

E-CRP DB Frame 설계 문서

Part 1. 기능명세서

1. 개요

1.1 시스템 목적

CRP(Contra-Rotating Propeller) 계열화 데이터 관리를 위한 데이터베이스 관리 시스템 구축

1.2 주요 목표

- CRP 계열화 데이터 관리를 위한 데이터베이스 관리 도구 선정
- CRP 운용조건, 해석방법(포텐셜, CFD), 해석조건 등에 따른 분류 항목 선정
- DB 분류 항목별 가시성 확보를 위한 화면 구축

1.3 결과리포트 (CFD DB Record)

CFD 해석 결과를 기록하고 EFD(실험) 데이터와 비교 분석한 내용 출력

1.3.1 CFD DB Record 예시

Case 1 : R-K-E_J0.2~0.9

Propeller	성능해석방법	Density	Viscosity	Reynold Number	RPS		RPS Ratio
					After	Forward	
KP1711	CFD	998.05	0.00015	5.0E-6	20	16	1.25

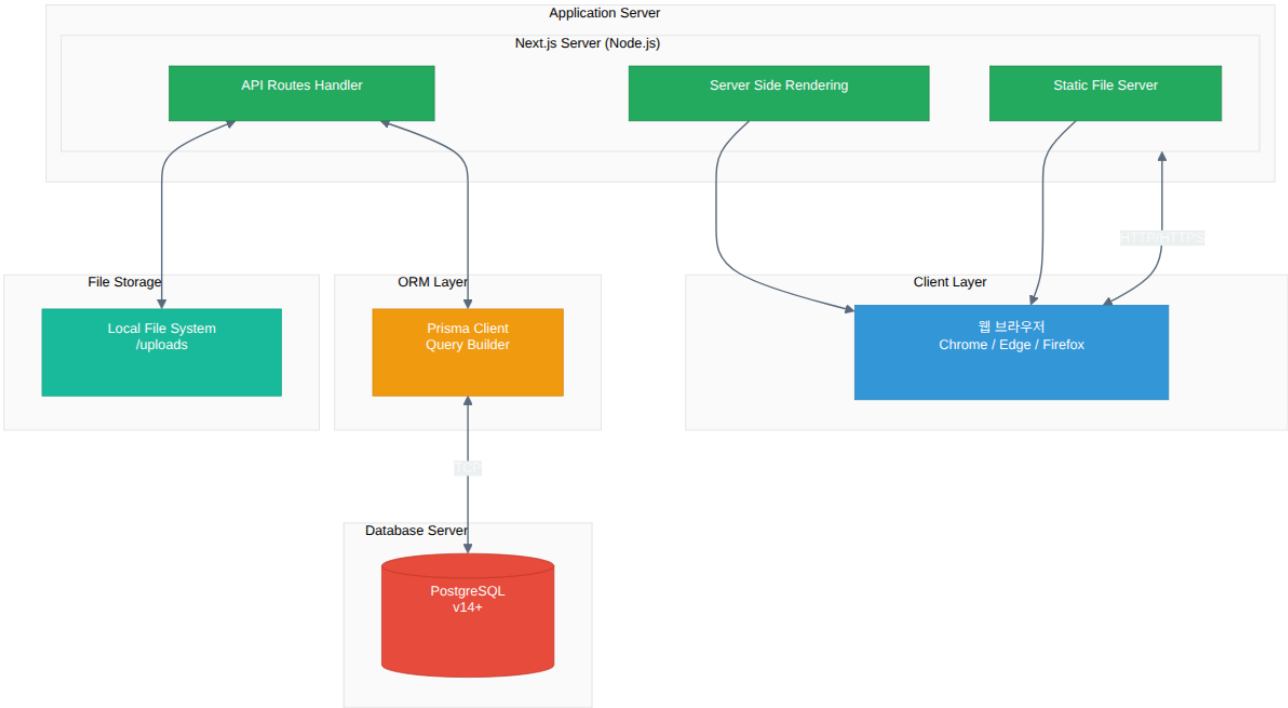
Method	Setting Value	Program Ver.	해석 파일명	해석결과
RANS / URANS / LES	KP1711_set.txt	STAR-CCM+ 16.06	CRP_J0.2_rps3@20000	Pressure / Wake / Graph

EFD				EFD vs CFD1(Ref.)									
J	KT	10KQ	ETAO	J	Vin	THRUST	KT	Diff(%)	TORQUE	10KQ	Diff(%)	ETAO	Diff(%)
0.2	0.4536	0.662	0.218	0.2	0.8	436.768	0.437425	-3.57%	15.6413	0.62692	-5.30%	0.222213	1.93%
0.3	0.4004	0.5943	0.322	0.3	1.2	387.468	0.38805	-3.08%	14.1591	0.567215	-4.56%	0.326649	1.44%
0.4	0.3452	0.5252	0.418	0.4	1.6	336.292	0.336797	-2.43%	12.634	0.506119	-3.63%	0.423639	1.35%
0.5	0.2903	0.457	0.506	0.5	2	284.369	0.284796	-1.90%	11.0866	0.444413	-2.82%	0.510386	0.85%
0.6	0.2369	0.3905	0.579	0.6	2.4	231.848	0.232196	-1.98%	9.50042	0.380588	-2.54%	0.582601	0.62%

EFD				EFD vs CFD1(Ref.)									
0.7	0.1848	0.3245	0.634	0.7	2.8	179.708	0.179978	-2.61%	7.87558	0.315496	-2.77%	0.635541	0.24%
0.8	0.1323	0.2559	0.658	0.8	3.2	127.513	0.127705	-3.47%	6.18459	0.247755	-3.18%	0.65629	-0.26%
0.9	0.0767	0.1798	0.611	0.9	3.6	73.9846	0.074206	-3.40%	4.34681	0.174133	-3.15%	0.6095	-0.25%

실험 값을 기준으로 CFD1(Ref.)의 KT, KQ는 낮게 추정되며 편차가 낮은 0.2에서 최대 5.35% 낮은 결과를 보임

1.4 서비스 구성도



2. 기능 요구사항

2.1 프로펠러 설계 및 모델링 DB 관리

2.1.1 유저 직접입력 항목

항목명	데이터 타입	예시	설명
프로펠러 이름	String	KP1711	프로펠러 식별자
날개수	Value (Integer)	4	프로펠러 날개 개수
사용단면	String	NACA 66 mod	프로펠러 단면 형상
사용단면 파일 유무	String	O, X	단면 파일 존재 여부
회전방향	String	Right, Left	프로펠러 회전 방향

항목명	데이터 타입	예시	설명
Power Ratio	String	5:5, 4:6	전후 프로펠러 출력 비율
스케일 비율	Value (Float)	42.063	모델 스케일 비율
Offset 파일 유무	String	O, X	Offset 파일 존재 여부
프로펠러 직경	Value	0.25 m	프로펠러 직경
반경 방향 개수	Value	11 ea	r/R 개수
Hub Ratio	Value	0.2	프로펠러 직경 대비 허브 비
확장 면적비	Value	0.561	프로펠러 날개 면적 비율

2.1.2 파일 업로드 항목 (총 7개)

파일 종류	확장자	호환 형식	설명
Offset 파일	.dat	.txt 호환	프로펠러 오프셋 데이터
사용단면 파일	.blk	.txt 호환	단면 형상 데이터
형상 사진	.jpg	-	Top, Front, Side 뷰 이미지
제작도면 파일	.jpg	-	프로펠러 제작 도면
Propeller Geometry Data	.out	.txt 호환	프로펠러 형상 데이터
형상 정보 파일	.csv	-	형상 정보 스프레드시트
형상 파일	.igs, .stl, .stp	-	3D CAD 형상 파일

2.2 성능해석 DB 관리

2.2.1 유저 직접입력 항목 - Input

항목명	데이터 타입	예시	계산식/설명
Analysis Method	Value (Float)	EFD / CFD / Potential	성능해석 방식 설정
Density	Value (Float)	998.05	유체 밀도
Viscosity	Value (Float)	0.00015	동점성 계수
After RPS	Value (Float)	15	후방 프로펠러 회전수
Forward RPS	Value (Float)	20	전방 프로펠러 회전수
RPS Ratio	Value (Float)	0.75	After RPS / Forward RPS
Reynolds Number	Value (Float)	0.000011	Density × Velocity × Diameter / Viscosity
J (Advance Coefficient)	Value (Float)	0.2	전진계수
Velocity	Value (Float)	0.062	J × Forward RPS × Forward Diameter

2.2.2 유저 직접입력 항목 - Output

항목명	데이터 타입	예시	설명
Thrust	Value (Float)	120.12	추력
Torque	Value (Float)	6.83	토크
KT	Value (Float)	0.9275	추력 계수
10KQ	Value (Float)	1.7802	토크 계수 ($\times 10$)
η_O	Value (Float)	0.1659	프로펠러 효율
Method	String	Lag K-e, K-w	해석 방법 (RANS/URANS/LES)

2.2.3 파일 업로드 항목 (총 4개)

파일 종류	확장자	설명
해석결과 (Pressure)	.png	압력 분포 시각화 이미지
해석결과 (Wake)	.png	유동장(Wake) 시각화 이미지
해석결과 (Graph)	.png	성능 그래프 이미지 (Turbulent Graph, Force Graph 등)

3. 화면 구성 요구사항

3.1 메인 화면 구성요소

- 1. **SQL 프로그래밍 (DB 논리모델)**: 데이터베이스 구조 관리
- 2. **DB Case Table**: 프로펠러 케이스별 데이터 테이블 뷰
- 3. **DB Record**: 성능해석 결과 기록 관리
- 4. **DB Analytics**: 성능해석 분석 및 시각화

3.2 시각화 요소

- Blade Mesh 시각화
- Pressure 분포 시각화 (J 값별)
- Turbulent Graph
- Rotating propeller force Graph

4. 데이터 분류 체계

4.1 분류 기준

- **운용조건**: 운용 환경 및 조건별 분류
- **해석방법**: 포텐셜 해석, CFD 해석
- **해석조건**: Method, Setting Value File, Program ver., 파일명, 해석결과 등

4.2 Case 관리 구조

공통항목

항목명	데이터 타입	예시	
Propeller	String	KP1711	
Analysis Method	String	EFD / CFD / Potential	
Density	Value (Float)	998.05	
Viscosity	Value (Float)	0.00015	
Reynold Number	Value (Float)	5.0E-6	
RPS	Value (Float)	After	Forward
		20	16
RPS Ratio	Value (Float)	1.25	

성능해석 방법에 따른 추가항목 (CFD)

항목명	데이터 타입	확장자	예시
Method	String		RANS / URANS / LES
Setting Value		.txt	KP1711_Set
Program Ver.	String		STAR-CCM+ 16.06
해석 파일명	String		CRP_J0.2_rps3@20000
해석결과		.png	Pressure / Wake / Graph

성능해석 방법에 따른 추가항목 (Potential)

항목명	데이터 타입	확장자	예시
Program	String		인하대 코드
해석 파일명	String		CRP_J0.2_Potential_Inha

5. 데이터 검증 요구사항

5.1 EFD vs CFD 비교

- KT, 10KQ, ETAO 값의 EFD (실험) 대비 성능해석 차이율 (%) 계산
- 기준값 대비 오차 범위 검증

5.2 계산값 자동 산출

- $RPS\ Ratio = After\ RPS / Forward\ RPS$
- $Reynolds\ Number = Density \times Velocity \times Diameter / Viscosity$
- $Velocity = J \times Forward\ RPS \times Forward\ Diameter$

6. 기술 스택 (권장)

구분	기술
Database	PostgreSQL
Backend	NextJS
Frontend	NextJS
파일 저장	Object Storage

7. 부록

7.1 파일 형식 상세

Offset 파일 (.dat) 구조 예시

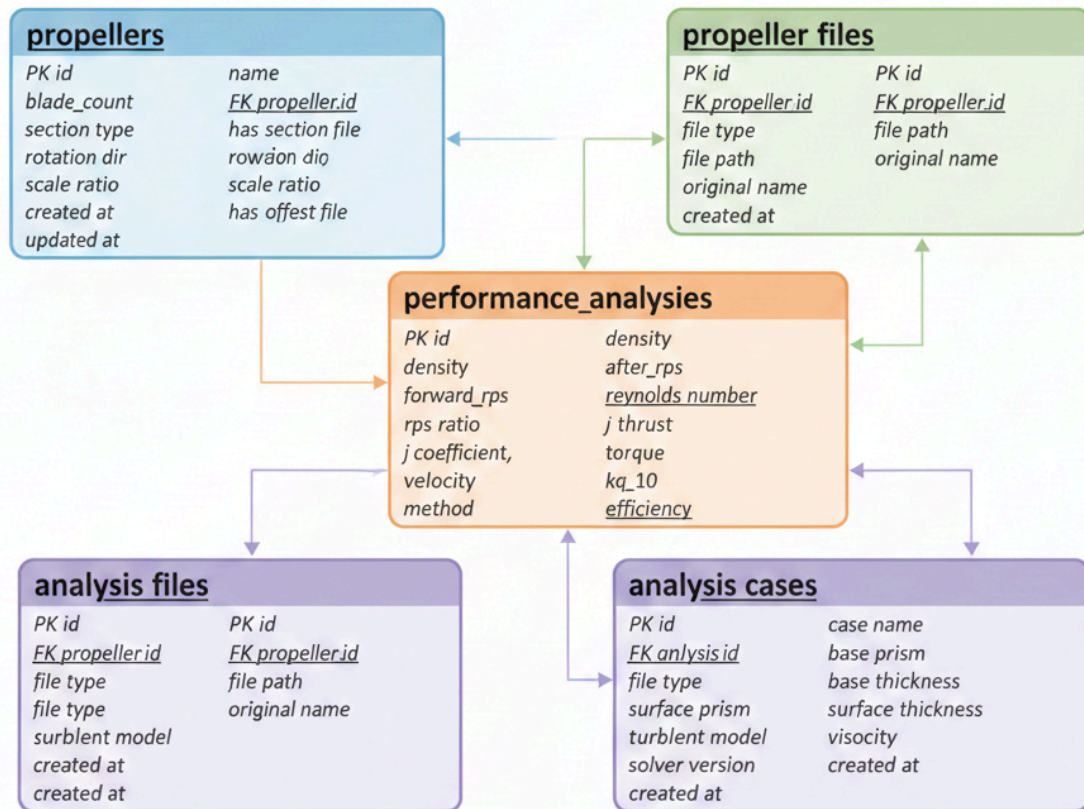
```
CRP_After_2009
4 1 11 0
42.063790.000 0.200 0.699 1.078
160.000158.000158.000 20.000 57.500 75.000
0.200 0.250 0.300 0.400 0.500 0.600 0.700 0.800 0.900 0.950 1.000
...
```

사용단면 파일 (.blk) 구조 예시

```
Number of Total Section Profile(1999. 09. 20)
1
C= IsecT=0 ===== 1997. 05. 00 =====C
NACA66
Comment | NACA66 Thickness+a=0.8 Meanline Camber modified T.E. at KRISO
DATA XL_G
0.0000 0.0100 0.0250 0.0500 0.1000 0.2000 0.3000 0.4000 0.4500
...
```

Part 2. DB 스키마 설계

8. ERD (Entity Relationship Diagram)



9. 테이블 상세 설계

9.1 propellers (프로펠러 기본 정보)

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
id	SERIAL	PK	고유 식별자
name	VARCHAR(100)	NOT NULL, UNIQUE	프로펠러 이름 (예: KP1711)
blade_count	INTEGER	NOT NULL	날개수
section_type	VARCHAR(50)	NOT NULL	사용단면 (예: NACA 66 mod)
has_section_file	BOOLEAN	DEFAULT false	사용단면 파일 유무

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
rotation_direction	VARCHAR(10)	NOT NULL	회전방향 (RIGHT/LEFT)
power_ratio	VARCHAR(10)	NOT NULL	Power Ratio (예: 5:5, 4:6)
scale_ratio	DECIMAL(10,4)	NOT NULL	스케일 비율
has_offset_file	BOOLEAN	DEFAULT false	Offset 파일 유무
created_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	생성일시
updated_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	수정일시
propeller_dia.	DECIMAL(10, 4)	NOT NULL	프로펠러 직경 (단위: m, 예: 0.25)
num_section	INTEGER	NOT NULL	반경 방향 개수 (r/R 개수, 예: 11)
hub_ratio	DECIMAL(10, 4)	NOT NULL	Hub Ratio (직경 대비 허브 비율, 예: 0.2)
ae_a0	DECIMAL(10, 4)	NOT NULL	확장 면적비 (Ae/A0, 예: 0.561)

9.2 propeller_files (프로펠러 파일)

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
id	SERIAL	PK	고유 식별자
propeller_id	INTEGER	FK, NOT NULL	프로펠러 참조
file_type	VARCHAR(30)	NOT NULL	파일 유형
file_path	VARCHAR(500)	NOT NULL	저장 경로
original_name	VARCHAR(255)	NOT NULL	원본 파일명
file_size	BIGINT		파일 크기 (bytes)
created_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	업로드일시

file_type ENUM 값:

- OFFSET - Offset 파일 (.dat)
- SECTION - 사용단면 파일 (.blk)
- IMAGE_TOP - 형상 사진 (top)
- IMAGE_FRONT - 형상 사진 (front)
- IMAGE_SIDE - 형상 사진 (side)
- DRAWING - 제작도면 파일
- GEOMETRY_DATA - Propeller Geometry Data (.out)
- GEOMETRY_INFO - 형상 정보 파일 (.csv)
- CAD_IGS - 형상 파일 (.igs)
- CAD_STL - 형상 파일 (.stl)
- CAD_STP - 형상 파일 (.stp)

9.3 performance_analyses (성능해석)

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
id	SERIAL	PK	고유 식별자
propeller_id	INTEGER	FK, NOT NULL	프로펠러 참조
density	DECIMAL(12,6)	NOT NULL	밀도
viscosity	DECIMAL(12,8)	NOT NULL	점성 계수
after_rps	DECIMAL(10,4)	NOT NULL	후방 RPS
forward_rps	DECIMAL(10,4)	NOT NULL	전방 RPS
rps_ratio	DECIMAL(6,4)		계산값: after_rps / forward_rps
reynolds_number	DECIMAL(15,8)		레이놀즈 수
j_coefficient	DECIMAL(6,4)	NOT NULL	전진계수 (J)
velocity	DECIMAL(12,6)		계산값: $J \times \text{Forward RPS} \times \text{Forward Diameter}$
thrust	DECIMAL(12,4)		추력 (Output)
torque	DECIMAL(12,4)		토크 (Output)
kt	DECIMAL(8,6)		추력 계수 (Output)
kq_10	DECIMAL(8,6)		토크 계수 $\times 10$ (Output)
efficiency	DECIMAL(8,6)		효율 η_O (Output)
method	VARCHAR(50)		해석 방법 (RANS/URANS/LES)
created_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	생성일시

9.4 analysis_files (해석 결과 파일)

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
id	SERIAL	PK	고유 식별자
analysis_id	INTEGER	FK, NOT NULL	성능해석 참조
file_type	VARCHAR(30)	NOT NULL	파일 유형
file_path	VARCHAR(500)	NOT NULL	저장 경로
original_name	VARCHAR(255)	NOT NULL	원본 파일명
file_size	BIGINT		파일 크기 (bytes)
created_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	업로드일시

file_type ENUM 값:

- `PRESSURE` - 해석결과 (Pressure)
- `WAKE` - 해석결과 (Wake)
- `GRAPH_TURBULENT` - Turbulent Graph
- `GRAPH_FORCE` - Rotating propeller force Graph

9.5 analysis_cases (해석 케이스)

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
id	SERIAL	PK	고유 식별자
analysis_id	INTEGER	FK, NOT NULL	성능해석 참조
case_name	VARCHAR(100)	NOT NULL	케이스명 (예: R-K-E_J0.2~0.9)
base_prism	INTEGER		Default Control - Number Prism
base_thickness	DECIMAL(6,4)		Default Control - Total Thickness
surface_prism	INTEGER		Surface Control - Number Prism
surface_thickness	DECIMAL(6,4)		Surface Control - Total Thickness
turbulent_model	VARCHAR(30)		난류 모델 (Lag-K-E 등)
viscosity	DECIMAL(12,8)		점성 계수
solver_version	VARCHAR(50)		솔버 버전 (STAR-CCM+ ver)
created_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	생성일시

9.6 efd_cfd_comparisons (EFD vs CFD 비교)

컬럼명	데이터 타입	제약조건	설명
id	SERIAL	PK	고유 식별자
analysis_id	INTEGER	FK, NOT NULL	성능해석 참조
j_value	DECIMAL(6,4)	NOT NULL	J 값
efd_kt	DECIMAL(8,6)		EFD KT
efd_kq_10	DECIMAL(8,6)		EFD 10KQ
efd_eta	DECIMAL(8,6)		EFD ETAO
cfd_kt	DECIMAL(8,6)		CFD KT
cfd_kq_10	DECIMAL(8,6)		CFD 10KQ
cfd_eta	DECIMAL(8,6)		CFD ETAO
kt_diff_percent	DECIMAL(8,4)		KT 차이율(%)
kq_diff_percent	DECIMAL(8,4)		10KQ 차이율(%)
eta_diff_percent	DECIMAL(8,4)		ETAO 차이율(%)
created_at	TIMESTAMP	DEFAULT NOW()	생성일시

10. 인덱스 설계

테이블	인덱스명	컬럼	타입
propellers	idx_propellers_name	name	UNIQUE
propeller_files	idx_propeller_files_pid	propeller_id	BTREE
propeller_files	idx_propeller_files_type	file_type	BTREE
performance_analyses	idx_analyses_pid	propeller_id	BTREE
performance_analyses	idx_analyses_j	j_coefficient	BTREE
analysis_files	idx_analysis_files_aid	analysis_id	BTREE
analysis_cases	idx_cases_aid	analysis_id	BTREE
efd_cfd_comparisons	idx_comparisons_aid	analysis_id	BTREE

11. 제약조건

11.1 CHECK 제약조건

```
-- propellers
CHECK (blade_count > 0)
CHECK (rotation_direction IN ('RIGHT', 'LEFT'))
CHECK (scale_ratio > 0)

-- performance_analyses
CHECK (density > 0)
CHECK (viscosity > 0)
CHECK (after_rps > 0)
CHECK (forward_rps > 0)
CHECK (j_coefficient >= 0)
```

11.2 외래키 제약조건

- propeller_files.propeller_id → propellers.id (ON DELETE CASCADE)
- performance_analyses.propeller_id → propellers.id (ON DELETE CASCADE)
- analysis_files.analysis_id → performance_analyses.id (ON DELETE CASCADE)
- analysis_cases.analysis_id → performance_analyses.id (ON DELETE CASCADE)
- efd_cfd_comparisons.analysis_id → performance_analyses.id (ON DELETE CASCADE)