

# Data Scientist/ Data Analyst Portfolio

Data Science, Data Analysis, Data Engineering, Project Design, Project Management

Kwangmin Kim

2025-07-15

# [Real-Time PCR 진단 시스템을 위한 지능형 신호 처리 프레임워크]

## 프로젝트 개요

- Rule Based 진단 알고리즘을 Data Driven 알고리즘으로의 점진적 개선
  - 기존 rule-based 알고리즘의 한계로 인한 다양한 PCR 신호 패턴 대응 부족
  - 표준화되지 않은 baseline fitting 알고리즘 사용으로 인한 일관성 문제
  - 진단 정확도 향상 및 위양성/위음성 결과 최소화
- 기간: 2024.01 - 2024.07 (6개월)
- 팀 구성: 3명 데이터 사이언티스트, 2명 데이터 엔지니어, 2명 생물학자
- 역할: Project Manager & Data Scientist
- 참여 인원: 3명의 데이터 사이언티스트, 2명의 데이터 엔지니어, 2명의 생물학자

## 주요 문제점 및 도전과제

- 기술적 문제점
  - 신호 노이즈 복잡성: 미시적 화학/광학/기계적 반응으로 인한 예측 불가능한 노이즈 패턴
  - 알고리즘 분산화: 사내 여러 baseline fitting 알고리즘 병존으로 인한 비표준화 및 소통 장애
  - Gray Zone 신호: 시약 성능 및 환경 요인으로 인한 모호한 판독 구간 존재
- 운영적 도전과제
  - 데이터 파이프라인 부재: 체계적인 신호 데이터 수집 및 분석 프로세스 미구축
  - 성능 평가 기준 부재: 객관적인 알고리즘 성능 비교 메트릭 부족
  - 주관적 신호 선별: 1년간 수동으로 특이 신호를 육안 식별하는 비효율적 프로세스
- 제약 조건
  - 호환성 요구: Python에서 C++로의 원활한 포팅을 위한 최소 패키지 사용
  - 이해관계자 다양성: 생물학자, 비전문가 임원 등 다양한 배경의 stakeholder 고려
  - 적은 데이터 포인트: 제한적인 baseline 데이터에서도 동작하는 robust 알고리즘 필요

## 솔루션 설계 및 전략

1. 데이터 파이프라인 구축
  - 다양한 PCR 신호 패턴 수집 및 전처리 자동화
  - MuDT 전/후 신호 처리 분석 체계 구축
  - 성능 평가를 위한 end-to-end 데이터 처리 워크플로우
2. 알고리즘 비교 분석
  - 1st Pannel [After BPN]: normalized **Raw Data**를 보여준다.
  - 2nd Pannel [After BPN]: normalized raw data를 MuDT에 의해 **Preprocessed Data**를 보여준다.
  - 3rd Pannel [DSP]: (대조군1)현재 Data Science팀에서 사용되고있는 공식적인 **Legacy Rule-Based** 알고리즘
  - 4th Pannel [Auto]: (대조군2)생물 실험자들이 제품을 최적화하기 위해 현재 사용하고있는 **Bio Legacy Rule-Based** 알고리즘
  - 5th Pannel [Strep+N]: (실험군1)팀원(물리학자)이 [DSP]를 보완하기 위해 만든 N+1 번째 **Improved Rule-Based** 알고리즘
  - 6th Pannel [ML]: (실험군2)본인이 **data driven ML**알고리즘
    - Talyer Series에서 초월 함수를 다항식의 조합으로 근사할 수 있다는 점에서 착안
    - 다항식 기저 함수를 사용한 선형 회귀로 데이터를 적합하는 방법을 시도
    - feature space를 확장하고, 데이터 내 복잡한 비선형 관계를 모델링 가능
    - 적절한 차수 선택과 정규화를 통해 baseline 신호에 적합
    - 로그 정규화 > 기저 함수 > 특성 방정식 > 비유 함수 > 그라디언트 > Momentum > 예측 > 역정규화
3. 시각화 중심 검증 체계: 비전문가를 위한 직관적 성능 평가
  - 복수 신호 분석: 6개 알고리즘의 총체적 성능 비교
  - 단일 신호 분석: 특이 신호에 대한 세부 성능 평가
  - 신호 유형별 분석: 증가/감소/MuDT 특이 신호 패턴별 성능 검증

## 기술 스택

- 언어: Python (C++ 포팅 고려), Matlab (Legacy 알고리즘))
- 라이브러리: NumPy, Pandas (최소화 정책)
- 시각화: Matplotlib, Plotly
- 수학적 구현: 특성방정식, 신경망 (without Pytorch, Tensorflow, Keras)

## 결과 및 성과

- 알고리즘 성능 검증
  - ML 알고리즘: White noise에 가장 근접한 차감 결과로 최우수 성능 입증
  - 개선된 Rule-based: 기존 대비 특이 신호 처리 능력 향상
  - Black Box 알고리즘: 업계 1위 타사 알고리즘과 성능 비교 완료
- 시스템 개선
  - 표준화: 분산된 baseline fitting 알고리즘의 단일화 방향 제시
  - 자동화: 수동적 신호 선별 과정을 체계적 파이프라인으로 대체
  - 시각화 도구: 비전문가도 이해 가능한 직관적 성능 비교 대시보드
- 프로세스 혁신
  - 개발 프로세스 표준화: 시약 개발 시 일관된 알고리즘 적용 체계 구축
  - 검증 체계: 정성적 평가 방법론을 통한 알고리즘 성능 검증 프레임워크

## 기대효과

- 즉시적 효과
  - 진단 정확도 향상: 위양성/위음성 결과 감소로 환자 안전성 제고
  - 개발 효율성: 표준화된 알고리즘으로 시약 개발 시간 단축
  - 품질 일관성: 단일화된 baseline fitting으로 제품 간 성능 편차 최소화
- 장기적 영향
  - 규제 대응 강화: V&V 프로세스 기반의 알고리즘 검증 체계 구축
  - 기술 경쟁력: Data-driven 접근으로 차세대 진단 알고리즘 기술 확보
  - 확장성: 다른 진단 알고리즘 영역으로의 방법론 확산 가능
- 비즈니스 가치
  - 시장 차별화: 업계 최고 수준의 신호 처리 기술 확보
  - 리스크 관리: 진단 오류로 인한 법적/재정적 리스크 감소
  - 혁신 문화: Data-driven 의사결정 문화 확산의 기반 마련

# [자연어 처리(NLP)를 활용한 Data Governance 시스템 단계적 구축]

## 프로젝트 개요

- 대내적 의의: 전사 자동화 시스템 구축의 시발점
  - 실험 자동화, 시약 개발 자동화, 분석 자동화, 의사 결정 자동화
- 대외적 의의: 글로벌 기술 공유 사업의 시발점
  - Microsoft, Springer Nature, KPMG, 각 국 정부기관 및 기업 등
- 총괄장 수명 프로젝트
- 기간
  - Phase1: 2024.12 ~ 2025.09 (진행중)
  - Phase2~3: 2025.10 ~ 2027.09
- 역할: Technical Lead
  - 표준화 체계 구축, Governance Architecture 설계, 표준화 프로세스 시스템 구축
  - 1명의 Junior Data Scientist 멘토링: 문제정의, 통계 및 데이터 분석 역량 강화
  - 12명의 IT/BT 개발자 멘토링: 데이터 거버넌스 70% 이해도 달성

## 주요 문제점 및 도전과제

- 문제점
  - 16개 부서 53개 DB의 메타데이터 불일치로 인한 데이터 활용도 저하 문제
  - 데이터 거버넌스 체계 부재
  - Data Silo 현상, 데이터 통합 및 검증 체계 부재
- 도전과제
  - 표준화 체계 구축
    - \* 문제: 독립적으로 개발된 시스템 및 외주 개발 시스템 통합 불가
    - \* 해결방안: 표준화 현황 분석 및 표준화 프레임워크 확립
  - 데이터의 품질 평가 자동화
    - \* 문제: 영문 약어 생성 규칙 구현의 어려움 & 표준화 KPI (품질 평가 지표) 부재
    - \* 해결방안: 계층적 Rule Engine 설계 & 원칙 기반 평가 지표 개발
  - BT & IT 용어 표준화
    - \* 문제: (관용어 vs 표준화 원칙) & (SI 단위계 vs 업계 관행)
    - \* 해결방안: 업무 전문가와의 협업을 통한 사전 구축
  - 조직내 낮은 Data 성숙도 및 교육의 어려움
    - \* 문제: 임원진과 실무진의 막연한 두려움 & 표준화 지식 부족
    - \* 해결방안: 추상적 개념 구체화, 동기부여 및 교육

## 솔루션 설계 및 전략

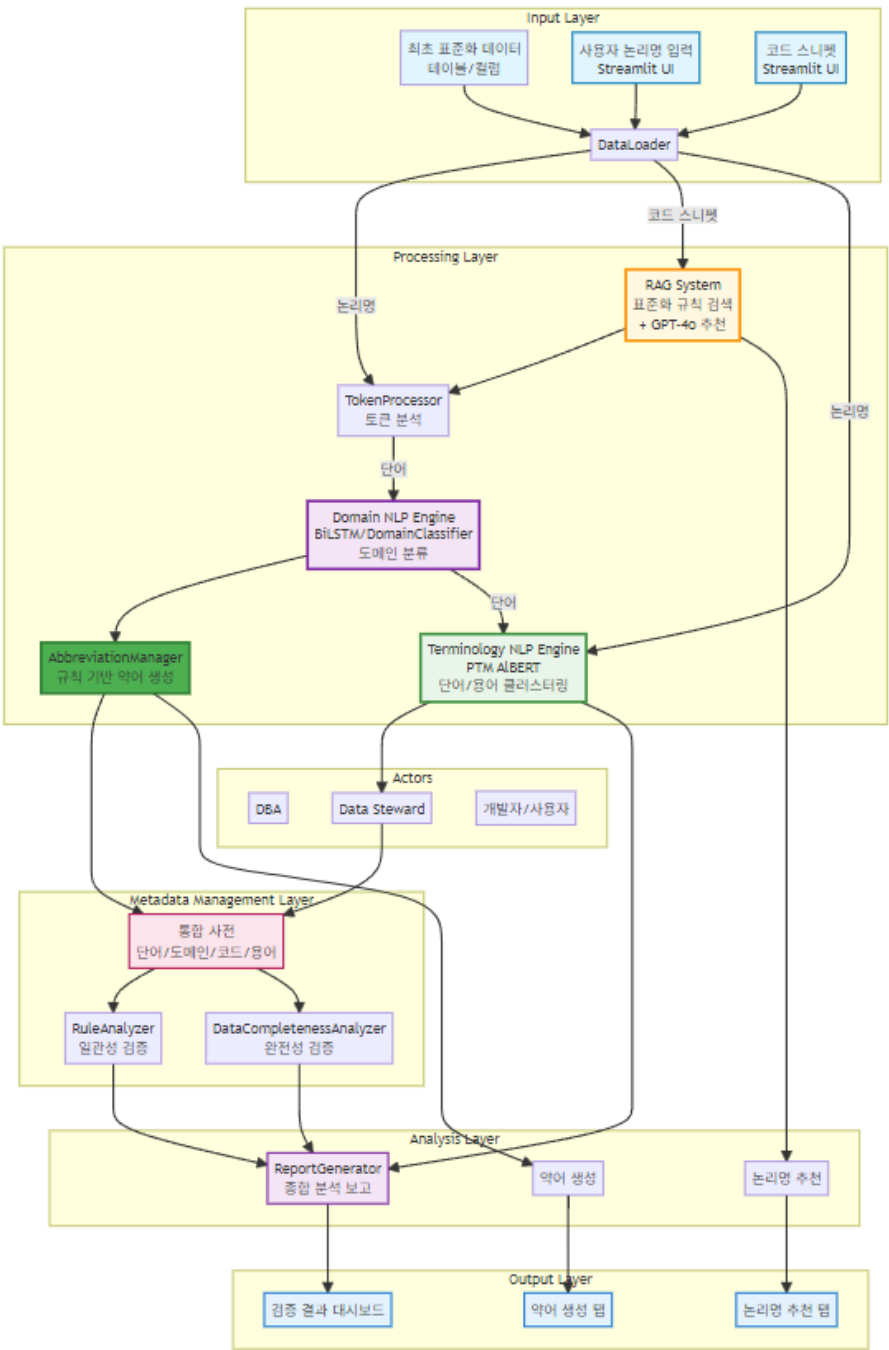


Figure 1: Data Standardization Framework

- Phase 1: Feasibility Test
  - 현실적 범위 설정 + 단계적 표준화 진행
  - 표준화 프레임워크 구축 (원칙 + 표준 사전 + 품질 평가)
  - 표준화 프로세스 반자동화 시스템 구축: Hybrid Rule Engine
    - \* Rule Based 표준화 프로세스 구축
    - \* Data Driven (딥러닝을 활용) 표준화 프로세스 병목 현상 해결
- Phase 2 ~ 3: 표준화 범위 확장
  - DB 확장 시 표준화 프로세스 시스템 확장
  - MS Azure Data Factory & Databricks 연동
  - 거버넌스 체계 구축, 표준화 교육 및 캠페인 진행
  - 표준화 모니터링 시스템 구축
  - 자동화 워크 플로우 구축
  - 데이터 활용방안 모색

## 기술 스택 및 요구 역량

- 데이터 처리: Python (pandas, numpy, regex, NLTK, konlpy)
- 자연어 처리: Pytorch (Hugging Face, Transformer, BiLSTM + Attention, ALBERT)
- 시각화 & 모니터링: Streamlit, matplotlib/seaborn, plotly
- RAG: Langchain, OpenAI, Hugging Face
- 워크플로우 자동화: Apache Airflow
- 기술적 역량
  - 복잡한 비즈니스 규칙의 알고리즘 설계 능력
  - 딥러닝 모델 설계 및 훈련 데이터 생성 능력
- 업무적 역량
  - 데이터 표준화 프레임워크 구축 (표준화 원칙 및 표준 사전 구축)
  - 도메인 전문가와의 협업 및 요구사항 분석
  - 표준화 정책 수립 및 이행 관리
  - 경영진 및 실무진과의 커뮤니케이션 능력

## 결과 및 성과

- 정량적 성과: 데이터 품질 향상
  - 표준화 체계 수립: 0% → 100% (최초 구축)
  - 메타데이터 완전성: 29.6% → 100% (80.4% 개선)
  - 메타데이터 일관성: 8.4% → 100% (91.6% 개선)
- 효율성 개선
  - 물리명 규칙 검증 시간: 수동 4시간 → 자동 0.73초 (98% 단축)
  - 약어 생성 정확도: 수동 생성 63% → 자동 100% (37% 향상)
  - 딥러닝을 활용한 표준화 프로세스 간소화: 도메인 분류 자동화
- 시스템 구축 성과
  - 품질 평가 프로그램 핵심 모듈 8개 개발
  - 표준화 세부 규칙 200여개 생성
  - 품질 지표 16개 개발 및 자동 산출 체계 구축
  - 자연어 처리(BiLSTM)를 활용한 용어별 도메인 그룹 분류
    - \* 용어 중복 방지, 도메인 항목 관리 및 도메인 그룹 관리
    - \* 예시: "USER\_ID", "고객번호", "제품코드", "비밀번호", 등
  - 자연어 처리(ALBERT, DBSCAN)를 활용한 용어 Clustering
    - \* 유사 용어 그룹핑: 금칙어 관리 및 표준안 관리
    - \* "사용자ID", "UserID", "User", "user\_id" 등 금칙어 관리
- 코드를 입력받아 LLM을 이용한 논리명 추천
- 논리명을 입력받아 물리명 추천
- 정성적 성과
  - 조직 차원: 16개 부서 통합 데이터 표준 확립
  - 데이터 기반 의사결정 지원 체계 마련
  - 표준화 정책 수립 및 거버넌스 체계 구축

## 기대효과

- 단기 기대효과
  - 운영 효율성
  - 데이터 통합 작업 시간 50% 단축
  - 신규 시스템 구축 시 표준 적용 자동화
  - 데이터 품질 이슈 사전 예방 체계 확립
- 비즈니스 가치
  - 데이터 표준화 체계 구축으로 데이터 활용도 향상
  - 부서 간 데이터 공유 활성화
  - 규제 대응 및 감사 준비 시간 단축
  - 실험 자동화 시스템 구축
  - 실험 데이터 모니터링
  - 글로벌 기술 공유사업 본격화

## 추후 과제

- 표준화 범위 확대
- Airflow를 활용한 자동화 워크플로우 구축
- 표준 사전 및 DB 메타데이터 데이터베이스 연동
- 모니터링 및 성능 최적화

# [알고리즘 안전성 인허가 통계 분석 보고서 작성 반자동화]

## 프로젝트 개요

- 북미 진단 시장 진출을 위한 알고리즘 안전성 검증용 통계 분석 문서 작성 반자동화
- 의료 장비 및 시약 제품의 글로벌 진출 시 각국 정부의 규제 사항 존재
  - 시약의 안정성 검증
  - 장비의 안정성 검증
  - 진단 알고리즘의 안정성 검증
- EU: IVDR (In Vitro Diagnostics Regulation) 준수 필요
- 북미: FDA(미국) 및 Health Canada의 세계 최고 수준 엄격한 기준 충족 필요
- 기존 Software Engineering 방식보다 더 엄격한 **Advanced Testing** 요구
- 소프트웨어 및 알고리즘 규제 강화 추세

## 솔루션 설계 및 전략

- 알고리즘 안전성을 통계적으로 입증하는 시스템 기획
- **Statistical Validation System** 확립을 통한 통계적 분석 입증
- 알고리즘 리스크 정의 및 정량적 영향도 분석
- 코드 변화 대응을 위한 자동화 시스템 구축
- **SGS 가이드스(EN62304)** 참고
- **FDA General Principles of Software Validation** 문서 기반 시스템 확립
- **Structural Testing** (코드 기반) + **Statistical Testing** (통계 분석 기반) 병행
- Seegene BT(생명공학)와 IT(정보기술) 부문 협력 체계 구축
- 창의적 Testing Model 기획 및 Statistical Analysis Design 구체화

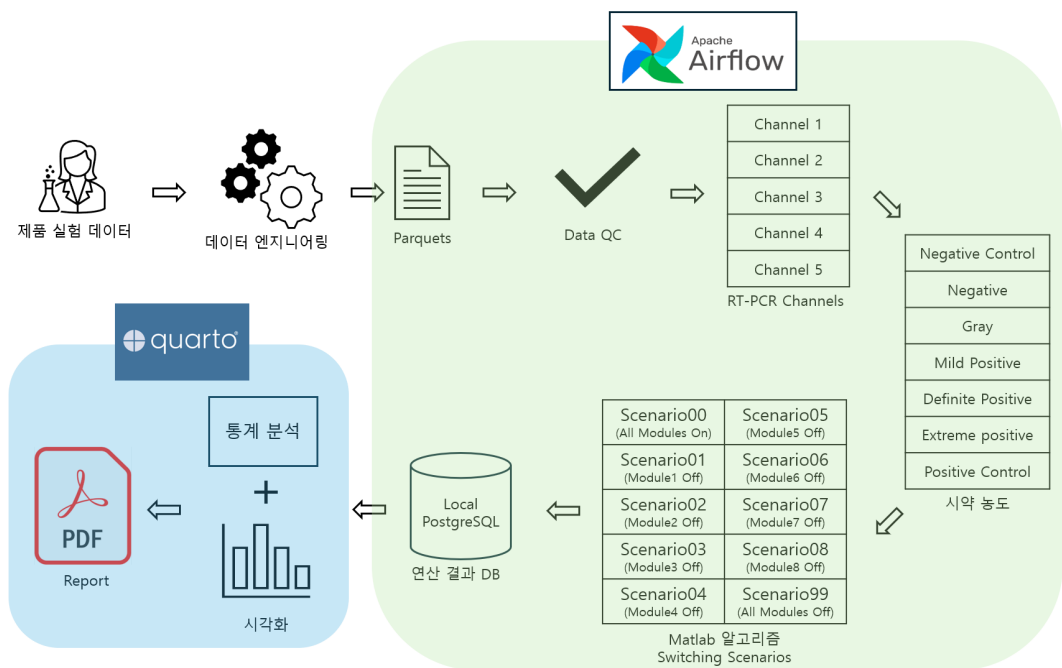


Figure 2: Data Pipeline

## 주요 도전과제 및 해결방안

- 문제: BT 부서 생성 데이터 입력 시스템 부재
- 해결: 실험 설계 파일, 의료기기 원시 데이터, 추출 데이터의 **디지털화 시스템** 구축
- 문제: BT 및 Data Science 팀 업무 기술서 부재
- 해결: 부서간 협업을 통한 **업무 문서화** 진행 및 기대 정답 기준 확립
- 5단계 Data QC Process 강화
  1. 오타 교정
  2. 결측치 처리
  3. 이상 데이터 처리
  4. 알고리즘 데이터 정합성 1차 검증
  5. 알고리즘 데이터 정합성 2차 검증

## 기술 스택 및 요구 역량

- 규제 지식: FDA Software Validation
- 통계 분석: Statistics (2-Way Repeated Measures ANOVA), Clinical Study Design
- 프로그래밍: R (Statistical Testing), Python (Engineering), Matlab (진단 알고리즘)
- 워크플로우: Apache Airflow
- 문서 자동화: Quarto
- 도메인 지식: Biology

## 결과 및 성과

### 5.3.1 Target Template S

In the target template S, the DSP algorithm showed 100% accuracy on average with 0% standard deviation across both the concentration and scenario levels (See Figure 5.2).

- For NC signals, the DSP algorithm scenarios showed 99.7753% accuracy with the standard deviation, 0.4552%.
- For PC signals, the DSP algorithm scenarios showed 99.8876% accuracy with the standard deviation, 0.3414%.
- scenario00 showed 100% accuracy on average across the different concentration levels with 0% standard deviation and .
- scenario99 showed 97.027% accuracy on average across the different concentration levels with 6.8398% standard deviation.
- scenario02 recorded the lowest accuracy, 97.027% with the standard deviation 6.8398% across the concentration levels.
- scenario02 recorded the highest standard deviation of accuracy, 6.8398%.
- the DSP algorithm scenarios showed the lowest accuracy 96.1202% with the standard deviation, 7.8584% in the negative concentration.
- The lowest accuracy of scenario02 in the negative concentration results from the false negatives, 0 cases and the false positives, 413 cases with the p-value, < 0.001 (See Table 5.4 and Table 5.5).
- A list of false negative and false positive cases related to concentration levels and scenarios is displayed in Table 5.6.

Table 5.4: Frequency Summary of DSP Performance for the Negative Concentration

template	concentration	scenario	false_negative	false_positive	true_negative	true_positive
S	negative	scenario00	0	0	2129	0
S	negative	scenario01	0	0	2129	0
S	negative	scenario02	0	413	1716	0
S	negative	scenario03	0	0	2129	0
S	negative	scenario04	0	0	2129	0
S	negative	scenario05	0	0	2129	0
S	negative	scenario06	0	0	2129	0
S	negative	scenario07	0	0	2129	0

59

(continued)

template	concentration	scenario	false_negative	false_positive	true_negative	true_positive
S	negative	scenario08	0	0	2129	0
S	negative	scenario99	0	413	1716	0

Figure 3: Report

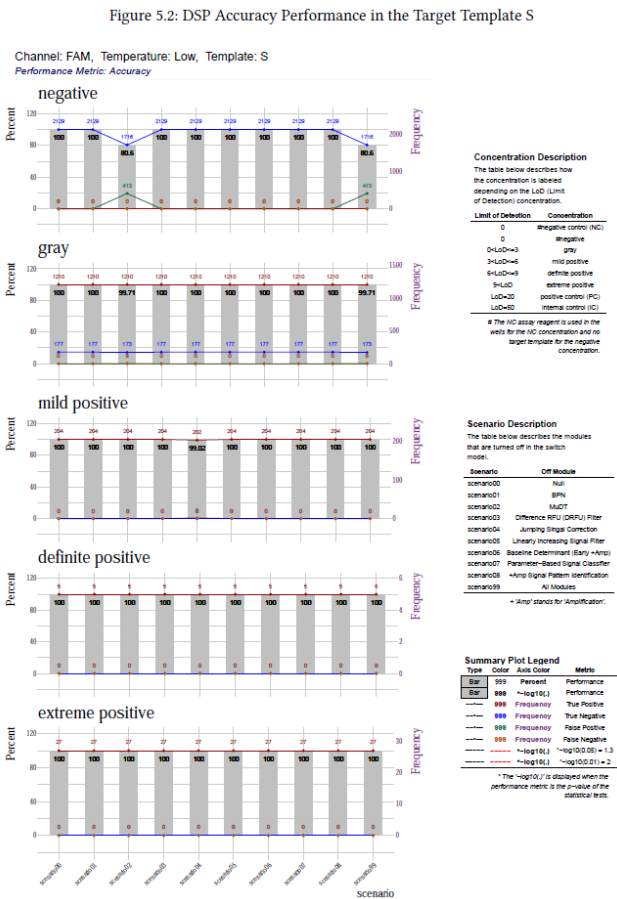


Figure 4: Plot

- DSP Algorithm 결과물
  - FDA 제출용 verification & validation report 초안 완성
  - 문서화 시스템: 업무 소통 및 RDB 시스템 구축을 위한 자동화 시스템
  - 데이터 관리 시스템: Data Quality Control System 구축
  - FDA Validation Model: DSP 알고리즘 전용 Validation Model 확립
  - 특허 발명: FDA Validation Model 관련 특허 출원
  - 성능 평가 체계: 사내 최초 알고리즘 및 시약 제품 종합 성능 평가
  - 리스크 관리 통계 분석: 시약/장비 고유 효과 및 교란 요인 위험 관리 분석

## 기대효과

- 북미 시장 진출을 위한 FDA 규제 대응 체계 확립
- 알고리즘 안전성에 대한 통계적 증명 체계 구축
- 문서 자동화를 통한 업무 효율성 향상
- 시약, 장비, 소프트웨어 및 알고리즘 통합 인허가 시스템 구축

# [진단 장비 QC 프로세스 자동화 및 알고리즘 고도화 프로젝트]

## 프로젝트 개요

- PCR 진단 시약을 타사 장비 공급업체의 장비에 넣어 검출 결과를 얻는다.
- 진단 서비스 결과의 정확도를 위해 **2 Phase 장비 QC 프로세스**를 통해 **장비의 성능을 평가**한다.
- 프로젝트의 목적: 1. 부정확한 **QC 알고리즘 개선** 2. 투입 리소스가 많은 **QC프로세스 과정을 간소화**시켜 현업의 부담을 경감
- 프로젝트 기간: 9개월
- Two Step QC Process**
  - QC Step 1: 자사 시약에 맞게 장비간 **신호 Scale Calibration**
  - QC Step 2: 장비의 성능을 평가하여 **합격/불합격 분류** - 병목 현상 발생
  - 문제점
    - \* 엑셀을 이용한 수동검사, 비효율적인 데이터 및 장비 추적 관리
    - \* 수동 검사 과정에서 신호의 증폭 크기에 따라 왜곡된 QC 결과 발생
    - \* 기계 결함 및 휴먼 에러 구별 불가



Figure 5: 기존 QC 프로세스

## 솔루션 설계 및 전략

- Data Engineering: 산재된 **Excel QC data ETL**
- QC Step2의 **장비 성능 평가 지표**를 생성하여 장비 성능 측정 고도화
- 합격/불합격 분류** 뿐만 아니라 **장비 등급**을 차등 부여하여 고객사에 차등 공급
- 시간에 따른 **장비의 성능**을 지속적으로 모니터링하여 장비의 성능 분석 및 life cycle 관리
- QC Process 간소화**
  - QC Step 1 데이터를 통해 QC Step 2 결과를 예측하는 **딥러닝 모델 개발**
  - 예측 결과로 장비성능이 Fail로 확실시 되는 장비에 한해서 QC Step 2 검사 진행
  - Web App 로 분석 결과 및 시각화 Dashboard 제공
  - 실무 담당자가 데이터 업로드 하면 자동으로 분석 결과 제공

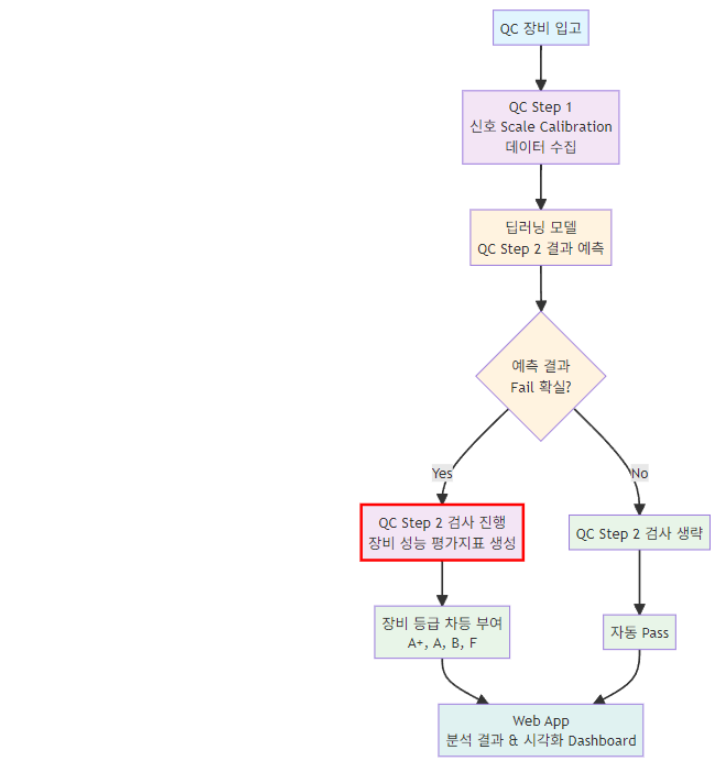


Figure 6: 개선된 QC 프로세스

## 기술 스택 및 요구 역량

- 데이터 엔지니어링: QC Data ETL
- 머신러닝: Clustering (PCA, t-SNE, DBSCAN), Anomaly Detection (Isolation Forest), Outlier Detection (IQR, Z score, 3-Sigma Rule)
- 딥러닝: Pytorch (BiLSTM), scikit-learn
- 통계/신호처리: SNR, RSS 계산, 시계열 분해 등
- 웹앱 개발: R Shiny (대시보드 및 시각화)
- 도메인 지식: PCR 기술, 의료기기 QC, 통계적 공정관리, 광학 장비 성능 평가

## 결과

- ETL 결과: PCR기기 2201대를 2552번의 실험해서 만들어진 61,248개의 신호 데이터 확보
- QC Process Step 2 장비 성능 평가 메트릭 생성
  - 신호 증폭 효율성 측정
  - SNR (Signal to Noise Ratio) 측정
  - 기준선 안전성 측정
  - 광학 균일성 측정

- 장비 온도 균일성 측정
- 음성 신호 추세 측정
- 양성 신호 노이즈 측정
- 시계열 분해 기반 노이즈 측정
- Outlier 및 Anomaly Data 탐지로 labeling (IQR, Z score, PCA, t-SNE, DBSCAN, 3-Sigma Rule, Isolation Forest)
- 신호 RSS (Residual Sum of Squares) 측정
- 평가 메트릭 기반 합격/불합격 장비 분류, 장비 성능 4등급 부여
  - Pass (A+,A,B), Fail (F)

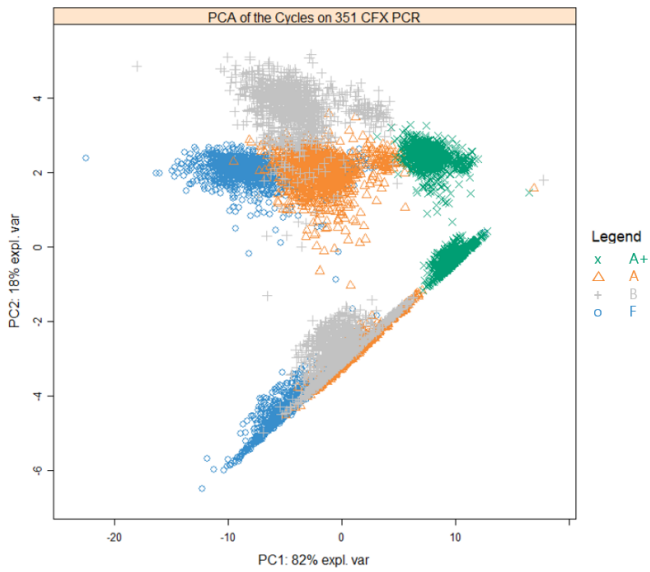


Figure 7: 장비 성능별 클러스터링

- BiLSTM을 활용한 Step 1 데이터를 통한 Step 2 결과 예측 모델 개발
  - 합격/불합격 분류 정확도: 99.3%
  - 장비 성능 등급 분류 정확도: 91.7%

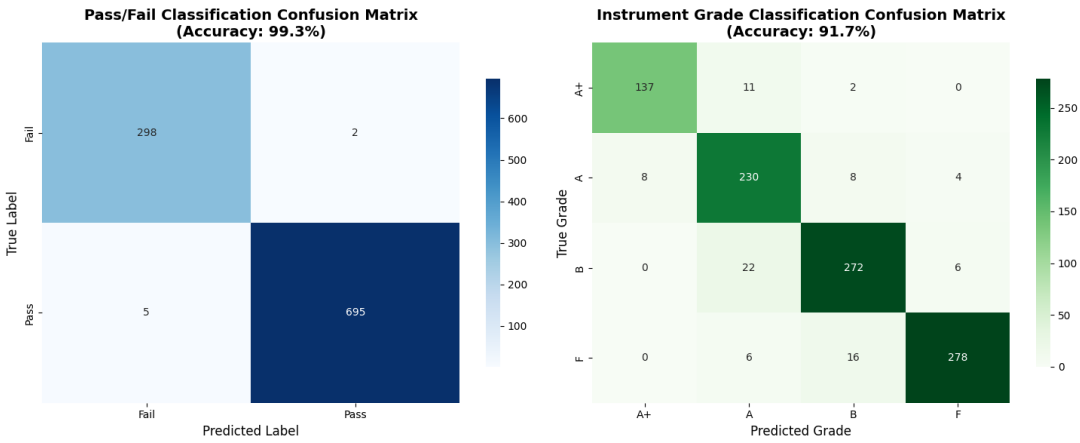


Figure 8: BiLSTM Confusion Matrix

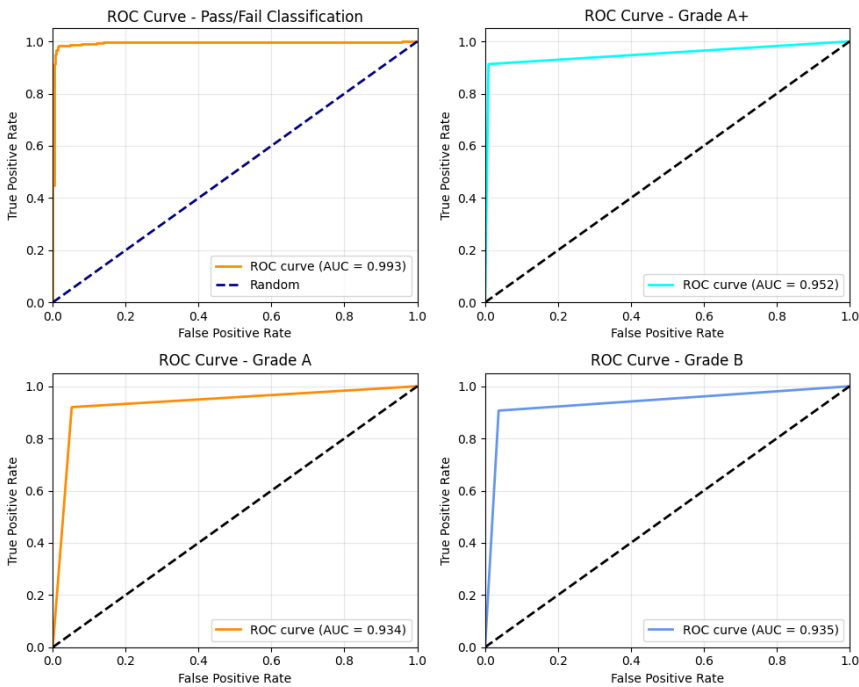


Figure 9: BiLSTM ROC Curve



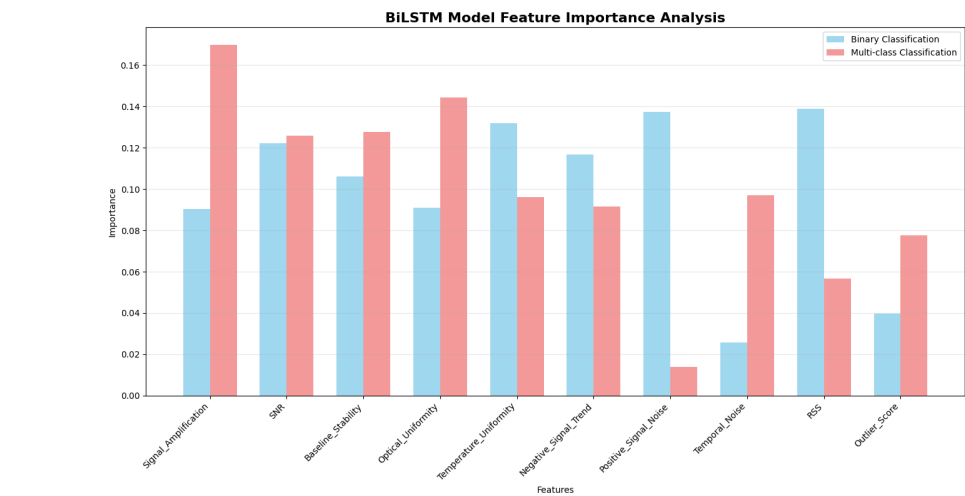


Figure 10: BiLSTM Importance

- Web App Dashboard Prototype 개발
  - 실무자가 데이터 업로드 하면 자동으로 분석 결과 제공
  - 시각화 및 데이터 관리 기능 제공

Shiny: CFX96 Quality Control Analyzer

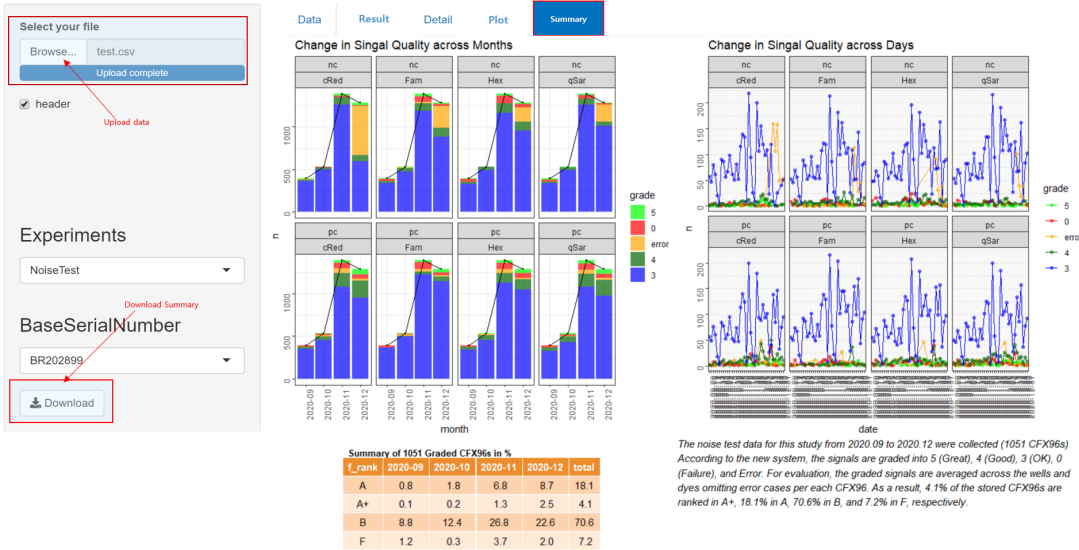


Figure 11: WebApp

- 총괄장 R&D 부문 우수상 수상
- 2개의 특허 발명을 출원

## 기대효과

- 편의성 증가: QC시간 약 14배 감소
  - As-Was: 100 대당 약 400시간
  - As-Is: 100 대당 약 28시간
- 웹 기반 자동화 플랫폼 제공
  - 연간 비용 약 13배 감소 (QC 시간 및 약 6억원의 비용 감소)
- Mechanical Engineers의 신기술 개발 지원