

하수처리 프로세서 제어를 위한 감시제어 시스템

김 현 기* · 오 성 권* · 황 회 수* · 우 광 방**
 (*연세대 대학원 전기공학과 박사과정, **동 전기공학과 교수)

1. 서 론

오늘날 공업의 급속한 발달로 인하여 하수나 폐수의 양적 증가 뿐만 아니라 새로운 종류의 유기화합물이 추가되고 있는 실정으로 공해, 보건의 측면에서 보다 효과적인 하수처리 문제가 관심의 대상이 되고 있다.

이 가운데 하수의 1차 처리(물리적 처리)후에 폐수 중에 남아 있는 용해물질 또는 미세한 고형물을 미생물의 힘에 의해 제거하는 활성오니처리는 하수처리 시스템에서 가장 중요한 부분이 되었다. 활성오니처리공정은 하수나 폐수를 처리하는데 가장 일반적으로 사용되는 방법으로 수질의 향상과 안정화를 위해서 활성오니의 질과 양의 관리와 적정화가 중요하다.

이 공정은 생물학적 메카니즘의 특성으로 다음과 같은 면을 가지고 있다.

- 수질특성이 복잡 다양하고 어려우며
- 부하변화가 매우 심하고(기후, 시각 및 계절에 따라 수량, 수질의 변화가 크다)
- 공정 특성이 복잡하여 제어량과 조작량의 선택, 조합이 명확치 않다.

이와같은 상황에서 하수처리 시스템에 요구되는 기술도 획일적이 아닌 광범위하고 새로운 기술 및 고도의 기술을 필요로 하고 있다.

예컨대 fuzzy 제어에 의한 방식 즉 복잡한 시스템을 운전하는 경우 조작자의 수동제어가 주요한 것이 많다. 이 때 조작자의 주관적 판단은 육감과 경험에 기인한 애매한 요소를 포함한다. 이 애매한 평가기준을 정식화해서 제어에 사용하는 방식과 또한 지식공학 특히 그 중 전문가 시스템에 의한 방식 즉 조작자의 경험을 미리 운전 rule로서, 계산기내에 설정해 두고 이 지식 base를 기반으로 제어지침을 guidance하는 방식이 채택되어 실용화 단계 혹은 실제 플랜트에 적용, 운용되고 있다.

여기서는 하수처리 시스템의 개괄적 표현과 현재 활성오니 제어에 주로 사용되고 있는 프로세서기술 및 내용에 대해 설명하고 고도기술의 하수처리 시스템으로의 적용에 대해 살펴 본 다음, 결론적으로 이들 하수처리 프로세서에 관련된 컴퓨터 감시제어 시스템의 구조와 내용에 대해 기술한다.

2. 하수처리 시스템과 활성오니 제어

2.1 하수처리 시스템의 구성

하수처리 시스템의 구성은 다음의 4가지 프로세서로 구성된다. 즉

- 하수의 수집, 수송 프로세스
- 하수처리 프로세스

-슬러지 처리 프로세스

-3차처리 프로세스

이들 처리 프로세스들의 기본은 미생물에 의한 생물 화학 반응 프로세스와 중력침강에 의해 미생물 덩어리를 분리하는 고체 및 액체의 분리 프로세스와 조합한 것이다. 따라서 각 처리 프로세스의 성능은 미생물의 생물화학적 특성에 의존한다. 하수도 처리방식에는 여러방식이 있지만 활성오니법이 일반적으로 사용되고 있다. 활성오니는 생태계이고 환경조작조건에 의해 각각 안정한 상태간을 천이한다. 이 천이의 제어를 잘 진행하면 세부적인 제어를 불필요하게 한다. 활성오니법은 침사지, 최초 침전지, 폭기조 및 최종 침전지로 구성된다.

침사지와 최초 침전지에서는 하수중에 포함된 현탁물질의 입자가 중력에 의해 침강된다. 폭기조에서는 수시간 연속적으로 하수중에 공기가 흡입된다. 유기물 제거의 중심을 이루는 미생물은 폭기조의 과정에서 자연발생하는 다종류의 미생물 군이고 이것을 활성오니라 한다. 이 응집한 미생물의 덩어리를

floc이라 한다.

활성오니의 폭기조내 공기로부터 용해한 산소에 의해 유기물을 생물화학적으로 산화해서 증식하고 대사과정에서 유기물을 물과 탄산 gas로 분해한다. 최종 침전지에서는 floc은 침강 제거되고 맑은 물이 3차처리 프로세스로 유입된다. 한편 최종 침전지에서 침강한 미생물은 폭기조입구에 recycle되어 다시 유기물제거에 사용된다. 하수처리 시스템의 구성은 그림 1에 나타나 있다.

2.2 하수처리 프로세스 내의 계측 및 제어 항목

하수처리의 제어대상인 주요설비의 계측항목과 제어항목을 살펴보자.

2.2.1 최초 침전지(제 1침전지)

-계측항목

침전 슬러지 인발량, 방류량, 슬러지량 수위, 슬러지 농도

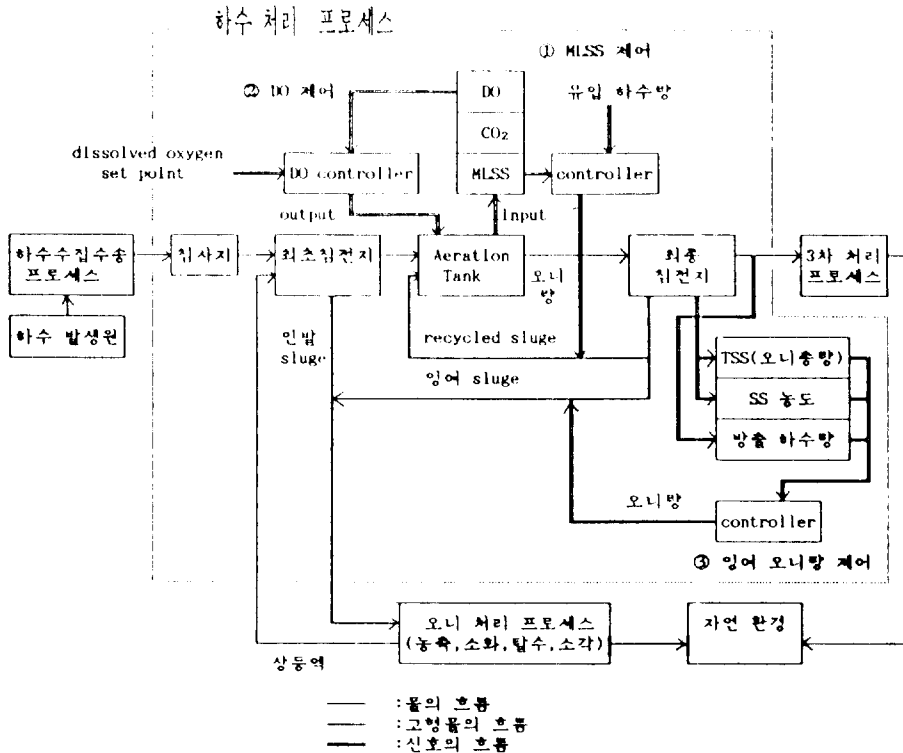


그림 1. 하수 처리 시스템 구성도

—제어항목

슬러지 인발 펌프

2.2.2 aeration tank

—계측항목

유입하수량, 반송슬러지량, 송풍량, DO(용존산소), 슬러지농도

—제어항목

송풍량, 반송슬러지량, 송풍기 대수, 흡입량

2.2.3 최종 침전지(제 2침전지)

—계측항목

잉여슬러지량, 슬러지 농도, 수위, PH, DO, SS(활성슬러지 농도), BOD(생물학적 산소요구량), TOC(물속의 모든 유기성탄소량)

—제어항목

반송오니 펌프

2.3 활성오니의 동특성 해석

폭기조에서는 하수중의 유기물질과 활성오니라 부르는 미생물과 접촉시킨다. 활성오니는 공급된 산소를 사용해서 유기물질을 분해하고, 일부를 에너지로 소비하고, 일부를 증식을 위해 사용한다. 폭기조로부터 유출된 오니는 최종침전지에 의해 회수되어 폭기조로 되돌려진다. 이 때 일부는 활성오니의 양이 지나치게 증가하는 것을 피하기 위해 인발해 오니처리로 보낸다.

또 최종 침전지에서 오니가 제거된 윗부분의 맑은 물은 보통 염소 소독후 받아들여 하천에 방류된다. 하수도처리 시스템의 중심은 폭기조에서의 유기물질 제거이다. 제어의 문제도 이부분에서 집중되고 있

다. 이 부분에서 활성오니의 동특성을 살펴보면 다음과 같다. 그림 2는 하수처리 프로세스를 나타낸다.

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{Q_{in}}{V}(S_0 - S) - \frac{\mu_m S}{K_s + S} X \quad (1)$$

$$\frac{dX}{dt} = r \frac{Q_{in} X_r - Q_{in}(1+r)X}{V} + Y \frac{\mu_m S}{K_s + S} X - bX$$

(1)식에서 단위시간에 일정 오니량을 연속적으로 인발하는 경우 다음의 (2)식으로 표현된다.

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{Q_{in}}{V}(S_0 - S) - \frac{\mu_m S}{K_s + S} X \quad (2)$$

$$\frac{dX}{dt} = -\frac{P}{V} + Y \frac{\mu_m S}{K_s + S} X - bX$$

단, X : 활성 오니량(mg/l)

S : 유기 물질의 산소요구량 환산치

Q_{in} : 유입 하수량(m³/day)

P : 인발 오니량(Kg/day)

V : 폭기조 용량(m³)

S₀ : 유입 유기물질의 산소 요구량 환산치(mg/l)

r : 반송율(반송유량/유입유량)

μ_m : 최대비(ratio) 증식속도(day⁻¹)

K_s : 포화 정수(mg/l)

Y : 수율(-)

b : 사망 속도(day⁻¹)

2.4 활성오니의 제어를 위한 관련 프로세스 기술 및 내용

하수처리 프로세스 제어기술로는 유입부의 제어, 반송오니량 제어, 잉여오니량 제어, 배기풍량 제어, 염소 주입량 제어 등이 있으나 주 제어 대상인 활성 오니에 관련된 제어기술의 내용은 다음과 같다.

2.4.1 반송오니량 제어

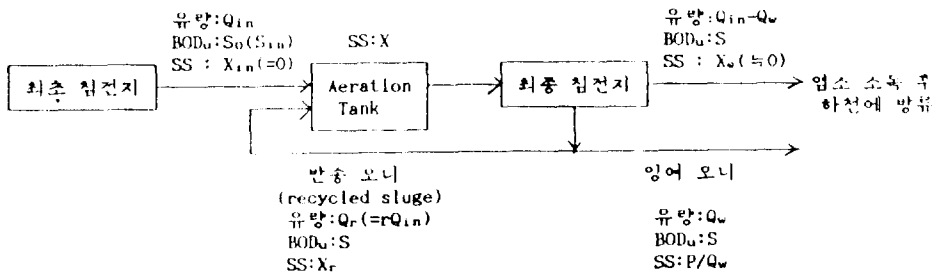
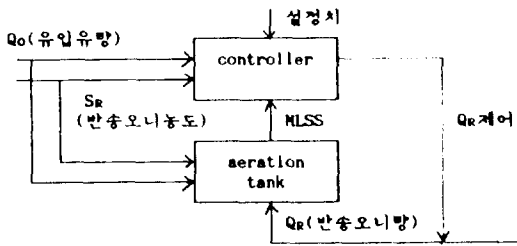


그림 2. 하수처리 프로세스



- 측정치 : 유입유량(Q_0), 반송오니농도(S_R), MLSS (활성오니농도)
- 제어치 : 반송오니량(Q_R)

그림 3. 반송 오니량 제어 흐름도

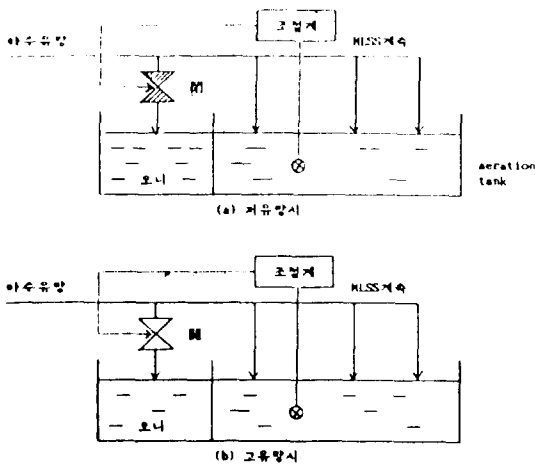


그림 4. 동적 저유식 MLSS제어

활성오니법에 있어서 미생물량, 유입 BOD성분, 용해되어 있는 산소량의 3요소가 적절한 비율로 혼합될 때 BOD제거율은 높아진다. 미생물량, 바뀌말 하면 반송오니량의 제어는 반송오니 펌프의 회전수 제어에 의해 행해지며 폭기조내에서 하수 중에 포함된 부유성 및 용해성 유기물질을 산화, 흡착하는 역할을 하는 활성오니의 농도를 최적으로 유지할 목적으로 한다.

반송오니량 제어에는 유입하수정비율제어, FM비 일정제어, BOD부하제어, MLSS일정제어 등이 있으나, 그림 3에서와 같이 MLSS제에 의해 측정된 측정치와 목표치와의 차에 응해 반송오니율을 변화시키는 제어로 MLSS제어를 일반적으로 사용한다.

실제 MLSS제어에서 최종침전지로부터 반송되는 활성오니량의 제어는 최종침전지에 측정되는 활성오

니의 한계성때문에 다음 그림 3과 같은 동적저유식 MLSS제어를 행한다. 그림 4.(a) 경우와 같이 유입 하수량이 적을 때 최초의 유입 밸브를 막고, 폭기조 입구 부분에 활성오니를 저유한다. 그림 4.(b)의 경우는 유입하수량이 많을 때 최초의 유입 밸브를 열고, 저유해 농은 활성오니에 하수를 공급한다. 따라서 유입하수량이 많을때에 충분한 활성오니가 얻어 지지 않으므로 이 동적저유방식을 채택한다.

2.4.2 배기풍량제어

배기풍량제어는 활성오니가 용해성 및 부유유기물질을 산화, 흡착시켜 침강성의 floc을 형성하는데 필요한 DO를 최적으로 유지하는데에 있다.

배기의 목적은

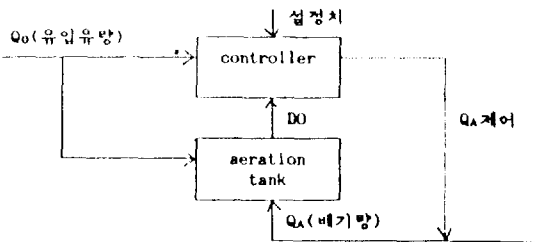
- floc형성(미생물, 즉 활성오니의 덩어리)을 위한 동력을 제공
 - 오니 침강 방지를 위한 동력제공
 - 산소, 유기물질, 미생물의 혼합에 그 목적이 있다.
- 배기 풍량 제어에는 정비율 배기풍량제어, DO일정제어, 호흡속도계를 이용한 제어가 있다. 일반적으로 사용되는 DO일정제어는 그림 5와 같이 폭기조내의 DO를 측정해서 그 값과 목표치와의 편차에 대응해서 폭기조내 송풍기의 토출량을 제어한다. 폭기조내의 용존산소농도(DO)는 다음 식으로 표시된다.

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -\mu \frac{\partial D}{\partial l} + (D - D_s) K_1 A - R_r X$$

여기서, D : 용존 산소 농도(mg/l)

D_s : 포화 용존 산소 농도(mg/l)

μ : 유속(m/h)



- 측정치 : 유입유량(Q_0), DO(용존산소농도)
- 제어치 : 배기량(Q_A)

그림 5. 배기 풍량 제어 흐름도

- K_1A : 총괄 물질 이동 계수(1/h)
- R_r : 호흡 속도(mg-O₂/g-SS/h)
- X : 활성 오니 농도(g-SS/l)
- t : 시간(t)
- l : 거리(m)

K_1A 는 Aeration Tank내 풍량과 다음 식의 관계가 있다.

$$K_1A = k_1G^m$$

G : aeration tank내 풍량(m³/h)
 k_1, m : 정수

2.4.3 잉여오니량 제어

종래 2차처리계의 제어는 처리수질만을 주목한 공기량 제어와 반송오니량 제어가 중심이었으나 근래에는 수질의 향상과 안정화를 위해 활성오니의 양적 관리와 적정화가 중요하게 되었다. 그림 6과 같이 폭기조로부터 유출된 오니는 최종침전지에 의해 회수되어 폭기조로 되돌려진다. 이 때 일부는 활성오니의 양이 지나치게 증가하는 것을 피하기 위해 인발해 오니처리로 되돌린다. 잉여오니량 제어는 다음과 같이 SRT일정제어가 고려되고 있다. 다음 식에 의해 잉여오니의 인발량을 결정한다.

$$\text{constant 설정치} : SRT = \frac{TSS}{Q_wSS_w + Q_eSS_e} = SRT_0$$

$$\text{인발량} : Q_wSS_w = \frac{TSS}{SRT_0} - Q_eSS_e$$

- Q_w : 잉여 오니의 인발량(m³/h)
- SS_w : 잉여 오니의 농도(mg/l)
- Q_e : 방류량(m³/h)
- SS_e : 방류수의 SS 농도(mg/l)
- TSS : 오니 총량

2.5 활성오니 제어상의 고려사항

활성오니법의 프로세스제어상의 문제로는 다음과 같은 것이 있다.

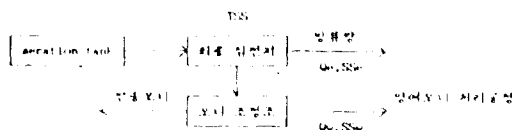


그림 6. 오니의 흐름도

- 활성오니는 혼합배양계이기 때문에, 배양조건에 따라 나타나는 미생물종류의 차이로 미생물의 천이 과정의 미지부분이 많다.
- 유입하수량 및 유기물 농도, 즉 유입 유기물 부하가 시간적으로 크게 변동함
- 처리수 중의 유기물농도를 항상 소정치 이하로 유지해야 한다.
- 생물반응에 의존하기 때문에 시간지연이 무시되지 않음
- 온도와 같이 제어되지 않는 파라미터가 있다.
- 따라서 하수의 생물, 화학적 처리에서, 반응의 주된 인자를, 어떻게 찾아내 예측하는가가 주된 point 가 된다.

3. 하수처리 프로세스의 고도제어 시스템

하수도 시스템의 생물학적, 화학적 정화처리 프로세스에 대한 고효율, 안정운용이 필수조건으로 되고 있다. 그러나 이들 조건을 전부 종래의 운전제어기술만으로 실현하는데에는 어려움이 있어 다음과 같은 신기술이 적용되어 많은 효과를 올리고 있다.

3.1 유입량 예측 시스템

우수 처리에 있어서, 도시화 진행에 따른 불침투 지역의 증대에 의한 급격한 유입량 증가 대책과 우수처리에 있어서, 급격한 인구증가집중의 영향에 의한 큰폭의 오수부하 변동대책이 큰 과제이다.

이와같은 상황하에서 우수, 오수의 유입량제를 효율적으로 실현하기 위해 종래의 feedback제어를 주체로한 제어방식만으로는 대응이 어렵게 되어 있는 것이 현상태이다. 따라서 예측수법을 이용한 고도의 유입량제어 방식이 요구되고 있다.

우수유입예측 시스템에는 통계적 수법에 의한 방식과 물리적 모델에 의한 방식이 있다. 통계적 수법은 펌프장 유입량, 강우의 세기 등을 관측 데이터로 사용해서 프로세스의 상황 변화에 유연히 대응할 수 있고 물리적 모델에 의한 방식은 프로세스의 물리적 특성 데이터(유출계수 등)에 의한 방식이다.

우수유입예측 시스템은 통계적 수법인 인구의 변화, 생활 양식의 변화에 의한 장기적 변화와 요일, 기후, 기온에 의한 단기적 변화와의 합에 의해 구함

으로써 정확한 데이터가 얻어진다.

3.2 하수도 지식공학 응용 시스템

활성오니공정은 관련 수질 측정기기의 부족과 처리지역내의 흐르는 상황의 정확한 판단이 요청되고 생물학적 메카니즘의 특성을 가지고 있으므로 플랜트 운전관리에 있어서는 장기 데이터 실적을 근거로 숙련된 조작자의 경험에 기반을 둔 경우가 많은 것이 현재의 상태이다.

예컨대 필요한 완전한 지식과 얻을 수 있는 부분적인 지식 사이에서 발생하는 지식 gap 영역을 채우는 것이 인간이 가진 유연한 사고와 지식으로서 이는 다음과 같은 특성을 가진 하수처리 시스템에서 발생한다. 즉

- 대상 모델이 복잡하고, 수학 모델이 작성 가능치 않으며
- 이상현상을 사전에 예측할 수 없고, 거기에 대응해서 시스템 설계시에 미리 정하는 것이 곤란하며
- 설계시에는 분명치 않으나 운전 개시 후에야 판명된다.

이러한 특성을 가진 하수처리 시스템의 지식 gap 영역을 해결하기 위해 Expert System이 필요하게 된다.

따라서 설계를 위한 종래의 제어수법은 시퀀스 제어, PID제어, 현대제어이론, 수리계획법(동적계획법, 선형계획법)등이 있으나 이와 같은 문제를 실현하는데에는 곤란하고, 지식공학내의 전문가 시스템이 실제 플랜트에 적용되어 이들 문제 해결에 현저한 효과를 올리고 있다.

이 지식공학의 적용으로 다음의 효과가 기대된다. 즉

- 유지 관리비(전력비, 약품사용량 등)의 절약

-24시간(숙련 운전원 부재시도 포함) 안정조업이 가능

-기술이전가능 : 숙련 운전원의 전근, 퇴직 등에 대응

-신 지식의 획득 : 운전원이 회화형식으로 신지식을 시스템에 구축해 넣는 것이 가능하다.

보다 우수한 제어성능을 발휘하는 전문가 시스템이 하수처리 시스템에 적용되는 사례를 보면, 여러 개의 오니처리장간의 오니이동, 펌프 운전제어, 우수 유입량 예측 및 DO 제어, 오니 처리 등이 있다. 이들 여러 문제에 대한 숙련 운전원이 가지는 고도의 지식, know-how를 시스템에 구축시킴으로써 고도의 운전제어 시스템이 실현된다. 또한 Expert System에 구축된 지식 base를 기반으로 해서, 조작자는 제어전략을 경험적 의사결정규칙(heuristic decision rule)의 집합으로 수치변수가 아닌 언어변수를 사용하는 fuzzy 기법을 적용한 제어기를 설계함으로써 활성오니공정을 보다 효율적이고 체계화된 질적제어를 수행하기 위해 조작자의 제어규칙을 자동제어 시스템으로 구현하는 한 방법이다. 그것은 fuzzy 집합과 언어변수(linguistic variable)를 사용함으로써 수학적으로 정의하기 힘들고 복잡한 시스템에 대해 인간이 사용하는 언어적 규칙을 적용하고 그 규칙을 컴퓨터로 처리할 수 있도록 하는 fuzzy algorithm에 의한 controller로 하수처리 프로세스에 적용되고 있다.

4. 하수도 감시제어 컴퓨터 시스템

하수도 시설의 원활한 운용(운전, 관리)을 위해 종래의 계장제어 시스템에서 컴퓨터 시스템을 도입한 감시, 제어 컴퓨터 시스템이 중대하고 있다. 따

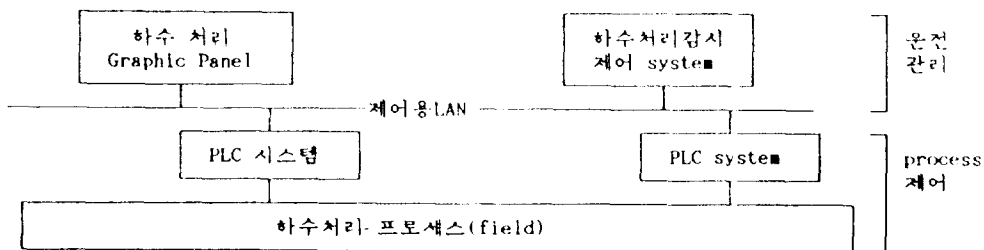


그림 7. 소규모 감시제어 시스템

라서 각 설비의 규모, 운용면에 의한 소규모, 중규모, 대규모로 분류하여 하수도 감시제어 시스템을 살펴보자.

- (2) 확장성과 장치의 호환성
- (3) compact화와 공사의 간소화 등이 있다.

4.1 소규모 감시제어 시스템

소규모 하수도에서는 재정규모가 적고 또 기술자의 확보가 곤란하다는 등의 이유에 의해 설비투자 및 유지관리비가 적고 유지관리가 용이한 시스템이 요구되고 있다. 이같은 배경에 근거해, 소규모 감시제어 시스템은 특히 경제성을 우선으로 하고, 간소한 시스템으로 하고, 또 확장성이 용이하다.

그림 7은 일반적인 소규모 감시제어 시스템의 구성을 나타낸다.

이 시스템의 특징으로는

- (1) simple한 시스템 구성

4.2 중규모 감시제어 시스템

중규모 하수도에서는 처리의 적정화와 효율화가 요구되고 있다. 또 유지관리비의 절감, 효율적인 운전제어를 목적으로 하고, 처리장 및 펌프장의 무인화, 원격제어화를 실시하거나 계획중인 시설이 증가하고 있는 실정이다.

이와 같은 배경에 근거해 중규모 감시제어 시스템은 정보집약형의 관리방식과 고도화한 감시 제어 기능을 가진 시스템으로 신뢰성, 안전성, 확장성이 우수한 시스템이다. 그림 8은 일반적인 중규모 감시제어 시스템이다.

이 시스템의 특징으로는 다음과 같은 것이 있다.

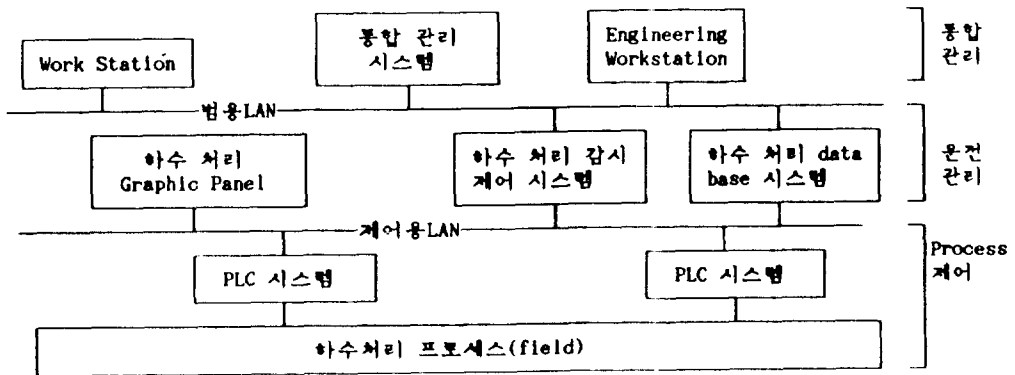


그림 8. 중규모 감시 제어 시스템

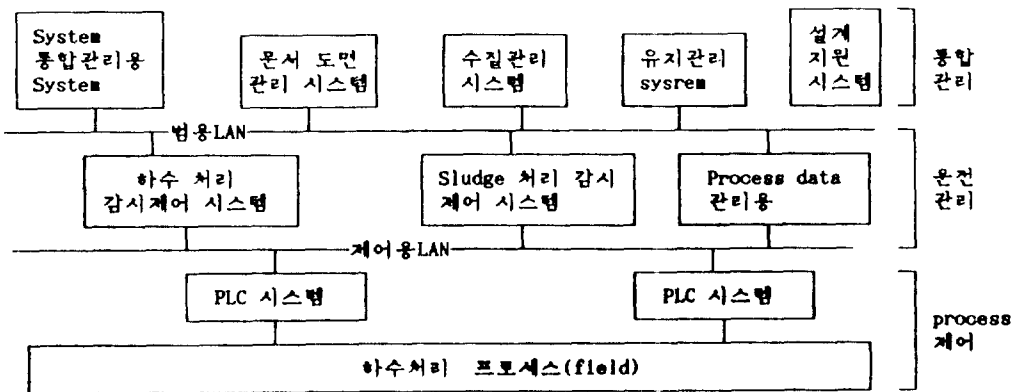


그림 9. 대규모 감시제어 시스템

- (1) 유연한 시스템구성과 용이한 확장성
- (2) 고속응답의 man-machine interface
- (3) 관리 데이터의 일원화
- (4) 신뢰성, 안정성의 향상

4.3 대규모 감시제어 시스템

대규모 하수도에서는 한정된 인원으로 다수의 프로세스 설비기기의 감시, 조작, 정전시 및 우천시에 긴급한 경우 신속한 대응 및 대량 데이터의 관리를 효율적으로 행할 필요가 있다. 이를 위해, 고성능으로 조작성에서 우수하고, 또한 바라는 정보가 알기 쉬운 형이고, 바로 입수가 가능한 고도의 정보관리기능을 가지는 시스템이 요구되고 있다. 또 최근에는 OA기술의 진보와 동반하여 설비기기의 보전관리, 문서 및 도면의 관리, 설비의 갱신 및 확장을 위한 계획업무지원이 요구되고 있고, 감시제어 시스템을 포함한 처리구 통합정보관리 시스템의 구축, 혹은 본국과 network로 연결하는 하수도 종합정보관리 시스템의 구축의 필요성이 높아지고 있다.

이와같은 배경에 대한 대규모 감시제어 시스템은 대용량화, 고성능화와 동시에 광역관리 및 하수도 업무의 통합화를 도모할 수 있다. 그림 9는 일반적인 대규모 감시제어 시스템이다.

이 시스템의 특징은 다음과 같다.

- (1) 목적 중시의 network 시스템이고
- (2) 고성능, 고기능의 man-machine interface가 가능하며
- (3) 하수도 전용의 통합관리 기능을 가진다.

5. 결 론

하수처리 프로세스의 과제로는 우수침수 대책, 수질보존, 자원의 유효이용이 그 주요내용이다. 이에 대응하기 위해 기상, 우량, 하천정보 시스템의 구성, 지식공학응용 우수펌프 운전제어, 하수의 고도처리기술 등의 방법이 행해지고 있다.

하수도는 생활환경의 개선, 침수의 방지, 공공 용수 지역의 수질보존의 측면뿐만 아니라 최근에는 하수도를 자원으로써 이용하는 관점으로부터 시설의 공간이용, 처리수 및 슬러지의 다목적 활용도 중요한 과제로 되고 있다.

하수도 plant의 전기, 계장 기술을 구성하는 요소 기술은 전기(E), 계장(I), computer(C) 관계하는 기술을 종계로써 하고, 시스템설계로부터 시공까지의 engineering기술을 횡계로 한 통합 시스템 기술이다.

하수도 분야에 있어서의 감시제어 시스템은 종래의 계층화된 수직분산 방식에 덧붙여 계층마다 기능을 나누어 수평분산방식이 진행되고 있고, 최근에는 수직분산, 수평분산의 감시제어 시스템으로 이행하고 있다.

수직수평분산 시스템에서 수직 분산은 경영관리, 운용관리, 시설정보관리, 프로세스 감시제어, local 제어라고 한 업무 level마다의 계층구조로 하는 것이고, 수평 분산은 각각의 업무 level내에서 대상 업무 처리의 내용에 대응해서 기능분산을 도모하는 것이다.

수평분산방식에서는 microcontroller를 기능단위(표시, 기록, 조작, 기억, 연산, 제어)마다 분산설치하고 이들의 controller와 상위 프로세스 컴퓨터와는 LAN등의 정보전송회선을 개입시켜 상호 결합된다. 이렇게 함으로써 기기 장소의 규모, 용도, 도입 시기에 맞춘 flexible system 구성이 가능함과 동시에 분산설치에 의한 신뢰성의 향상, 전용기(專用機)로서 software의 제작이 쉬움 등의 효과가 있다.

또 운전조작면에서는 다색, 고밀도 CRT를 사용해서 화면상으로부터 touch 조작을 하는 방식이 보급되고 있다. 이 방식은 운전원에 의해 plant의 운전을 확실히 실감하면서 행해지는 잇점이 있다.

software면에서는 예측기술, 지식공학의 기술, 해석 기술, simulation기술 등의 발전에 의해, 시설의 운전조작 및 설계지원의 효율 및 신뢰성의 향상을 위해 도움이 되고 있다. 한편, 유지관리를 위해, 종래의 하수도 감시제어 기능에 덧붙여 설비대장관리, 수질 data 관리, 관로 정보관리 등의 유지관리업무를 지원하는 시스템도 컴퓨터 시스템의 대상기능으로써 조합되어 오고 있다. 더욱이 하수업무전체의 효율화의 면으로부터 상위의 경영관리 시스템 등과의 광통신 network 결합도 진행되고 있고 컴퓨터 분야의 진보로 하수도 감시제어 시스템은 지식화, 분산화, 통합화, 광역화로 진행되고 있다.

참 고 문 헌

[1] Tnog, R.M., Beck, M.B., and Latten, A., "Fuzzy

- Control of the Activated Sludge Wastewater Treatment Process”, *Automatica*, Vol. 16, pp. 695-701.
- [2] William, E.D., “Aspects of Automation on the ASP”, *Wat. Pollut. Control.*, pp. 439-447, 1978.
- [3] 大音透, 外: 下水處理制御技術, 電氣學會雜誌, 104, 12, 1073~1076, 1984
- [4] Shuji Kato; 水質計と アイクロントローラによる 活性汚泥の 制御, 計裝, 25, 12, 38~44, 1982.
- [5] 平岡正勝, 外: 水處理システムの 總括制御, OHM, 8, 17~20, 1980
- [6] 富士の技術 “水の システム技術特集”, FUJI ELECTRIC(株), 1989
- [7] 기술자료 “금성 분산형 제어 시스템”, 금성제전 (주), 1988
- [8] 石井保, 計裝制御 システム, 電氣書院, 1979
- [9] “Water and Modern System Technique”, FUJI ELECTRIC(株)
- [10] Michio Sugeno, *Industrial Application of Fuzzy Control*, North-Holland, 1985.
- [11] Hiroka, M., Ikeda, Y., Takeda, N., and Tsumura, k., “A Control System for Smaller Wastewater Treatment Plants”, *Wat. Sci. Tech.*, vol. 13, pp. 299-303
- [12] Hiraoka, M. and Tsumura, k. and Oka, T., “Interactive Control System in The Activated Sludge Process”, *Proceeding of 3rd PACHEC*, pp. 243-248, Seoul, 1983
- [13] John, A.B., “Use of a Rule-Based System for Process Control”, *Control System Magazine*, pp. 3-13, October, 1988
- [14] Maeda, k., “A Knowledge Based System for the Wastewater Treatment Process”, *7IFAC IV*, pp. 89-94.
- [15] Mamdani, E.H., “The application of fuzzy control system to industrial processes”, *Automatica*, vol. 13, pp. 235-242
- [16] 김 동민, 김 수생, “폐수처리”, 녹원출판사, 1987
- [17] 양 상현, “수질공학”, 동화기술, 1989
- [18] 조 영일 외 4인, “환경공학”, 동화기술, 1987
- [19] 조 영일 외 7인, “폐수처리공학”, 동화기술, 1987
- [20] A. Kaufmann, M.M. Gupta, “Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science”, North-Holland, 1988.