

Desenvolupament protocol TSCH per plataforma OpenMote

Creixell, Albert
acreixella@uoc.edu
UOC (Universitat Oberta de Catalunya)

Resum—El present projecte desenvoluparà el protocol TSCH publicat al IEEE 802.15.4e pel hardware OpenMote, programant directament sobre llenguatge C, sense utilitzar cap sistema operatiu encastat com Contiki, FreeRTOS, OpenWSN o RiOT.

Paraules clau—IEEE 802.15.4e; TSCH; OpenMote; Timeslotted Channel Hopping; Salt de freqüència a temps ranurat;

I. INTRODUCCIÓ

El 16 d'abril de 2012 la IEEE va publicar la norma IEEE 802.15.4e, en la que es definia millor que en normes anteriors un nou protocol de control d'accés al medi (MAC), el mode TSCH (Timeslotted Channel Hopping), que en català pot traduir-se com salt de freqüència a temps ranurat.

Aquest nou mode és compatible amb tot el hardware compatible IEEE 802.15.4, però afegeix un mode de funcionament basat en sincronització de temps, per realitzar comunicacions controlades que permeten activar l'electrònica radio només en certs instants, fet que permet un estalvi energètic important, i en un sistema de salts de canal de comunicacions, pensat per augmentar la fiabilitat de les comunicacions, ja que els 16 canals disponibles en la banda de 2,4GHz són utilitzats per diversos protocols, fet que pot generar interferències, i el fet de anar alternant de canal afavoreix la immunitat a interferències.

El protocol TSCH s'ha dissenyat per permetre una gestió per capes, de forma que únicament es centra en la capa MAC, permeten utilitzar per sobre altres sistemes, sent el que segurament més

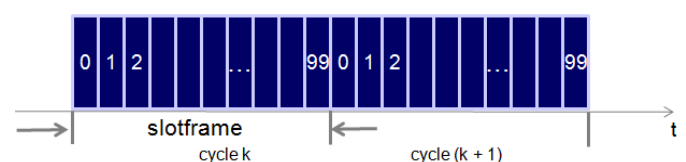
utilització tindrà en el futur les piles TCPv6, el 6LoPAN o el RPL.

Cal destacar que el TSCH proporciona procediments per comunicar de forma òptima energèticament i de forma fiable, però no implementa sistemes de detecció de veïns, detecció de tipologia de xarxa o sistemes d'enrutació.

II. TSCH

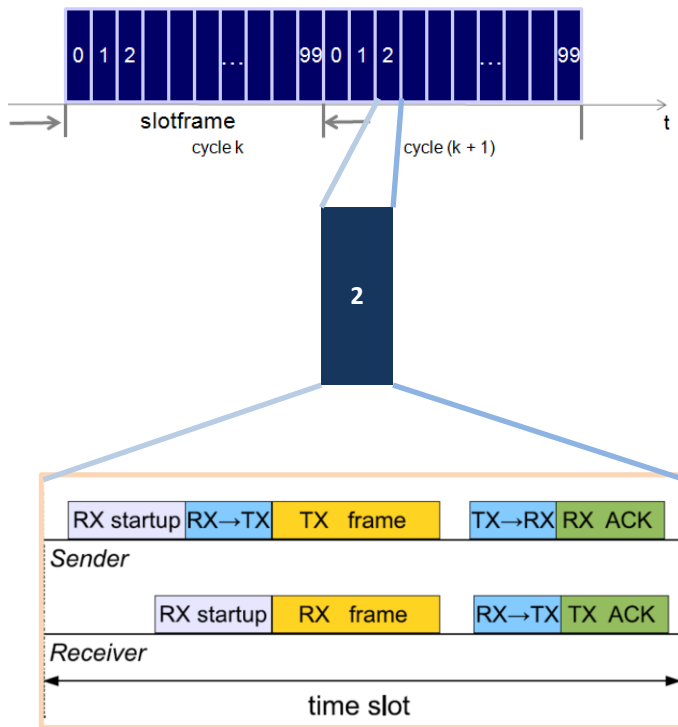
Aquest protocol es basa en dos característiques que s'utilitzen a la vegada, el Timeslotted (TS) i el Channel Hopping (CH).

El TS, separa el temps en ranures, de forma que cada remota només comunica en la ranura que té assignada, tenint la radio desconectada la resta del temps, i aconseguint un important estalvi energètic. Donat aquest sistema, el protocol és determinístic, ja que no hi ha col·lisions entre remotes i es pot saber exactament quan arribarà un missatge. Totes les remotes van sincronitzades en temps i disposen de sistemes de correcció de petites diferències temporals entre remotes, definint una trama de ranures (slotframe), que està formada per un nombre de ranures, i que es repeteix en el temps. Cal dir que el protocol no determina el nombre de ranures que s'utilitzen en un slotframe, sent l'usuari o protocols superiors qui defineixen aquest paràmetre.



Cada trama de ranures està formada per ranures, que internament està formada per diverses fases,

que en termes generals es poden agrupar en fases de preparació, enviament o recepció i confirmació de recepció.



El CH, salt de freqüència, té en compte dos valors per decidir quin dels 16 canals disponibles a la banda de 2,4GHz s'utilitza per comunicar a cada ranura, el primer és l'ASN, un comptador de trames que segons la norma es forma amb 5 bytes, per tant pot arribar fins a 2^{40} , i un paràmetre de canal offset. La fórmula utilitzada és sumar primer l'ASN i el canal offset, i dividir el resultat entre 16, la resta de la divisió determina el canal a utilitzar. Donat que l'ASN s'incrementa en cada ranura, la freqüència utilitzada en cada comunicació va variant, aportant una gran fiabilitat a les comunicacions front les interferències. Cal tenir en compte que els canals en la banda de 2,4GHz, són 16 i van del canal 10 al canal 25.

La norma estableix que un coordinador proporcionarà l'ASN als nous membres de la xarxa per tal que es puguin sincronitzar, ja que el nombre ASN són absolutament necessaris per poder comunicar amb aquest sistema.

III. EL HARDWARE

El projecte es desenvoluparà sobre la plataforma hardware OpenMote que està format pels següents elements:

- CC2538, un microcontrolador Cortex-M3 de 32 bits amb l'emissor radio CC2520
- TPS62730. convertidor DC-DC que permet convertir les tensions de 3V a 2,1V
- ABM8G, cristall oscil·lador de 32MHz
- ABS07, cristall de 32768kHz de major precisió utilitzat pel rellotge de temps real
- 4 Leds de colors
- 2 botons
- Antena integrada de 0dBi, incloent connector per antena externa opcional

IV. OBJECTIUS PRINCIPALS

L'objectiu principal del projecte és desenvolupar una llibreria que implementi el protocol TSCH sobre la plataforma OpenMote, programat directament amb llenguatge C, sense utilitzar cap sistema operatiu encastat. Aquesta llibreria aprofitarà una llibreria existent de comunicacions radio, que envia una trama pel canal de comunicacions seleccionat.

La llibreria desenvolupada ha de permetre la implementació futura d'altres piles de comunicacions sobre ella, per tant ha de disposar de dues funcions principals, una d'enviament i una altre de recepció de trames. Aquestes funcions no han d'implementar cap protocol d'enrutació, només enviar trames implementant els mètodes de ranures de temps i selecció de canal, comportant-se de forma transparent per les piles superiors,

A part, la llibreria desenvolupada haurà de disposar d'una rutina que s'executi de forma temporitzada, per un contador o per una interrupció, que s'encarregui de gestionar el control de l'ASN, la gestió de ranures i canals, i les tasques de sincronització entre remotes.

El projecte haurà de desenvolupar i provar un codi exemple d'utilització d'aquesta llibreria

desenvolupada capaç de comunicar dues remotes OpenMote que la UOC ha prestat.

V. BENEFICIS

La Internet a les coses es basa en la connexió de molts petits elements quotidians a Internet, per tal d'obtenir informació, realitzar identificació i seguiment o parametritzar certes funcions. Es preveu que en els pròxims anys gran quantitat d'elements es connectin a Internet per oferir les funcions descrites i altres.

Un element comú en tots els equips que es connectaran a Internet serà la necessitat d'una electrònica amb requeriments energètics molt baixos, i capaç de comunicar de forma senzilla i sense instal·lacions. Les comunicacions radio amb curt abast resulten molt adequades per complir amb aquestes necessitats, sent les remotes com la OpenMote un bon exemple d'elles.

Disposar d'un hardware econòmic, i al sumar-li un software gratuït i lliure, converteix la plataforma com ideal per implementar projectes d'Internet a les Coses.

El present projecte ajudarà al desenvolupament d'aquest software gratuït aportant llibreries de comunicacions radio fiables i energèticament eficients sobre les quals desenvolupar software amb major nivell d'abstracció.

VI. ENTREGABLES

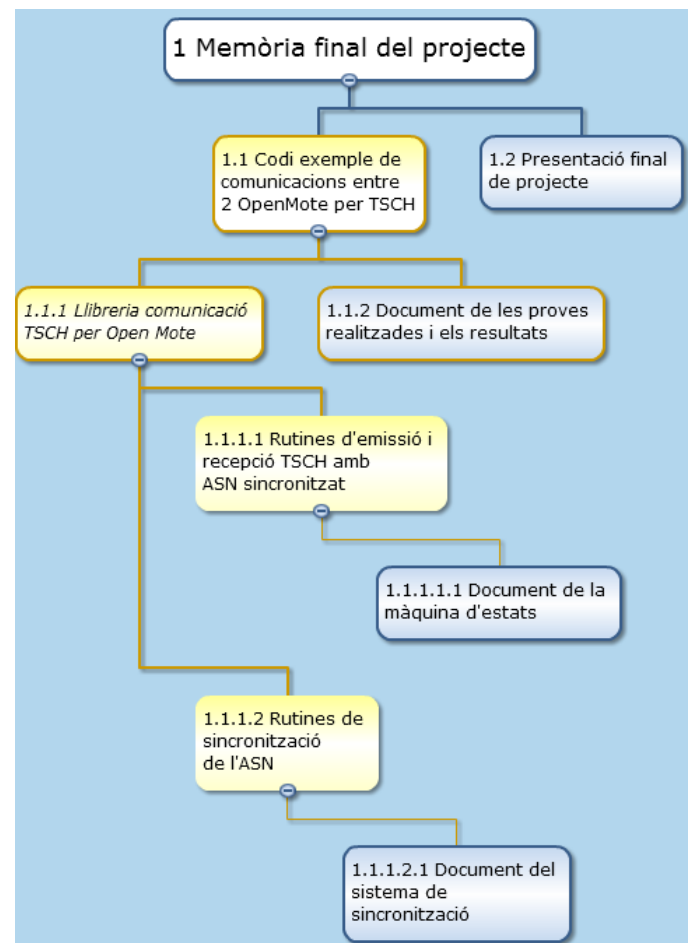
El projecte tindrà tot una sèrie d'entregables que es detallen a continuació:

- Document de la màquina d'estats per gestionar l'enviament i recepció de les dades del TSCH, segons IEEE 802.15.4e
- Document explicatiu del procediment de sincronització entre remotes
- Llibreria TSCH escrita en C i provada en la plataforma OpenMote
- Document de les proves realitzades i dels seus resultats

- Programa exemple que utilitzi la llibreria desenvolupada, que sincronitzi un coordinador i un esclau, i comuniqui dades utilitzant el protocol TSCH
- Memòria final, incloent explicació del protocol TSCH, explicació de l'organització lògica de la llibreria, codis exemple i el codi font de la llibreria.
- Presentació final del projecte per fer la defensa.

Aquests entregables estan dissenyats per fer un correcte desenvolupament del projecte, a la vegada que el coordinador acadèmic pugui validar les feines en punts entremitjos, podent corregir errors de disseny a temps, i complir així la data final d'entrega amb el projecte acabat.

A nivell organitzatiu, l'estructura detallada de treball es mostra a continuació:



VII. FITES DEL PROJECTE

Fita	Data realització
Tancament de la definició del projecte	27/09/2014
Recopilació d'informació de la norma IEEE 802.15.4e	30/09/2014
Definició de l'abast del projecte i planificació	08/10/2014
Recollida de material hardware i màquines virtuals	14/10/2014
Redacció document de la màquina d'estats	30/10/2014
Redacció del document de sincronització	05/11/2014
Definició de les trames a enviar	21/11/2014
Programació sistema simple per enviar trames només amb llibreria radio	30/11/2014
Programació llibreries protocol TSCH i sincronització de l'ASN	15/12/2014
Proves de comunicacions i realització de codi exemple	22/12/2014
Redacció de memòria tècnica, diapositives i documentació	03/01/2015
Presentació del projecte davant del tribunal	10/01/2015

VIII. MOTIVACIÓ

La Internet a les coses serà una de les principals revolucions de la dècada, canviant la forma en que la societat accedeix a la informació, arribant a canviar els sistemes de gestió de ciutats, empreses i particulars.

Conèixer les tecnologies i protocols que empraran les electròniques de Internet a les Coses, significa invertir en el coneixement que farà falta en els professionals de les telecomunicacions els pròxims anys.

Per tant, la principal motivació per executar aquest projecte és ampliar el coneixement sobre aquestes tecnologies encara emergents, en la que molts fabricants estan proporcionant solucions al mercat, però encara no existeix ni un hardware ni un software dominant, podent aportar solucions noves que poden aportar valor afegit, a la vegada que adquirir experiència en aquest sector a l'alça.

IX. REFERÈNCIES

Com a font d'informació s'utilitzaran entre altres les següents referències per aconseguir informació sobre el protocol TSCH.

[1]

Títol: Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)

Autor: Grup de treball IEEE 802.15

Any: 2012

Font d'informació:

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4e-2012.pdf>

Resum: Aquest document és la definició estàndard del protocol 802.15.4e, proporcionant una descripció general dels protocols, definint les trames i procediments que segueixen el LLDN, la DSME, la LL-Beacons i la trama en ranures TSCH, que són totes les definides per la norma 802.15.4e.

També defineix constants que afegir a les trames a enviar per intercanviar informació entre equips i establir correctament les comunicacions, així com els sistemes de seguretat a implementar

Aspectes rellevants: Aquest és la principal font d'informació pel projecte, ja que és el document que detalla a nivell normatiu com ha de ser el TSCH i que ha de complir. En el projecte s'utilitzaran amb més detall la Taula 8a, i els punts 6.2.19, 5.1.1.4, 5.1.2.6, 5.1.4.2a, 5.1.2.6.4.4, 5.2.4 i 7.4.2.1.

[2]

Títol: Web OpenMote

Autor: OpenMote Technologies

Any: -

Font d'informació:

<http://www.openmote.com/>

Resum: Aquesta web és la del fabricant de la plataforma hardware que utilitzarà el projecte, disposa d'informació hardware i del software compatible, així com informació dels protocols de comunicació que permet implementar.

Aspectes rellevants: Serà la principal font d'informació a nivell hardware pel projecte, ja que proporciona enllaços als datasheet dels diversos components i conèixer així les seves característiques i prestacions. Tot i que, el projecte

és desenvoluparà en C, s'haurà de programar a baix nivell i és important conèixer les característiques hardware del sistema.

[3]

Títol: Web OpenWSN

Autor: OpenMote Technologies

Any: -

Font d'informació:

<https://openwsn.atlassian.net/wiki/display/OW/Implementing+IEEE802.15.4e>

Resum: Aquesta web forma part del sistema operatiu OpenWSN, que ha implementat el protocol TSCH dintre de les seves funcionalitats. En un tutorial detalla la seva implementació, juntament amb explicacions i consideracions del seu funcionament.

A la vegada es disposa del codi font desenvolupat en C de tot el sistema operatiu, dintre del qual es troben les llibreries que implementen el TSCH.

Aspectes rellevants: La informació detallada de com s'ha implementat el TSCH serà de gran utilitat per executar el projecte, ja que determina una forma d'organitzar la feina a executar i les consideracions pràctiques que s'han de tenir. El codi C no serà reutilitzable pel projecte, però pot donar detalls sobre com programar les tasques del projecte.

[4]

Títol: A decentralized scheduling algorithm for time synchronized channel hopping

Autors: Andrew Tinka, Thomas Watteyne, Kristofer S. J. Pister, Alexandre M. Bayen

Any: 2010

Font d'informació:

http://bayen.eecs.berkeley.edu/sites/default/files/journals/mca11_v2.pdf

Resum: Aquest article explica com es va muntar una xarxa basada en TSCH on diversos sensors es sincronitzaven i enviaven informació entre ells, incloent algorismes de planificació de comunicacions.

Aspectes rellevants: L'article servirà per tenir una aplicació pràctica dels sistemes que utilitzaran les comunicacions TSCH, important desenvolupar les aplicacions exemple que cal programar i que han de servir en el futur per desenvolupar altres

funcionalitat.

[5]

Títol: Time Slotted, Channel Hopping MAC

Autors: Kris Pister, Chol Su Kang, Kuor Hsin Chang, Rick Enns, Clint Powell, José A. Gutierrez, Ludwig Winkel

Any: 2008

Font d'informació:

<https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CFIQFjAG&url=https%3A%2F%2Fmentor.ieee.org%2F802.15%2Fdcn%2F08%2F15-08-0581-02-004e-time-slotted-channel-hopping-mac.ppt&ei=GSw0VK6HBsSWaufagPgM&usg=AFQjCNH1PYMb94Jf4AfhtpXFARinGPIUTw&cad=rja>

Resum: Aquesta presentació explica de forma detallada i visual els procediments a seguir en l'enviament i recepció de les trames, així com el sistema de ranures i el canvi de freqüència.

Aspectes rellevants: La presentació serà molt útil per assentar una bona idea del sistema a implementar i ajudarà a dissenyar part de la presentació de defensa del projecte davant del tribunal.

Autors

Albert Creixell Antolín

Estudiant del màster universitari en enginyeria de telecomunicacions, a la UOC