

Décodage des trames émises par les balises de détresse 406.025 MHz

Thierry Capitaine, Valéry Bourny, Mohamed Hamzaoui, Aurélien Lorthoïs, Ludovic Barrandon, Jacky Senlis

Etudiants : Alp Ozalp et Ivan Romely

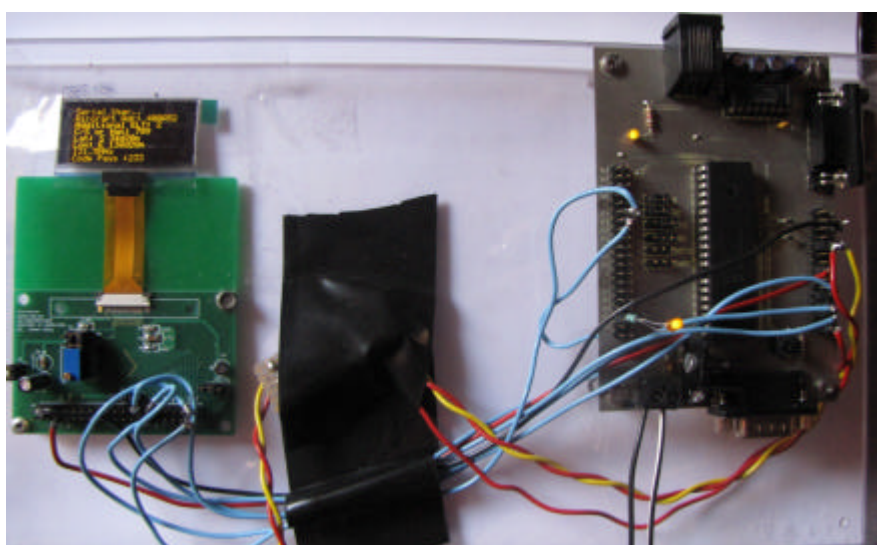
Jacky.senlis@u-picardie.fr, Thierry.capitaine@u-picardie.fr

Université de Picardie Jules Verne, Laboratoire MIS

INSSET 48, rue Raspail 02100 Saint Quentin

RESUME : Depuis neuf ans, l'Institut Supérieur des Sciences et Techniques [1] propose une formation Master dans le domaine des systèmes embarqués. Lors des séances de travaux pratiques et des périodes de projets suivies par nos étudiants, nous privilégions l'implantation des connaissances théoriques dispensées dans le domaine des micro-contrôleurs, DSP et FPGA sur des projets ayant une utilité reconnue. Cette démarche, dans le cadre d'un projet de détection et de décodage des balises de détresse, a été menée à terme par deux étudiants de M1 SET. Dans cet article, nous décrivons les différentes étapes qui ont conduit à la réalisation d'un prototype expérimental capable de décoder et d'afficher les informations émises par les balises de détresse 406.025 MHz.

Mots clés : Systèmes embarqués, DSP, traitement numérique du signal, balises de détresse



Décodage avec une carte de développement 30F4011 et un afficheur OLED

1 PROBLEMATIQUE

Les balises de détresses utilisées actuellement émettent, lors d'un accident, un signal sur la fréquence 406.025 Mhz. Ce signal n'est émis que pendant une fraction de seconde avec une puissance de 5 W, environ une fois par minute.

Il s'agit d'un signal numérique qui contient des informations d'identification et de localisation pour les balises équipées d'un récepteur GPS.

Le dispositif COSPAS-SARSAT [2] met en œuvre des satellites pour détecter ces balises et déclencher les secours en donnant l'alerte. En France, un centre situé en alsace est chargé de prévenir les préfectures qui mettent en place les dispositifs de secours.

Dans le cadre de ces dispositifs, les radioamateurs bénévoles, membre de la sécurité civile, participent activement aux recherches pour localiser le lieu de l'accident.

La durée d'émission de la balise étant très courte les techniques goniométriques classiques ne sont pas utilisables pour effectuer un repérage par triangulation.

Une solution simple consiste à décoder le signal émis par la balise pour obtenir sa position GPS, le dispositif mis au point avec les étudiants réalise cette tâche.

2 LES DIFFERENTES ETAPES DU PROJET

Le projet s'est déroulé en plusieurs étapes. L'utilisation des balises de détresse en mode test ne peut être faite qu'après avoir obtenu des autorisations demandant des démarches pouvant être longues. Ces démarches n'ont pas été nécessaires car nous avons obtenu, grâce à la communauté des radioamateurs, des enregistrements audio de ces balises sous forme de fichiers ".wav" [3]. Nous disposons de dix enregistrements qui correspondent à différents modèles de balises utilisées en aviation ou dans le domaine maritime et équipées ou non d'un récepteur GPS. Le premier travail a été d'analyser ces enregistrements pour retrouver leur contenu binaire. Ce travail a été réalisé avec matlab [4]. L'utilisation de ce contenu binaire, avec l'aide des documents obtenus sur le site "COSPAS-SARSAT" a

permis de décoder les trames pour obtenir notamment le numéro de balise et la position GPS.

La deuxième partie du travail a consisté à implanter la démodulation et le décodage dans un DSP associé à un afficheur. Le prototype réalisé se connecte directement sur la sortie son d'un récepteur UHF réglé en FM sur la fréquence 406,025 MHz. Lors de la réception d'un signal de balise valide, il déclenche une alarme et affiche en clair le contenu de la trame comme vous pouvez le voir ci-dessous.



Exemple de trame décodée par notre prototype

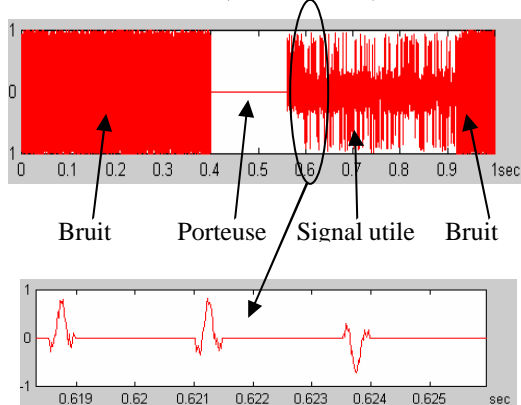
3 ETUDE DES ENREGISTREMENTS

3.1 Structure d'une trame binaire

Les trames sont émises avec un débit binaire de 400 bits/s. Il existe deux types de trames, les trames courtes qui contiennent 112 bits et durent 280 ms et les trames longues qui contiennent 144 bits et durent 360 ms. Le signal apparaît 160 ms après le début de la porteuse

3.2 Visualisation du signal audio enregistré

Ce signal a été enregistré sur la sortie son d'un poste récepteur UHF – FM réglé sur la fréquence d'émission d'une balise (406.025 MHz).



Allure du signal à décoder en fonction du temps

Dès l'apparition de la porteuse, le signal analogique passe à 0 pendant 160ms, les "0" et les "1" du signal utile correspondent simplement à des pics respectivement négatifs et positifs comme on le voit sur la figure précédente.

3.3 Démodulation par seuillage

Un technique de seuillage sur le signal utile permet d'identifier les "0" et les "1" et ainsi de reconstruire la trame binaire.

Trame obtenue avec cette technique sur le fichier "testa.wav":

```
11111111111111110001011111000111010010010111100010
0100000011000110011010010100000001100110000110011
011111111011100001101111001010010000101100011
```

Les bits en gris sont des bits de synchronisation, ils servent également à distinguer une trame d'alerte d'une trame de test.

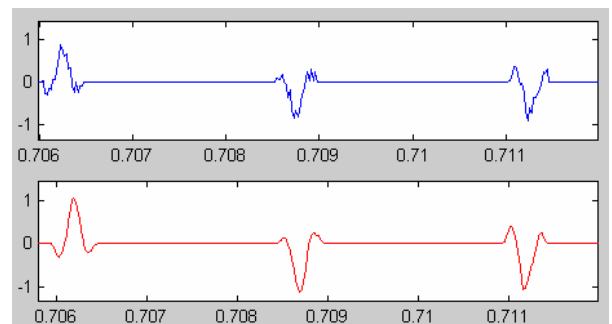
Contenu de la trame précédente en hexadécimal:
8e92f1206334a0330cdf70de52163

Pour obtenir le contenu en clair, il suffit de copier cette trame hexadécimale dans la page WEB: http://www.cospas-sar-sat.org/index.php?option=com_beacondecode&task=showBeacon&Itemid=85&lang=fr

3.4 Corrélation

Pour améliorer les résultats lorsque le signal est bruité, on a effectué le seuillage sur le signal obtenu après corrélation avec une fenêtre glissante triangulaire de largeur correspondant aux pics.

On constate un effet de lissage, une diminution des lobes parasites et un renforcement des lobes principaux.



Signal original en bleu et signal traité en rouge

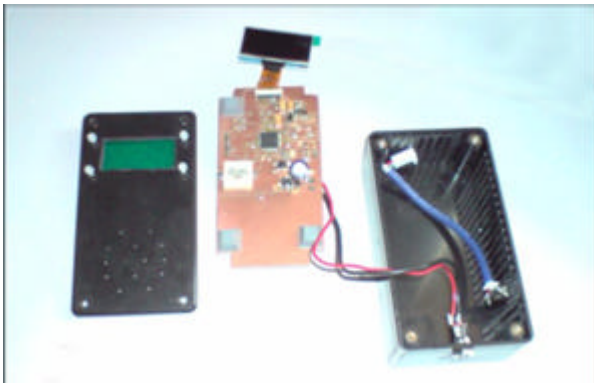
3.5 Décodage des trames binaires

Pour décoder les trames binaires on utilise la fiche de spécification "SPECIFICATION FOR COSPAS-SARSAT 406MHZ DISTRESS BEACONS C/S T.001" [2]. Ce document donne la signification de chacun des bits d'une trame sous forme de tableaux pour les différents protocoles utilisés.

4 TRAITEMENT PAR DSP

4.1 Choix du DSP

Le dispositif étant prévu pour être utilisé par des radioamateurs bénévoles il est exclu d'utiliser un micro-ordinateur pour effectuer le décodage, le prototype mis au point utilise des composants à faible coût. Nous avons choisi le DSPIC 30F4011 de MICROCHIP que nos étudiants utilisent en TP traitement du signal [5] [6] et [7].



Prototype mis au point au laboratoire

4.2 Choix de l'afficheur

Le dispositif doit pouvoir être utilisé la nuit ou en présence d'un fort éclairage (soleil) aussi avons nous choisit un afficheur "OLED" pour son contraste élevé. Il s'agit d'un afficheur graphique pilotable par port série synchrone (SPI). Cet afficheur est dépourvu de générateur de caractères, aussi a-t-il fallu développer un "driver" pour l'utiliser à partir du DSPIC.

5 PARTICIPATION DES ETUDIANTS

Nos étudiants en master systèmes embarqués doivent réaliser des projets en équipe. Au début de l'année, nous proposons une liste de sujets, ils en choisissent un et intègrent une équipe. L'organisation, la répartition du travail, la planification, le suivi de l'avancement... est en général sous la responsabilité d'un master deuxième année qui joue le rôle de chef de projet Il a dans son équipe des étudiants de master première année et de licence troisième année. A la fin du mois d'octobre les équipes doivent être constituées et chacune travaille. Les étudiants ont un accès libre à une

salle équipée en matériel électronique et informatique. Leur emploi du temps comprend un créneau horaire hebdomadaire, de quatre heures, commun aux trois années. Fin novembre, un premier bilan permet d'évaluer l'avancement des projets, le bilan final a lieu en mars lors d'une soutenance orale avec la remise d'un rapport et d'un prototype.

Dans le cadre de leur projet, nous avons confié à deux étudiants de master SET première année, le portage des algorithmes de décodage des trames et le pilotage de l'afficheur. Chacun d'eux a mené à terme sa partie du projet. Actuellement le dispositif est opérationnel, il reste à transformer ce prototype en produit fini en réduisant sa taille et en le mettant en boîtier. Ce travail est en cours de réalisation au laboratoire.

6 CONCLUSION

Les étudiants ont été très motivés pour participer à cette réalisation qui peut-être sauvera des vies en accélérant l'intervention des secours.

Les parties corrélation numérique et décodage leur ont permis de mettre en application de façon concrète leurs connaissances en traitement du signal et en informatique industrielle sur DSP.

Les documents ".wav" et les scripts matlab sont mis à disposition pour une éventuelle utilisation en travaux pratiques.

Bibliographie

- [1] INSSET, formations Master et Licence3
« Systèmes Embarqués dans les Transports »
www.insset.u-picardie.fr
- [2] Site COSPAS-SARSAT
"SPECIFICATION FOR COSPAS-SARSAT 406MHZ
DISTRESS BEACONS C/S T.001"
www.cospas-sarsat.org
- [3] Fichiers "wav" de test
http://www.insset.u-picardie.fr/file/jacky/balise406/balise_406.rar
- [4] Scripts matlab
<http://www.insset.u-picardie.fr/file/jacky/balise406/balise406matlab.rar>
- [5] CETSIS 2008
"Démodulation et décodage de trames AX25 par DSPIC pour la localisation d'un ballon sonde météo dans le cadre d'une action "Planète Sciences"
T.Capitaine ... J.Senlis
- [6] CETSIS 2006
Implantation d'un algorithme de traitement du signal sur cible à faibles ressources : Identification de chaînes DTMF avec un microcontrôleur en boîtier DIL8
T.Capitaine ... J.Senlis
- [7] Fichier exécutable pour le DSPIC 30F4011
http://www.insset.u-picardie.fr/file/jacky/balise406/balise_js_oled.rar