

Introduction to Task-Oriented Dialogue System

김성동

(NAVER AI LAB)

1. (Task-Oriented) Dialogue System [TOD]

- 1.1 Taxonomy of dialogue system
- 1.2 TOD: Problem Definition
- 1.3 TOD: Task Schema
- 1.4 Knowledge Base
- 1.5 TOD : Example
- 1.6 Components of Modularized TOD System

2. Dialogue State Tracking

- 2.1 Dialogue State (Tracking)
- 2.2 Evaluation Metrics

3. Properties of DST

- 3.1 Slot value Extraction vs Dialogue State Tracking
- 3.2 DST as Entity Extraction
- 3.3 Entity Typing & Identification
- 3.4 Decision making based on Context
- 3.5 State Update

4. 강의 진행 방식

강사 및 멘토 소개

Instructor

이름: 김성동

소속: NAVER AI LAB 연구원

(현재) 관심 분야

- Efficient Language Model Training / Inference
- Robust and Scalable Task-Oriented Dialogue System
- UX-Aware Dialogue System
- ...

@github www.github.com/dkskd

@contact sungdong.kim@navercorp.com



강사 및 멘토 소개

Mentors



박규민 / KAIST

Dialogue/Speech

pkm9403@gmail.com



이유경 / Korea Univ.

Dialogue/Anomaly Detection

yukyung_lee@korea.ac.kr



홍지민 / KAIST

NLG / OOD

jimmyh@kaist.ac.kr

1.

(Task-Oriented) Dialogue System

Task-Oriented Dialogue System의 간략한 소개,
문제 세팅을 위한 선행적인 개념들을 소개합니다.

1.1 Taxonomy of dialogue system

TOD

Task-Oriented dialogue & Open-domain dialogue (Chit-Chat)



(Human's) Dialogue Coverage

The diagram consists of a large, light purple rounded rectangle with a subtle drop shadow. Centered within this rectangle is a smaller, medium purple rounded rectangle, also with a drop shadow. The text "(Human's) Dialogue Coverage" is centered in the larger rectangle, and "Predefined Scenario" is centered in the smaller rectangle.

Predefined Scenario

1.1 Taxonomy of dialogue system

TOD

Task-Oriented dialogue & Open-domain dialogue (Chit-Chat)

Task-Oriented dialogue

1. 식당 검색
2. 숙소 / 영화 예약
3. 날씨 확인
4. ...

Narrow & Functional (Deep)

특정 태스크 수행의 성공률 (Success Rate)

미용실을 예약하고 싶어요

안녕하세요 고객님의, 어떤 미용실을 예약하려 하시나요 ?

강남에 있는 A 미용실 예약 하려 구요.

Open-domain dialogue

1. 대화 주제에 딱히 제한이 없음
2. 사는 곳, 취미, 뭐 하는지 묻고 답하기
3. ...

Wide & Shallow (Deep)

인간 다움(Humanness), 자연스러움
(Naturalness), 일관성(Consistency),
몰입도(Engagingness), etc.

오늘 바빠 ?

아니 이제 퇴근해

시간되면 잠깐 볼래 ?

1.1 Taxonomy of dialogue system

TOD

Task-Oriented dialogue & Open-domain dialogue (Chit-Chat)

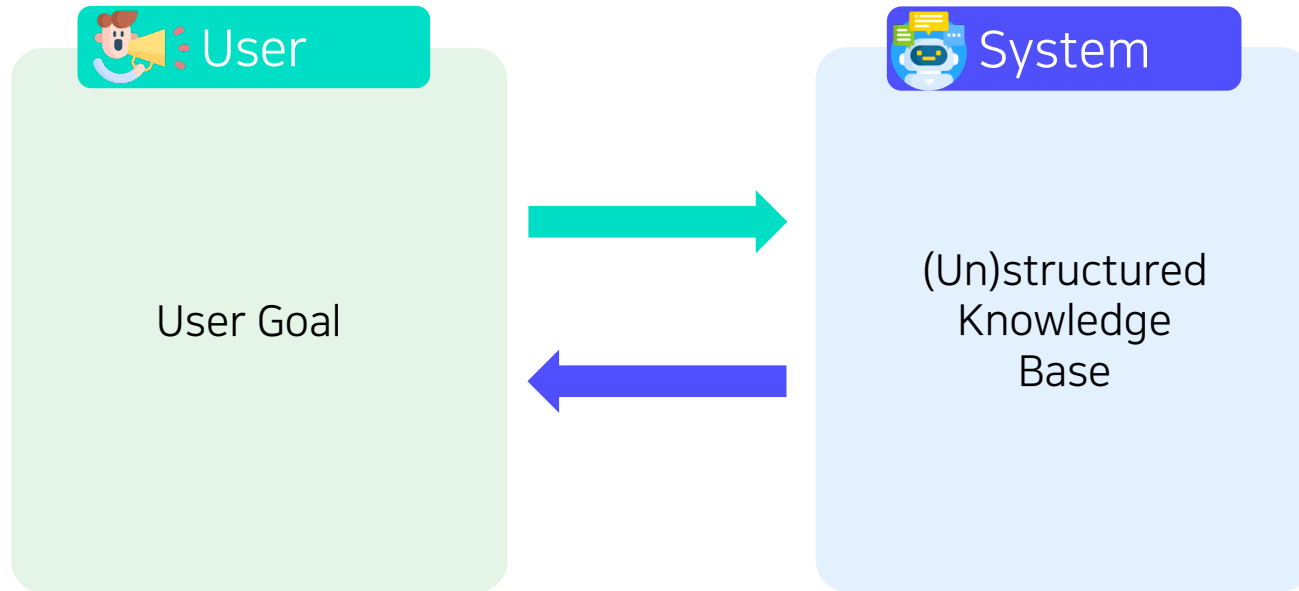
(Human's) Dialogue Coverage

Predefined Scenario

1.2 Task-Oriented dialogue : Problem Definition

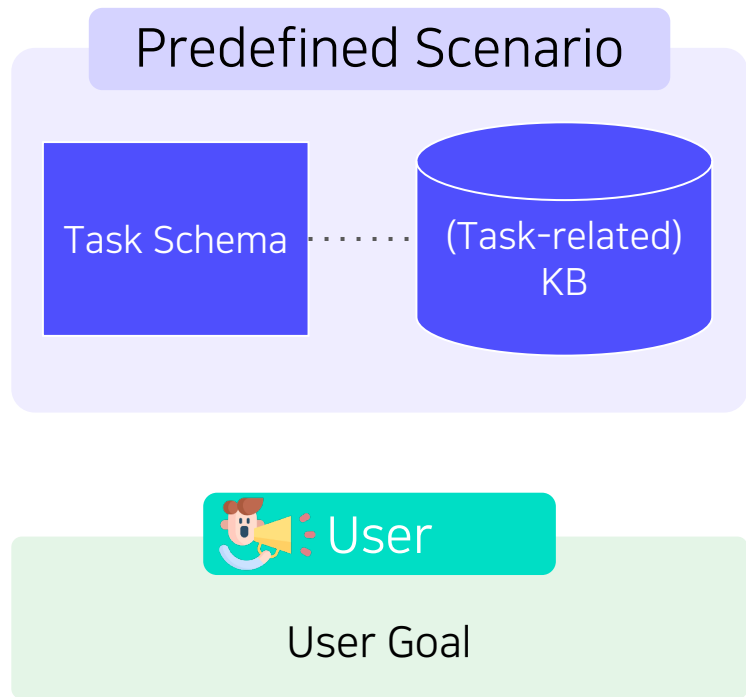
TOD

Task-Oriented Dialogue as Information exchange game



1.2 Task-Oriented dialogue : Problem Definition

TOD



1) User Goal

: 유저는 미리 정의된 KB의 특정 Instance 정보를 찾거나, 추가적인 정보를 제공하여 새로운 Instance를 찾고 싶어 한다는 가정

2) KB

: 시나리오에서 제공하고자 정보 DB

3) Task Schema

: User가 원하는 정보를 찾거나 시나리오에 맞는 정보를 줄 수 있도록 정의 된 메타 정보

1.3 TOD : Task Schema

TOD



User Goal
==
Informable Slot
&
Requestable Slot

- TOD는 User Goal의 파악 및 연계된 Task의 성공이 목적
- User Goal은 크게 2가지 종류의 정보로 구성 된다고 가정
- **Informable Slot**: 특정 KB instance를 찾거나, 새로운 instance를 write하기 위해 User가 System에게 주거나 맥락에 의해 User가 의도할 수 있는 타입의 정보 (대화에 대한 제약 사항 및 DST의 target)
- Requestable Slot: 특정 KB instance가 선택된 이후, 추가로 정보를 요청할 수 있는 타입의 정보 (System이 User에게 제공)
- 이러한 정보의 "정의"가 바로 **Task Schema**

1.3 TOD : Task Schema 예시

TOD

Domain	Slot	Required	Informable	Requestable
숙소	이름		0	
	종류	0	0	
	지역	0	0	
	지역구			0
	주소			0
	전화번호			0
	가격대	0	0	
	영업 시간			0
	예약 요일	0	0	
	예약 기간	0	0	
	예약 명수	0	0	
	예약 번호			0

1.3 TOD : Task Schema 예시

TOD

Schema-Guided Dialogue Dataset

service_name: "Payment" description: "Digital wallet to make and request payments"	Service
name: "account_type" categorical: True description: "Source of money to make payment" possible_values: ["in-app balance", "debit card", "bank"]	Slots
name: "amount" categorical: False description: "Amount of money to transfer or request"	
name: "contact_name" categorical: False description: "Name of contact for transaction"	
name: "MakePayment" description: "Send money to your contact" required_slots: ["amount", "contact_name"] optional_slots: ["account_type" = "in-app balance"]	Intents
name: "RequestPayment" description: "Request money from a contact" required_slots: ["amount", "contact_name"]	

1.4 Knowledge Base

TOD

Slot	Value
Slot	Value
Slot	Value
ID	4
이름	프린스 호텔 서울
종류	호텔
지역	서울 중앙
가격대	비싼
전화번호	626919822
주소	서울 중구 60927
인터넷 가능	0
헬스장 유무	X
흡연 가능	0
지하철역	명동역
...	...

- Task Schema(시나리오)와 연계되는 **System** 입장에서 접근 가능한 **Structured KB**
- System은 특정 Instance를 찾거나 새로운 Instance를 생성하기 위해 **Informable slot** (이름, 종류, 지역, 가격대, 예약 관련)을 **Tracking** 해야 한다.
- 특정 Instance가 주어진 이후에는, 요청 받은 Requestable slot의 value를 답변할 수 있다.

➡ 즉, Structured KB는 앞선 Task Schema를 따른다

1.5 TOD 예시

TOD

user 안녕하세요.

sys 네. 안녕하세요. 무엇을 도와드릴까요?

user 서울 중앙에 위치한 호텔을 찾고 있습니다. 외국인 친구도 함께 갈 예정이라서 원활하게 인터넷을 사용할 수 있는 곳이였으면 좋겠어요.

sys 네. 확인해보겠습니다. 혹시 추가로 필요하신 사항이 있으실까요?

user 음.. 예약 인원은 총 8명이고요. 아. 가격대는 크게 상관 없습니다.

sys 네. 확인 감사합니다. 숙박을 원하시는 요일과 기간 같이 확인 부탁드립니다.

user 아. 중요한 걸 깜빡했네요. 일요일에 2일간 예약하고 싶습니다.

sys 확인해보니 총 4곳의 호텔이 검색됩니다. 그중 평점이 높은 곳 두 곳으로 안내를 도와드려도 괜찮을까요?

user 넵넵.

sys 첫 번째 추천 호텔은 프린스 호텔 서울로 평점 4.9점입니다. 두 번째 추천 호텔은 프리미어 호텔로 평점 4.5점입니다.

두 호텔 모두 높은 평점만큼 좋은 곳이며 명동역 근처에 위치하고 있습니다.

user 이왕이면 좀 더 평점 높은 프린스 호텔이 좋을 것 같습니다. 예약 진행해주시고 혹시 숙소에 피트니스 공간이 있을까요?

sys 네. 프린스 호텔로 예약 도와드리겠습니다. 해당 호텔에서 헬스장 이용 가능합니다.

user 오 좋네요. 혹시 흡연이 가능한지 여부도 알 수 있을까요?

sys 프린스 호텔과 확인 결과 흡연 가능합니다. 예약 진행해도 괜찮으실까요?

user 네. 예약 진행해주시고 예약 번호와 가까운 지하철역 확인 부탁드립니다.

sys 오래 기다리셨습니다. 예약 번호는 OZVI6이며 가까운 지하철역은 명동역으로 확인 됩니다.

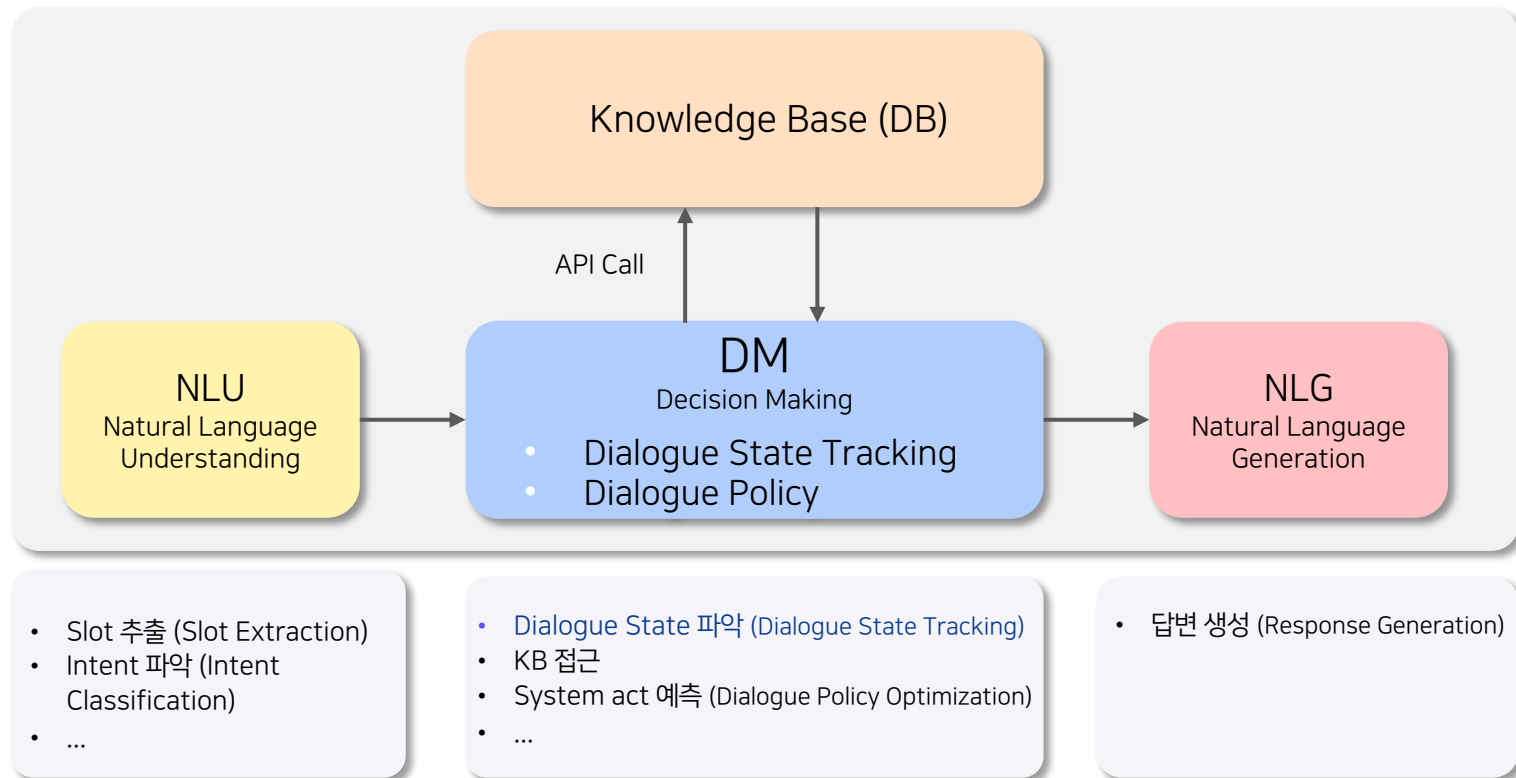
추가로 더 확인이 필요하신 부분이 있으실까요?

user 아뇨. 내용 확인 했습니다. 감사합니다.

sys 네. 이용해주셔서 감사합니다. 즐거운 하루 되세요.

1.6 Components of Modularized TOD System

TOD



2.

Dialogue State Tracking

본 강의에서 핵심적으로 다루게 될 Sub-task인
Dialogue State Tracking에 대해 소개합니다.

2.1 Dialogue State (Tracking)

user 안녕하세요.

B_1 []

sys 네. 안녕하세요. 무엇을 도와드릴까요?

user 서울 중앙에 위치한 호텔을 찾고 있습니다. 외국인 친구도 함께 갈 예정이라서 원활하게 인터넷을 사용할 수 있는 곳이었으면 좋겠어요.

B_2 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes)]

sys 네. 확인해보겠습니다. 혹시 추가로 필요하신 사항이 있으실까요?

user 음.. 예약 인원은 총 8명 이고요. 아. 가격대는 크게 상관 없습니다.

B_3 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes), (숙소-예약 명수, 8), (숙소-가격대, dontcare)]

sys 네. 확인 감사합니다. 숙박을 원하시는 요일과 기간 같이 확인 부탁드립니다.

user 아. 중요한 걸 깜빡했네요. 일요일에 2일간 예약하고 싶습니다.

B_4 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes), (숙소-예약 명수, 8), (숙소-가격대, dontcare), (숙소-예약 요일, 일요일), (숙소-예약 기간, 2)]

Dialogue State: (Task Schema에 의해) 미리 정의된 Informable Slot 타입 J 개에 대해 User가 의도하고 있는 Value의 상태, 즉 J 개의 Slot, Value pair의 set으로 표현될 수 있다.

$$B_t = \left\{ \left(S^j, V_t^j \right) \mid 1 \leq j \leq J \right\} \quad * S^j \text{는 } j\text{번째 Slot type, } V_t^j \text{는 그 Slot의 value } t\text{번째 turn에서의 value}$$

2.1 Dialogue State (Tracking)

user 안녕하세요.

B_1 [(숙소-이름, none), (숙소-종류, none), (숙소-지역, none), (숙소-가격대, none), (숙소-예약 요일, none), (숙소-예약 기간, none), (숙소-예약 명수, none)]

sys 네. 안녕하세요. 무엇을 도와드릴까요?

user 서울 중앙에 위치한 호텔을 찾고 있습니다. 외국인 친구도 함께 갈 예정이라서 원활하게 인터넷을 사용할 수 있는 곳이었으면 좋겠어요.

B_2 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes)] ← Value를 yes or no로 가지는 Boolean type Slot

sys 네. 확인해보겠습니다. 혹시 추가로 필요하신 사항이 있으실까요?

user 음.. 예약 인원은 총 8명 이고요. 아. 가격대는 크게 상관 없습니다.

B_3 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes), (숙소-예약 명수, 8), (숙소-가격대, dontcare)]

sys 네. 확인 감사합니다. 숙박을 원하시는 요일과 기간 같이 확인 부탁드립니다.

user 아. 중요한 걸 깜빡했네요. 일요일에 2일간 예약하고 싶습니다.

B_4 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes), (숙소-예약 명수, 8), (숙소-가격대, dontcare), (숙소-예약 요일, 일요일), (숙소-예약 기간, 2)]

2가지 Special case를 위한 Values

- none: 현재까지 대화에서 해당 정보가 아직 의도되지 않았거나 취소(negate)된 상태 (즉, 대화 시작 시 모든 Slot은 Value로 none을 가지고 있는 상태, 예시에선 편의 상 생략함)
- dontcare: 해당 slot에 어떤 value가 와도 상관 없어서 검색 조건에서 제외되는 상태

2.1 Dialogue State (Tracking)

r_1 EMPTY turn

u_1 안녕하세요.

B_1 []

r_2 네. 안녕하세요. 무엇을 도와드릴까요?

u_2 서울 중앙에 위치한 호텔을 찾고 있습니다. 외국인 친구도 함께 갈 예정이라서 원활하게 인터넷을 사용할 수 있는 곳이었으면 좋겠어요.

B_2 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes)] ← Value를 yes or no로 가지는 Boolean type Slot

r_3 네. 확인해보겠습니다. 혹시 추가로 필요하신 사항이 있으실까요?

u_3 음.. 예약 인원은 총 8명 이고요. 아. 가격대는 크게 상관 없습니다.

B_3 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes), (숙소-예약 명수, 8), (숙소-가격대, dontcare)]

r_4 네. 확인 감사합니다. 숙박을 원하시는 요일과 기간 같이 확인 부탁드립니다.

u_4 아. 중요한 걸 깜빡했네요. 일요일에 2일간 예약하고 싶습니다.

B_4 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes), (숙소-예약 명수, 8), (숙소-가격대, dontcare), (숙소-예약 요일, 일요일), (숙소-예약 기간, 2)]

$D_t = (r_1, u_1, r_2, u_2, \dots, r_t, u_t)$

Input: t-번째 턴까지의 Dialogue Context

(한 턴은 각각 system response r과 user utterance u로 이루어져 있다.)

+ a

$B_t = \left\{ \left(S^j, V_t^j \right) \mid 1 \leq j \leq J \right\}$

Output: t-번째 턴까지 추정되는 Dialogue State

2.1 Dialogue State (Tracking)

Objective

$$\prod_{t=1}^T \prod_{i=1}^J p\left(V_t^j \mid D_t, S^j\right)$$

$$D_t = (r_1, u_1, r_2, u_2, \dots, r_t, u_t)$$

Input: t-번째 턴까지의 Dialogue Context

(한 턴은 각각 system response r과 user utterance u로 이루어져 있다.)

+ a

$$B_t = \left\{ (S^j, V_t^j) \mid 1 \leq j \leq J \right\}$$

Output: t-번째 턴까지 추정되는 Dialogue State

2.2 Evaluation Metrics

- **Joint Goal Accuracy (JGA)**: 예측한 B_t 와 Ground Truth B_t 사이의 Exact Matching
- **Slot Accuracy (SA)**: B_t 간의 비교가 아닌 개별 Slot j 의 pairs (s^j, v_t^j) level의 Accuracy

Turn	Dialogue	Pred B_t (Model Output at Turn t)	Ground Truth B_t
1	U: i am planing a trip to cambridge and i need ideas on a place i can go in the centre	attraction-area-centre	attraction-area-centre
2	A: there is much to choose from in the centre . there are several architecture attractions to explore , boats and swimming , colleges , museums , parks , theatres and even nightclubs . U: what do you recommend ?	attraction-area-centre	attraction-area-centre
3	A: i recommend whipple museum of the history of science . it s educational and free ! U: okay that sounds fun .	attraction-area-centre attraction-name-whipple museum of the history of science	attraction-area-centre attraction-name-whipple museum of the history of science
4	A: is there anything else i can help you with today ? U: what can you tell me about the express by holiday inn cambridge ?	attraction-area-centre attraction-name-whipple museum of the history of science hotel-name-express by holiday inn cambridge	attraction-area-centre attraction-name-whipple museum of the history of science hotel-name-express by holiday inn cambridge

2.2 Evaluation Metrics

J의 갯수가 4라고 가정할 때 (Slot A, B, C, D)

	Slot A	Slot B	Slot C	Slot D
Pred	a	b	c	d
Ground Truth	a	b	c	d

- JGA: 1 (Pred 행과, Ground Truth 행의 일치, 하나라도 틀리면 0)
- SA: 1 (열 마다 일치하는지 count(4)하고 4로 평균 = 1)

2.2 Evaluation Metrics

J의 갯수가 4라고 가정할 때 (Slot A, B, C, D)

	Slot A	Slot B	Slot C	Slot D
Pred	b	b	c	d
Ground Truth	a	b	c	d

- JGA: 0 (Pred 행과, Ground Truth 행의 일치, 하나라도 틀리면 0)
- SA: 0.75 (열 마다 일치하는지 count(3)하고 4로 평균 = 0.75)

2.2 Evaluation Metrics

J의 갯수가 4라고 가정할 때 (Slot A, B, C, D)

	Slot A	Slot B	Slot C	Slot D
Pred	b	b	d	d
Ground Truth	a	b	c	d

- JGA: 0 (Pred 행과, Ground Truth 행의 일치, 하나라도 틀리면 0)
- SA: 0.5 (열 마다 일치하는지 count(2)하고 4로 평균 = 0.5)

3.

Properties of DST

쉽게 떠올릴 수 있는 Slot Value Extraction approach와의 비교를 통해 DST라는 Task가 가지는 속성을 알아봅니다.

3.1 Slot Extraction vs DST

	NLU (slot Extractor)	DST
Input	Dialogue Context	Dialogue Context, slot value, slot type, ...
Model's goal	Extract slot value from the input	Estimate all slot values of Predefined slots
Tracking abstractive slot value	X	O
Utilizing Ontology	X	O/X
Handling ASR error	X	O
Handling State update	X	O

3.2 DST as Entity Extraction

Using BIO tags

r_2 네. 안녕하세요. 무엇을 도와드릴까요?

u_2 서울 중앙에 위치한 호텔을 찾고 있습니다. 외국인 친구도 함께 갈 예정이라서 원활하게 인터넷을 사용할 수 있는 곳이었으면 좋겠어요.

[..., '서울', '중앙', '에', '위치', '한', '호텔', '을', '찾', '고', '있', '습니다', '.', ..., '인터넷', '을', '사용', '할', '수', '있', '는', '곳', '이', '었', '으면', '좋', '겠', '어요', '.']

[..., 'B-Hotel_Area', 'I-Hotel_Area', 'O', 'O', 'O', 'B-Hotel_Type', 'O', 'O', 'O', 'O', 'O', 'O', ..., 'B-Hotel_Internet',]

B_2 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-인터넷 가능, yes)]



Abstractive한 속성을 지니는 Boolean Type의 Slot이나 "dontcare"나 "none"과 같은 Special한 Case를 처리하기 위한 추가적인 후처리가 필요하다

3.3 Entity Typing & Identification

r_2 네. 안녕하세요. 무엇을 도와드릴까요?
 u_2 서울 중앙에 위치한 호텔을 찾고 있습니다. 저희 여덟명인데요.

[..., '서울', '중앙', '에', '위치', '한', '호텔', '을', '찾', '고', '있', '습니다', '.', '저희', '여덟', '명', '인', '데요', '.']

[..., 'B-Hotel_Area', 'I-Hotel_Area', 'O', 'O', 'O', 'B-Hotel_Type', 'O', 'O', 'O', 'O', 'O', 'O', 'O', 'O', 'B-Hotel_Num_People', 'I-Hotel_Num_People', ...]

B_2 [(숙소-지역, 서울 중앙), (숙소-종류, 호텔), (숙소-예약 명수, 8)]

즉, Entity의 typing과 Identification을 동시에 해야 하는 문제이기도 하다

typing: 여덟명/숙소-예약 명수

Identification: 여덟명 => 8

3.4 Decision making based on Context

r_1
 u_1 안녕하세요. 저희 호시탐탐이었나? 무튼 그런 이름을 가진 숙소를 찾고 있는데요

r_2 혹시 서울 북쪽에 위치한 호시탐탐 말씀이신가요?
 u_2 아 맞아요 거기에요!

B_2 [(숙소-지역, 서울 북쪽), (숙소-이름, 호시탐탐)]

r_2 혹시 서울 북쪽에 위치한 호시탐탐 말씀이신가요?
 u_2 아니 그게 북쪽에 있는게 아닌데요... 서울 남쪽에 있어요.

B_2 [(숙소-지역, 서울 남쪽)]

또한 Slot에 대한 판단이 여러 턴에 걸쳐 결정되기도 한다.

3.5 State Update

r_1

u_1 안녕하세요. 적당한 가격대의 숙소 있나요? 스파도 있으면 좋거든요?

B_1 [(숙소-가격대, 적당), (숙소-스파 유무, yes)]

r_2 네 죄송하지만 스파를 제공하지만 적당한 가격대의 숙소는 없습니다. 다른 곳으로 찾아보시겠어요?

u_2 흠..! 그럼 좀 비싸도 좋으니 찾아봐줘요.

B_2 [(숙소-가격대, 비싼), (숙소-스파 유무, yes)]

r_3 가야 호텔 어떠세요? 스파를 제공하는 비싼 가격대의 호텔입니다.

u_3 오 좋은데요? 예약해줘요

B_3 [(숙소-가격대, 비싼), (숙소-스파 유무, yes), (숙소-이름, 가야 호텔), (숙소-종류, 호텔)]

매 턴마다 Slot의 value를 추론하기 때문에,
value의 변화 즉, State의 Update도 담당해야 한다.

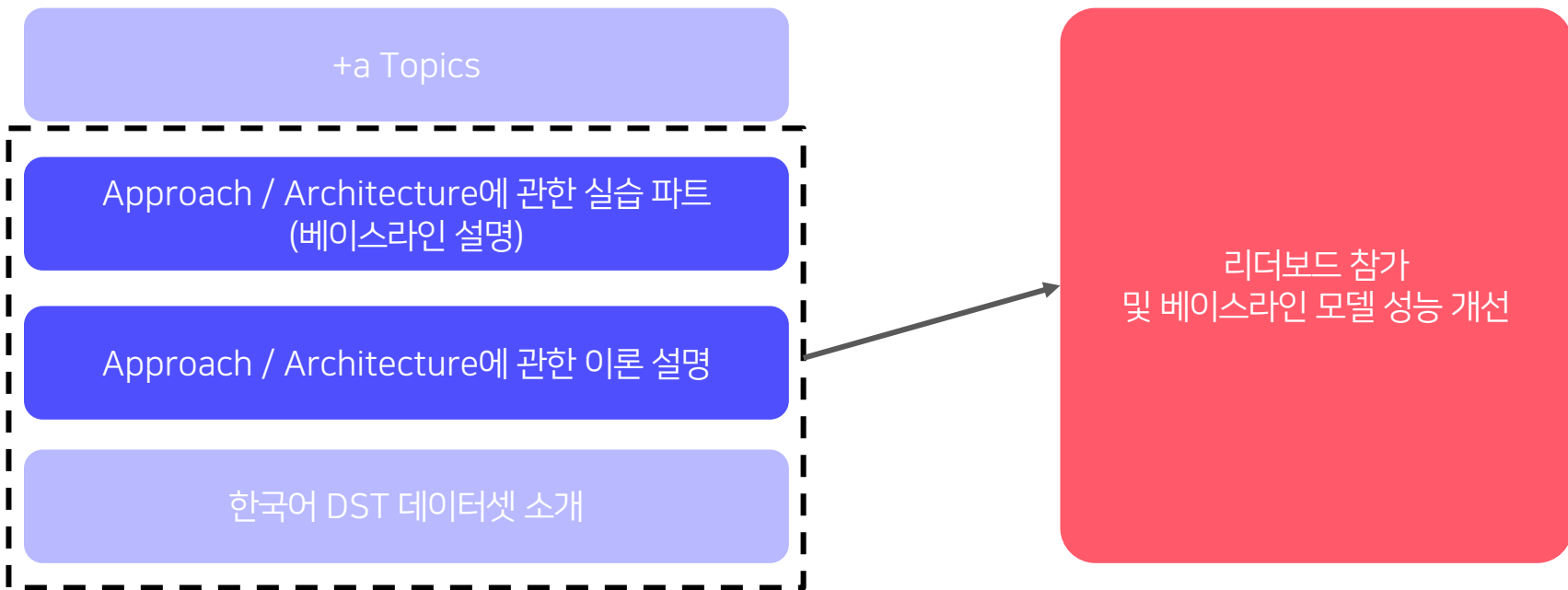
4.

강의 진행 방식

본 강의에서 앞으로 다루게 될 내용 및 강의 진행 방식을 간략히 소개합니다.

학습 목표:

캠퍼분들의 DST라는 Task의 이해, 리더보드의 완수



End of Document
Thank You.