



LangCon 2019



스마트 스피커에서의 음악 재생 발화 오류 교정

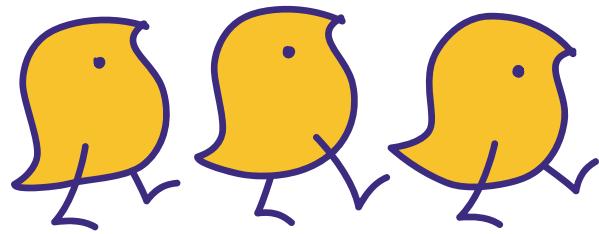
카카오 고병일

1. 스마트 스피커(음성 가상 비서)란

- What
- Why
- History
- How

2. 음악 재생 발화 오류 교정

- 개발 과정
- 발화 오류 유형
- 교정 모델
- 실험
- 결과



스마트 스피커란?
음성 가상 비서

LangCon 2019

그래도 스마트 스피커가 원지는 알아보고 가자

Language
Conference
2019





- 인공지능 가상 비서 제품
- 음성 명령을 통해 음악 감상, 정보 검색 등의 비서기능을 수행하는 기기
 - 카카오 미니
 - NAVER 클로바
 - AMAZON Echo(알렉사)
 - Google 구글홈(Google Assistant)

왜 스마트 스피커 일까?(WHY)

Why Smart Speaker?

음성을 이용한 가상 비서 서비스의 첫 진입단계
거실에서 누구나 쉽게 접근 가능

Next?

가상비서플랫폼을 장악
→ IoTs를 장악가능

Then?

여기엔 다른 서비스가 들어 올수 없음



왜 스마트 스피커 일까?(cont`)

아마존 에코를 사용하면..

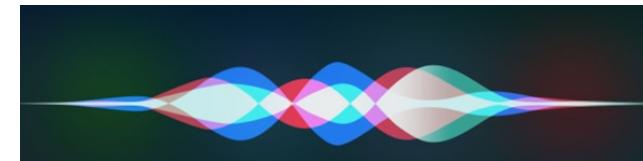
- “알렉사 식료품 주문해줘” → 아마존 쇼핑
 - “알렉사 마이클 잭슨 노래 들려줘” → 아마존 뮤직
 - “알렉사 어벤져스 틀어줘” → 아마존 프라임 비디오
 - “알렉사 피자헛에서 피자주문해줘” → 피자헛 (3rd party skills)
 - 자동차, 가전, 회사들 참여..
- 2등은 없음(?) / 모든 것을 독차지 할 수 있음



History



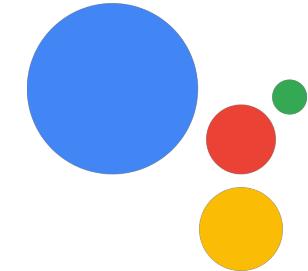
IBM Shoebox
1962년
첫 디지털 음성 인식 도구



Apple Siri
2010년
현대적인 첫 가상 비서 서비스



Amazon Echo
- Alexa, 2014년 10월



Google Assistant(Home)
- Hey Google, 2016년 5월



SKT NUGU
Aria, 2016년 9월



Naver Clova
- Clova, 2017년 5월



Kakako Mini
- Hey Kakako, 2017년 7월



오늘 서귀포 날씨 알려줘

오늘 서귀포 날씨 알려줘

→ 정보성

→ 날씨

→ Entity → 언제 : 오늘, 어디 : 서귀포, 무엇을 : 날씨

select 날씨

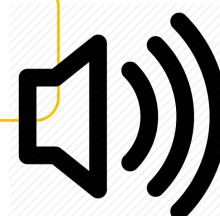
where time=오늘 and location=서귀포

→

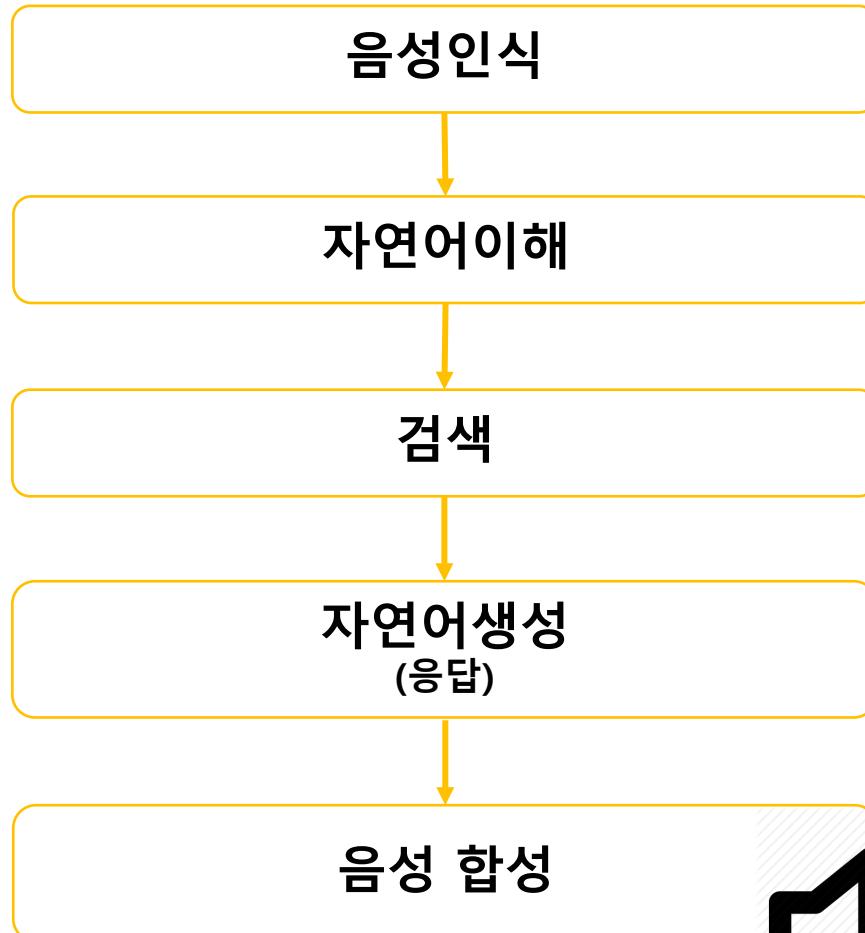
날씨 : 흐림, 온도 : 18도, 습도 : 30%

NLG Template

<time> <location> 날씨는 <날씨>니다. 습도는 <습도>,
기온은 <온도>로 <날씨_상황> 같아요.



오늘 서귀포 날씨는 흐립니다. 습도는 30%, 온도는
18도로 쌀쌀할 것 같아요. ...



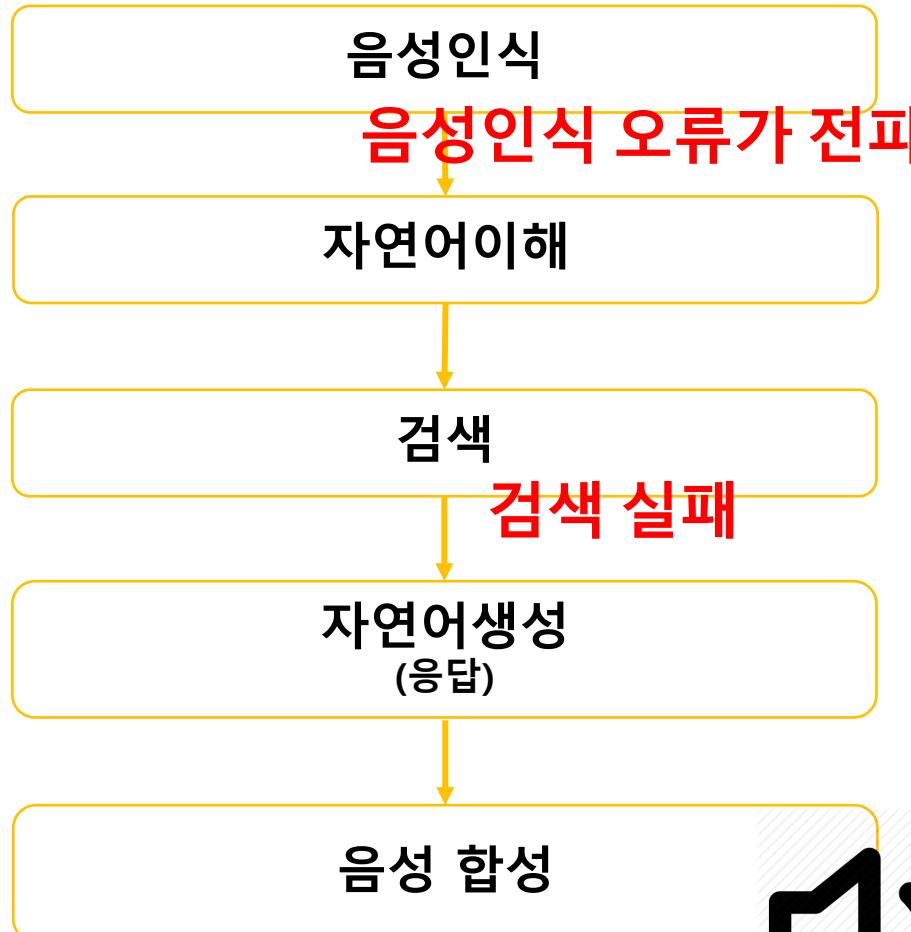
위너의 월리월리 틀어줘

위너의 월리월리 틀어줘
→ 음악재생
→ 가수 : 위너
→ 노래제목 : 월리월리

select 노래
where artist=위너 and song=월리월리

결과 없음
→ 재생 실패
→ 원하시는 노래를 찾을 수가 없어요



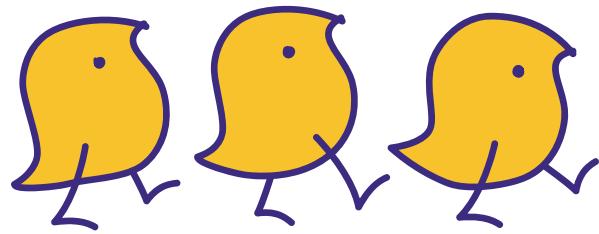


위너의 월리월리 틀어줘

위너의 월리월리 틀어줘
→ 음악재생
→ 가수 : 위너
→ 노래제목 : 월리월리

select 노래
where artist=위너 and song=월리월리

결과 없음
→ 재생 실패
→ 원하시는 노래를 찾을 수가 없어요



스마트 스피커에서의 음악 재생 발화 오류 고정

LangCon 2019



서비스 런칭



로그 검토

원하시는 음악을 찾을 수가 없어요
...



오류 발견

+ 기본적인 욕구
(내가 듣고 싶은 노래를 듣고 싶다)



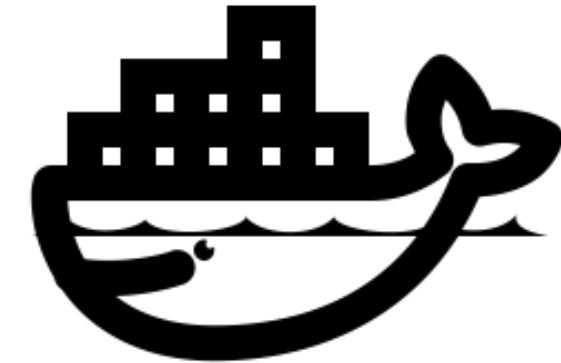
토이제작

- + 호기심 1
- 다들 바쁨 (+나도 바쁨)
- 틈틈히 빠르게 만들어 보자.
- Python + open library



서비스개발

- 서비스용 개발을 시작
- 빠른 처리 시간
- 내부 모듈 사용 (협업)
- 기계학습도 적용해보자
- 학습 데이터 구축



서비스 적용

- 서비스 적용
- dockerizing...
- 런칭 후 오류 처리
- Code error
- Error Result analysis

음성 인식 오류 발생 요인

음성인식 환경

- 스마트 스피커는 보통 거실에서 사용
- 외부 유입 소리(TV)

다양한 발화자

- 가족 구성원 : 아이~할아버지

여러 도메인 지원

- 약 50개 (카카오 미니)
- 음악, 택시 호출, 메세지 보내기, 날씨, 운세 등

종료 지점 예측 문제(End Point Detection)

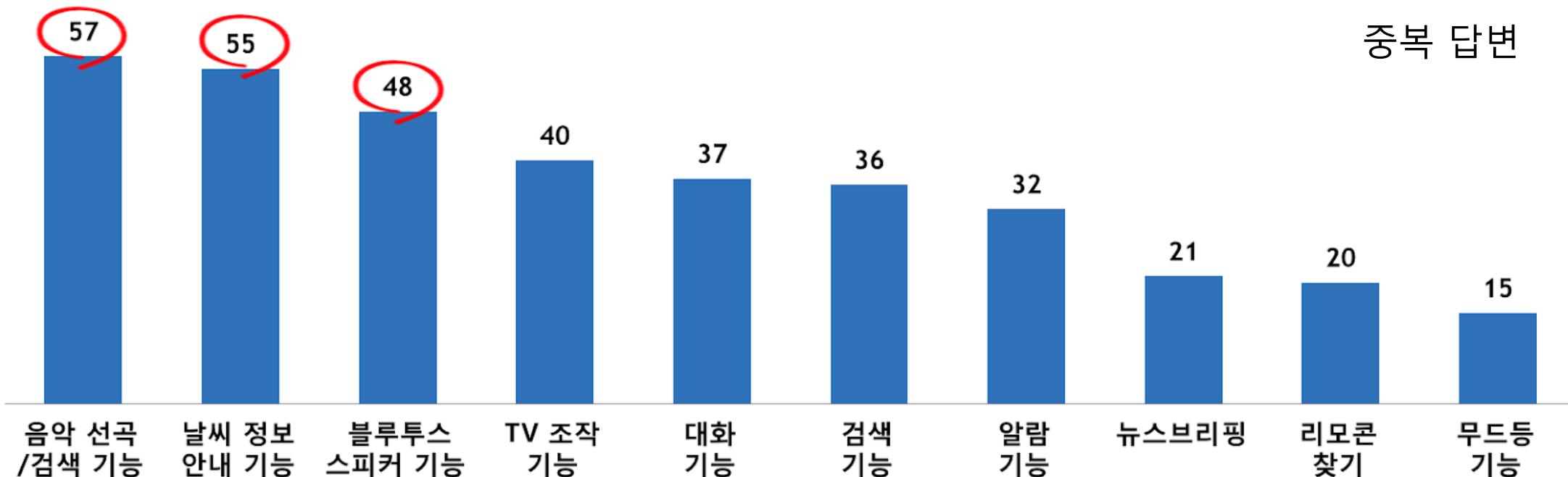
- 음성인식이 잘리는 경우

사용자
만족도
감소

- 음악 재생을 위한 발화
 - “아이유 음악 틀어줘”
 - **“아이유의 좋은날 틀어줘” 오류 교정 대상 한정**
 - “퇴근 할 때 듣기 좋은 음악 들려줘”

음악 재생 발화

- 스피커 유입 발화의 57% 음악 재생 발화
- 다양한 형태로 이뤄진 가수명과 곡명으로 오류가 빈번히 발생
 - ex) iKON(가수명), 방탄소년단(가수명), 1도 없어(곡명), 花요일(곡명)



[1] "단순해서 재미 없어요"..AI 스피커 사용자 만족도 기대 이하, 한국경제, 2018.7.10

오류 유형	정답	인식 결과
유사 발음 오류	씨야의 바보에게 바보가	지아의 바보에게 바보가
띄어쓰기 오류	모모랜드 뽐뿜 틀어줘	모모랜드 <u>뿜</u> 뿜 틀어줘
영어↔한글 오류	코코 ost remember me	코코 ost <u>리멤버</u> 미
	러시안 룰렛 틀어줘	<u>Russian Roulette</u> 틀어줘
삽입 오류	방탄소년단 run	방탄소년단 <u>run</u> run
삭제 오류	ABBA I Have a Dream	ABBA <u>the</u> dream
인지 오류	인피니티의 내꺼하자 틀어줘	<u>샤이니</u> 의 내꺼하자 틀어줘
기호 인식 오류	76-71=	<u>76 빼기 71 은</u> <u>76 마이너스 71 은</u>

• 규칙기반 음성인식 오류교정[2]

- 말뭉치에서 불일치된 부분과 주변 문맥을 함께 추출하여 규칙을 학습
- 빠른 속도로 교정 가능
- 다른 유형의 규칙을 쉽게 학습할 수 있음

• 검색엔진(Bing)의 오타 교정 시스템을 활용한 오류 교정[3]

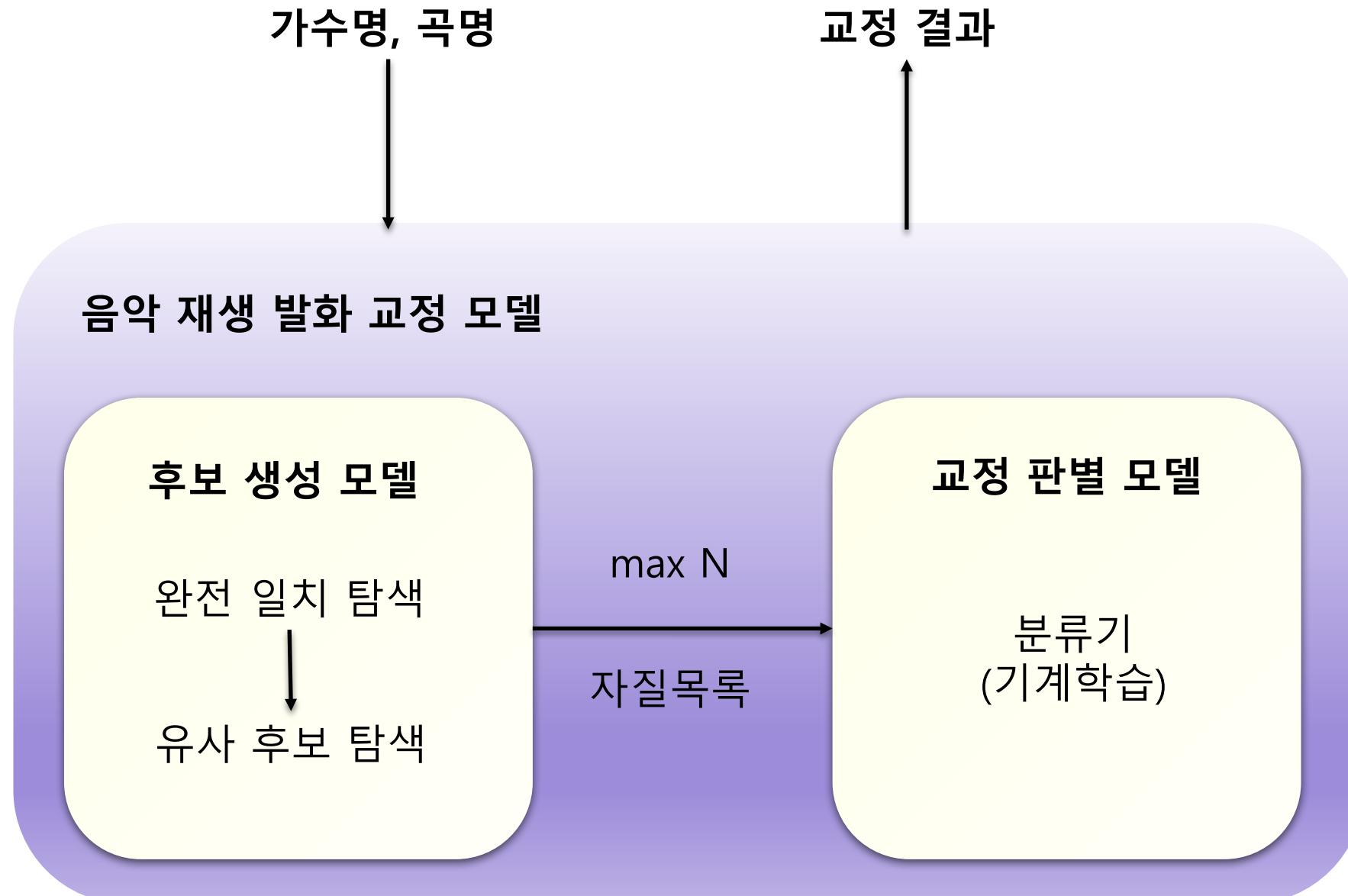
- 음성 인식된 문자열을 검색 엔진에 입력하여 교정하는 방법
- 대량의 문서 정보를 통해 학습된 검색엔진을 활용

• 정규화 연관 거리(Normalized Relevance Distance)로 오타를 탐지하고 교정하는 방법[4]

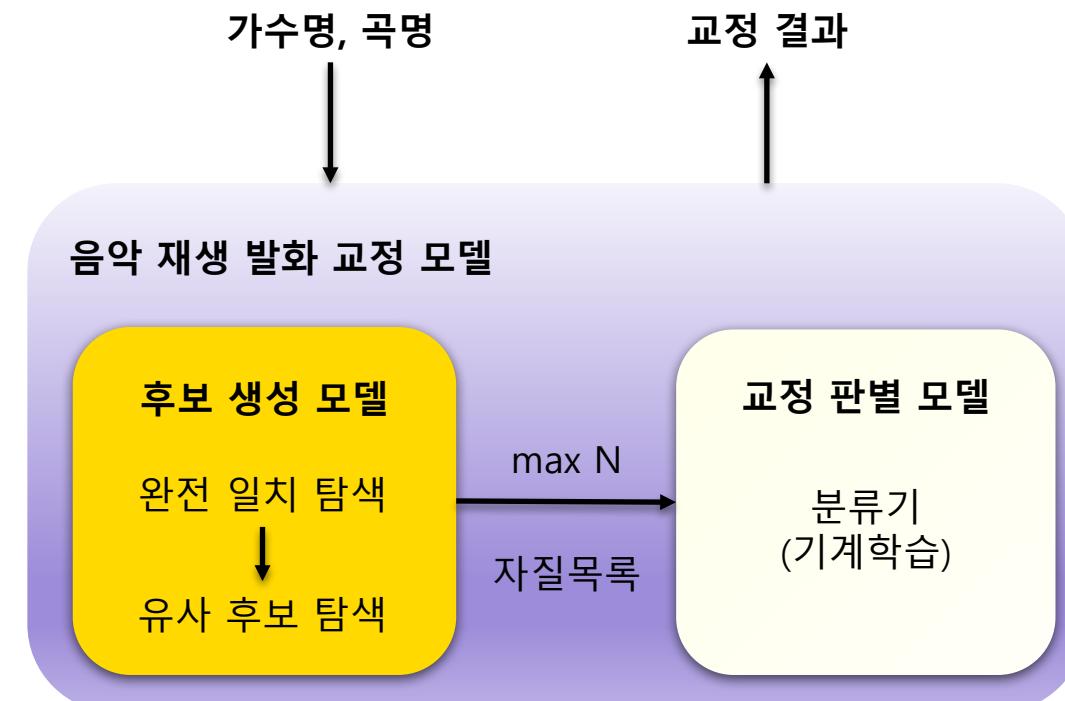
- 음성인식 결과를 전이 그래프로 표현한 뒤 정규화 연관 거리를 CRF 자질로 사용하여 오타를 탐지하고 교정
- 의미적으로 더 유사한 결과로 인식 결과를 보정

• CRFs와 TBL을 이용한 오류 교정[5]

- CRF를 이용하여 오류 검출, TBL을 이용하여 오류 수정 규칙을 학습하는 방법
- 음성 발화의 특성을 반영한 편집 거리 연산 사용



- 정답 후보 사전에서 입력과 유사도가 높은 후보를 출력하는 모델
- 탐색 방법
 - 완전 일치 탐색: 입력과 동일한 결과가 있는지 확인
 - 유사 후보 탐색: 가수명과 곡명에 대해 유사 문자열 탐색
 - 탐색 결과: 최대 힙(max heap)에 저장
- 유사도 계산을 위한 전처리(pre-processing)
 - 입력: 발음열[6]로 변환
 - 정답 후보 사전: 편집 거리가 고려된 트라이에 저장



문자열 간의 유사도 계산 방법을 결합하여 사용

- 편집 거리(Edit Distance), Jaro-Winkler, Overlap

$$\begin{aligned} sim_ed(x, y) &= \alpha \times sim_{ED}(x_{song}, y_{song}) \\ &\quad + (1 - \alpha) \times sim_{ED}(x_{artist}, y_{artist}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} sim_jw(x, y) &= \beta \times sim_{JW}(x_{song}, y_{song}) \\ &\quad + (1 - \beta) \times sim_{JW}(x_{artist}, y_{artist}) \end{aligned}$$

$$sim_ol(x, y) = sim_{OVERLAP}(x_{artist+song}, y_{artist+song})$$

$$sim(x, y) = \frac{sim_ed(x, y) + sim_jw(x, y) + sim_ol(x, y)}{3}$$

x : 입력, y : 정답 후보

sim_ed : 곡명, 가수명에 대한 편집 거리 유사도

sim_jw : 곡명, 가수명에 대한 Jaro-Winkler 유사도

sim_ol : 전체 문자열에 대한 Overlap 유사도

sim : 최종 유사도

sim_{ED} : 편집 거리 유사도

sim_{JW} : Jaro-Winkler 유사도

$sim_{OVERLAP}$: OVERLAP 유사도

- sim_{ED} : 편집 거리 유사도
 - 삽입, 삭제, 치환, 교환에 대해 두 문자열간의 편집 비용을 계산
- sim_{JW} : Jaro-Winkler 유사도
 - 두 문자열간의 교환 비용을 계산하고, prefix matching에 대한 가중치
- $sim_{OVERLAP}$: OVERLAP 유사도
 - 두 문자열간의 포함 여부를 계산

예) "소니아/이른, 손디아/어른"의 유사도 계산

소니아/이른: 소니아 / 이 | 른
손디아/어른: 손디아 / 어 | 른

$$sim_{ED}(\text{소니아}, \text{손디아}) = 0.8$$

$$sim_{JW}(\text{소니아}, \text{손디아}) = 0.857$$

$$sim_{OVERLAP}(\text{소니아}, \text{/이른 손디아}/어른) = 0.7692$$

sim_{ED} : 편집 거리 유사도

$$d_{a,b}(i,j) = \begin{cases} \max(i,j) & \text{if } \min(i,j) = 0, \\ \min \left\{ \begin{array}{l} d_{a,b}(i-1,j)+1 \\ d_{a,b}(i,j-1)+1 \\ d_{a,b}(i-1,j-1)+1_{(a_i \neq b_j)} \end{array} \right. & \text{if } i, j > 1 \text{ and } a_i = b_{j-1} \text{ and } a_{i-1} = b_j \\ \min \left\{ \begin{array}{l} d_{a,b}(i-2,j-2)+1 \\ d_{a,b}(i-1,j)+1 \\ d_{a,b}(i,j-1)+1 \\ d_{a,b}(i-1,j-1)+1_{(a_i \neq b_j)} \end{array} \right. & \text{otherwise.} \end{cases}$$

sim_{JW} : Jaro-Winkler 유사도

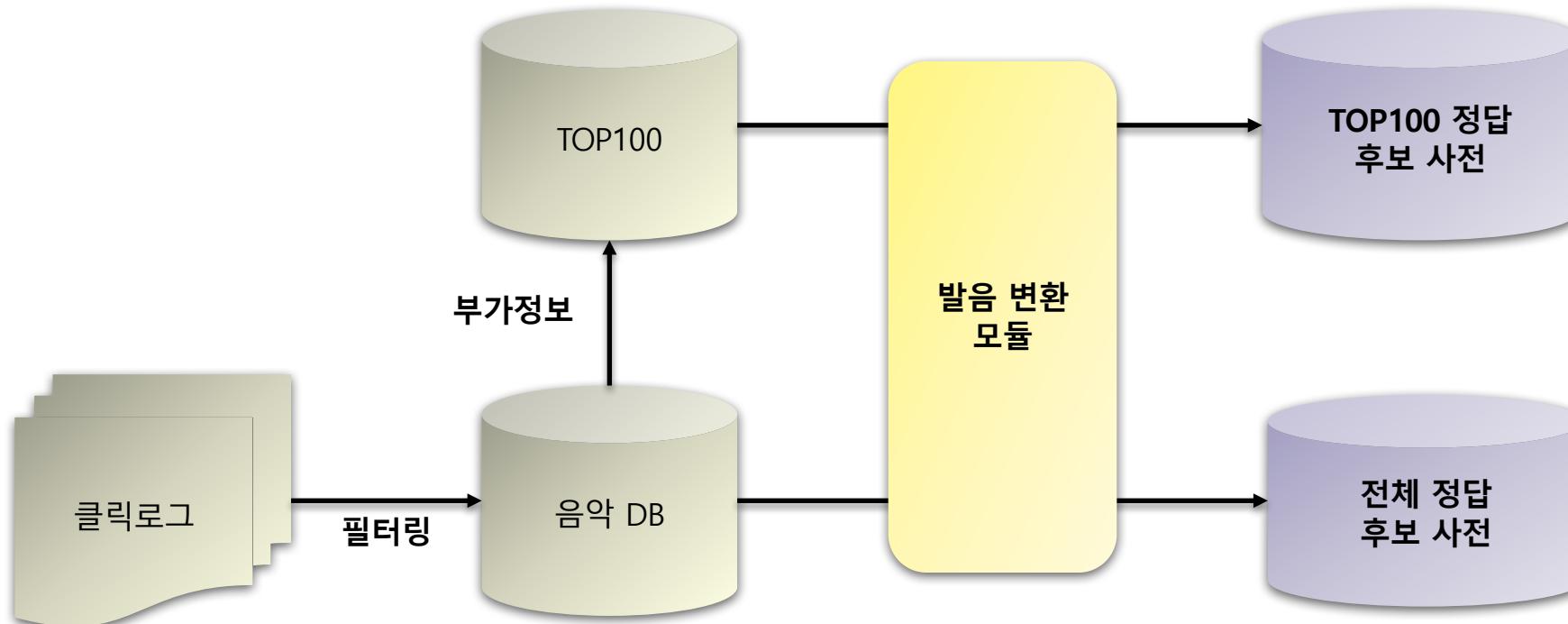
$$sim_j = \begin{cases} 0 & \text{if } m = 0 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{m}{|s_1|} + \frac{m}{|s_2|} + \frac{m-t}{m} \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$sim_w = sim_j + (\ell p(1 - sim_j))$$

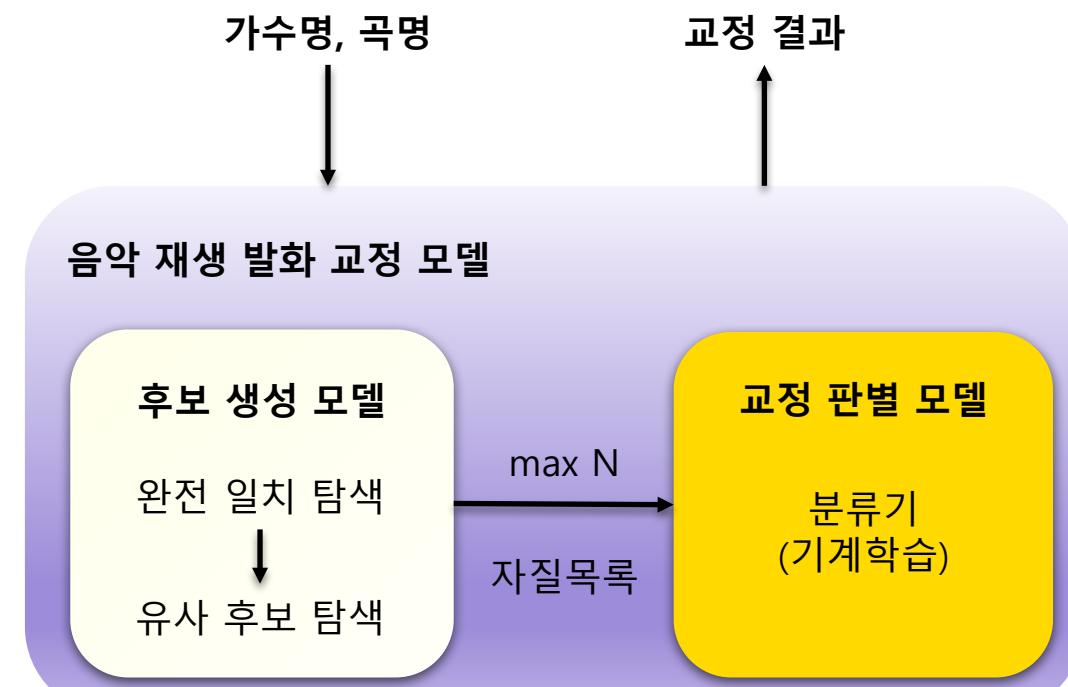
$sim_{OVERLAP}$: OVERLAP 유사도

$$\text{overlap}(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{\min(|X|, |Y|)}$$

- 원 데이터 → 음악 DB
- 부가 정보 사용 → 가수/곡 정보, 동의어
 - ex) BTS 동의어: 방탄소년단
- 정답 후보 사전 구축
 - TOP 100 정답 후보 사전 : 신곡에 대한 대응
 - 전체 정답 후보 사전 : 6개월 누적 클릭로그를 이용하여 필터링



- 후보 생성 모델에서 출력한 정답 후보들의 **교정 여부를 판별**하는 모델
 - 이진 분류 모델 : 교정 / 미교정
- 16개의 자질 정보를 이용하여 분류
 - 가수명, 곡명 각각**에 대한 유사도 자질
 - 유사도(ed, jw) X 원형, 정규화, 역순(reverse)
 - 가수명과 곡명을 결합한 전체** 유사도 자질
 - 유사도(ed, overlap) X 원형, 정규화(normalized)
- 분류 모델
 - Random Forest(RF)를 사용
 - 앙상블 모델(Ensemble Model)
 - 의사 결정 나무(Decision Tree)를 개별 모형으로 사용



종류	자질
전체 유사도	overlap
	overlap-normalized
	edit distance
	ed-normalized
	ed-artist
가수명 유사도	ed-normalized-artist
	jaro-artist
	jaro-reverse-artist
	jaro-normalized-artist
	jaro-normalized-reverse-artist
곡명 유사도	ed-song
	ed-normalized-song
	jaro-song
	jaro-normalized-song
	jaro-reverse-song
	jaro-normalized-reverse-song

ed : edit distance

jaro : jaro-winkler

normalized : a'b of song → abofsong

reverse : abcdef → fedcba

- 실제 서비스에 유입된 **로그 데이터를 사용**
 - 음악 재생 발화로 분류된 로그 데이터에서 정답 가수명, 곡명을 수동으로 부착
 - 총 9,280개 데이터
 - 교정이 필요한 경우 → 4,081개
 - 교정이 불필요한 경우 → 5,199개

발화	입력		정답	
	가수명	곡명	가수명	곡명
트와이스 wild love 틀어줘	트와이스	wild love	트와이스	<u>What is love</u>
blackpink의 마지막인 것처럼 틀어줘	blackpink	마지막인 것처럼	<u>BLACKPINK</u>	<u>마지막처럼</u>
위너의 월리월리	위너	월리월리	<u>WINNER</u>	<u>REALLY REALLY</u>
씨야의 snowman 틀어줘	씨야	snowman	<u>sia</u>	snowman
a-ha의 take me up 틀어줘	a-ha	take me up	a-ha	<u>take me on</u>

- 유사도 임계값(minimum similarity, ms), 출력 후보 개수(T)에 따른 성능 비교

구분	ms=0.9 T=1	ms=0.6 T=1	ms=0.6 T=2	ms=0.6 T=3	ms=0.2 T=1	ms=0.2 T=2	ms=0.2 T=3
정확률 (Precision)	92.74%	88.03%	88.61%	88.73%	38.73%	37.25%	35.95%
재현율 (Recall)	5.66%	47.24%	51.60%	52.21%	53.69%	58.83%	60.65%
F1-score	10.67%	61.49%	65.22%	65.74%	45.00%	45.61%	45.14%

- 편집 거리 임계치 : 가수명 = 2, 곡명 = 6

- 평가
 - 유사도 임계값(ms)이 낮아질수록, 출력 후보의 개수(T)를 증가시킬수록
 - 재현율 증가, 정확률 감소
 - 재현율도 높이면서 정확률도 높일 수 있는 방법 강구
 - 교정 판별 모델 적용

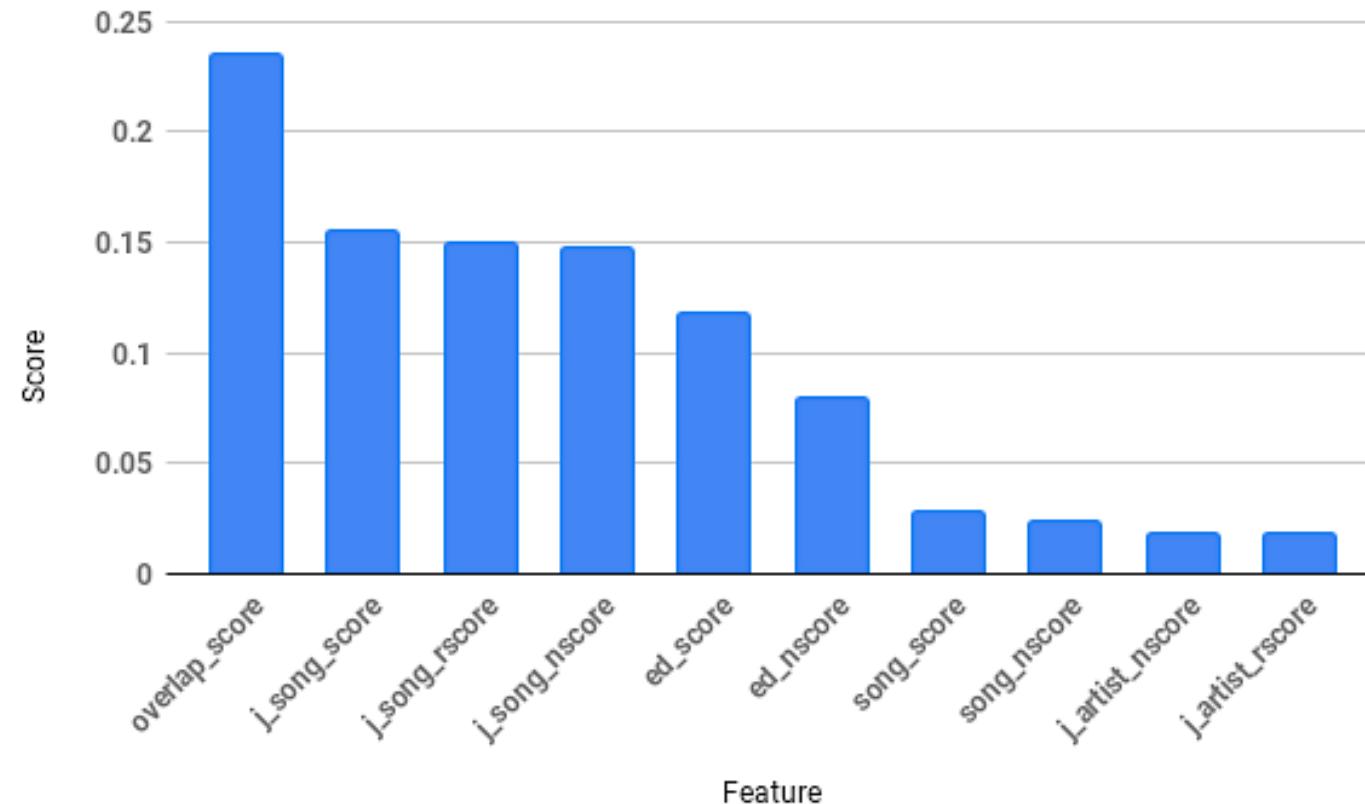
교정 판별 모델 실험 설명

- 후보 생성 모델의 출력 후보 이용
- 후보 생성 모델의 설정값
 - **재현율이 가장 높은 설정값** 이용
 - 유사도 임계값(ms) = 0.2, 출력 후보 개수(T) = 3
- 데이터
 - 후보 생성 모델을 이용하여 데이터 증량
 - 입력 : 9,280개
 - 출력 후보수 : 19,563개 ($T=3$)
 - 데이터 정제 후 개수(출력이 없는 데이터 제거) : **17,176개**
 - 교정이 필요한 경우 2,601개
 - 교정이 필요 없는 경우 14,575개

- 성능 측정 방법
 - 10 fold cross validation
 - RF외 XGBoost, Logistic Regression, SVM 모델 추가 평가
 - RF
 - 나무 깊이(depth) : 40
 - 나무 수(tree) : 10, 20

Model	RF (depth=40, tree=10)	RF (depth=40, tree=20)	Logistic Regression	XGBoost (depth=40, tree=20)	SVM(rbf)
정확률 (Precision)	0.82897	0.83336	0.81959	0.80208	0.80965
재현율 (Recall)	0.77542	0.78465	0.74007	0.75852	0.78126
F1-score	0.79943	0.80634	0.77525	0.77803	0.78774

- Overlap의 중요도가 높게 나옴
- 곡명과 관련된 자질들의 중요도가 높음
 - jaro-song
 - jaro-reverse-song
 - jaro-normalized-song
- 후보 생성 모델의 최대 편집 거리를 가수명은 엄격하게 설정하고, 곡명은 느슨하게 설정
- 이 설정값의 영향으로 자질 중요도가 나올수 있음
- 편집 거리 임계치 : 가수명=2, 곡명=6



- 음악 재생 발화에서 발생하는 오류 처리에 좋은 성능을 보임
 - 비슷한 발음으로 발생하는 오류를 효과적으로 처리

발화	입력		정답	
	가수명	곡명	가수명	곡명
존 박 니 생각 틀어줘	존 박	니 생각	존 박	<u>네 생각</u>
위키미키의 랄랄라 틀어줘	위키미키	랄랄라	위키미키	<u>La La La</u>
트와이스 처럼 틀어줘	트와이스	처럼	<u>TWICE</u>	<u>CHEER UP</u>

- 인지 오류에 대해서는 처리가 어려움
 - 가사의 일부를 곡명으로 잘못 알고 명령하는 경우

발화	입력		정답	
	가수명	곡명	가수명	곡명
빅뱅 찹쌀떡 들려줘	빅뱅	찹쌀떡	빅뱅	<u>BAE BAE</u>
마마무 별 헤는 밤	마마무	별 헤는 밤	마마무	<u>별이 빛나는 밤</u>

- 스마트 스피커에서의 오류 보정 시도
 - 음악 재생 발화 오류를 효과적으로 처리
 - 실제 서비스에서도 효과
 - 음악 재생 발화 연결 실패율 10% 감소
 - 음악 재생 사용률 15% 증가

- 음악 재생 발화 교정 로그를 활용한 인지 오류 개선 및 에러 모델 개발
- 다국어 발음에 강건한 모델 개발
- 딥러닝을 활용한 연구
- 음악 이외의 다양한 도메인에 확대 적용

감사합니다.

참고문헌

- [1] "단순해서 재미 없어요" ..AI 스피커 사용자 만족도 기대 이하, 한국경제, 2018.7.10, <https://news.v.daum.net/v/20180710162905818>(2018.9.3)
- [2] 김진형, 박소영, "모바일 환경을 고려한 규칙기반 음성인식 오류 교정", 한국 컴퓨터정보학회논문지, 17(10), pp. 25-33, 2012.
- [3] Youssef Bassil and Mohammad Alwani, Post-Editing Error Correction Algorithm For Speech Recognition using Bing Spelling Suggestion, IJACSA, Vol. 3, No. 2, 2012.
- [4] Yohei Fusayasu, Katsuyuki Tanaka, Tetsuya Takiguchi, Yasuo Ariki, Word-Error Correction of Continuous Speech Recognition Based on Normalized Relevance Distance, IJCAI, pp. 1257-1262, 2015.
- [5] 선충녕, 정형일, 서정연, "CRFs와 TBL을 이용한 자동화된 음성인식 후처리 방법", 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, 37(9), pp. 706-711, 2010.

참고문헌

- [6] 국립국어원, "표준어 규정 제2부 표준 발음법", 2016.
- [7] Brill, Eric; Moore, Robert C., An Improved Error Model for Noisy Channel Spelling Correction, Proceedings of the 38th Annual Meeting on Association for Computational Linguistics, pp. 286-293, 2000.
- [8] Jaro, M. A., Advances in record linkage methodology as applied to the 1985 census of Tampa Florida, Journal of the American Statistical Association, 84(406), 414-420, 1989.
- [9] Vijaymeena, M. K.; Kavitha, K, A Survey on Similariy Measures in Text Mining, Machine Learning and Applications: An International Journal. 3(1), pp. 19-28, 2016.