الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة العليا للإعلام الآلي 08 ماي 1945. بسيدي بلعباس
École Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Master**
Field: **Computer Science**
Specialty: **Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)**

Theme

Real-time R-Peak Detection in Electrocardiogram signals using Deep Learning on Edge Devices

---

Presented by:
AMDJED Bensalah

Submission Date: **September, 2023**
In front of the jury composed of:

Mr. Someone	President
Ms. Nassima DIF	Co-Supervisor
Ms. Maroua Mehri	Supervisor
Mr. Someone	Examiner

Academic Year : 2022/2023

Acknowledgement

First and before all, Alhamdulillah, all praises to Allah, for helping, guiding and giving us the patient and motivation to complete this humble work.

I offer my gratitude and thanks to my supervisor Dr DIF Nassima, Epsidy team for helping me during this journey, and guiding me through this study. It was a great privilege and honor to work under their guidance, this work could not have been achieved without them.

I express my heartfelt gratitude to my parents, your guidance, sacrifices, have been the foundation of my life, to my siblings, the bonds we share are irreplaceable.
To OctaC0re team members, and the competing journey we shared at school. To my friends, especially Iskander Zellagui, Mordi Riad Zakaria, Kimeche Med. Elghazali for their help, support & encouragement.

Thanks to myself, Amdjed Bensalah, & my ambitions, for enjoying the journey since day 1.

Last but not least, I'm just at my 10%. .

Abstract

Real-time R-peak detection in electrocardiogram (ECG) signals is critical for various applications, including heart rate variability analysis and cardiovascular disease diagnosis. Deep learning (DL) methods have demonstrated high accuracy and adaptability in processing noisy and irregular ECG data.

This thesis is centered around research, with no practical implementation undertaken at this stage. The real-time detection of R-peaks in electrocardiogram (ECG) signals holds paramount significance across various applications, encompassing heart rate variability analysis and the diagnosis of cardiovascular diseases. Deep learning (DL) techniques have exhibited commendable accuracy and adaptability in handling the intricacies of noisy and irregular ECG data.

This thesis has the potential to improve the effectiveness and accessibility of cardiovascular monitoring and diagnosis, particularly in remote and resource-constrained environments, by enabling real-time R peak detection on edge devices.

The results of this work are applicable to a range of healthcare applications, including wearable devices and peripheral monitoring systems.

Keywords— Cardiovascular monitoring, R-peak detection, 12-lead ECG, Vectorcardiogram, Real Time, deep learning, Edge devices, U-net architecture

الملخص

يعد اكتشاف ذروة R في الوقت الحقيقي في إشارات مخطط كهربية القلب أمرًا(ECG) بالغ الأهمية للتطبيقات المختلفة ، بما في ذلك تحليل تقلب معدل ضربات القلب وتشخيص أمراض القلب والأوعية الدموية. أظهرت طرق التعلم العميق دقة عالية وقدرة على التكيف في معالجة بيانات مخطط كهربية القلب الصاخبة وغير المنتظمة.

تتمحور هذه الأطروحة حول البحث، دون تنفيذ عملي في هذه المرحلة. يحمل الكشف في الوقت الحقيقي عن قمم R في إشارات مخطط كهربية القلب (ECG) أهمية قصوى عبر مختلف التطبيقات، بما في ذلك تحليل تقلب معدل ضربات القلب وتشخيص أمراض القلب والأوعية الدموية. أظهرت تقنيات التعلم العميق (DL) دقة جديرة بالثناء والقدرة على التكيف في التعامل مع تعقيدات بيانات تخطيط القلب الصاخبة وغير المنتظمة.

تتناول هذه الأطروحة هذه التحديات من خلال اقتراح نموذج التعلم العميق المحسن الذي يمكن تشغيله بكفاءة على الأجهزة المتطورة مع الحفاظ على الدقة العالية في اكتشاف ذروة .R يتضمن النهج المقترح المعالجة المسبقة لإشارات تخطيط القلب الخام ، واستخراج الميزات ذات الصلة ، وتدريب نموذج التعلم العميق لاكتشاف قمم R في الوقت الفعلي. بمجرد تدريب النموذج ، يتم نشره على الأجهزة المتطورة لاكتشاف ذروة R في الوقت الفعلي. تتمثل المساهمة الرئيسية لهذه الأطروحة في تطوير وتحسين نموذج التعلم العميق المصمم خصيصًا للأجهزة المتطورة ، مع مراعاة قيود مواردها.

هذه الأطروحة لديها القدرة على تحسين فعالية وإمكانية الوصول إلى مراقبة وتشخيص القلب والأوعية الدموية ، لا سيما في البيئات النائية والمحدودة الموارد ، من خلال تمكين اكتشاف ذروة R في الوقت الحقيقي على الأجهزة المتطورة. نتائج هذا العمل قابلة للتطبيق على مجموعة من تطبيقات الرعاية الصحية ، بما في ذلك الأجهزة القابلة للارتداء

الكلمات المفتاحية: مراقبة القلب والأوعية الدموية ، الكشف عن ذروة ,R مخطط القلب المتجه ، التنبؤ في الوقت الحقيقي ، التعلم العميق.

Résumé

La détection en temps réel du pic R dans les signaux d'électrocardiogramme (ECG) est essentielle pour diverses applications, notamment l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque et le diagnostic des maladies cardiovasculaires. Les méthodes d'apprentissage profond (DL) ont fait preuve d'une grande précision et d'une grande adaptabilité dans le traitement des données ECG bruitées et irrégulières.

Cette thèse est centrée sur la recherche, sans aucune mise en pratique entreprise à ce stade. La détection en temps réel des pics R dans les signaux d'électrocardiogramme (ECG) revêt une importance capitale dans diverses applications, notamment l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque et le diagnostic des maladies cardiovasculaires. Les techniques dapprentissage profond (DL) ont fait preuve dune précision et dune adaptabilité louables dans la gestion des subtilités des données ECG bruyantes et irrégulières.

Cette thèse aborde ces défis en proposant un modèle d'apprentissage profond optimisé qui peut fonctionner efficacement sur les appareils périphériques tout en maintenant une grande précision dans la détection des pics R. L'approche proposée implique le prétraitement des signaux ECG bruts, l'extraction des caractéristiques pertinentes et l'entraînement d'un modèle d'apprentissage profond pour détecter les pics R en temps réel. Une fois le modèle entraîné, il est déployé sur les appareils périphériques pour la détection des pics R en temps réel. La principale contribution de cette thèse est le développement et l'optimisation du modèle d'apprentissage profond spécifiquement adapté aux appareils périphériques, en tenant compte de leurs contraintes de ressources.

Cette thèse a le potentiel d'améliorer l'efficacité et l'accessibilité de la surveillance et du diagnostic cardiovasculaire, en particulier dans les environnements distants et à ressources limitées, en permettant la détection en temps réel des pics de R sur les appareils périphériques. Les résultats de ce travail sont applicables à une gamme d'applications de soins de santé, y compris les dispositifs portables et les systèmes de surveillance périphériques.

Mots clés — Surveillance cardiovasculaire, détection des pics R, ECG à 12 dérivations, cardiogramme vectoriel, temps réel, apprentissage profond, dispositifs en périphérie, architecture U-net.

LIST OF ACRONYMES

AI Artificial Intelligenc. 13

ANN Artificial Neural Network. 19

DL Deep Learning. 19

ECG Electrocardiogram. 36

FP16 16-bit floating point. 31

FP32 32-bit floating point. 31

INT8 8-bit integer point. 31

IoT Internet of Things. 31

LSTM Long Short Term Memory. 23

ML Machine Learning. 13, 19