseny d'implementació – Mode Storing

## Missatgeria DIO – Mapa de Processos - Procés iteratiu

El procés d'enviament i càlculs es iteratiu. I es repetirà mentre que els missatges DIO arribin amb nova informació. Arribarà a convergir quan hi hagi no hagin més canvis de Ranks.

Node  
envia missatge DIO en  
broadcast  
Actualitza  
el Rank i el DTSN

Node C  
A::C

2  
Calcula el seu Rank  
Estableix el seu Pare

Root  
Node A  
A::A

Node B  
A::B

Node D  
A::D

2  
Calcula el seu Rank  
Estableix el seu Pare

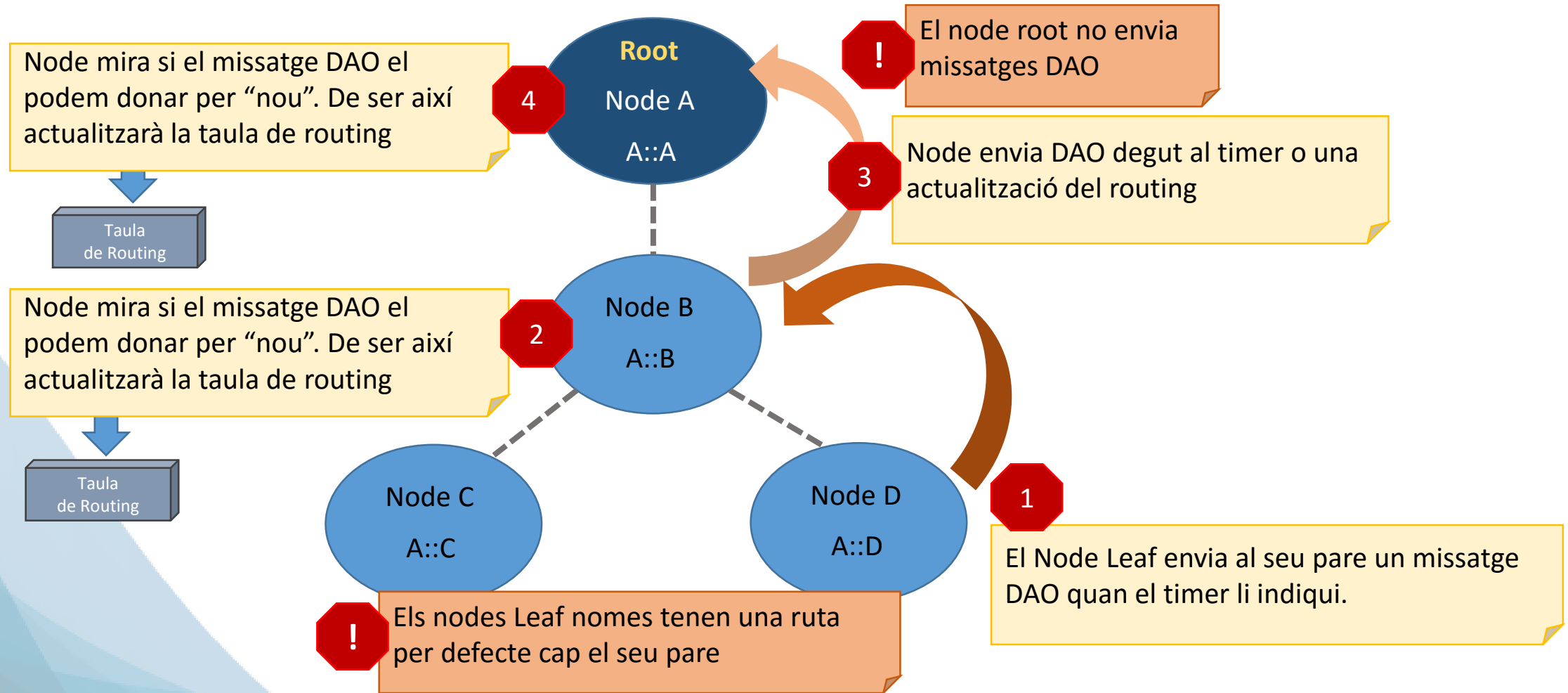
3  
Node Actualitza les següents dades a la memòria, calcula i guarda el seu Rank i pare Preferit

- DODAGID
- Prefix >> IPv6
- RPLInstanceID
- MOP
- Rank
- Pare preferit



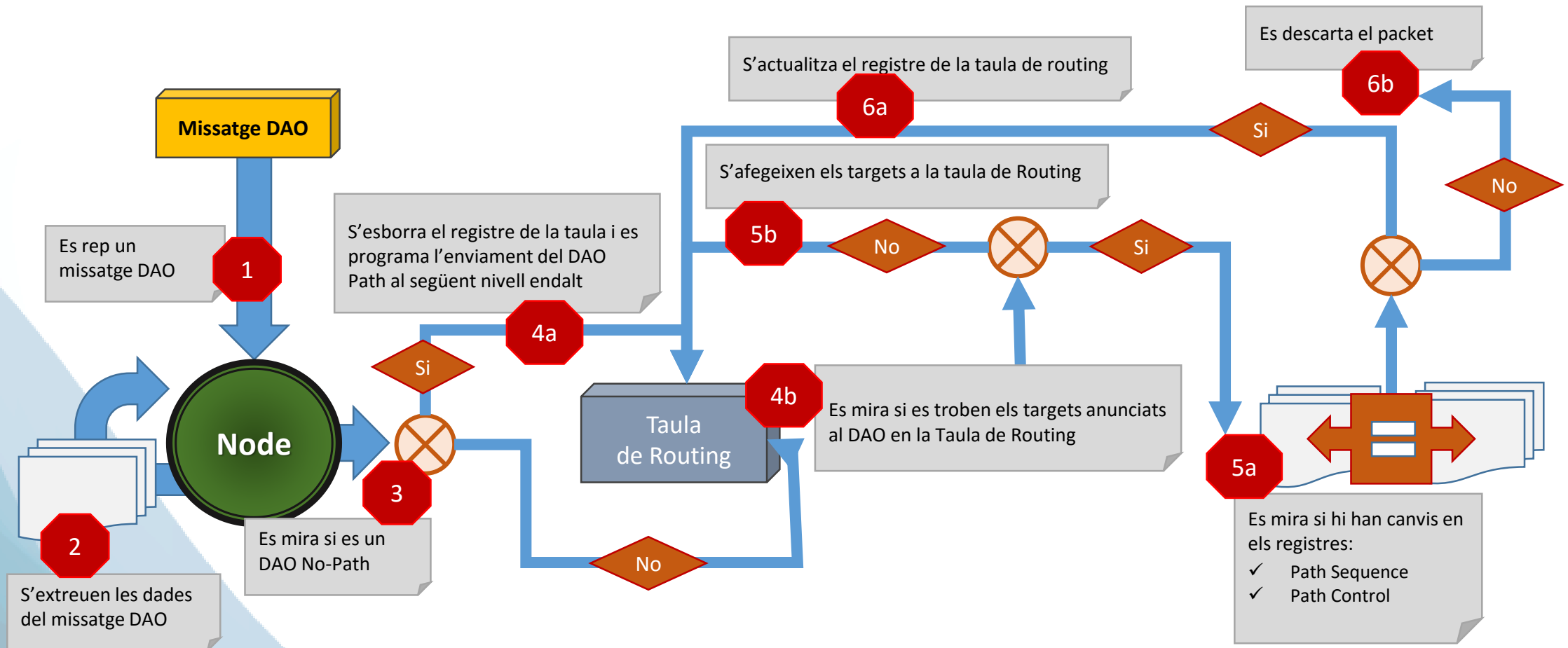
# Disseny d'implementació – Mode Storing

## Missatgeria DAO – Mapa de Processos



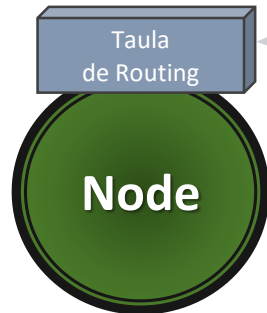
# Disseny d'implementació – Mode Storing









## Missatgeria DAO – Lògica de la Taula de Routing



# Disseny d'implementació – Mode Storing

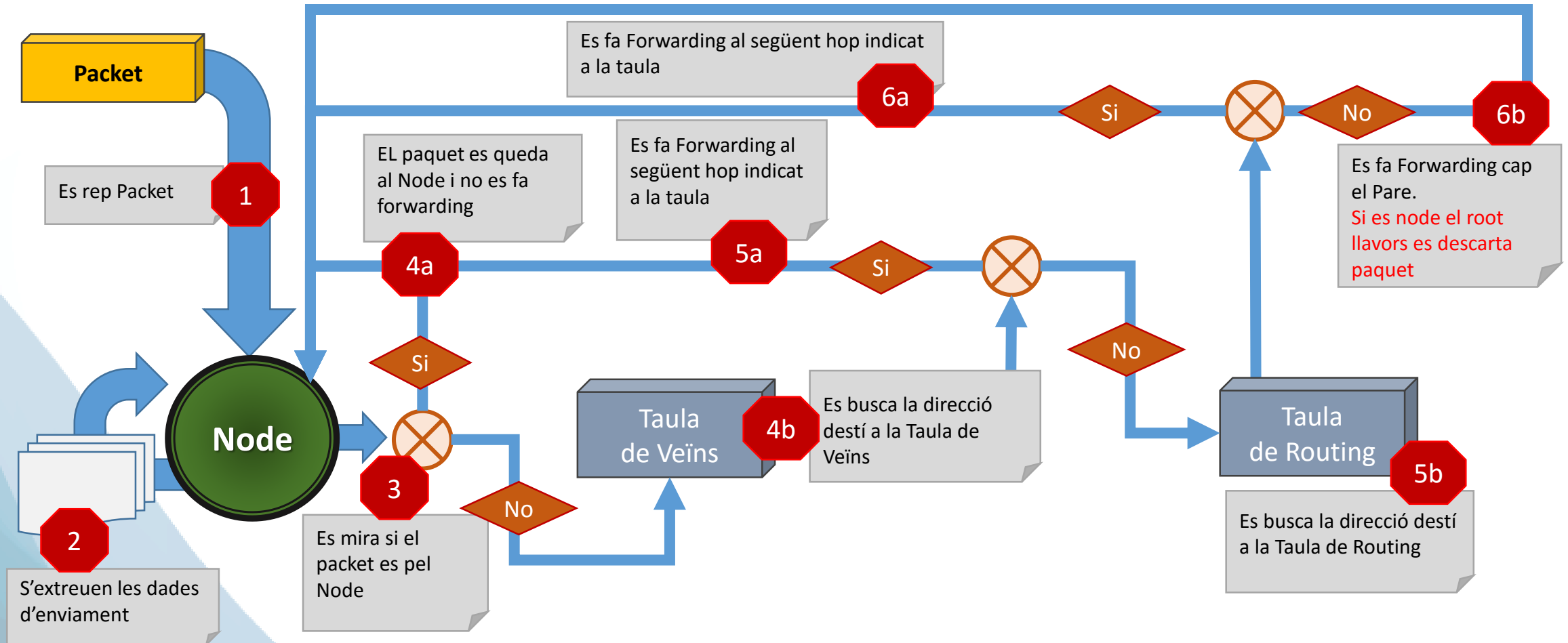
## Routing – Registres de la Taula de Routing



Taula de Routing	
	<b>IPv6 address</b> Direcció IPV6 on cal redirigir el paquet
	<b>Interface ID</b> Next hop MAC EUI64 on cal redirigir el paquet
	<b>Retry counter</b> Comptabilitza les vegades que s'ha provat la ruta
	<b>DAO-Sequence</b> Numero de seqüència per indicar que el DAO es nou
	<b>Path Sequence</b> Numero de seqüència per indicar que el Path es nou
	<b>DAO</b> Lifetime Temps de vida de la informació DAO
	<b>DAO Path Control</b> Ens indica l'ordre de preferència dels successors
	<b>Destination Prefix (or address or Mcast Group)</b> Camp que conte la Destinació on volem accedir

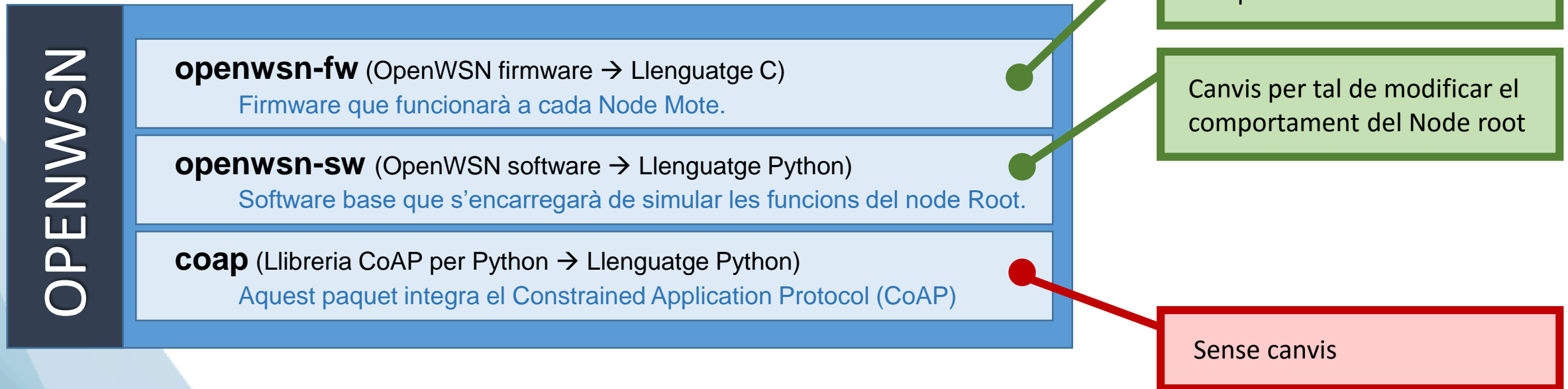
# Disseny d'implementació – Mode Storing

## Routing – Lògica del Forwarding



# Implementació – Mode Storing

## Anàlisi del sistema OPENWSN



# Implementació – Mode Storing

## Punts de canvi implementats - Principals

### **Cal establir un mitja per a poder canviar el mode de treball amb facilitat**

Opció modificable, que escollir el mode de treball del protocol RPL. El software del Node root s'adapta automàticament al mode escollit.

### **El nou mode necessita de canvis en la missatgeria del protocol (DIO i DAO)**

Es canvia el comportament en l'enviament i la recepció dels missatges DIO i DAO, per adaptar-ho a les necessitats del mode STORING.

### **El nou mode necessita generar taules de Routing en tots el Nodes**

S'ha implementat una Taula de Routing a cada Node que permetrà, en el mode STORING, dotar a tots els Nodes de capacitats de Routing.

### **El nou mode canvia el sistema de Routing de Source-Routing a Table-Routing**

En el mode STORING tots els nodes consulten la seva Taula de Routing per fer Forwarding del tràfic rebut. Ja no es fa servir la capçalera de Source-Routing sinó que es prenen decisions de Routing segons les dades que es tenen.

# Implementació – Mode Storing

## Punts de canvi implementats - Extres

### **S'estableix un sistema de neteja de rutes pel firmware del MOTE**

Nova funció per mantenir la Taula de Routing neta de rutes que no s'actualitzen. Aquesta funció només funcionarà en el mode STORING.

### **S'estableix un sistema de neteja de rutes pel software del MOTE root**

Nova funció per mantenir la Taula de Parents neta de rutes que no s'actualitzen. Aquesta funció serveix per a tots dos modes.

### **Vídeo demostratiu Implementació**

Link Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B4EfRUCQ3HJzN09YQjF4aTROemc/view?usp=sharing>

# Testbench

## Mesures i Topologies

### MESURES

Definides per tal d'obtenir una percepció clara del rendiment del protocol



**Temps de convergència del protocol**  
(inicial o rere un canvi)



**Ample de banda utilitzat amb els missatges del protocol**  
(en el temps de convergència inicial)



**Energia consumida amb els missatges del protocol**  
(en el temps de convergència inicial)

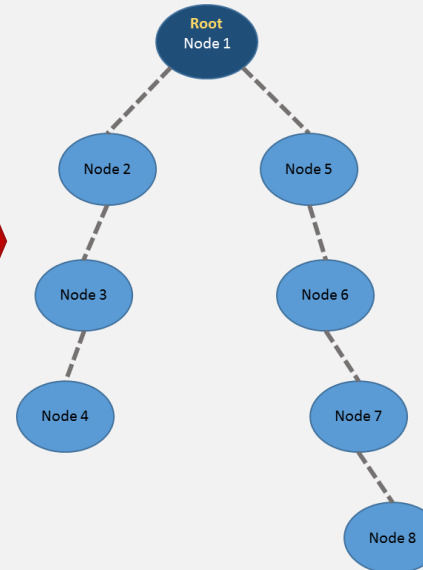


**Latències en la comunicació entre nodes**

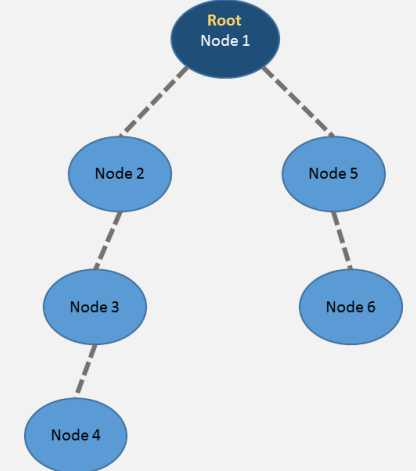
Presa de Mesures  
PDR 100% & PDR 75%

### TOPOLOGIES

Prefixades per tenir el mateix context de mesura en els dos modes



TOPOLOGIA 1



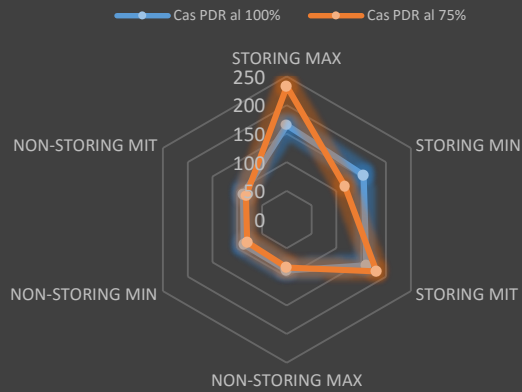
TOPOLOGIA 2



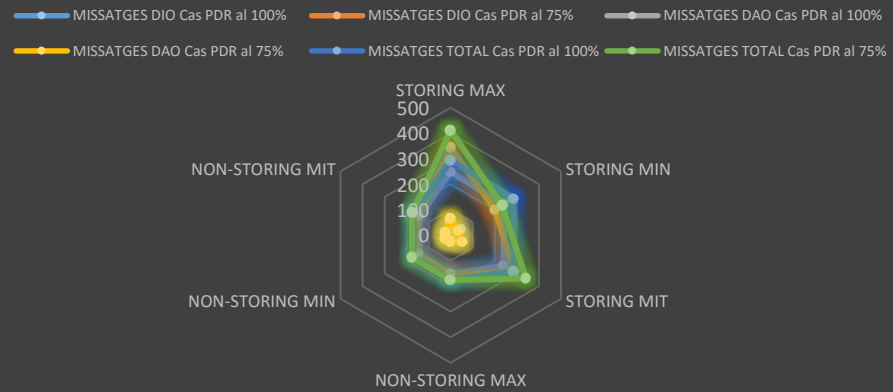
# Estudi comparatiu

## Gràfiques comparatives - Topologia 1

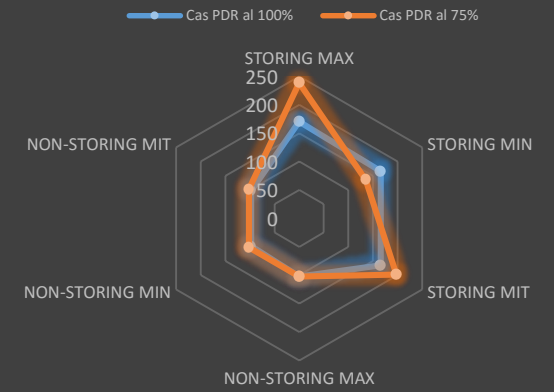
### Temps de convergència (segons)



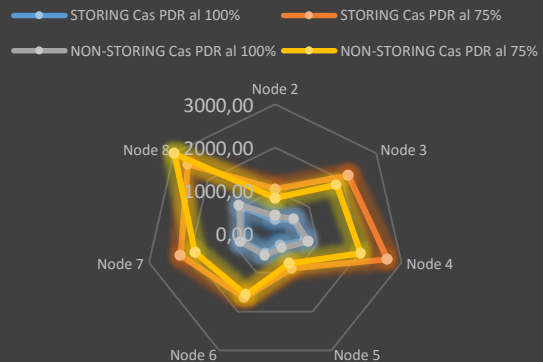
### Ample de Banda (missatges)



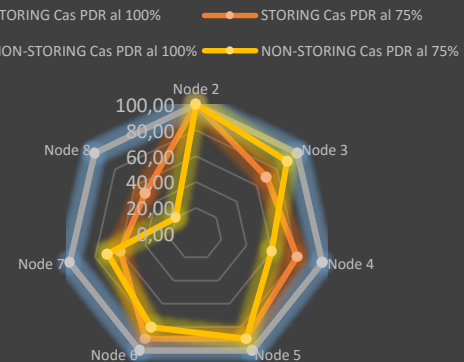
### Consum energètic (mA)



### Làtència Mitja (ms)



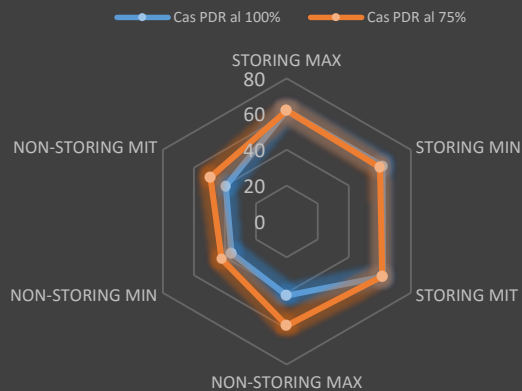
### Paquets Rebuts (%)



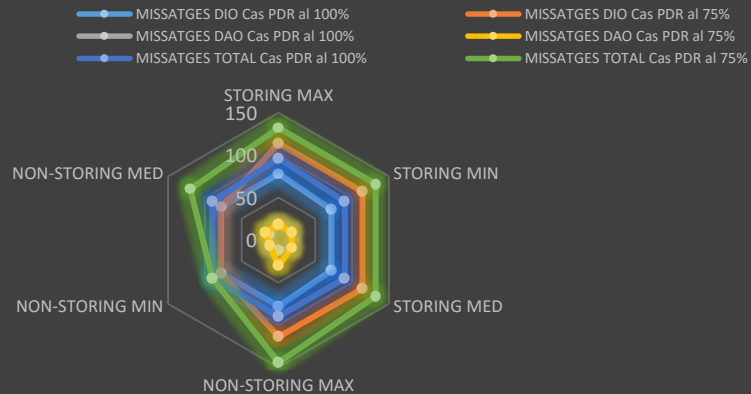
# Estudi comparatiu

## Gràfiques comparatives - Topologia 2

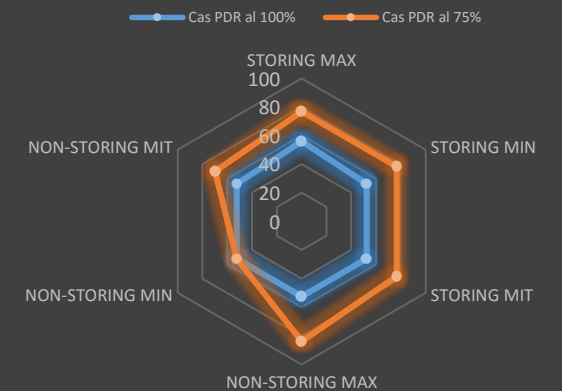
### Temps de convergència (segons)



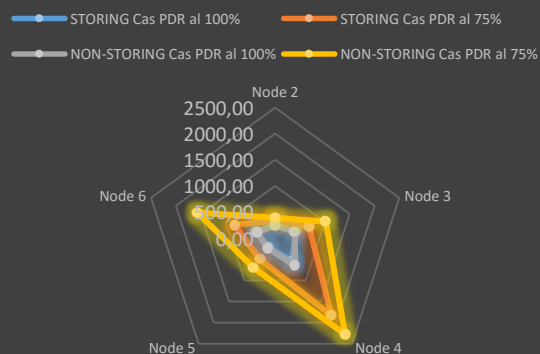
### Ample de Banda (missatges)



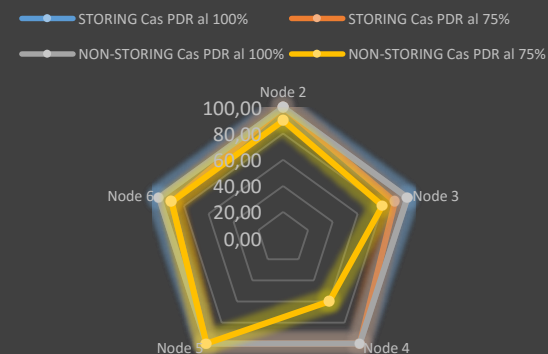
### Consum energètic (mA)



### Làntencia Mitja (ms)



### Paquets Rebut ( % )



# Estudi comparatiu

## Conclusions

Topologia gran (topologia 1)	Temps de convergència		Ample de Banda		Consum Energètic		Latència		Pèrdua de paquets		Estabilitat	
	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR
<b>STORING</b>												
<b>NON-STORING</b>												

Topologia petita (topologia 2)	Temps de convergència		Ample de Banda		Consum Energètic		Latència		Pèrdua de paquets		Estabilitat	
	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR	100% PDR	75% PDR
<b>STORING</b>												
<b>NON-STORING</b>												



Resultats Millors



Resultats Pitjors



Resultats Equivalents

# Estudi comparatiu

## Elecció del mode de treball

Els següents punts, que serviran d'indicador per a escollir el mode del protocol RPL que s'ajustarà millor a la xarxa que es vol muntar.

- ◆ Mida de la xarxa a implementar
- ◆ Característiques del hardware dels nodes (Memòria, CPU i Energia)
- ◆ Estabilitat en la xarxa i temps de reacció davant la desconexió de nodes
- ◆ Fiabilitat en les comunicacions davant la pèrdua de paquets