

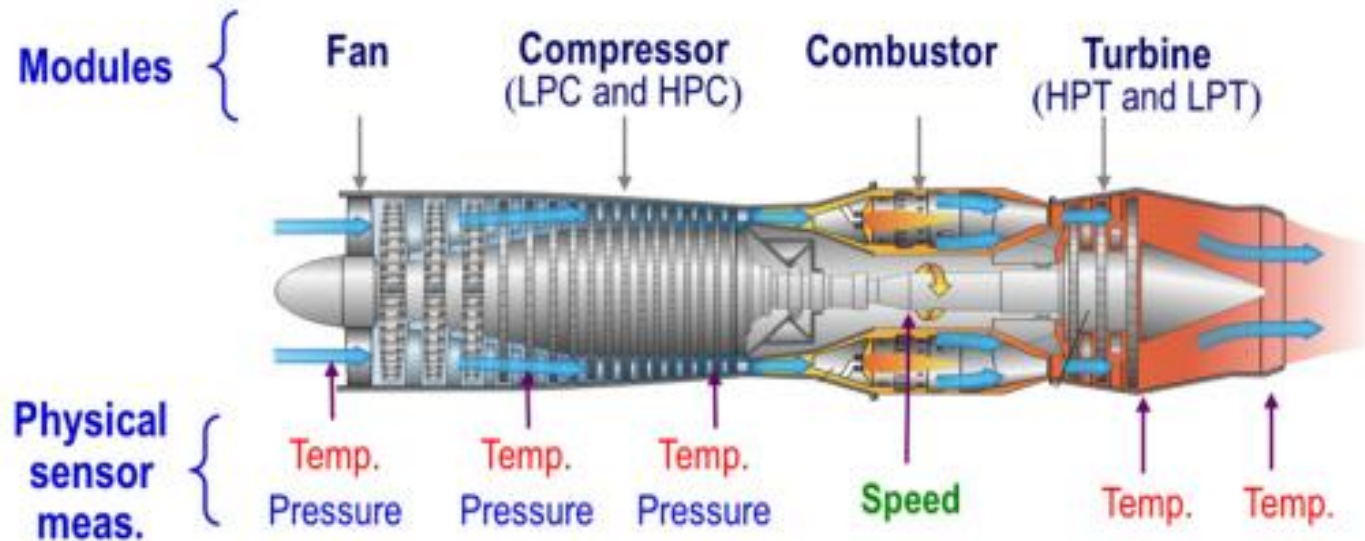
# 도메인 조사 : C-MAPSS datasets

C-MAPSS Datasets	FD001	FD002	FD003	FD004
Engine Models for Training	100	260	100	249
Engine Models for Testing	100	259	100	248
Simulation Conditions	1	6	1	6
Fault Modes	1	1	2	2

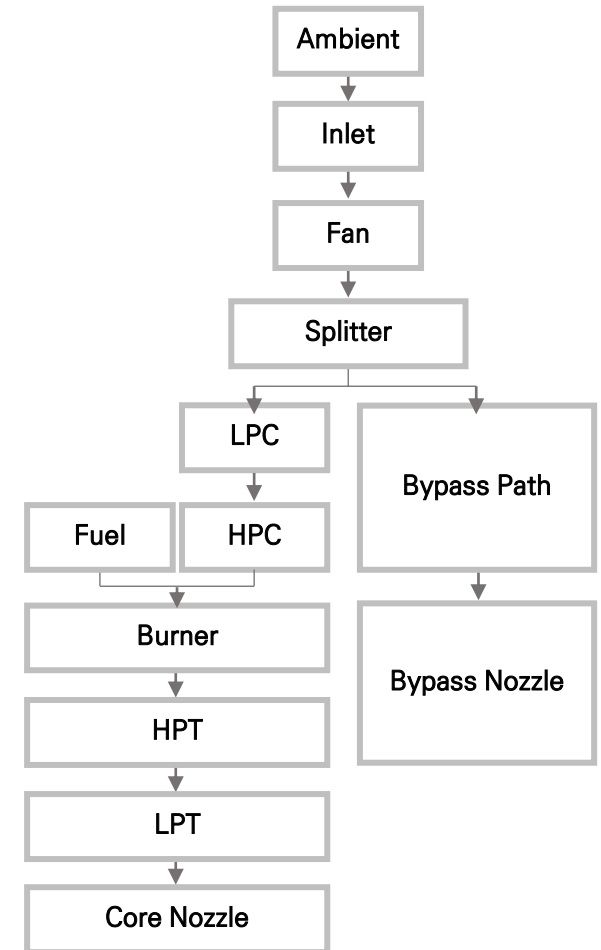
- FD001~FD004 : 비슷한 유형의 각기 다른 터빈 엔진
- Engine Models for Training : Run-to-failure 데이터
- Engine Models for Testing : 시계열 데이터 수집 중, 중간에 끊은 데이터
- Conditions : 상업용 제트기 탑승 시 기록된 실제 비행 조건을 고려(최대 6개)
- Fault Modes : 열화 유형 (HPC Degradation, Fan Degradation)
- Features : 설비ID, 설비 사이클, 작동 설정값 3개(마하 수, 고도, TRA), 센서 측정값 21개(노이즈 포함 → 정규화 필요)

# 도메인 조사 : 가스터빈 엔진의 원리

- 가스터빈 엔진은 팬(FAN), 저압 컴프레서(LPC), 고압 컴프레서(HPC), 저압 터빈(LPT) 및 고압 터빈(HPT)의 5가지 모듈을 포함하고 있음
- 엔진 성능을 모니터링하기 위해 엔진 주변에는 속도, 온도 및 압력을 측정하는 21개의 온보드 센서가 부착됨
- 오른쪽 흐름도는 터빈엔진의 작동원리를 보여줌(Fan → LPC → HPC → HPT → LPT → Nozzle)



〈Turbine Engine 모델의 주요요소〉



# 도메인 조사 : 가스터빈 엔진의 원리



- 가스터빈 엔진의 원리에 대한 자세한 참고 영상
- <https://www.youtube.com/watch?v=KjiUUJdPGX0>

# 도메인 조사 : C-MAPSS datasets의 센서 데이터

Parameters available to participants as sensor data		
Symbol	Description	Units
T2	Total temperature at fan inlet	°R
T24	Total temperature at LPC outlet	°R
T30	Total temperature at HPC outlet	°R
T50	Total temperature at LPT outlet	°R
P2	Pressure at fan inlet	psia
P15	Total pressure in bypass-duct	psia
P30	Total pressure at HPC outlet	psia
Nf	Physical fan speed	rpm
Nc	Physical core speed	rpm
epr	Engine pressure ratio (P50/P2)	-
Ps30	Static pressure at HPC outlet	psia
phi	Ratio of fuel flow to Ps30	pps/psi
NRf	Corrected fan speed	rpm
NRc	Corrected core speed	rpm
BPR	Bypass Ratio	-
farB	Burner fuel-air ratio	-
htBleed	Bleed Enthalpy	-
Nf_dmd	Demanded fan speed	rpm
PCNfR_dmd	Demanded corrected fan speed	rpm
W31	HPT coolant bleed	lbm/s
W32	LPT coolant bleed	lbm/s

- 시뮬레이션 데이터의 센서변수와, 설명서의 변수 순서가 일치함을 plot을 찍어서 확인함

- 주요 단어 정리
  - ✓ inlet : 입구
  - ✓ outlet : 출구
  - ✓ °R : 랭킨 온도 척도
  - ✓ psia : 파운드/제곱인치 절대값
  - ✓ rpm : 분당 회전
  - ✓ pps : 펄스/초
  - ✓ psi : 파운드/제곱인치
  - ✓ lbm/s : 파운드 질량/초

# 도메인 조사 : 열화 유형

Simulate different degradation scenarios	
Name	Symbol
Fuel flow	$W_f$
Fan efficiency modifier	fan_eff_mod
Fan flow modifier	fan_flow_mod
Fan pressure-ratio modifier	fan_PR_mod
LPC efficiency modifier	LPC_eff_mod
LPC flow modifier	LPC_flow_mod
LPC pressure-ratio modifier	LPC_PR_mod
HPC efficiency modifier	HPC_eff_mod
HPC flow modifier	HPC_flow_mod
HPC pressure-ratio modifier	HPC_PR_mod
HPT efficiency modifier	HPT_eff_mod
HPT flow modifier	HPT_flow_mod
LPT efficiency modifier	LPT_eff_mod
HPT flow modifier	LPT_flow_mod

- 다양한 열화 시나리오 확인
- Fan/LPC/HPC/HPT/LPT에 대한 열화 유형

# 도메인 조사 : EDA 목적 설정

- C-MAPSS 데이터는 엔진별로 고장 유형이 정해져있음
- 따라서, 고장 유형에 따른 주요 변수만을 추출하여 RUL 예측을 실시할 계획을 함
- 그러나, 고장시점까지 시간이 지날수록 모든 변수들간의 상관관계가 높아지는 것을 파악(전 과정이 인과관계가 존재)  
→ 특정 변수만을 추출하여 Degradation값을 추출하는 것 보단, 모든 변수를 사용해야할 것으로 판단
- 팬, 압축기, 연소실 그리고 터빈이 동시에 통합적으로 작동하여 항공기를 움직이게 함

Data Set	Falut Modes
FD001	HPC Degradation
FD002	HPC Degradation
FD003	HPC Degradation, Fan Degradation
FD004	HPC Degradation, Fan Degradation

