

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**Títol:** Xarxa de sensors d'àudio per a la detecció d'accidents urbans

**Document:** Resum

**Alumne:** Daniel Martí Vergé

**Tutor:** Carles Pous Sabadi

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria de sistemes i automàtica

**Convocatòria (mes/any) :** setembre/2016

## ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ .....	2
2. HARDWARE I SISTEMA DE COMUNICACIONS.....	3
3. MARC TEORIC I ALGORISME DE DETECCIÓ DE SIMILITUD .....	5
4. CONCLUSIONS .....	7

## 1. INTRODUCCIÓ

En els nuclis urbans amb gran densitat de població hi és present una gran quantitat d'informació relacionada amb variables físiques i comportaments humans. Les Smart Cities aprofiten aquestes dades que es produeixen cada dia a les ciutats per oferir serveis d'informació o de seguretat, entre d'altres.

El present projecte té l'objectiu d'analitzar una variable molt present a les ciutats, el so. A partir de l'anàlisi del so s'haurà de detectar quan apareix un accident de trànsit i seguidament transmetre aquesta informació a un servidor d'internet. La intencionalitat del projecte és desplegar una xarxa bàsica d'un node sensor i un coordinador, amb la finalitat d'esdevenir una prova pilot.

Per a complir aquest objectiu serà necessari dissenyar la placa electrònica i seleccionar els components més adients que assegurin una autonomia energètica mínima d'un any als dos dispositius. També s'haurà d'integrar un sistema de comunicació que permeti la transmissió de dades entre el node, el coordinador i un servidor d'internet. Aquest sistema de comunicació haurà de disposar d'un mode de baix consum per apagar o adormir-lo quan no es transmeti informació.

Per a detectar el so d'un accident es necessitarà dissenyar un algorisme que capti el senyal a una freqüència superior a la dels sons d'accidents i alhora realitzi una anàlisi de les freqüències que el componen. Per tal d'assegurar la qualitat de la detecció, serà important que l'anàlisi es realitzi en temps real i de tal manera que no apareguin salts entre les mostres adquirides.

Durant la realització del projecte s'efectuaran diverses proves de hardware així com simulacions de l'algorisme de detecció. Referent a les simulacions, s'efectuaran mitjançant la reproducció de sons d'accidents de trànsit des d'un telèfon mòbil convencional.

## 2. HARDWARE I SISTEMA DE COMUNICACIONS

L'Arduino Pro Mini és el microcontrolador escollit per als dos dispositius ja que té un consum d'energia inferior a 10mAh. És imprescindible que aquests dispositius siguin autònoms a nivell d'energia, consegüentment s'ha incorporat un sistema d'alimentació solar. Aquest està format per una placa solar que proporciona 0,87Wh en condicions favorables i un driver de control. El driver és l'encarregat de desconnectar la bateria quan aquesta està al màxim nivell d'energia.

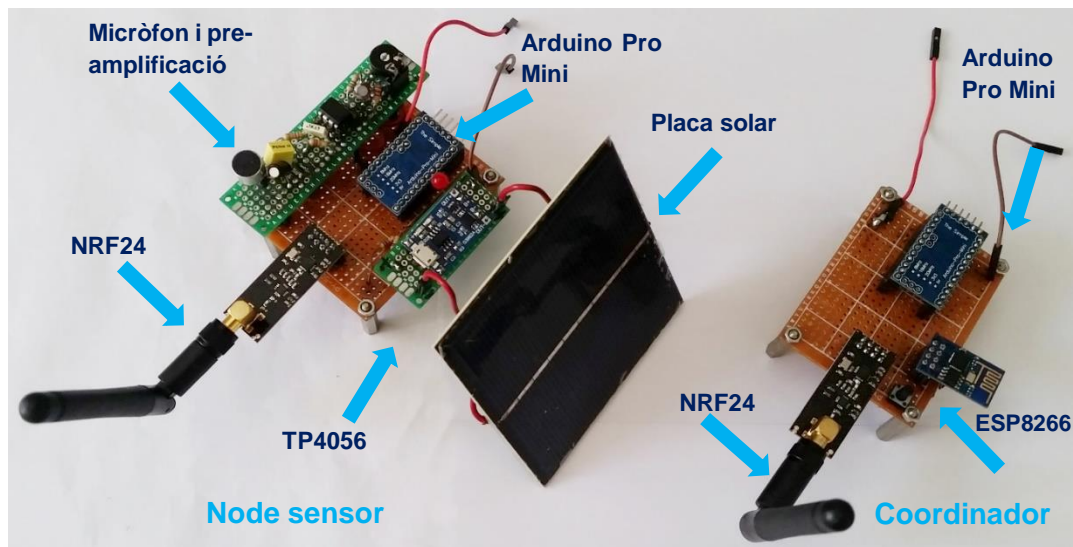


Figura 1. Components electrònics del node sensor i el coordinador

El node sensor captura el so a partir d'un micròfon electret, el nivell de bateria i el nivell de voltatge que dona la placa solar. S'ha integrat una etapa de pre-amplificació a la sortida del micròfon per permetre que les dades capturades l'ADC de l'Arduino tinguin més resolució. Per altre banda, el coordinador captura també el nivell de bateria i d'energia solar. Totes aquestes dades s'han d'empaquetar degudament i retransmetre just en el moment que sigui necessari.

Les limitacions de l'Arduino Pro Mini estan relacionades amb la memòria RAM de 2kB i la seva velocitat de processament de 16MHz. Aquest fet suposarà dissenyar l'algorisme de detecció d'accidents de forma eficient.

Pel que fa a les comunicacions, s'ha integrat el mòdul ràdio NRF24 a cada dispositiu per possibilitar la transmissió de dades del node sensor al coordinador. La funció del coordinador és la d'enviar la informació als destinataris finals, que en aquest cas és un servidor d'internet. Per a connectar-se a la xarxa TCP/IP s'ha incorporat un mòdul WiFi al coordinador,

concretament l'ESP8266. La comunicació de l'Arduino amb l'NRF24 és a través del protocol SPI, i amb l'ESP8266 es realitza pel port sèrie (UART) de l'Arduino.

Tan els mòduls NRF24 com l'ESP8266 s'han programat perquè s'adormin durant l'estona que no han de retransmetre o rebre paquets. El mòdul NRF24 del node sensor es desperta cada 30 minuts per enviar les dades de bateria i placa solar i també sempre que aparegui un accident. El coordinador té el NRF24 adormit durant 20ms, i llavors es desperta durant 5ms per escoltar si arriben dades del node sensor. Pel que fa a l'ESP8266 del coordinador, és despertat per l'Arduino del coordinador cada vegada que aquest té dades per enviar al servidor.

S'ha fet ús de la tecnologia Enhanced ShockBurst al mòdul NRF24 del node sensor, que possibilita que re-envii un paquet un determinat nombre de vegades sinó ha rebut l'acusament de recepció per part del NRF24 del coordinador. Aquesta configuració permetrà evitar que es perdin paquets enviats pel NRF24 del node sensor en el cas que el del coordinador estigui adormit.

### 3. MARC TEORIC I ALGORISME DE DETECCIÓ DE SIMILITUD

Per tal d'extreure les característiques principals dels sons d'accidents s'ha fet servir el software Matlab i les seves eines de processament de senyal. Dels diferents tipus d'accidents de trànsit que es poden produir, s'ha centrat l'estudi en els accidents amb un únic vehicle i format per una fase de frenada i una de xoc.

A partir de l'espectre de freqüències d'un so d'accident de trànsit, s'han extret dos patrons. Cada patró representa a una fase de l'accident i està format per les components freqüencials de la finestra temporal a on s'ha realitzat la transformada de Fourier.

Per al desenvolupament de l'algorisme de detecció d'un d'accident de trànsit primerament s'han realitzat proves amb Matlab. El Magnitude Squared Coherence i la relació de distàncies són dues de les tècniques d'anàlisi de similitud que s'han usat amb Matlab. La prova de similitud consistia en comparar la similitud de l'espectre de freqüències entre diferents sons d'accident i els patrons seleccionats. Algunes tècniques han resultat més efectives que d'altres.

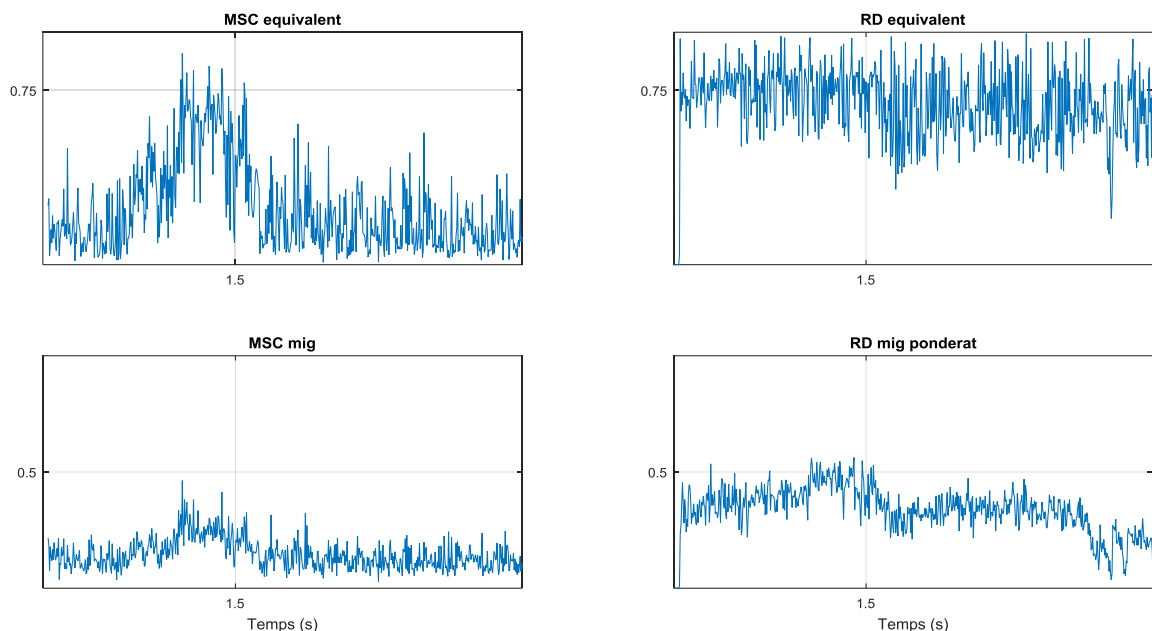


Figura 2. Tècniques de similitud per comparar un so amb un patró

Una vegada experimentada l'anàlisi i la comparació de freqüències entre diferents senyals, s'ha procedit a traslladar la metodologia al programa pel microcontrolador.

Els patrons extrets de l'anàlisi amb Matlab es guarden en vectors de la memòria del microcontrolador. L'algorisme de detecció de similitud té una estructura formada per tres parts. La primera s'encarrega d'anivellar l'amplitud del senyal capturat amb l'amplitud dels patrons. Aquesta part de l'algorisme es va incorporar després d'observar en varies simulacions que la distància d'emissió del so afectava clarament al resultat de la similitud. La segona part aplica el coeficient de relació de distàncies mig i dona un índex de similitud entre el senyal capturat i els patrons. La darrera part realitza una anàlisi de l'evolució temporal del nombre de coincidències de similitud, i finalment emet el veredict de si es considera accident.

Una part important del desenvolupament de l'algorisme s'ha enfocat en reduir el temps de bucle del programa principal per tal d'evitar salts entre les adquisicions de l'ADC. Per a la velocitat de processament de 16MHz de l'Arduino, s'ha aconseguit un temps de bucle de 18,3ms que suposen salts de 11,9ms entre les finestres de freqüències calculades.

S'han realitzat varies simulacions per a corroborar l'efectivitat de les tècniques de similitud analitzades en Matlab i posteriorment traslladades a l'Arduino. Per a unes determinades condicions, aquestes simulacions han detectat correctament similitud amb el so d'un accident i no han detectat similitud per a sons que no eren accidents. Cal remarcar que encara que els resultats de les simulacions han estat favorables, no s'han tingut en compte tots els factors que poden aparèixer en l'aplicació real del dispositiu electrònic. Serien necessàries simulacions a on s'introduïssin soroll de fons, varis canvis de distància d'emissió del so i diferents angles d'emissió del so cap al micròfon.

#### 4. CONCLUSIONS

Amb la realització d'aquest projecte s'ha aconseguit l'objectiu principal, desplegar una prova pilot amb un node sensor i un coordinador que permet detectar el so d'un accident. L'elecció del microcontrolador Arduino ha estat determinant per aconseguir un consum reduït, ara bé, en el desenvolupament del projecte s'han anat descobrint les conseqüències de les seves limitacions, i com a principal, la pèrdua de qualitat de so que suposen els salts entre adquisicions.

El sistema de comunicacions implementat en els dispositius possibilita que els mòduls ràdio s'adormin durant la major part del temps, permetent al node sensor i al coordinador tenir una autonomia de prop d'un any.

L'estudi de l'espectre de freqüències realitzat amb Matlab ha estat molt útil per poder traslladar l'anàlisi de similitud a un dispositiu amb molts pocs recursos per al processament de so. L'extracció de patrons del so d'un accident juntament amb la tècnica de relació de distàncies ha permès que en les simulacions s'hagi detectat similitud amb el so d'accident de trànsit reproduït.

És necessària la realització de més simulacions que tinguin en compte el soroll de fons i la distància d'emissió del so. Així també, es pot millorar l'eficiència de l'algorisme substituint el microcontrolador Atmega328 per un altre amb més velocitat de processament i més memòria RAM.