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 **Engineer**
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

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 focuses on the development and implementation of a deep learning-based approach for R peak detection in ECG signals on edge devices.
The proposed approach involves preprocessing the raw ECG signals, extracting relevant features, and training a deep learning model to detect R peaks in real-time. 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.

تركز هذه الأطروحة على تطوير وتنفيذ منهجية قائمة على التعلم العميق لاكتشاف ذروة R في إشارات تخطيط القلب على الأجهزة المتطورة. أجهزة Edge هي أجهزة ذات طاقة وموارد محدودة يمكنها المعالجة واتخاذ القرارات باستخدام البيانات في مكان إنشائها مباشرةً. هذا يعني أنه يلزم إرسال بيانات أقل إلى الأنظمة المركزية.
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 porte sur le développement et la mise en uvre d'une approche basée sur l'apprentissage profond pour la détection des pics R dans les signaux ECG sur les appareils périphériques. Les appareils périphériques sont des appareils dotés d'une puissance et de ressources limitées qui peuvent traiter et prendre des décisions en utilisant les données là où elles sont générées. Cela signifie que moins de données doivent être envoyées aux systèmes centraux.
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. 16

ANN Artificial Neural Network. 22

CNN Convolutional Neural Network. 51

DL Deep Learning. 10, 22, 48, 51

ECG Electrocardiogram. 39

FP16 16-bit floating point. 34

FP32 32-bit floating point. 34

INT8 8-bit integer point. 34

IoT Internet of Things. 34

LSTM Long Short Term Memory. 26

ML Machine Learning. 10, 16, 22, 48

VCG Vectorcardiogram. 51