Journal of Digital Contents Society Vol. 11 No. 4 Dec. 2010(pp. 463~471)

WEC-Sim : 하수처리장 최적 운영을 위한 시뮬레이터

이성구*, 안세영**

요 약

하수 처리장은 화학적, 물리적, 생물학적 처리가 복합적으로 연계된 공정으로 구성 되는데, 각각의 단위공정과 전체시스템의 처리 성능 및 운영 상태의 정도를 파악 하려면 처리공정의 수학적 모델을 빠르게 연산 할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이터를 이용하면 편리하다. 주어진 물리적 환경에서 처리공정의 오염물질, 화학물질, 생물학적 매체의 질량 수지를 계산하는 컴퓨터 시뮬레이터는 데이터의 입출력 과정과 수학모델의 연산과정을 효율적으로 수행하는 응용 소프트웨어로써 처리조 내부에서 일어나는 반응의 상태를 정량적으로 추산하는 도구이다. 이러한 시뮬레이션 소프트웨어는 처리시설의 성능 및 효율을 예측하여 운용자에게 최적 관리를 위한 의사결정의 타당성을 제공하게 되는데, 시뮬레이션 소프트웨어를 처리시설에 적합하도록 시나리오를 설정하고 데이터 수집 시스템에 연결하면 실시간으로 처리시설의 분석이 가능한 자동화 운영 시스템의 역할을 수행한다. 본 논문에서는 통합전산망에서 수집되는 데이터를 시뮬레이션 소프트웨어에서 운용, 실제 운영 상태와 시뮬레이션 결과를 실시간 비교, 분석하여 최적의 운전인자를 도출할 수 있는 시나리오 운영 소프트웨어 "WEC-Sim"의 설계 및 구현에 대하여 논한다.

WEC-Sim: A Simulator for Optimum Management of Wastewater Treatment Plant

Sung Koo Lee*, Sae Young Ahn**

Abstract

In the management of a wastewater treatment plant which is a combination system of physical, chemical, and biological processes, computer simulator is an indispensable part for analysis of the operation status and evaluation of the treatment performance due to its fast computing speed. As an application software carrying out the data input-output operations and the mathematical calculations of the models, simulator is to be a powerful tool for estimating the treatment reaction and calculating mass balance of substrates, microorganisms, and chemicals within the treatment system in a given condition. Qualitative and quantitative prediction of treatment performance provides the plant manager with validity of decision-making through implementing modeling and simulation as a role of knowledge-based expert system in charge of automation and control. This paper shows the proceeding of design and development of the"WEC-Sim"software which is owned the various functions of data acquisition, monitoring, simulation, and control.

Keywords : 수학모델, 시뮬레이션, 통합전산망, 하수처리, 실시간

1. 서 론

유역하수 관리체계 구축을 위한 통합관리시스템의 도입이 실현되면서 유역 내 중소규모 하수처리장을 효율적으로 관리하기 위한 방안으로 중심하수처리장에 통합전산망을 설치하여 주변 관리 대상 하수처리장의 원격 관리와 제어 자동화 분야의 기술개발이 활발히 이루어지고 있다 [1-2].

통합전산망은 운영관리의 경제성과 효율성을 높이기 위해 네트워크를 기반으로 관리대상 하수처리시설의 기계장치, 계측기, CCTV에서 수

※ 제일저자(First Author) : 이성구
접수일:2010년 10월 13일, 수정일:2010년 10월 29일, 완료일:2010년 12월 27일
* 한신대학교
sklee@hs.ac.kr
** 수엔지니어링앤컨설팅
syahn@waterenc.com
▣ 본 논문은 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

신되는 기계적·전기적 신호를 수집하여 인터페이스 상에 수치와 그래픽으로 나타내주는 모니터링, 수집된 데이터를 저장하고 검색하는 데이터베이스, 자료 분석과 최적 운전 방안을 제시해 주는 전문가시스템, 최적 운전인자인 연산 제어값을 기계적·전기적 신호로 전환하여 기계장치의 운전을 변환하는 원격 무인 자동제어시스템으로 구성된다.

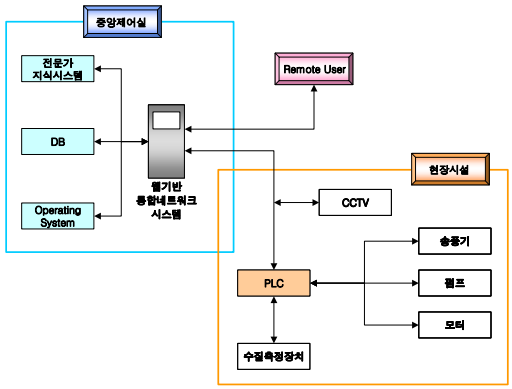
기존 하수처리장에 설치된 DCS 또는 SCADA 체계를 이용한 중앙감시제어시스템은 처리시설 감시 기능이 목적인 모니터링과 저장·검색을 위해 데이터베이스를 지속적으로 강화시켜 온 반면, 자료 분석 및 최적 제어 수치의 도출에 필요한 높은 수준의 전문지식 알고리즘 구현은 취약한 것으로 나타나고 있다. 이를 해결하기 위한 전문가시스템은 여러 방면의 논리적 개념을 이용하여 구축할 수 있으며, 그 중에서 본 논문에서 구현된 처리공정의 수학적 모델을 이용한 알고리즘은 주어진 물리적 환경에서 대상 공정의 성능 및 효율을 예측할 수 있는 통합전산망의 핵심이다. 전문가 알고리즘인 수학적 모델을 이용한 공정 시뮬레이션 기능이 추가된 통합관리전산망은 운영관리의 최적화에 필요한 높은 수준의 분석과 제어자동화가 가능하다.

WEC-Sim은 수처리 공정의 활성슬러지 모델인 ASM2d[3]와 슬러지 고액분리 모델인 flux based double exponential settling model[4]을 기반으로 개발된 시나리오 운영 시뮬레이션 소프트웨어로써 기존 통합전산망과의 호환을 위한 데이터 import & export, 전송된 데이터를 이용한 시뮬레이션, 설정된 시나리오에 의한 제어 신호 방출 기능을 포함한다. WEC-Sim의 주요 기능은 공정을 조합하여 다양한 처리시스템을 설계할 수 있는 레이아웃, 기계 및 계측기를 감시할 수 있는 모니터링, 전송된 자료를 실시간으로 분석할 수 있는 모델링 & 시뮬레이션, 수집된 자료를 저장하고 조회하는 데이터베이스, 최적의 운전인자를 도출할 수 있는 해석기능을 제공한다.

2. WEC-Sim 설계

2.1 하수처리장 통합관리시스템 구조

하수처리 통합관리시스템은 (그림 1)에서 볼 수 있는 바와 같이 현장, 중앙통제, 원격감시로 구분할 수 있다. 현장에 설치된 수질측정 계측기, 기계장치는 PLC와 송수신 체계를 이룬다.

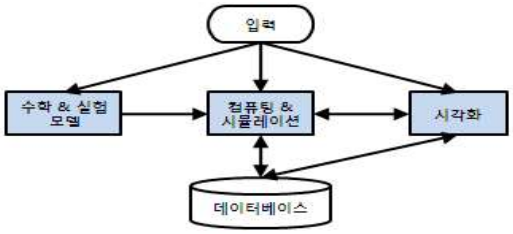


(그림 1) 통합관리시스템 구조

중앙통제실의 웹기반 통합감시 네트워크 시스템은 전문지식시스템, DB, 하수처리시설, 운영관리 시스템과 연계되어 데이터 송수신, 모니터링, 처리시설 운영현황, 성능 분석, 제어에 일련의 작업을 수행하며, 현장에 설치된 PLC와의 데이터 수신과 제어신호 송신을 관장한다. 통합관리시스템은 원거리에 위치한 관리자가 처리시설의 가동 상황을 감시할 수 있도록 인터넷 및 통신망을 이용하여 데이터를 송신할 수 있는 기능이 있으며, 비상시 원격제어가 가능하도록 설계된다.

2.2 WEC-Sim 구성도

하수처리 통합전산망에서 처리공정 논리연산을 수행하는 전문가시스템인 WEC-Sim은 (그림 2)와 같이 실시간 데이터 수집 기능, 처리 시스템 구성 체계와 자료 입출력을 컴퓨터 화면에서 나타내는 시각화, 처리공정의 이론적 반응 상태를 표현하는 수학모델, 수집데이터와 수학모델을 이용하여 연산계산을 수행하는 시뮬레이션 엔진으로 구성 된다.

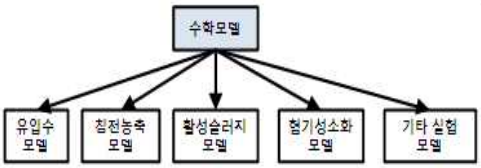


(그림 2) WEC-Sim 구성도

시각화 프로그램은 대상 하수처리장의 처리시스템을 설계할 수 있는 기능과 입출력 데이터를 수치 또는 그래픽으로 보여주는 기능을 보유한다. 운영자는 시각화 프로그램에 설정된 처리시스템의 물리적 조건을 입력하고 단위공정의 수학 모델을 선택하여 수치계산에 필요한 시뮬레이션 엔진을 가동한다. 설정된 시나리오에 의해 시뮬레이션 결과는 최적의 운영조건을 제시해 주며 제어신호로 변환되어 통합전산망에 전달된다.

2.3 수학 모델

WEC-Sim에 적용된 공정모델은 (그림 3)에 나타난 바와 같이 활성슬러지 모델인 ASM2d, 침전·농축모델인 flux based double exponential settling model, 혐기성 소화 모델인 ADM1, 여과와 기계적 농축 등에 적용되는 실험적인 모델이다. 처리장으로 유입되는 하수 성분은 각 모델에 공통적으로 적용될 수 있도록 유입수질의 세부 항목이 조정된다.

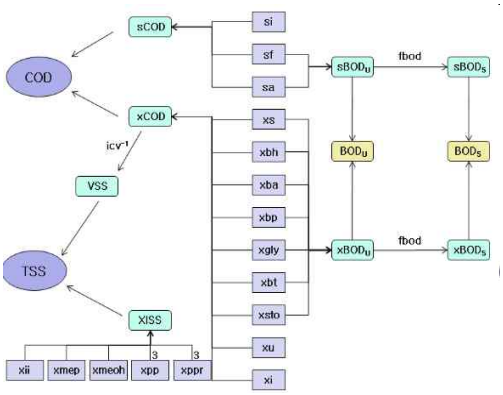


(그림 3) 수학적 모델 종류

2.3.1 유입수 세부성상 조정

유입하수 세부성상은 오염물질인 유기물, 질소, 인과 미생물 성장 및 사멸과의 관계를 수학적으로 표현한 ASM2d에서 요구하는 상태변수(state variable)를 설정 한다. 유입수 세부 성상은 계측 및 실험에 의해 도출할 수 있는 상태변수, 복합변수 (composite variable), 화학량론계수 (stoichiometric coefficient), 영양물질 포함률 (nutrient fraction)로부터 설정되며, 각 단위공정에서의 생물학적, 물리적, 화학적 반응 상태를 정량화하기 위한 기본 변수로 사용된다.

(그림 4)는 COD를 나타내는 유기물과 TSS에서의 복합변수, 화학양론계수, 상태변수와의 관계를 보여준다. 공정모델은 수질의 하위 단위인 상태변수로 분리되어야 하며, 단위공정의 반응과 공정 간의 물질 유입과 유출도 상태변수로 계산하여 질량 수지를 나타낼 수 있다. 수질측정에 사용되는 복합변수는 상태변수의 합 또는 상태변수와 화학량론 계수의 곱에 의해 산출한다.



* x: 고형성, s: 용존성, COD: 화학적산소요구량, BOD_U: 최종생물학적산소요구량, BOD_5: 5일생물학적산소요구량, TSS: 총부유고형물, VSS: 유기성고형물, XISS: 무기성고형물, icv: COD/VSS, fbod: BOD_5/BUD_U

(그림 4) ASM2d 기반의 유입수 세부성상

2.3.2 활성슬러지 모델 ASM2d

활성슬러지 모델 ASM2d는 종속영양미생물, 독립영양미생물, 인축적미생물의 성장, 사멸과 기질, 산소와의 관계를 수학적으로 표현한 것이다. ASM2d는 기질의 가수분해, 전자수용체의 유무에 따른 미생물 성장과 사멸, 혐기성 발효, 금속 물질에 의한 인 침전 반응을 나타내는 21개의 공정과 기질, 미생물, 전자수용체 등의 18개의 성분항목과의 관계를 나타낸다.

<표 1>은 ASM2d에서 종속영양미생물의 성장 및 사멸과 용존산소, 기질, 미생물과의 관계인 화학양론을 매트릭스 형태로 보여준다. 활성슬러지 공정에서의 상태변수는 프로세스 반응률(process rate)에 의해 산정된다.

<표 1> 종속영양미생물의 화학량론

Component i→ / Process j↓	so	sf	xbh	Process rate, ρj
성장	$1-\frac{1}{Y_{xbh}}$	$-\frac{1}{Y_{xbh}}$	1	$\mu_H \cdot \frac{so}{K_{so}+so} \cdot \frac{sf}{K_{sf}+sf} \cdot$
사멸	-	-	-1	$b_{xbh} \cdot xbh$

* Y_{xbh}: 생성율, K_{so} • K_{sf}: 반포화상수, μ_{xbh}: 최대비성장율, b_{xbh}: 사멸율, so: 용존산소, sf: 용존성생분해성유기물, xbh: 종속영양미생물

화학량론 계수를 vij, 프로세스 반응률을 ρj 로 설정하면 각 상태변수 반응 속도, ri는 식 (1)을 사용하여 구할 수 있다.

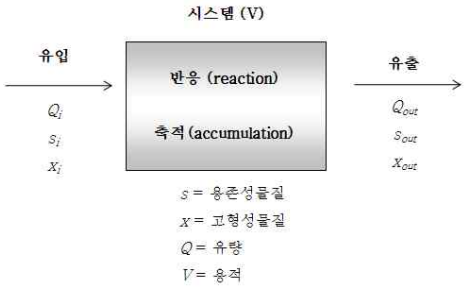
$$r_i = \sum_j \nu_{ij} \rho_j \qquad (1)$$

<표 1>에 나타난 종속영양미생물 성장과 사멸에 대한 화학량론을 식 (1)에 대입하여 <표 2>에서와 같이 반응조에서 미생물, 기질, 용존산소의 반응 상태식으로 사용한다.

<표 2> 프로세스 반응식

Component	반응식
xbh	$r_{xbh} = \mu_{xbh} \cdot \frac{so}{K_{so}+so} \cdot \frac{sf}{K_{sf}+sf} \cdot xbh - b_{xbh} \cdot xbh$
sf	$r_{sf} = -\frac{1}{Y_{xbh}} \cdot \mu_{xbh} \cdot \frac{so}{K_{so}+so} \cdot \frac{sf}{K_{sf}+sf} \cdot X_{xbh}$
so2	$r_{so} = (1-\frac{1}{Y_{xbh}}) \cdot \mu_{xbh} - X_{xbh}$

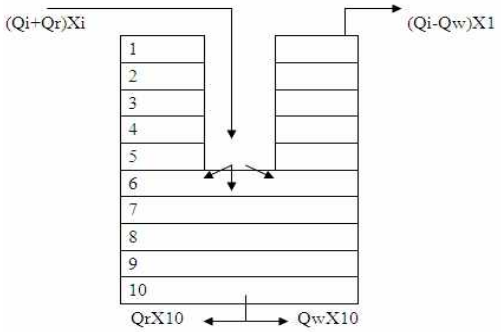
프로세스 반응식은 (그림 5)에서와 같이 정의된 일정 용량의 시스템을 경계로 용존성 물질과 고형성 물질의 유입, 유출, 반응, 축적의 물질수지를 적용하여 반응에 따른 각 상태변수의 변화를 추적할 수 있다.



(그림 5) 반응조 시스템에서의 물질수지

2.3.3 침전・농축 모델

고형물의 중력식 침강 및 농축 모델은 고형물 플럭스 (solid flux)와 물질수지 이론을 사용한 다층동적모델(multi-layer dynamic model)로 현재 대부분의 침전 공정의 모델링과 시뮬레이션에 적용된다. 침강・농축 모델은 하수처리장 1차침전지, 2차침전지, 중력식 농축조에 적용되며 침전지 상 중 하부의 solids profile을 계산하기 위하여 (그림 6)에서와 같이 상하방향으로 구간을 나누어 각 구간의 solids flux와 물질수지를 계산한다.



*Qi: 유입유량, Qr: 반송유량, Qw: 폐슬러지량, X1: 최상층, X10: 최하층

(그림 6) 침전지 고형물 유출입 모형도

임의 설정된 구간 6으로 입수된 유입수는 상부와 하부로 이동한다. 각 층의 고형물은 인접한 구간으로부터 침강(settling flux)과 수류흐름(bulk liquid flux)에 의하여 유입되고, 동일한 원리로 각 구간의 고형물은 침강과 수류흐름에 의하여 인접된 구간으로 유출 중력 침강과 수류흐름에 의하여 인접된 구간으로 유출된다.

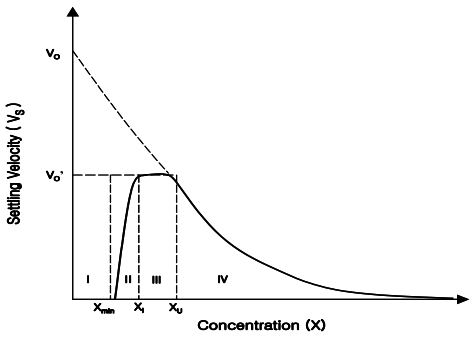
중력침강에 의한 고형물 플럭스는 응집침전(flocculant settling) 조건과 간섭침전(hindered settling) 조건에서 동시에 고려할 수 있으며, 고형물 침전속도는 식 (2)에서 와 같이 응집침전과 간섭침전을 나타내는 두 가지 지수형태의 합으로 계산한다.

$$V_{sj} = V_o e^{-rh \cdot Xj^o} - V_o e^{-rf \cdot Xj^o} \qquad (2)$$

V_{sj} = 층 j에서 고형물 침전 속도 (m/d)
V_o = 최대 침전속도 (m/d)
rh = 방해침전지역에서 침전 계수 (m^3/gTSS)
rf = 응집침전지역에서 침전 계수 (m^3/gTSS)
$Xj^o = Xj - X_{min}$ ($X_{min} = fns \times X_{in}$) (g/$m^3$)
Xj = 층 j에서의 고형물 농도 (g/m^3)

X_{min} = 최소 도달 고형물 농도
X_{in} = 유입고형물 농도 (g/m^3)
fns = 유입고형물 중 비침전율

(그림 7)에서 볼 수 있는 바와 같이 고형물 농도 Xmin, Xi, Xu 구간에서 침전속도의 특성을 볼 수 있다. 고형물 농도 Xmin과 Xi 구간에서는 고형물 농도가 증가함에 따라 침전속도가 증가하는 응집침전의 특성을 보여주며 식 (2)의 응집침전계수(rf)의 영향을 받는다.

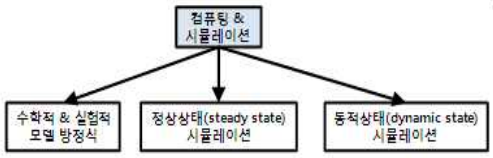


(그림 7) 고형물 농도와 침전속도와의 관계

구간 Xi와 Xu에서는 고형물 플록의 크기가 가장 커지며 고형물 농도에 관계없이 최대 평균 침전속도(Vo′)를 보인다. 고형물 농도가 Xu 보다 커지면 침전속도는 방해침전계수(rh)의 영향을 받으며 고형물 농도가 증가할수록 침전속도가 감소한다.

2.4 컴퓨팅 & 시뮬레이션

다양한 환경에서 모델링과 시뮬레이션을 지원하는 컴퓨터 시스템들[5-7] 중에 WEC-Sim 시스템은 단위공정의 수학모델과 시뮬레이션 엔진으로 구성된다. 처리시스템을 구성하는 단위공정의 수학 모델은 모듈화에 의하여 공정 추가 및 업그레이드가 가능하도록 설계하였다. 처리공정의 시뮬레이션은 (그림 8)과 같이 정상 상태(steady state)와 동적 상태(dynamic state)의 분석을 수행할 수 있도록 설계 하였다.



(그림 8) 공정모델의 계산과 시뮬레이션

정상 상태의 분석은 시간 경과에 따른 변수의 변화를 고려하지 않고, 수치해석을 이용하여 공정이 안정화 조건에 도달하였을 때의 상태변수를 예측하는 것이다. 동적 상태의 분석은 시간의 흐름에 따라 변수의 변화를 고려한 것으로 정상상태 분석 후 동적상태 분석 수행이 일반적이다.

2.4.1 모델 방정식에 의한 변수 계산

시스템 경계 내부에서 처리공정에 연관된 상태변수의 변화를 산출하기 위하여, 식 (3)에서와 같이 유출입 특성과 반응기작을 나타내는 프로세스 반응식을 이용한 물질수지를 이용한다.

$$\text{유입} - \text{유출} + \text{반응} = \text{축적} \quad (3)$$

식 (3)의 유입과 유출은 물리적 상황에서의 물질 이동을 나타내며, 반응은 식 (1)에서와 같이 상태변수에 대한 화학량론 계수와 프로세스 반응률을 곱하여 합계한다.

2.4.2 정상상태 시뮬레이션

처리시스템의 정상상태 조건은 시간의 흐름에 따라 변수가 변화하지 않는 상태이다. 처리시스템에서 정상상태는 일정한 유입수량과 수질, 동일한 물리적 환경에서 시스템을 운영하였을 때 나타나는 결과 변수의 동일성으로 가정할 수 있다. 정상상태의 시뮬레이션은 처리시스템이 안정화되었을 때 처리공정의 거동을 나타내 주며 동적 시뮬레이션의 신뢰도를 높이기 위하여 동적 상태 분석 전에 수행한다.

2.4.3 동적상태 시뮬레이션

가동 중인 처리시설은 상태변수와 물리적 조건이 연속적으로 변화하므로 물리적 조건, 상태변수, 운영 변수의 변화에 따른 동적 상태의 시

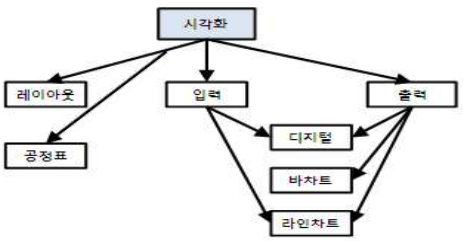
뮬레이션을 구동한다.

유입수질과 환경조건이 시간 변화에 따라 변하면 하수처리장에서 처리된 유출 수질도 변화하게 되므로 동적 시뮬레이션을 수행하여 시간 변화에 따른 변동되는 처리수질을 수치적으로 예측할 수 있으므로, 통합전산망의 계측기에서 실시간으로 수집되는 데이터와의 비교 분석으로 최적 운영 자료를 도출할 수 있다.

2.5 시각화

WEC-Sim의 사용자는 이론적으로 숙련된 환경 분야 전문가가 아닌 운영자가 대상이므로 간편성과 효율성 측면을 고려한 GUI(Graphical User Interface) 설계를 필요로 하며, 본 시스템의 출력 G결과 또한 운영자가 처리 시스템의 레이아웃과 데이터 입출력 결과의 비교 분석을 용이하게 수행할 수 있도록 시각화를 위한 설계가 필요하다.

(그림 9)는 WEC-Sim에서 시각화 처리과정을 보여주는 것으로, 시뮬레이션을 수행할 대상 처리 시스템은 공정표의 객체 아이콘을 마우스 클릭에 의해 공정도를 그릴 수 있으며 단위공정을 유수라인으로 연결함으로 처리시스템을 그래픽화 한다.



(그림 9) WEC-Sim의 시각화 처리과정

처리공정 구성 후 상태변수와 운영 변수를 입력하여 처리시스템을 설계하며, 입력 변수와 출력 변수는 정상 상태와 동적 상태에서의 변화를 수치 또는 다양한 챠트로 표현할 수 있도록 하였다.

3. 시스템 기능 및 성능 평가

본 논문에서 구현된 WEC-Sim 시스템 평가를 위해 [표 3]에 보이는 바와 같이 하수처리 시뮬레이션을 위해 개발된 국외 3 개 사의 제품과 비교하였다. 국내 하수처리장 통합전산망은 시설 감시와 모니터링 기능을 제공하는 중앙감시제어 시스템은 존재하지만 WEC-Sim과 같이 하수처리 모델링과 시뮬레이션을 수행하는 국내 소프트웨어 제품은 현재 존재하지 않는 것으로 파악되어 평가에서 제외하였다.

<표 3> 하수처리 공정 시뮬레이션 시스템 비교

시스템 / 지원구분	WEC-Sim 국내[11]	GPS-X 국외[5]	BioWin 국외[12]	STOAT 국외[13]
입력자료	부분	다양	부분	한정
분석종류	부분	다양	부분	한정
공정모델	한정	다양	다양	다양
UI	한정	다양	한정	한정
출력종류	부분	다양	다양	다양
API	Java	Fortran Java,C	파악불능	파악불능
원격제어	가능	없음	없음	없음
플랫폼	독립적	의존적	의존적	의존적

WEC-Sim((주)수엔지니어링&컨설팅), GPS-X(Hydromantis. Inc)
BioWin(EnviroSim Assoc. LTD.), STOAT(WRc/D&B, LLC.)

시스템에서 제공하는 입/출력 자료 형태를 비교 해 보면, WEC-Sim은 텍스트, 엑셀, 그래픽 차트를 제공하여 GPS-X를 제외한 다른 시스템들과 동등하거나 오히려 다양한 자료 입력 기능을 제공한다. 시뮬레이션의 정상상태 분석과 동적상태 분석과 같은 분석 종류에 대한 평가에서 WEC-Sim은 GPS-X를 제외한 다른 시스템과 유사 수준의 시뮬레이션 분석 기능을 제공하고 있다. WEC-Sim이 제공하는 ASM2d와 침전모델은 타 제품의 다양한 공정모델과 비교하여 한정 된 것으로 나타나고 있으나, 향 후 농축모델, 소화모델 등이 추가될 계획이다.

WEC-Sim의 주요 특・장점은 하수처리장에서 발생하는 실시간 자료와 시뮬레이션 소프트웨어와의 효과적이고 유연한 통합 분석 기능을 포함하는 것이다. 또한 WEC-Sim은 순수하게 자바 언어로 작성되어 플랫폼에 독립적인 특징을 갖고 있다.

WEC-Sim의 성능을 평가하려면 주어진 조건에서 동일한 인자에 기초하여 타 제품 들의 시뮬레이션 결과와 실제 하수처리시스템의 결과를 비교하는 것이 필요하나, 현재 WEC-Sim은 프로토타입 시스템으로써 시뮬레이션의 수치해석적 오차에 대한 해결이 필요하므로 시뮬레이션

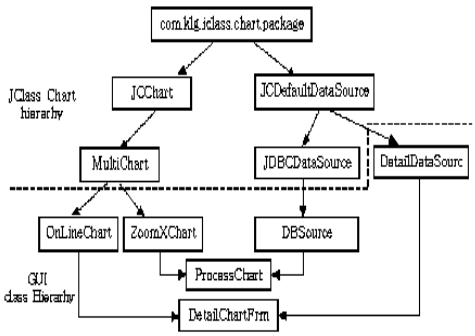
성능의 비교 및 평가는 상기 문제가 해결된 후 수행될 예정이다.

WEC-Sim 개발 목적은 하수처리장 통합전산망에 공정 시뮬레이션 기능을 추가하여 처리시설 통합관리를 최적화하는 것이다. 시뮬레이션 소프트웨어는 통합전산망과의 호환성이 매우 중요하며, 제어자동화와 같은 통합관리시스템의 기능 개선은 모델링/시뮬레이션 소프트웨어의 기능 향상에 지대한 영향을 미친다. 따라서 프로그램 코드가 개방되어 있지 않는 국외 제품 보다 국내 제품의 적용은 자료 분석으로부터 최적 제어 수치의 도출이 가능한 높은 수준의 전문지식 알고리즘 구현이 편리하여 미래 통합관리시스템 발전에 크게 기여할 것이다.

4. WEC-Sim 구현

4.1 구현환경

WEC-Sim의 서브시스템들은 모두 Java 언어로 구현되어 Java 고유 특징인 다양한 플랫폼에서 일관된 Look-and-Feel을 제공하며, GUI 프로그래밍을 위해 JFC 패키지가 이용되었다[8]. 특히 운영자에게 효과적인 분석을 돕기 위한 시각화 작업을 위해 Sitraka Software(현재 Quest)에서 제공하는 JClass Chart 패키지를 이용하였다[9].



(그림 10) 시각화 클래스 계층구조

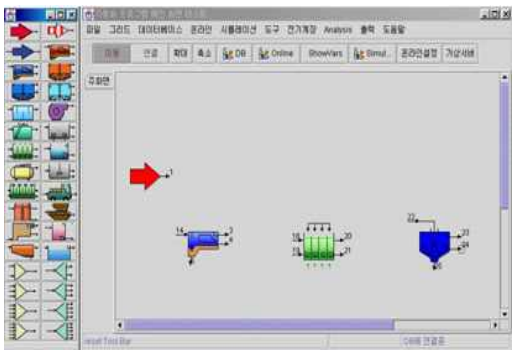
(그림 10)은 JClass Chart에서의 클래스 계층구조와 WEC-Sim에서 개발된 클래스들 간 연관관계를 보인다. 시각화를 위해 재사용하고 있는 JClass 패키지는 시각화를 위한 차트관련 클래스와 데이터 관련 클래스와 같은 두 가지 중요한 세부 패키지를 제공한다.

WEC-Sim은 on-line 데이터와 DB관련 시각화를 위해 Multi Chart 클래스를 재사용하였고, Data Source를 구현하기위해 JC Default Data Source 와 JDBC Data Source를 재사용 하였다. Process Chart는 온라인 데이터의 시각화를 위한 클래스이며, Detail Chart Frm는 데이터 검색과 과거 데이터의 시각화를 위한 주된 클래스가 된다.

4.2 구현 내용

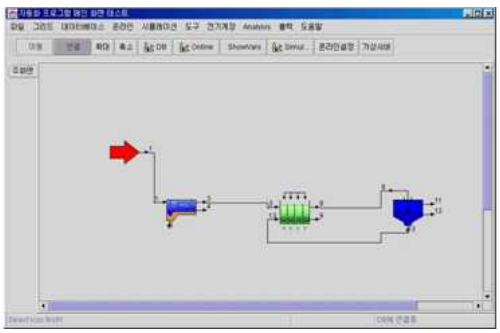
4.2.1 공정표

공정표는 (그림 11)에서 보는 바와 같이 하수처리시스템의 단위공정을 나타내는 객체 아이콘으로 구성되어 있으며, 각 아이콘을 마우스 클릭에 의해 그림판으로 이동하여 사용자가 원하는 처리 시스템을 구성한다.



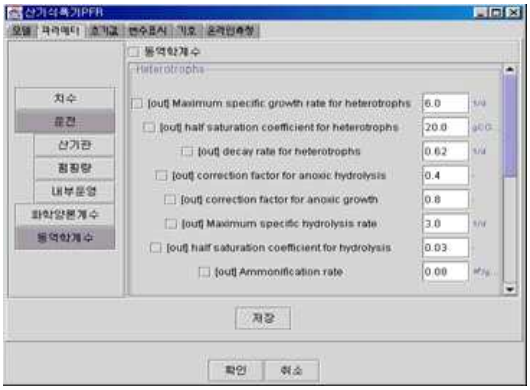
(그림 11) 단위공정 공정표 레이아웃

그림판에 레이아웃한 아이콘 간에 유수라인 연결에 의해 처리시스템은 모형화 되며 객체 아이콘은 단위공정과 단위공정을 연결하는 유수의 합류와 분리로 이루어진다 (그림 12).



(그림 12) 공정표와 단위공정간 유수라인 연결

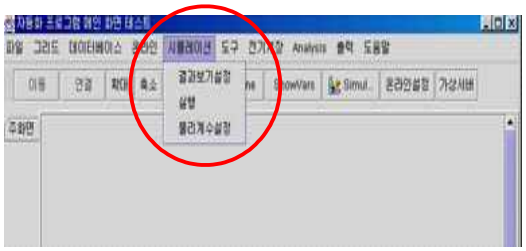
(그림 13)은 공정표의 단위공정을 나타내는 객체아이콘의 속성창을 나타낸다. 단위공정의 다양한 특성을 나타내는 상태변수, 운영변수, 계수를 입력한다.



(그림 13) 단위공정 속성 입력창

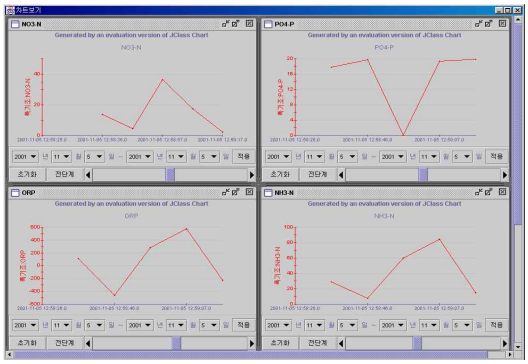
4.2.2 시뮬레이션

WEC-Sim에서 시뮬레이션 메뉴는 (그림 14)에서와 같이 '결과보기', '실행', '계수설정'으로 구성된다. '계수설정'메뉴는 분석에 요구되는 물리적 조건을 입력하는 데이터 입력창을 불러오며, 시뮬레이션을 실행하기 위한 '실행' 메뉴는 정상상태와 동적상태 시뮬레이션을 선정하고 각 분석 조건을 입력하는 데이터 입력창을 불러온다.



(그림 14) 시뮬레이션 메뉴

'결과보기' 메뉴는 시뮬레이션 결과를 수치 또는 다양한 그래프로 보여주기 위한 출력 결과 설정창을 불러오며, 시뮬레이션의 결과를 표시할 수 있는 차트의 종류와 범위를 설정하면 시뮬레이션의 실행 결과는 설정된 차트로 표기 된다 (그림 15)..



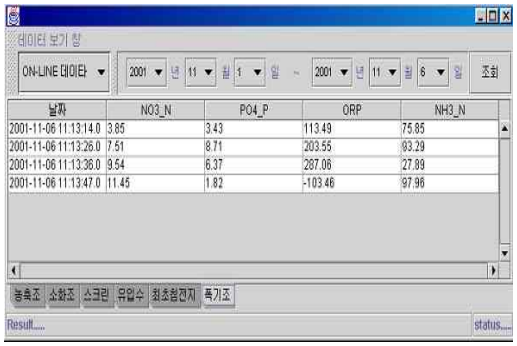
(그림 15) 시뮬레이션 결과

4.2.3 데이터베이스

WEC-Sim에서 데이터베이스는 각 단위공정에 설치된 센서로부터 수신되는 온라인 데이터에 대한 주기적인 저장 및 기기·계장상태에 대한 정보를 다양한 방법으로 조회하는 기능을 제공한다. (그림 16)의 데이터베이스 '설정' 메뉴는 자료수집 위치와 종류 선정 기능이 있다.

(그림 16) 데이터베이스 설정창

설정창에서 수집하고자 하는 단위공정의 위치와 데이터 종류를 선정하고 '확인'을 클릭하면 (그림 17)과 같이 조회 요청한 각 단위공정의 데이터를 실시간으로 볼 수 있다.



(그림 17) 데이터 보기창

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서 구현된 WEC-Sim은 하수 처리장 통합관리체계에서 필요한 전문가시스템의 주요 기능인 데이터 수집, 성능 예측, 분석, 제어를 수행할 수 있는 소프트웨어이다. 전문가 시스템의 주요기능을 수행하기 위하여 데이터 수신, 모델링, 시뮬레이션, 제어신호 송신의 기능을 계획하고 있으며 온라인 수신 및 시뮬레이션 체계를 구현하였다.

향후 과제는 단위공정 모델의 추가, 시뮬레이션 엔진 성능의 업그레이드, 제어 신호의 송신 체계를 구축하는 것으로 공정 시뮬레이션을 통해 도출된 결과를 이용하여 하수처리 전 공정에 대한 상태를 실시간 분석하여 결과를 제공하는 의사결정지원 시스템을 구현하는 것이다.

참고문헌

[1] 김종만, 김지환, 이성구, 안세영, 박미경, 김홍기„ “인터넷기반 실시간 원격 데이터 분석 시스템 설계 및 구현”, 한국정보과학회 학술발표, Vol 28, No 2, pp. 484-486, 2001.

[2] 윤영한, "하수처리장의 효율 향상을 위한 모니터링 및 제어방안 연구". 전설기술정보, pp. 21-25. 2005.

[3] Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M.C., Marais G.v.R., and van Loosdrecht M.C.M., "Activated Sludge Model No. 2D, ASM2D", Water Science and Technology, Vol. 39, No. 1, pp. 165-182. 1999.

[4] Takacs I., Patry G. G., Nolasco D., "A Dynamic Model of the Clarification-Thickening Process", Water Research, Vol. 25, No. 10, pp. 1263-1271. 1991.

[5] Hydromantis, Inc., "GPS-X User's Guide", Hydromatics, Inc., 2006.

[6] 조인호, 주정민, 박양선, 조현보, "웹서비스 기반의 분산 시뮬레이션 프로토타입 개발", 한국경영 과학회 춘계학술대회, 2005.

[7] Wenderholm, E., "Eclpss: a Java-based framework for parallel ecosystem simulation and modeling", Environmental Modelling and Software, Vol.20 No. 9, pp. 1081-1100, 2005.

[8] Walrath K., Campione M., Huml A., "The JFC Swing Tutorial - A Guide to Constructing GUIs", Addison-Wesley, 2004.

[9] Quest Software, "JClass Desktop/ServerViews", http://www.quest.com/jclass.

[10] Garg, V. K., "Concurrent and Distributed Computing in Java", John Wiley & Sons, 2004.

[11] (주)수엔지니어링앤컨설팅, “WEC-Sim 개발 보고서”, http://www.waterenc.co.kr, 2007.

[12] http://www.envirosim.com/products/bw32/

[13] http://www.wrcplc.co.uk

이 성 구

1980년: 중앙대학교 전자계산학과 학사
1989년: 중앙대학교 전자계산학과 공학석사 - 인공지능
1993년: Arizona State University, 공학석사
1998년: Arizona State University, 공학박사 - 소프트웨어공학
1999년～현재: 한신대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 소프트웨어공학, 재사용, 컴포넌트개발, 검색시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅, 라이브러리시스템

안 세 영

1980년: 중앙대학교 생물과 학사
1988년: Oklahoma State Univ. 공학석사 - 환경공학
1995년: Texas Tech Univ. 공학박사 - 토목환경공학
1995~1998년 (주)동양산업기계 기술연구소 책임연구원
1999~현재 (주)수엔지니어링앤컨설팅 대표이사
관심분야 : 물환경 모델링, 수처리 시스템 평가, 시스템 자동화 및 제어 전과정 평가