

# ECG Heartbeat Classification:

A Deep Transferable Representation

논문 모델 구현, 학습 및 평가

# Table of Contents

- Introduction
- Dataset
- Methods
- Results
- Conclusion
- References

# 1. Introduction

- 연구 배경

- 검진 주기(1~2년) 사이에 사각지대 존재, 검진 수검률도 70% 내외로 고착.
- 이미 발생한 질환을 치료하는 것도 중요하지만, 예방적 관점에서 웨어러블 활용 가능성 주목.
- 스마트워치 사용은 늘고 있지만, 헬스케어 기능을 적극적으로 사용하는 사용자는 제한적.
- 센서 정확도, 의료 규제, 사용자 해석의 어려움 등 진입장벽이 존재하지만, 자동으로, 실시간 측정 가능한 웨어러블 센서(ECG, 맥박, BP 등)는 예방 의료에 큰 가능성을 보유.

- ECG 분석 선택 이유

- 심박동의 이상(부정맥 등)은 순간적 발생 → 놓치기 쉬움.
- 입원 후 24hr Holter Monitor 등으로 진단 가능하나, 입원·시간 비용이 커 접근성 떨어짐.
- 스마트워치가 발전하면, 일상에서 ECG를 실시간 추정·분석 가능 → 이상 조기 알림

## 2. Dataset

- [MIT-BIH Arrhythmia Database](https://physionet.org/content/mitdb/1.0.0/)

### 5-Class 레이블 매핑

숫자(Label)	심박동 유형(이니셜)	비고
0	Normal (N)	정상 박동 (정상 동성 리듬)
1	Supra-ventricular premature (S)	심실상 조기 박동
2	Ventricular escape (V)	심실 탈출 박동 (PVC 등)
3	Fusion of V and N (F)	Fusion(정상 + 이소 박동의 혼합)
4	Unknown/Unclassified (Q)	기타/분류 어려운 박동

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>  
Index: 109446 entries, 0 to 21891  
Columns: 188 entries, 0 to 187  
dtypes: float64(188)  
memory usage: 157.8 MB
```

# 3. Methods

- Split Train / Test

- 클래스: N(0), S(1), V(2), F(3), Q(4).
- Test set : Total 4,000(클래스별 800; 원본이 가장 적은 3을 기준)

- Augmentation

- 각 클래스에 대해 `stretch`, `amplify` 함수를 조합해 생성.
- stretch: 신호 길이 조정 (약  $\pm 10\sim 20\%$ )
- amplify: 진폭 랜덤 배율
- 클래스 3과 1에 대해 배수 증강하여 정상 샘플 외의 클래스 수를 비슷하게 조절.

- Model : CNN(Residual 구조)

- Input : (batch, 1, 187), Output : Dense(5)  $\rightarrow$  5개의 Logits
- Epoch=100(10까지 빠르게 수렴 이후, LR 변화 없음), batch\_size=128.
- Criterion(손실 함수): CrossEntropyLoss (논문은 Softmax)
- Optimizer: Adam (adaptive LR + 모멘텀)

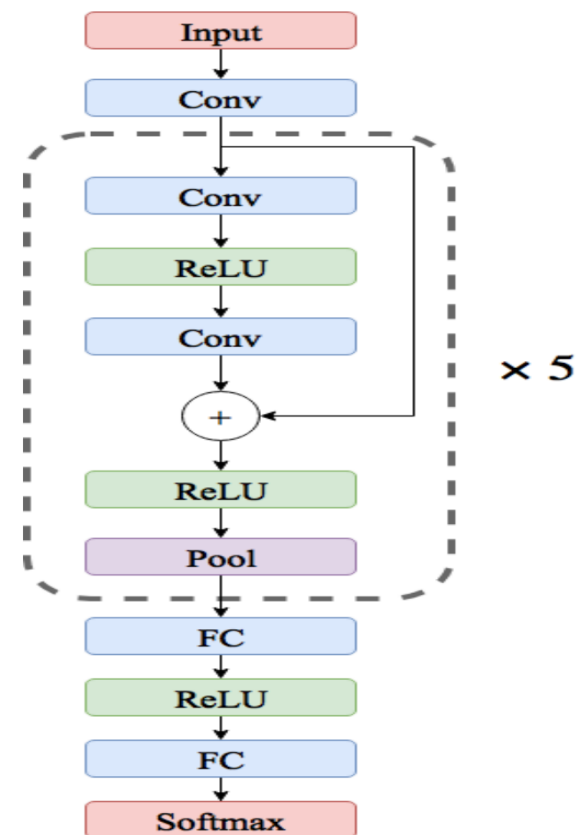
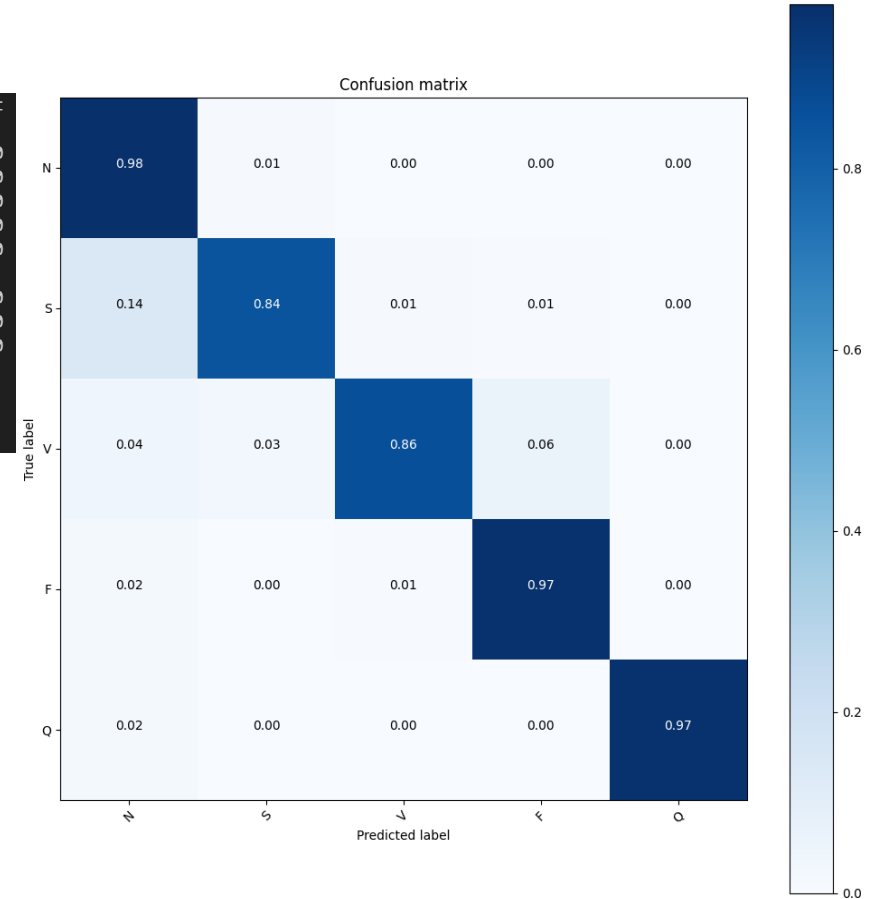


Fig. 2: Architecture of the proposed network.

# 4. Results

- Accuracy(Total) : 0.9267
- F1-score(Each Class) : 0.89~0.98
  - N: (precision=0.82, recall=0.98),
  - S: (precision=0.95, recall=0.84),
  - V: (precision=0.98, recall=0.86),
  - F: (precision=0.93, recall=0.97),
  - Q: (precision=0.99, recall=0.97).
- Rank Indicator
  - ranking-based average precision : 0.960
  - Ranking loss : 0.025
  - Coverage error : 1.098
- Confusion Matrix:
  - N: 재현율은 높지만, 낮은 정밀도.
  - S: 오분류의 대부분(약 14%)을 N으로 분류(Recall=0.84).
  - V: 재현률이 낮으며, 오분류는 Q를 제외한 나머지에 분포.
  - F, Q: 전체적으로 준수한 성능.

	precision	recall	f1-score	support
0	0.82	0.98	0.89	800
1	0.95	0.84	0.89	800
2	0.98	0.86	0.92	800
3	0.93	0.97	0.95	800
4	0.99	0.97	0.98	800
accuracy			0.93	4000
macro avg	0.93	0.93	0.93	4000
weighted avg	0.93	0.93	0.93	4000
ranking-based average precision : 0.960				
Ranking loss : 0.025				
Coverage error : 1.098				



# 5. Conclusion

- 성능 요약
  - 분류 정확도 약 93% 달성, 특정 클래스(F, Q) 분류에서 준수한 성능을 보임.
  - S, N 구분에서 다소 혼동, 추가 개선 필요.
- 의의 및 향후 목표
  - ECG를 활용한 실시간 모니터링 모델 개발의 가능성을 확인.
  - 증강 기법으로 소수 클래스도 어느 정도 커버해볼 수 있음.
  - 맥박(HR), 혈압(BP), 온도(T) 등 멀티모달 센서 결합 → 정확도 향상
  - 접촉 최소화(기존의 방식보다 최소화) 및 자동 측정 기법 연구
  - 의료기기 규제를 고려하여 실제 적용할 수 있는 방안 모색

## 6. References

- [ECG Heartbeat Classification: A Deep Transferable Representation](<https://arxiv.org/pdf/1805.00794>)
- [MIT-BIH Arrhythmia Database](<https://physionet.org/content/mitdb/1.0.0/>)
- [건강검진 수검률](<https://www.nhis.or.kr/announce/wbhaec11407m01.do>)
- [스마트워치 착용 및 기능 활용](<https://sinor.co.kr/information/?bmode=view&idx=100606107>)