

Système embarqué pour l'informatique affective : du capteur à l'architecture

Yisheng HUANG

Encadrants

Patrick GARDA

Andrea PINNA

Maria RIFQI

Christophe MARSALA

Juin 2012

- 1 Contexte et Sujet
- 2 Caractéristiques de données
- 3 Solutions proposées
- 4 Résultats et performances
- 5 Conclusion

Contexte de l'étude

- Mon stage s'inscrit dans le cadre du projet de LIP6 "Carpe Diem". Ce projet est basé sur la collaboration entre les équipes SYEL et MALIRE du LIP6.
- L'objectif est de développer un système embarqué pour la reconnaissance automatique des émotions

Informatique affective

- L'informatique affective (Affective computing)[R. Picard] est l'étude et le développement de systèmes et d'appareils ayant les capacités de reconnaître, d'exprimer, de synthétiser et modéliser les émotions humaines. (Wikipedia)
 - Reconnaître automatiquement des émotions
 - Restituer des émotions

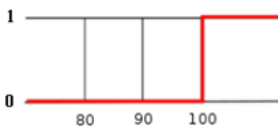
Signaux physiologiques

- Permettent de quantifier les phénomènes physiques et chimiques survenant dans les organes et les tissus.
- Les principaux signaux traités :
 - Activité électrodermale (Electrodermal Activity EDA)
 - Électrocardiogramme (ECG)
 - Rythme de respiration (RR)
 - Volume sanguin impulsionnel (Blood Volume Pulse BVP)
 - Activité électromyographique (EMG)
 - Température cutanée (Skin Temperature SKT)
 - Rythme électroencéphalogramme (EEG)

Logique floue

À la différence de la logique booléenne, la logique floue permet à une condition d'être en un autre état que vrai ou faux. Il y a des degrés dans la vérification d'une condition.

Logique booléenne



Logique floue

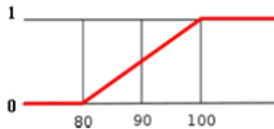


Figure: Comparaison entre logique booléenne et logique floue

Arbre de décision

- Un ensemble de règles de classification qu'il est possible de représenter sous forme d'arbre.
 - Trois éléments : noeud, feuille, branche

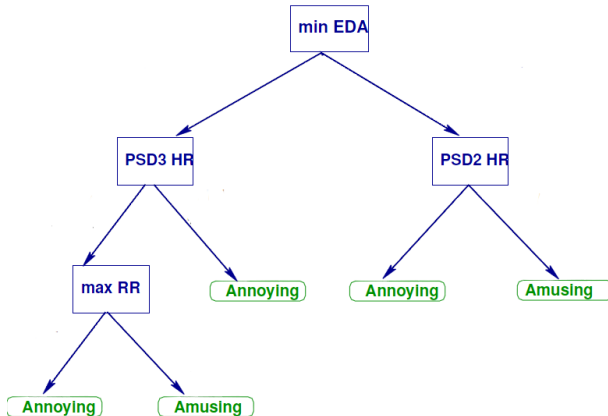


Figure: Exemple d'arbre de décision

Arbre de décision flou

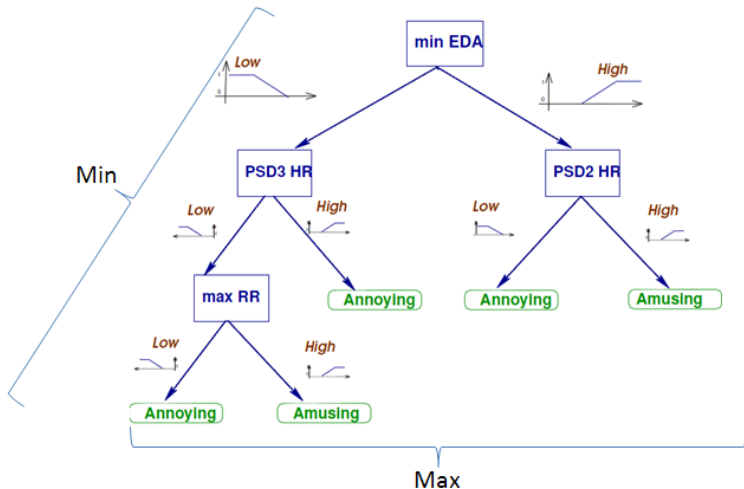


Figure: Exemple d'arbre de décision flou

Forêt d'arbres de décision flou

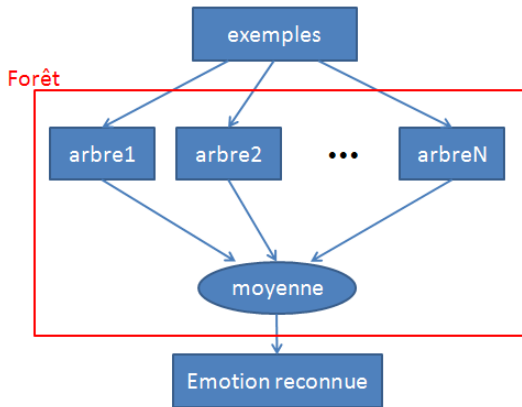


Figure: Exemple d'une forêt d'arbre de décision flou

Cahier des charges

- ① État de l'art sur l'informatique affective
- ② Campagne de mesures : Acquisition d'une nouvelle base de données sur trois signaux physiologiques : EDA, ECG et RR.
- ③ Implémentation sur FPGA d'un ensemble d'arbres de décisions flous (forêt) afin de détecter des émotions
- ④ Validation des résultats
- ⑤ Analyse des résultats obtenus

Acquisition des signaux physiologiques

- Nous avons deux bases de données :
 - Créées par Mr.Orero
 - Enregistrement pendant les matchs de l'euro 2012 (en cours de traitement)
- Signaux acquis avec le système Biopac sur 4 canaux
 - Fréquence d'acquisition 200Hz
 - Conversion A/N 24 bits
 - Sortie vers PC
- Traitement des signaux et extraction des primitives sur Matlab

Biopac

BIOPAC Science Lab : un outil pour apprendre la physiologie et réaliser les enregistrements de base.



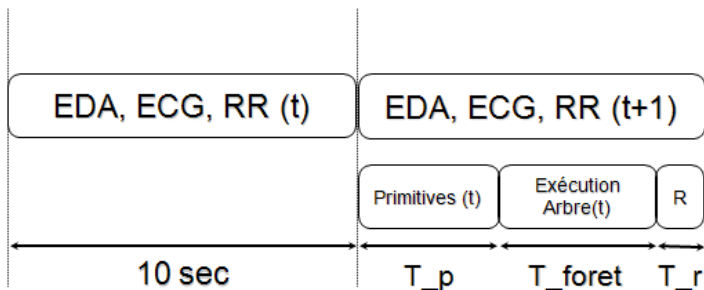
Figure: Les capteurs BIOPAC pour EDA, ECG et RR

Primitives des signaux

Features	Description
μ EDA, μ HR, μ RR	average signal amplitude
δ EDA, δ HR, δ RR	standard deviation of the signal
f 1EDA, f 1HR, f 1RR	mean of absolute first derivative of the signal
f_x EDA, f_x HR, f_x RR	gradient of the signal
Φ 1EDA, Φ 1HR, Φ 1RR	Power Spectrum Density 0.0 . . . 0.2 frequency range
Φ 2EDA, Φ 2HR, Φ 2RR	Power Spectrum Density 0.2 . . . 0.4 frequency range
Φ 3EDA, Φ 3HR, Φ 3RR	Power Spectrum Density 0.4 . . . 0.6 frequency range
Φ 4EDA, Φ 4HR, Φ 4RR	Power Spectrum Density 0.6 . . . 0.8 frequency range
minEDA, minHR, minRR	min signal amplitude
maxEDA, maxHR, maxRR	max signal amplitude
Total	30

Figure: Caractéristiques des mesures physiologiques (HR : Heart Rate, représenté par les signaux ECG)

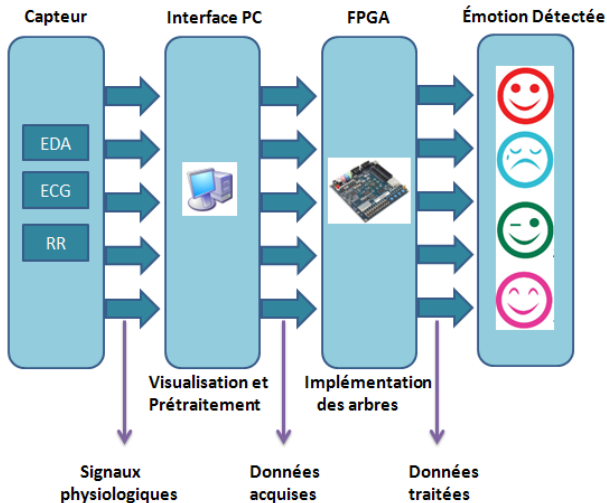
Acquisition des signaux physiologiques



- T_p : temps de calculs des primitives
- T_{foret} : temps d'exécution d'une forêt
- T_r : temps pour affichage et/ou sauvegarde des résultats

Principe de la solution

- Architecture générale



Principe de la solution

- ① Architecture dédiée : implémentation matérielle sur FPGA
 - ① calculs séquentiels
 - Avantage : demande un nombre limité de ressources pour l'implémenter
 - Inconvénient : latence de calcul
 - ② calculs parallèles
 - Avantage : latence indépendante de la dimension de l'arbre de décision (forêt)
 - Inconvénient : demande importante de ressources
- ② Architecture généralisée : implémentation sur Microprocesseur NIOS

Principe de la solution

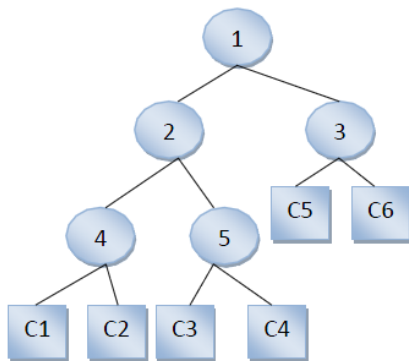


Figure: calculs séquentiels

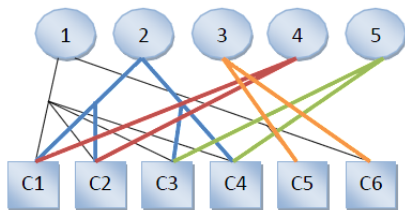


Figure: calculs parallèles

Architecture matérielle

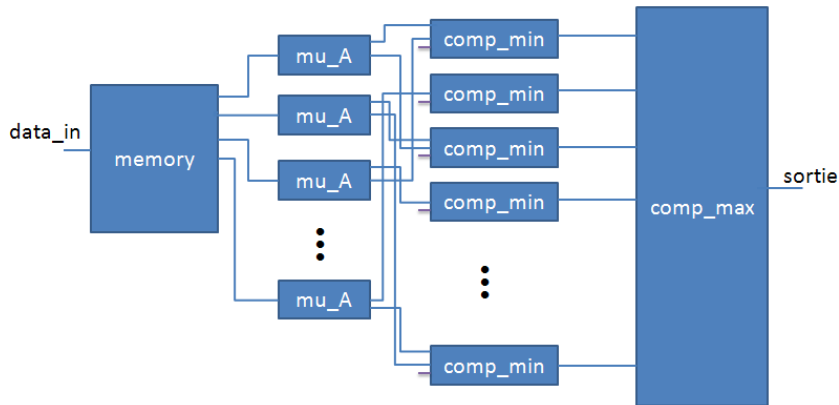


Figure: Architecture matérielle d'un arbre

Architecture matérielle

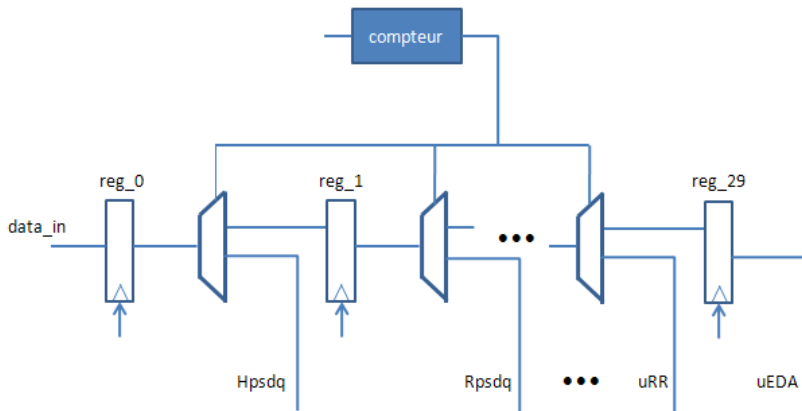


Figure: Architecture matérielle du module 'memory'

Architecture matérielle

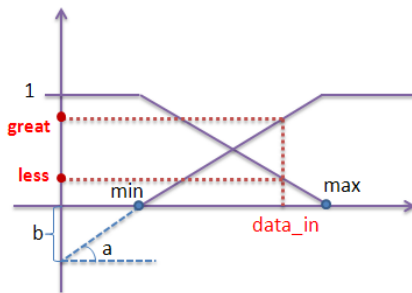


Figure: Les fonctions d'appartenance d'un noeud d'un arbre

$$a = \frac{1}{\max - \min}$$

$$b = a * \min$$

$$great = data_{in} * a - b$$

$$less = 1 - great$$

Architecture matérielle

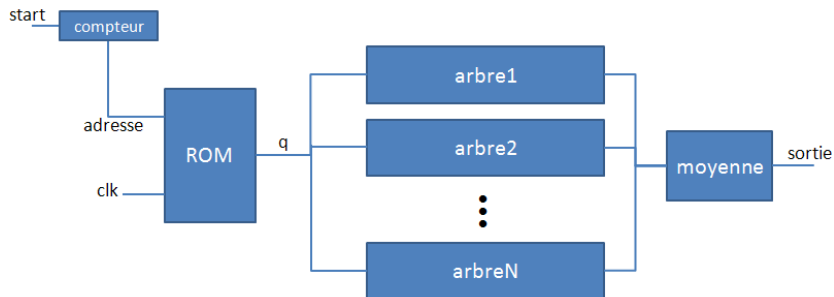


Figure: Architecture matérielle pour une forêt

Architecture de l'interface

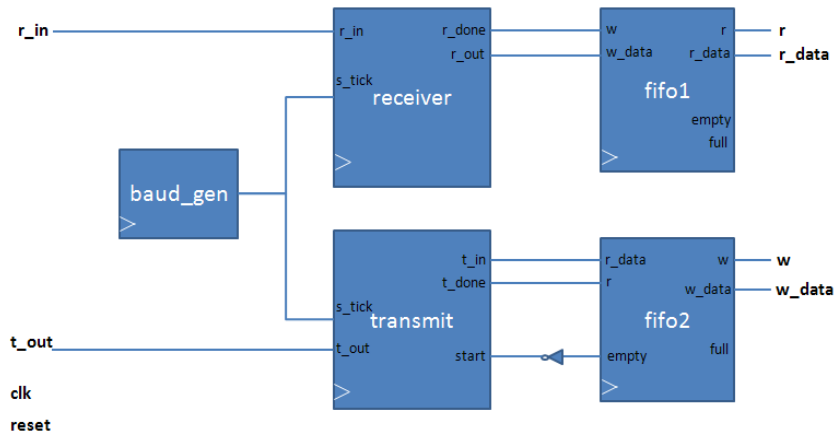


Figure: Architecture de l'interface de transfert RS232

Résultats et performances

- base d'étude : reconnaissance de l'émotion annoying (amusant) (données de J. Orero)
- les arbres construits par un logiciel d'apprentissage : chaque arbre est construit avec un échantillon de 550 exemples

	arbre1	arbre2	forêt
Nombre de branches	52	63	115
Profondeur d'arbre (maximale)	13	10	13
Profondeur d'arbre (moyenne)	7.38	7.27	7.325

Figure: Les caractéristiques d'arbre1 et d'arbre2

Résultats et performances

Flow Summary	
Flow Status	Successful - Tue Sep 04 10:33:34 2012
Quartus II 32-bit Version	12.0 Build 178 05/31/2012 SJ Full Version
Revision Name	arbre1
Top-level Entity Name	arbre1
Family	Cyclone II
Device	EP2C70F896C6
Timing Models	Final
Total logic elements	8,585 / 68,416 (13 %)
Total combinational functions	8,413 / 68,416 (12 %)
Dedicated logic registers	2,638 / 68,416 (4 %)
Total registers	2638
Total pins	17 / 622 (3 %)
Total virtual pins	0
Total memory bits	65,536 / 1,152,000 (6 %)
Embedded Multiplier 9-bit elements	0 / 300 (0 %)
Total PLLs	0 / 4 (0 %)

(a)

Flow Summary	
Flow Status	Successful - Tue Sep 04 10:58:54 2012
Quartus II 32-bit Version	12.0 Build 178 05/31/2012 SJ Full Version
Revision Name	arbre2
Top-level Entity Name	arbre2
Family	Cyclone II
Device	EP2C70F896C6
Timing Models	Final
Total logic elements	9,037 / 68,416 (13 %)
Total combinational functions	8,876 / 68,416 (13 %)
Dedicated logic registers	2,622 / 68,416 (4 %)
Total registers	2622
Total pins	17 / 622 (3 %)
Total virtual pins	0
Total memory bits	65,536 / 1,152,000 (6 %)
Embedded Multiplier 9-bit elements	0 / 300 (0 %)
Total PLLs	0 / 4 (0 %)

(b)

Figure: Le résultat de compilation pour arbre1 et arbre2

Résultats et performances

Flow Summary	
Flow Status	Successful - Tue Sep 04 11:14:18 2012
Quartus II 32-bit Version	12.0 Build 178 05/31/2012 SJ Full Version
Revision Name	foret
Top-level Entity Name	foret
Family	Cyclone II
Device	EP2C70F896C6
Timing Models	Final
Total logic elements	16,584 / 68,416 (24 %)
Total combinational functions	16,331 / 68,416 (24 %)
Dedicated logic registers	4,552 / 68,416 (7 %)
Total registers	4552
Total pins	20 / 622 (3 %)
Total virtual pins	0
Total memory bits	65,536 / 1,152,000 (6 %)
Embedded Multiplier 9-bit elements	0 / 300 (0 %)
Total PLLs	0 / 4 (0 %)

Figure: Le résultat de compilation pour la forêt

Résultats et performances

- Le résultat du test se fait sur un échantillon de 100 exemples

	Amusant	Pas amusant
arbre1	44%	46%
arbre2	64%	50%
forêt	54%	46%

Figure: Les taux de bonne classification

Conclusion

Tâches à accomplir	Etat
1. Analyse du sujet et lecture de la documentation	✓
2. Cahier des charges	✓
3. État de l'art	✓
4. Préparation de la pré-soutenance	✓
5. Création de la base de données	✓
6. Définition, conception et implémentation	✓ (moitié)
7. Système Stand-alone	✓
8. Evaluation des performances des deux solutions	✓ (moitié)
9. Préparation de la soutenance	✓

Figure: Bilan d'avancement

Conclusion

- Implémentation de l'algorithme d'une forêt d'arbres de décision flou sur la carte FPGA.
- Générer les codes VHDL à partir des fichiers d'arbres avec différents paramètres.
- Données brutes non traitées
- Implémentation avec le microprocesseur NIOS

Merci de votre attention