

# 경험을 통한 공정 최적화 S/W: Ultramax 소개자료

공급사: (주)에이피에스티

2016. 11. 07

# 경험을 통한 공정 최적화 S/W: Ultramax



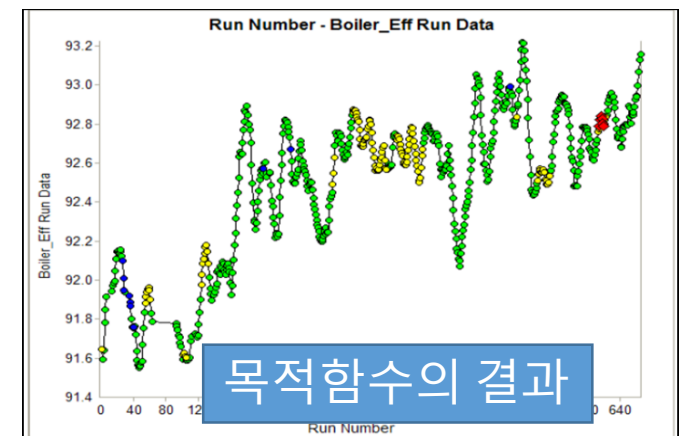
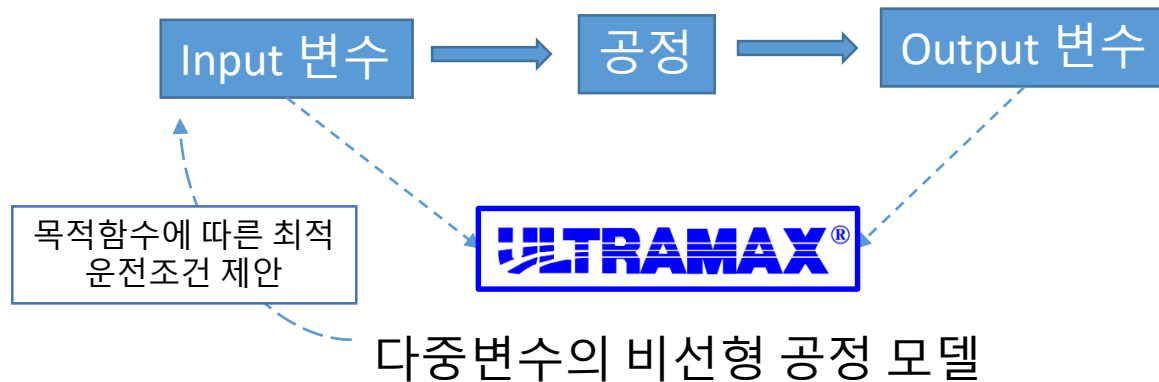
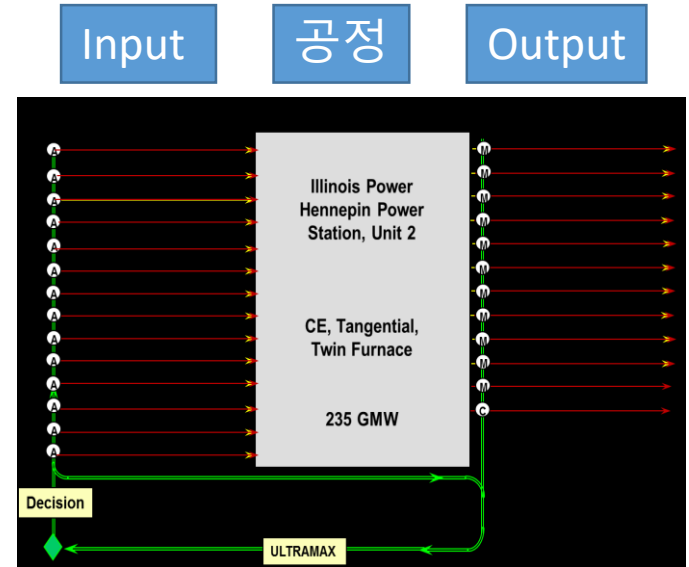
제품명 : Ultramax

제조사 : Ultramax ([www.Ultramax.com](http://www.Ultramax.com), 미국소재)

국내 대리점: (주)에이피에스티 ([www.apstinc.com](http://www.apstinc.com))

특징:

- 통계와 비선형 회귀분석 기법을 통해 공정의 Input 변수와 Output 변수의 상관관계를 도출하여 목적함수(Objective Function)가 최대 또는 최소가 되도록 운전조건(Input)을 계속적으로 찾아주는 Solution.
- 계속적인 학습기능으로 시간이 지날수록 모델의 신뢰도가 증가하며, 공정의 운전특성의 변경시 새로운 최적조건을 도출함.



Boiler Efficiency 의 최적화 사례

# 경험을 통한 공정 최적화 S/W: Ultramax

## 주요 활용 대상:

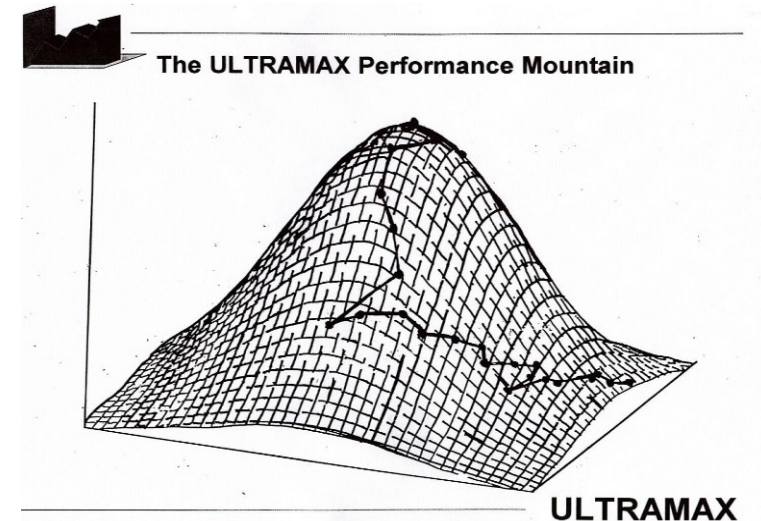
- 공정이 복잡하여 열역학식 등으로 상세 모델 (예, Aspen Plus를 활용한 Simulation 모델)을 구할 수 없는 다중 운전 변수 공정의 최적화 (예, 반응공정)
- 재현성이 좋고 Input의 변화에 대하여 완만하게 변하는 공정 (점진적 최적화 수행, 대부분의 화학공정이 이에 속함.)

## 특장점:

- 쉽게 접근이 가능 (Trial & Error 기법)
- 엔지니어의 Modeling 작업 시간이 매우 짧음
- 사용법 및 절차가 용이
  - Input / Output 선언, 목적함수 선언
  - 변수의 조작범위와 변경폭 선언 (정해진 범위내의 안정적인 조작)
- 범위내 안정적인 운전 (점진적 최적화)

## License 정책:

- 구매/임대 조건 (구매시 년 유지보수비(구매액의 20%) 있음, 선택사항)
- License 종류
  - Offline (수동 입력과 출력)
  - Online 제안용(Online Advisory)
  - Online 최적화용( Online Closed Loop)



# 공정 최적화 Solution 비교



	Ultarmax	공정모사 Tool (예: Aspen Plus)	APC Solution	RTO (Realtime Optimization)
정의	Experimental Realtime / Offline Optimization	Offline Simulation S/W	Online Control & Linear Optimization	Model Based Realtime Optimization
Technology	통계기법 & 비선형 회기분석, Objective Function에 의한 점진적 최적화	열역학 모델 기반의 공정모사	다중변수의 동특성을 고려한 실시간 자동화와 선형최적화	열역학 모델 기반의 실시간 비선형 최적화 Solution
특장점/사용처	<ul style="list-style-type: none"> <li>데이터 중심의 접근방법으로 다중 변수의 점진적 최적화 수행.</li> <li>모델의 자동 Update기능으로 공정 특성의 변경시 새로운 최적 조건 도출</li> <li>저렴하며 다양한 공정에 적용 가능.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공장 설계시 장치의 용량 등의 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외란발생시 다중 변수의 동시 조절을 통한 제어성능 향상 및 제한조건내 선형 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중변수의 운전최적화</li> <li>Data Reconciliation 기능을 갖추고 있으며, 가격변동 등을 고려한 최적화</li> </ul>
단점		<ul style="list-style-type: none"> <li>실공정 특성을 위해 모델 보정해야하며 열역학의 정확한 보정이 어려운 공정에 대하여 최적화에 제한적임.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>동특성의 변화에 따라 Model의 유지보수가 필요함.</li> <li>고가의 설치비와 유지보수비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>열역학식으로 정확히 구현 가능한 공정에만 제한적으로 적용됨.</li> <li>고가의 설치비와 유지보수비 발생</li> </ul>
구축 소요 시간	1개월 미만	1~2 개월	약 6개월	약 1년
가격	1억원 미만(Offline) 2억원 미만 (Online)	연간 임대 사용료	3~5억원	5~10억원
공급사	Ultramax	Aspentech, Schneider, Honeywell	Aspentech, Yokogawa, Honeywell	Aspentech, Schneider

# Ultramax를 이용한 운전최적화 Plan

## 1. 공정 변수의 선언

- **Input 변수 (조작변수, 외란 변수)**
  - Feed 유량, 설정압력, 설정온도 등
- **운전 결과(Output) 변수**
  - 수율, 에너지 사용량, 제품 품질 등
- **목적 변수의 선언**
  - 수율 극대화, 생산량 극대화 등

## 2. 각 변수의 조작범위 설정

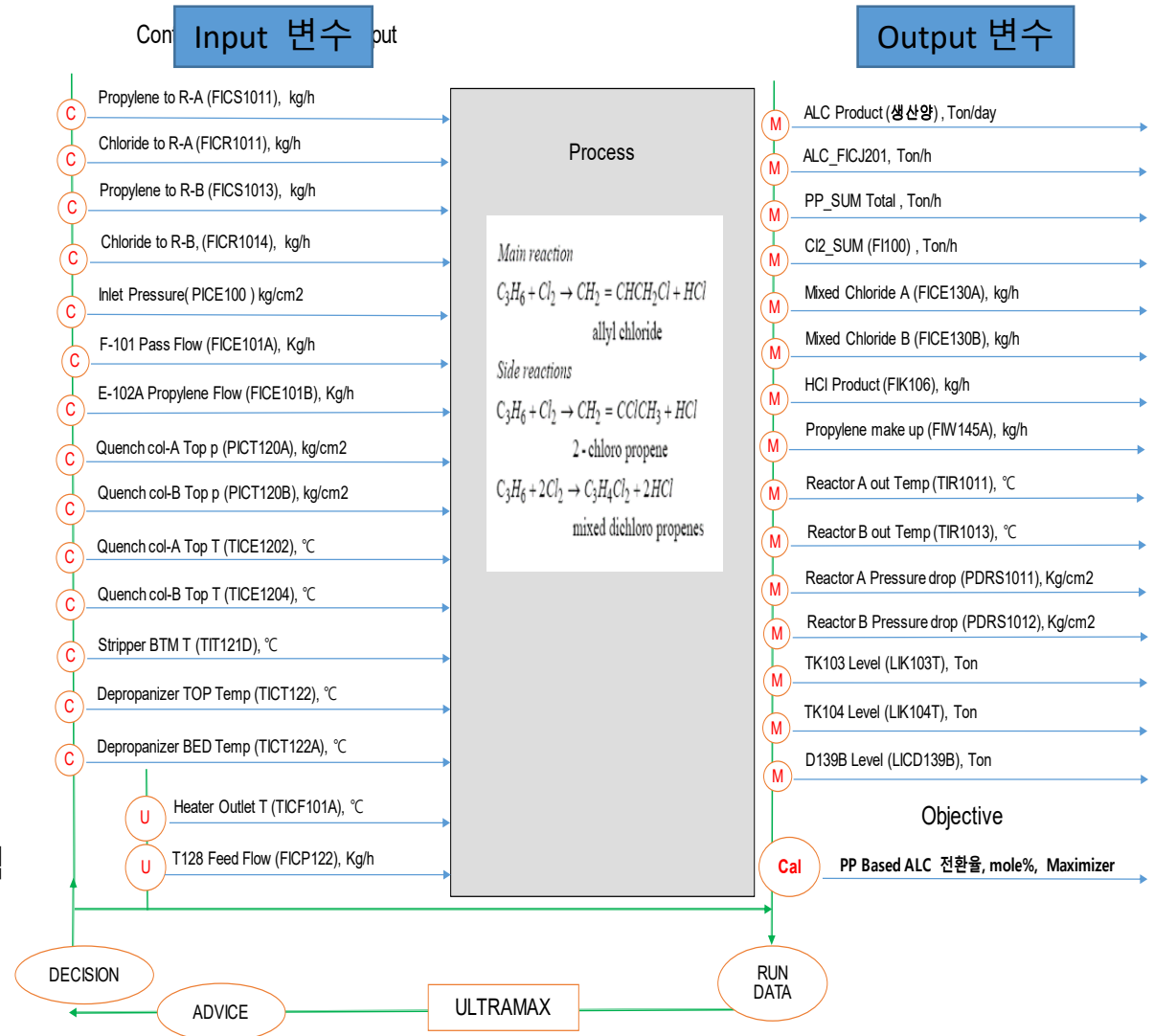
- 최소값 / 최대값 설정
- 매 변경 시 최대 변경 값 설정 (점진적 변경)

## 3. 과거 운전 자료 학습

- Excel 로 정리하여 Import 후 학습

## 4. 추천 값 적용 및 운전결과 입력

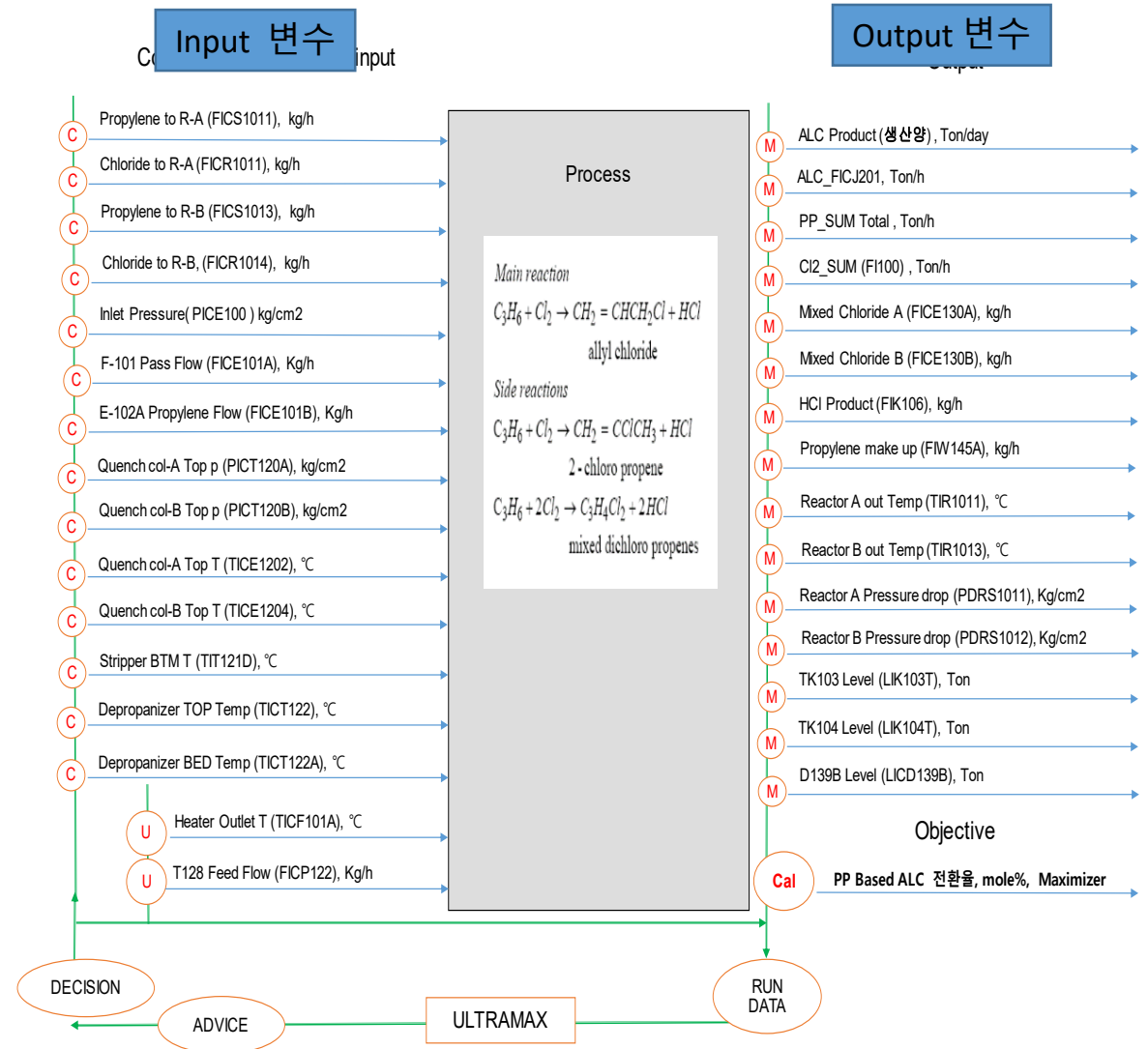
- License에 따라 자동/수동 입력
- 새로운 운전 결과에 따라 내부 모델 자동 Update 됨



# Modeling 과정 – 1. 공정변수의 선언

공정의 특성을 고려하여 운전의 목적함수와 조작변수, 관리 변수를 설정함.

- Input 변수 (조작변수, 외란 변수)
  - Feed 유량, 설정압력, 설정온도 등
- 운전 결과(Output) 변수
  - 수율, 에너지 사용량, 제품 품질 등
- 목적 변수의 선언
  - 수율 극대화, 생산량 극대화 등



# Modeling 과정 - 2. 각 변수의 조작 범위 설정

각 변수별 조작 범위를 설정함.

- Variable Name
- Units : 단위
- Dependency : 상호 의존변수
- Role : Input 또는 Output
- Mode : 측정값 또는 계산값
- MID (Meaningful Input Difference)
  - 변화를 주는 최대값
- Low Constraint
- High Constraint

V#	Variable Name	Units	Dependency	Role	Mode	MID	Low Const.	High Const.
1	Yield(PP)	mole%		Performance Index,Max	Calculated	0.2	70	100
2	Yield(CI2)	mole%		Output	Measured	0.2	73	100
3	RatioA			Output	Measured	0.05	4	5
4	RatioB			Output	Measured	0.05	4	5
5	ALC_Product	Ton/hr		Output	Measured	0.033	2.4	3.3
6	FICJ201	ton/h		Output	Measured	0.033	2.5	3.3
7	PP_SUM	ton/h		Output	Measured	0.094	9.15	9.4
8	FI100	ton/h		Output	Measured	0.038	3.7	3.8
9	FICE130A	kg/h		Output	Measured	5	0	2000
10	FICE130B	kg/h		Output	Measured	7	0	2000
11	FIK106	Ton/h		Output	Measured	0.035	2	3.5
12	FIW145A	Ton/h		Output	Measured	0.025	1.7	2.5
13	PDRS1011	kg/cm2		Output	Measured	0.003	0.2	0.3
14	PDRS1012	kg/cm2		Output	Measured	0.003	0.2	0.3
15	TIR1011	jE		Output	Measured	1	195	215
16	TIR1013	jE		Output	Measured	1	460	485
17	LIK103T	Ton		Output	Measured	0.5	0	70
18	LIK104T	Ton		Output	Measured	0.5	0	70
19	D139B	Ton		Output	Measured	0.5	0	70
20	FICS1011	Ton/h		Input-Adjusted	Measured	0.1	3.8	4800
21	FICR1011	Ton/h		Input-Adjusted	Measured	0.05	1.5	1.9
22	FICS1013	Ton/h		Input-Adjusted	Measured	0.1	3.8	4800
23	FICR1014	Ton/h		Input-Adjusted	Measured	0.05	1.5	1.9
24	PICE100	kg/cm2		Input-Adjusted	Measured	0.1	8.1	8.35
25	F101	Ton/h		Input-Adjusted	Measured	0.1	0	9.4
26	E102A	Ton/h		Input-Adjusted	Measured	0.1	0	9.4
27	PICT120A	kg/cm2		Input-Adjusted	Measured	0.05	1.5	1.7
28	PICT120B	kg/cm2		Input-Adjusted	Measured	0.05	1.5	1.7
29	TIT120D	jE		Input-Adjusted	Measured	1	70	80
30	TIT120K	jE		Input-Adjusted	Measured	1	85	95
31	TIT121D	jE		Input-Adjusted	Measured	1	118	140
32	TICT122	jE		Input-Adjusted	Measured	1	-40	-30
33	TICT122A	jE		Input-Adjusted	Measured	1	0	10
34	TICF101	jE		Input-Uncontrolled	Measured	200	20	355
35	FICP122	Ton/h		Input-Uncontrolled	Measured	0.4	3	4.5

# Modeling 과정 – 3. 과거 운전 자료 학습



## Excel 자료를 통한 일괄 입력

- 불량 Data의 Filtering (참고: Knet Analytics 사용)
- Import 기능을 활용한 일괄 입력

* No Application Description entered yet.		15:15 04 MAY 2016																					
* Description																							
N		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
NAME	Run#	Time	Yield(CI2)	Yield(PP)	FICS1011	FICR1011	FICS1013	FICR1014	Ratio A	Ratio B	PICE100	PICT120A	PICT120B	TIT120D	TIT120K	TIT121D	TICT122	TICT122A	FICJ201	FICE130A	FICE130B	FIK106	CI2 SUM
UNITS			mole%	mole%	Ton/h	Ton/h	Ton/h	Ton/h			kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	°C	°C	°C	°C	°C	Ton/h	Ton/h	Ton/h	Ton/h	Ton/h
DEPENDENCY																							
ROLE			PI (MAX)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	O	O	O	O	O
ENTRY MODE			C	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
MID			0.1	0.1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
LOW CONSTRAINT			74.5	71.9	4.354	1.817	4.353	1.817	3.91	3.91	8.210	1.497	1.648	71.0	89.2	118.6	-36.0	-0.5	2.889	0.171	0.236	0.000	3.635
HIGH CONSTRAINT			78.2	73.9	4.821	1.937	4.822	1.937	4.37	4.38	8.223	1.652	1.651	92.6	91.7	132.8	-34.5	95.6	3.055	0.450	0.633	4.029	3.874
	1	1/16/2015 12:00:00 AM	77.3	72.9	4.807	1.878	4.807	1.878	4.33	4.33	8.221	1.649	1.650	92.1	91.3	127.5	-34.9	-0.2	3.000	0.344	0.466	3.886	3.755
	2	1/17/2015 12:00:00 AM	77.3	73.1	4.807	1.878	4.807	1.878	4.33	4.33	8.221	1.651	1.651	92.0	91.1	126.1	-34.9	-0.5	3.000	0.347	0.464	3.849	3.756
	3	1/18/2015 12:00:00 AM	77.3	73.2	4.806	1.875	4.806	1.875	4.33	4.33	8.220	1.649	1.650	92.1	91.3	127.5	-34.9	-0.2	3.000	0.343	0.497	3.815	3.749
	4	1/19/2015 12:00:00 AM	77.3	73.4	4.807	1.880	4.808	1.880	4.32	4.32	8.220	1.650	1.651	92.1	91.3	126.9	-34.9	0.2	3.000	0.331	0.440	3.833	3.760
	5	1/20/2015 12:00:00 AM	77.3	73.3	4.807	1.874	4.806	1.874	4.34	4.34	8.221	1.650	1.649	92.4	91.5	128.7	-34.8	-0.2	2.999	0.302	0.382	3.827	3.748
	6	1/21/2015 12:00:00 AM	77.3	73.4	4.807	1.870	4.808	1.870	4.34	4.35	8.221	1.650	1.650	92.6	91.7	129.0	-34.9	0.1	3.000	0.298	0.373	3.834	3.741
	7	1/22/2015 12:00:00 AM	77.4	73.3	4.807	1.872	4.807	1.872	4.34	4.34	8.221	1.650	1.650	92.3	91.4	127.2	-34.9	0.0	3.000	0.336	0.442	3.863	3.743
	8	1/23/2015 12:00:00 AM	77.3	73.2	4.807	1.867	4.807	1.867	4.35	4.35	8.221	1.650	1.651	92.2	91.2	127.5	-34.9	-0.1	3.000	0.342	0.465	3.878	3.735



# Modeling 과정 - 4. 추천 값 적용 및 운전결과 입력



## 추천 운전 조건 확인 및 운전 결과 Update

- ECH의 경우 Offline License 사용

### <참고>

- Offline (Stand Alone) :
  - Manual 입력 및 확인
- Online Advisory :
  - 자동 Update 후 실시간 추천값 제시
- Online Closed Loop :
  - 자동 Update 및 운전원 승인시 자동 운전조건 변경

File Optimization Plan Data Optimization Analysis Help

**Ultramax Recomand Value**

Variable Description	Propylene Rate to R-A	Chloride Rate to R-A	Propylene Rate to R-B	Chloride Rate to R-B	Inlet Pressure	Quench Col A Top P	Quench Col B Top P	T-120A OVHD	T-120B OVHD	T-121 Stripper BTM T	Depropanizer Tray TOP Temp	Depropanizer Tray BTM Temp
Name	FICS1011	FICR1011	FICS1013	FICR1014	PICE100	PICT120A	PICT120B	TIT120D	TIT120K	TIT121D	TICT122	TICT122A
Units	Ton/h	Ton/h	Ton/h	Ton/h	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	°C	°C	°C	°C	°C
2016-08-08 18:00	4.694	1.818	4.436	1.825	8.22	1.65	1.65	73.45	90.00	127.90	-35.24	2.1
2016-08-09 11:00	4.676	1.812	4.478	1.817	8.25	1.64	1.65	73.35	90.60	130.05	-35.23	1.9
2016-08-10 10:00	4.638	1.812	4.522	1.829	8.26	1.65	1.65	73.35	90.65	129.70	-35.32	1.1
2016-08-10 17:00	4.606	1.814	4.558	1.826	8.27	1.65	1.65	73.10	90.55	129.60	-35.32	1.0
2016-08-11 10:00	4.572	1.809	4.598	1.817	8.26	1.65	1.65	72.40	90.35	130.75	-35.30	1.0
2016-08-11 17:00	4.612	1.822	4.640	1.816	8.26	1.66	1.65	73.35	90.40	129.95	-34.84	0.5
2016-08-12 10:00	4.640	1.824	4.666	1.816	8.27	1.66	1.65	73.05	90.35	133.30	-34.86	0.7

POE protection values are projected, Advice/What-If are known.  
 ----- END Ultramax Display of ALERTS -----

	RUN #	Adv/OE	Proj OE
	238		
Multivariate Summary ...			
Constraint satisfaction:			
Inputs: min Relative Slack (RS)	0.6	0.3	C
Outputs: min #sigmas protection	2.8	3.0	C
Standard Distance Factor (SDF)	0.32	0.46	
Uncontrolled SDF	0.09	0.09	
Travel Act->Ovr.Std.Err Dev->Sig	0.2	0.5	
Uncontrolled inputs...			
34 TICF101 C	2 H	51.	51.
HI Constr.	355	--	--
LO Constr.	20	--	--
35 FICP122 Ton/h	2 H	4.02	4.02
HI Constr.	4.50	--	--
LO Constr.	3.00	--	--
Adjusted (decision) inputs ...			
20 FICS1011 Ton/h	1 H	4.655	4.705
HI Constr.	4.800	0.145	0.095
LO Constr.	3.800	0.855	0.905
21 FICR1011 Ton/h	1 H	1.806	1.776
HI Constr.	2.000	0.194	0.224

Enter ACTUAL Run Data

V#	Variable	Units	Run # 238
2	Yield(CI2)	mole%	76.1223
3	RatioA	vs	4.35778
4	RatioB		4.36114
5	ALC_Product	Ton/hr	3.04662
6	FICJ201	ton/h	3.00377
7	PP_SUM	ton/h	9.30629
8	FI100	ton/h	3.71297
9	FICE130A	kg/h	169.013
10	FICE130B	kg/h	243.584
11	FIK106	Ton/h	0
12	FIW145A	Ton/h	2.20684
13	PDRS1011	kg/cm2	0.267201
14	PDRS1012	kg/cm2	0.29077
15	TIR1011	C	205.553

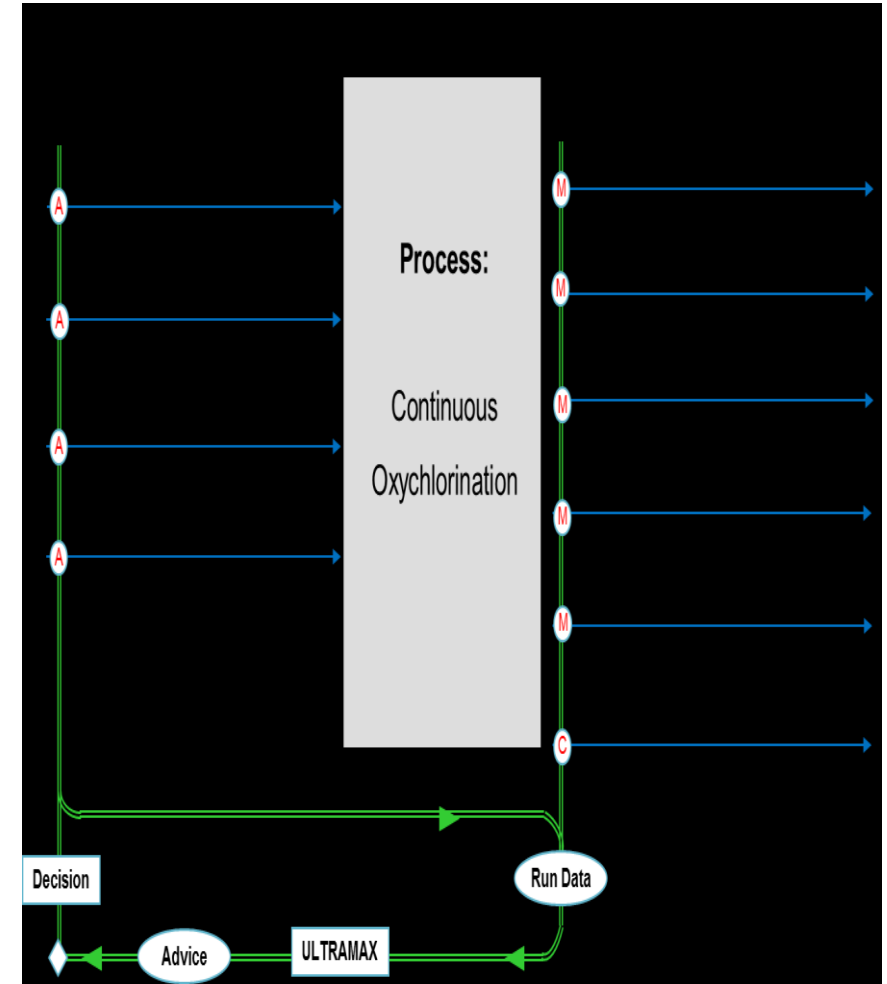
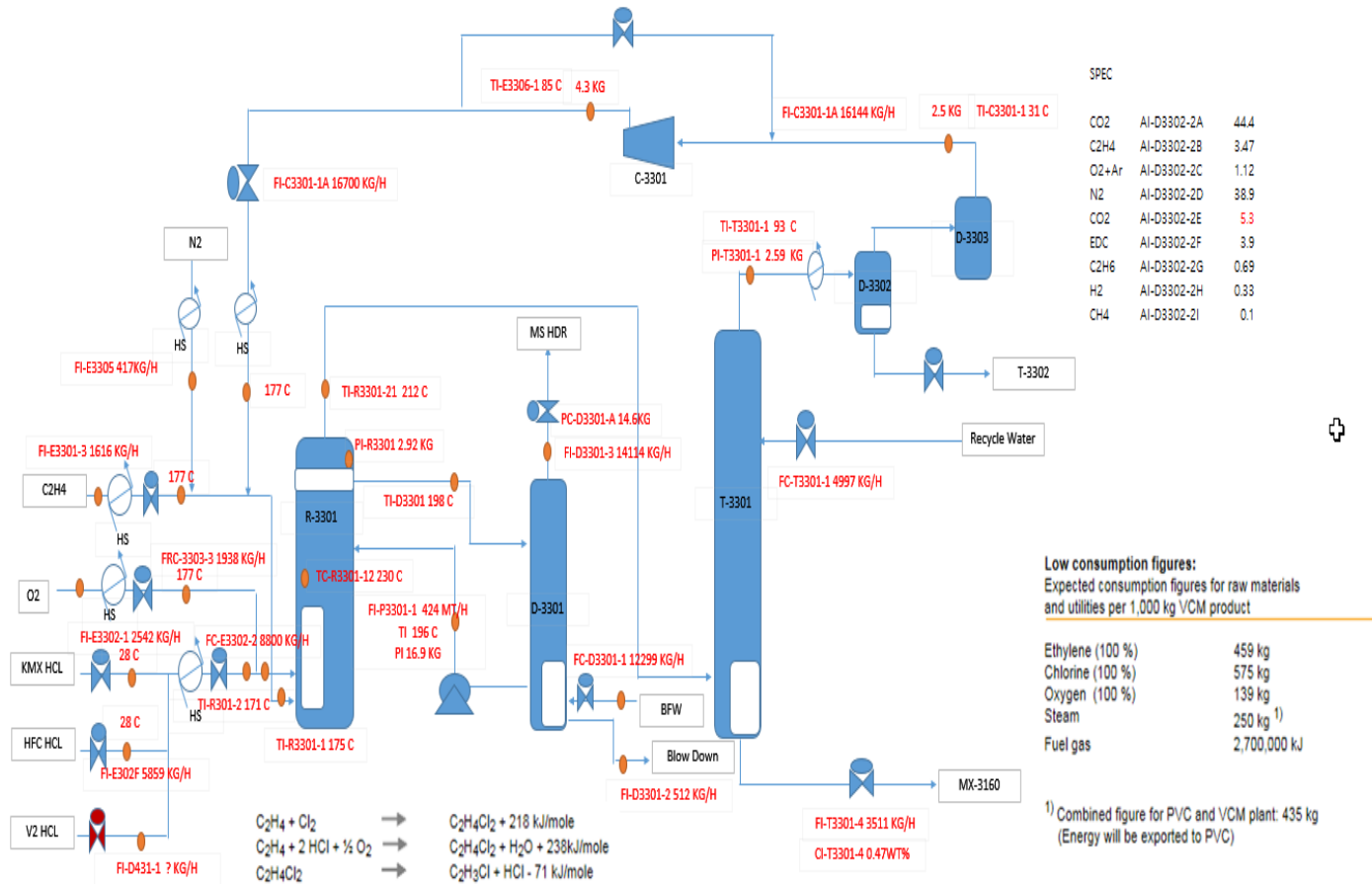
Accept Data    Reset Starting Values    Cancel

# Ultramax의 활용방안



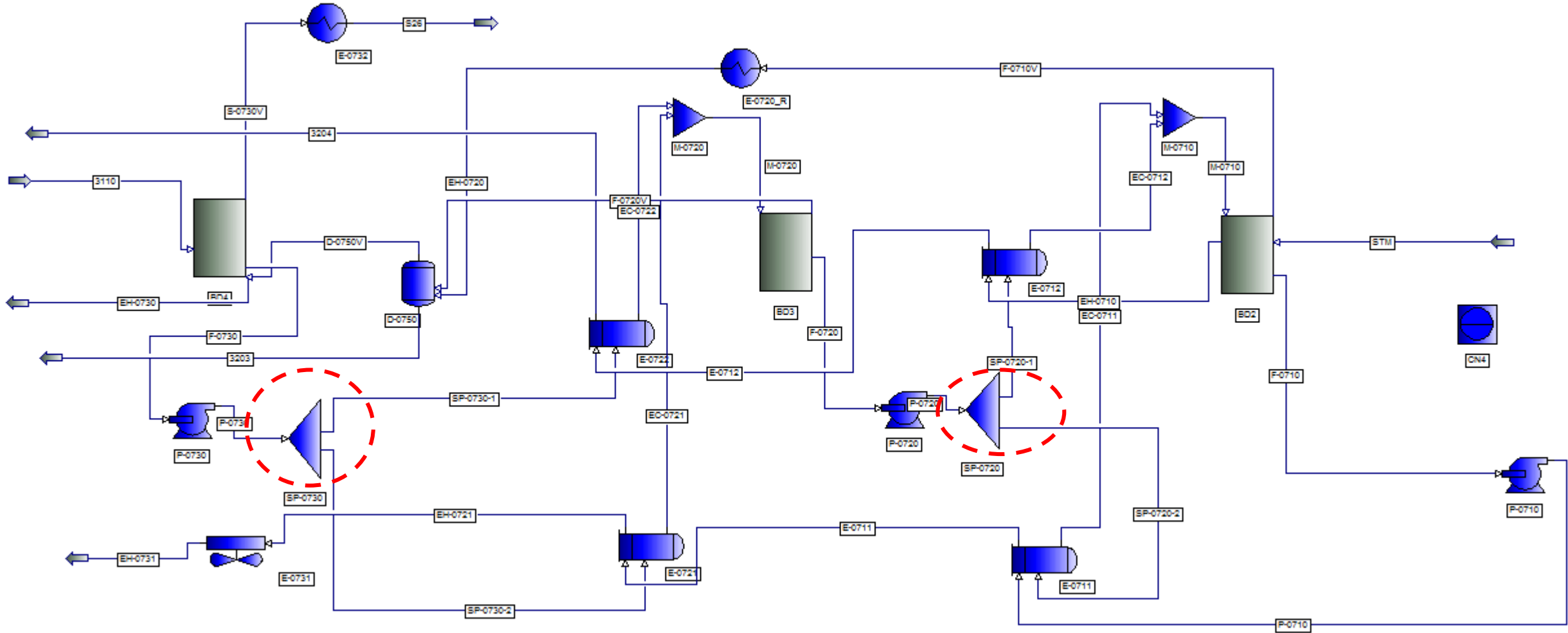
- 기타 대상 공정
  - VCM 공정의 Oxy Reactor 최적화
  - OA 반응공정의 최적화
  - CA의 NaOH 농축공정의 최적화
  - 기타

# 기타 대상공정 – VCM Oxy Reactor 최적화



최적화 가능 대상: Oxy Reactor의 운전조건 최적화 (효율 증대)

# 기타 대상공정 – CA NaOH 농축기

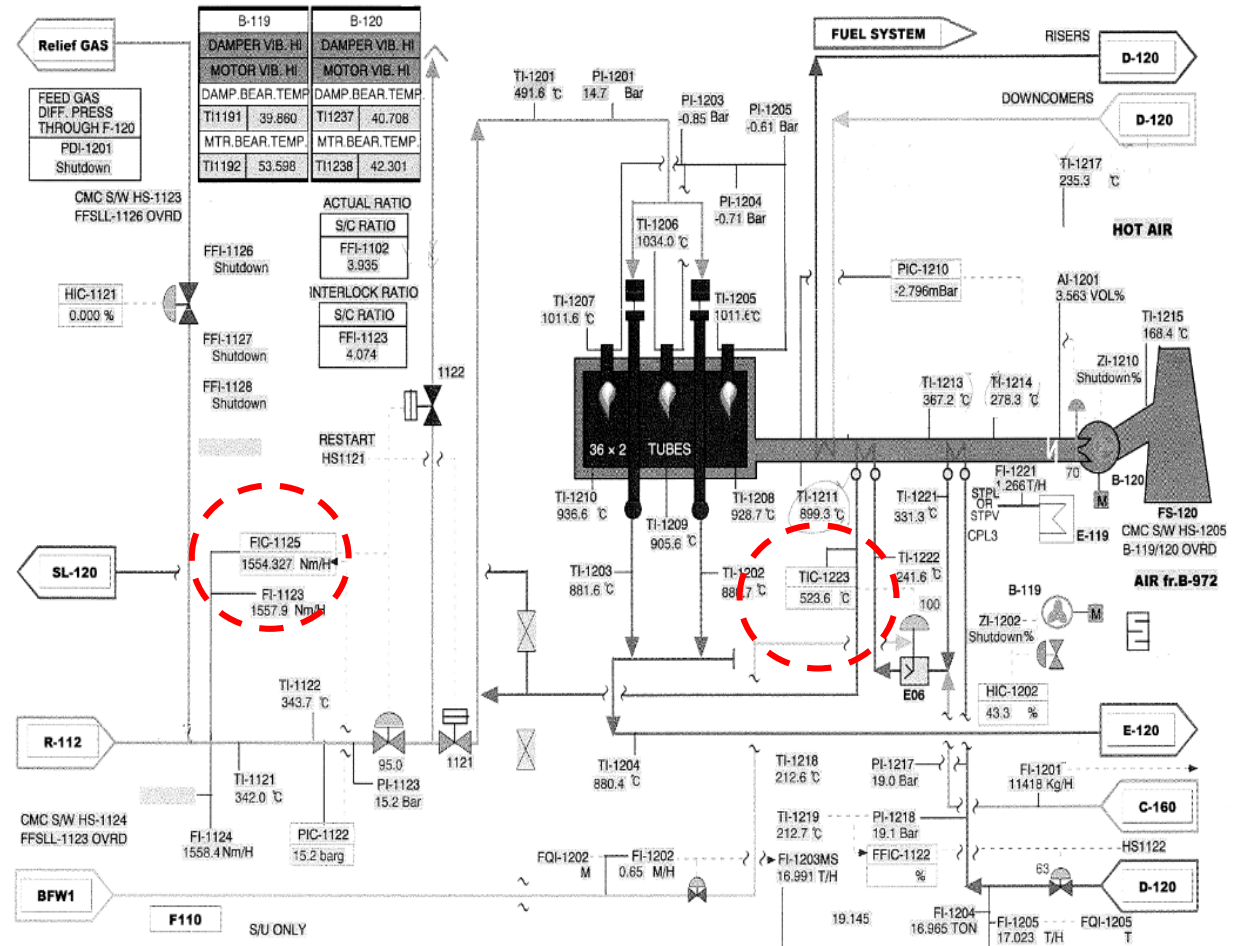


최적화 가능 대상: 열교환기 분배 최적화를 통한 에너지 절감

# 기타 대상공정 - OA공정 반응기/운전 최적화

## 최적화 가능 대상:

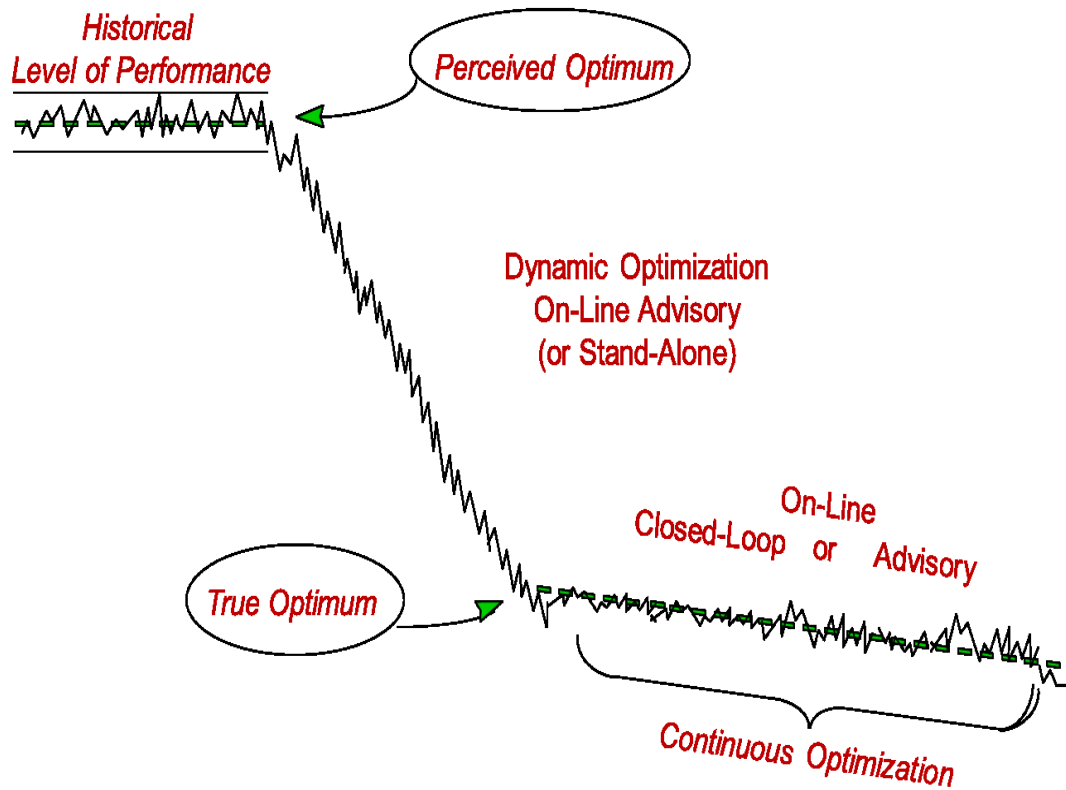
- Reformer 의 운전조건 최적화 (효율 증대)
- CO2 회수 공정의 최적화
- OA 반응공정의 최적화 등



# Ultramax의 License 정책과 가격



## The Path to True Optimization

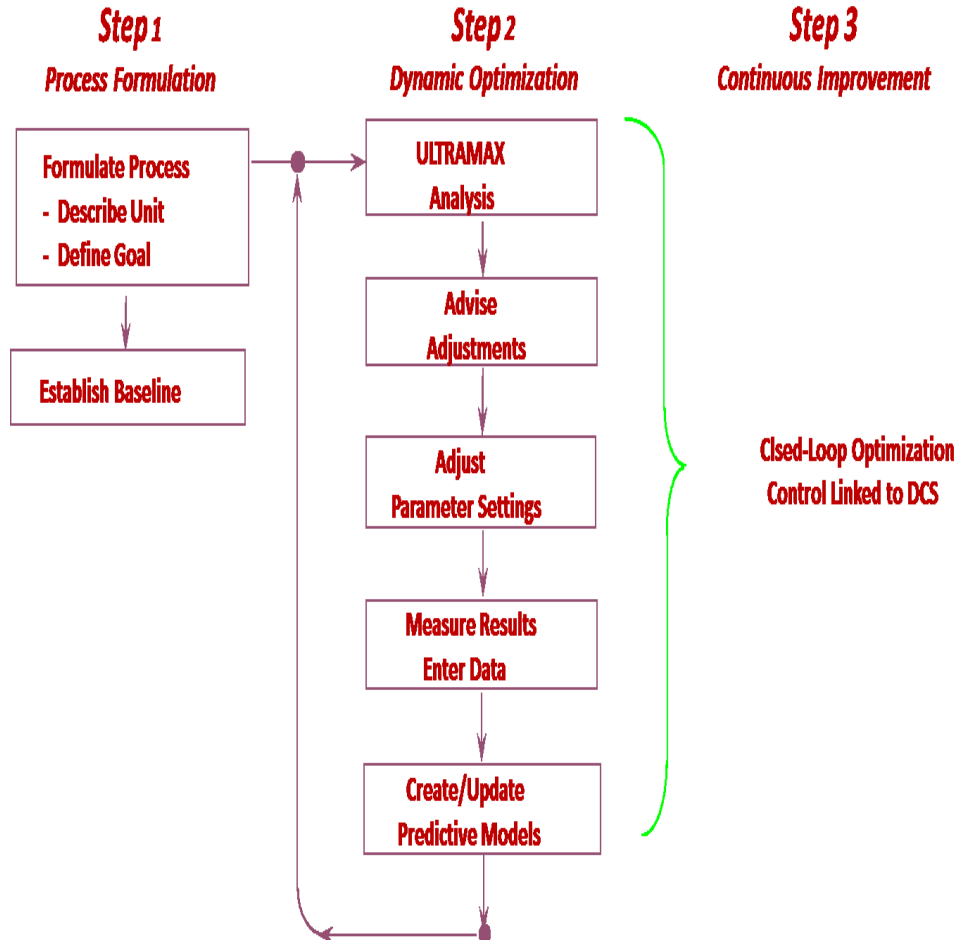


	Offline (Stand Alone)	Online Advisory	Online Closed Loop
특징	Offline의 Data 입력과 Offline의 추천값 제시	Online의 Data 자동 Update와 Online의 추천값 제시	Online으로 자동 입출력 (운전원 승인시 DCS에 입력됨)
장점	개별 모델을 순차적 Offline Study 및 최적화 (각 공정별 모델 파일을 열어 수행, 동시 접속 불가)	해당 공정의 실시간 최적 운전값 추천	자동화된 실시간 최적화
단점	Offline	공정당 1개의 License 사용	공정당 1개의 License 사용

# Online Advisory / Closed Loop Model



## DCS에 구현된 Online Dynamic Optimization 환경



The screenshot shows the DCS interface for the ULTRAMAX ADVISE CYCLE. The top navigation bar includes buttons for Select, Switch, Page, Zoom, Poke, and Recall. The main display area is divided into several sections:

- CONTROLLED INPUTS**

	Current Values	Advice Values	Input Values
Aux. Air: DD & HH	098.6	100.0	█
Coal Air: D & H	099.4	100.0	█
Aux. Air: CD & GH	099.1	060.0	█
Coal Air: C & G	026.8	025.0	█
Aux. Air: BC & FG	041.4	030.0	█
Coal Air: B & F	023.3	025.0	█
Aux. Air: AB & EF	041.0	030.0	█
Coal Air: A & E	025.9	025.0	█
Aux. Air: AA & EE	041.0	030.0	█
O2 Trim Setpoint	002.0	003.3	█
RH Air Prop. Damper	071.8	070.0	█
SH Air Prop. Damper	10.0	070.0	█
- OUTPUT VALUES**

	Current Values	Average Data	Predicted Values
NOx (#/MMB)	0.502	0.504	0.450
SH TEMP (F)	986.5	986.2	997.5
RH TEMP (F)	01007	01007	01000
SH O2 (%)	001.9	001.9	003.0
RH O2 (%)	003.0	002.9	003.0
BLR EFF (%)		091.4	088.5
- ULTRAMAX OPERATING SCENARIO**

200 GMw - ALL COAL MILLS IN SERVICE
- ULTRAMAX CONTROL**

Buttons: GET ADVICE, SET UMAX, RELEASE FROM UMAX, COLLECT DATA
- ULTRAMAX MODE**

DISABLED
- COLLECTION TIMER**

15.00 MINUTES
- ULTRAMAX UTILITIES**

REJECT LAST DATA COLLECTION

The bottom status bar shows various process parameters: LOAD 223 MW, RH O<sub>2</sub> 8.0 pct, SH O<sub>2</sub> 1.9 pct, RH DRAFT -0.6 H<sub>2</sub>O, SH DRAFT -0.4 H<sub>2</sub>O, RH TEMP 1007 DEGF, SH TEMP 986 DEGF, DRUM LVL -0.1 H<sub>2</sub>O, DRUM PRS 221.4 PSIG, THROTTLE 1998 PSIG, BACK PRS 2.27 HG, VACUUM 27.65 HG. The bottom status bar also displays "Operator Command Received."