
저수조 자동 분류를 이용한 효과적인 수질 오염 관리

Effective Water Pollution Management using Reservoir Tank Automatic Classification

정경용*, 전인자**

상지대학교 컴퓨터정보공학부*, Department of Industrial Technology, Purdue University**

Kyung-Yong Chung(kyjung@sangji.ac.kr)*, In-Ja Jun(injaeon@gmail.com)**

요약

IT 융합 기술의 발전에 따라 정부의 4대강 복원을 위한 마스터플랜이 구축되면서, 환경 친화적인 수질 오염 관리의 중요성이 부각되고 있다. 본 논문에서는 친환경 저수조의 수질 향상과 온라인 관리를 하기 위해서 저수조 자동 분류를 이용한 효과적인 수질 오염 관리를 제안하였다. 제안된 방법에서는 수질오염 평가의 7가지 요소들을 정의하였고 센서를 이용하여 수소이온농도(pH), 화학적 산소요구량(COD), 부유 물질량(SS), 용존 산소량(DO), 대장균군수(MPN), 총인(T-P), 총질소(T-N)에 따른 적합한 수질 오염 관리를 하였다. 저수조의 7가지의 수질 오염 요소간의 측정치를 평가하고 [1,9] 사이에 분포하도록 정규화하였다. 저수조 자동 분류를 이용한 수질 오염 관리 시스템의 성능 평가를 하기 위해 F-측정식을 이용하여 유용성을 검증하였다. 평가 결과, 기존 시스템에 대한 만족도의 차이가 통계적으로 의미가 있음을 증명하였다.

■ 중심어 : | 저수조 | IT 융합 | 수질 향상 | 자동 분류 |

Abstract

With the development of IT convergence technology and the construction of master plan for the four rivers restoration of the government, the importance of the eco-friendly water pollution management is being spotlighted. In this paper, we proposed the effective water pollution management using the reservoir tank automatic classification for improving the water quality and on-line managing efforts of eco-friendly reservoir tanks. The proposed method defined the seven factors of water pollution evaluation and managed the water pollution according to hydrogen ion concentration(pH), chemical oxygen demand(COD), suspend solid(SS), dissolved oxygen(DO), count of coliform group(MPN), total phosphorus(T-P), and total nitrogen(T-N) using the sensors. We measured the values for the seven factors from the reservoir tank and normalized to ranging from 1 to 9. To evaluate the performance of the water pollution management using the reservoir tank automatic classification, we conducted F-measure so as to verify usefulness. This evaluation found that the difference of satisfaction by the traditional system was statistically meaningful.

■ keyword : | Reservoir Tank | IT Convergence | Improved Water Quality | Automatic Classification |

I. 서론

자연 생태계를 파괴하고 인간의 생명까지 위협하고 있는 수질 오염 문제는 인류의 공통적인 관심사로 대두되고 있다. 수질 기준이 설정되어 규제를 하고 있으나 급속히 발달한 산업 활동으로부터 유해 화학물질 배출과 수질 환경오염으로 인한 미량 유해 물질이 존재할 가능성이 있다. 정부는 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부, 문화체육관광부 등 관계부처 합동으로 4대강 살리기 프로젝트 마스터플랜을 최종 확정했다. 녹색뉴딜사업의 일환으로 2012년까지 4대강의 90% 이상이 2등급 좋은 물이 될 수 있도록 추진하는 4대강 살리기 추진 본부에 수질전담조직 설치하여 수질·수생태계 보전 및 수질오염사고 방지, 비점오염원관리 등 수질관리업무와 사전환경성 검토, 환경영향평가 등의 환경정책업무를 수행하고 있다[1][2]. 이러한 상황에서 수질을 확보하여 건강을 유지시킬 수 있는 방안 마련이 필요한 시점에 수질 오염 평가 정보와 수질 오염 관리 대책은 필수적이다[3][11]. 기존의 수질 오염 평가는 오감에 의해서 기본적으로 관리가 이루어져 인적 물질 자원이 상당히 낭비되고 있는 실정이고 중앙 집중식인 경우에 있어서는 청정수에 요구와 용수에 대한 불신이 확산되어 보다 철저한 관리와 효율적인 방법이 요구되고 있다[4][5]. 현재 수질 관리는 단순히 정량적인 차원의 체크 시스템 수준을 벗어나지 못하는 실정이다. 이러한 점을 극복하기 위해서는 효율적이고 타당성 있는 종합적인 수질 오염 관리 방법을 개발하여 정확한 수질 오염 관리 및 분석이 가능하도록 하는 것이 바람직하다[6][12]. 따라서 본 논문에서는 저수조 자동 분류를 이용한 효과적인 수질 오염 관리 시스템을 제안하였다. 수질 오염 평가를 통하여 제반 문제점을 검토하여 효과적인 수질 오염 관리에 필요한 기초 자료를 제공하는데 있다. 기존 시스템과의 평가를 위해 강원도 횡성군 횡성읍에 위치한 저수조에 대한 수소이온농도, 화학적 산소요구량, 부유물질량, 용존산소량, 대장균군수, 총인, 총질소의 일곱 가지 수질 오염 평가 정보를 기반으로 하여 수질 오염 관리에 대한 실험을 진행하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 기존에 개발된 저수조

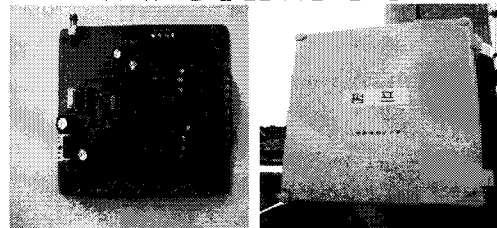
무선 통합 관리 시스템[7-8]에 대해서 기술하고 3장에서는 제안하는 방법에 대해서 기술한다. 4장에서는 성능 평가를 기술하고 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해서 기술한다.

II. 관련 기술

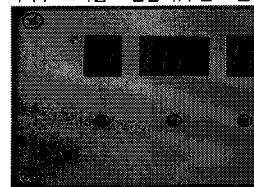
본 논문에서 제안한 시스템을 기술하기에 앞서 기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템에 대해서 기술한다. 저수조 무선 통합 관리 시스템은 저수조 탱크 제어기, 저수조 관리용 무선 단말기, 저수조 통합 관리 터미널, 웹기반 저수조 관리 시스템, 협력적 필터링을 이용한 수질 예측[9]으로 구성되어 있다. 저수조 무선 통합 관리 시스템의 구체적인 내용과 설치 화면은 [7][8]에 기술하였다. [그림 1]은 기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템에서 무선 통합 관리 구성 장치를 나타내었다.



(A) 저수조 컨트롤 단말기(무선 모듈 포함)



(B) 지하수 모터펌프 단말기(무선 모듈 포함)



(C) 소독약품 투입기

그림 1. 저수조 무선 통합 관리 구성 장치

[그림 1]에서 (A)는 저수조 컨트롤 단말기, (B)는 지하수 모터펌프 단말기, (C)는 소독약품 투입기를 나타낸다. 저수조 탱크 제어기는 저수조의 만수위 및 저수위를 확인하여 작동하는 무선 자동화 기능과 태양 전지 및 전력으로부터 전압 검출을 데이터 컨트롤로 보내는 기능을 한다. 그리고 소독약품 투입을 조절하는 관리 컨트롤로 센서에 의한 자동 투입 기능이 가능하다. 저수조 관리용 무선 단말기는 저수조 탱크 제어기의 신호를 데이터로 변환한다. 무선으로 모뎀으로 전송하여 데이터를 장기간 안정적으로 기억이 가능한 메모리로 보내는 역할을 한다. 저수조 통합 관리 터미널은 호스트에 설치하는 미들웨어로서 리모트의 모뎀을 유선으로 제어하는 기능을 담당하며 리모트의 모뎀으로부터 유선으로 받은 데이터를 저장한다.

저수조 관리 시스템의 하드웨어는 컨트롤 단말기, 모터펌프 단말기, 라인모뎀 전송/수신 단말기, 소독약품 투입으로 구성하였다. 컨트롤 단말기는 수위 조절센서 및 전원, 소독약품 자동 투입기의약품 감지센서를 연결할 수 있으며 지하수 모터 펌프 단말기의 데이터를 체크할 수 있다. 모터펌프 단말기는 최대 8개 라인까지 입력 및 출력 제어가 가능하며 각 제어부의 모니터링 기능이 내장되어 있다. 저수조 콘트롤러와 펌프작동 여부, 지하수의 물 부족, 펌프의 이상 유무, 펌프의 가동 및 정지된 상태를 송수신한다. 라인모뎀 전송 단말기는 콘트롤 보드와 다이얼 키패드로 구성하였다. 라인책에 전화선을 연결하고 전원을 연결한 후 다이얼 키패드로 시각 및 날짜, 저수조 번호, 수신 번호를 설정하고 전화 걸기 기능을 이용하게 된다. 라인모뎀 수신 단말기는 라인책에 전화선을 연결하고 제품에 제공되는 어댑터 및 컴퓨터 시리얼 케이블을 라인모뎀 수신기와 시리얼 포트에 연결하였다. 소독약품 투입기는 스위치를 조작하여 약품 투입시간, 휴지시간, 세척시간을 설정하면 자동으로 약품을 투입하게 되며 시스템에서 자동으로 약품량을 감지하여 저수조 콘트롤러로 데이터를 보낸다 [7].

III. 저수조 자동 분류를 이용한 수질 오염 관리

1. 저수조 수질 오염 환경 기준

수질환경 기준은 환경부에서 정한 수질환경 및 규제 기준에 의하면 하천호소에 공통적으로 적용되는 건강 항목(9개 항목)과 하천(5개 항목), 호소(7개 항목)에 달리 적용되는 생활환경 항목으로 구분되며 생활환경 항목은 수질 상태에 따라 5등급으로 구분하게 된다. 여기서 9개의 건강항목은 카드뮴(Cd), 비소(As), 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 폴리크로리네이트디비페닐(PCB), 납(Pb), 6가크롬(Cr⁶⁺), 음이온계면활성제(ABS)로 구성되며 전 수역을 대상으로 한다[11].

표 1. 환경부에서 정한 수질 환경 기준

등급	수질 환경 기준						
	pH	COD	SS	DO	MPN	T-P	T-N
Ia	6.5-8.5	≤2	≤1	≥7.5	≤50	≤0.01	≤0.2
Ib	6.5-8.5	≤3	≤5	≥5	≤500	≤0.02	≤0.3
II	6.5-8.5	≤4	≤5	≥5	≤1,000	≤0.03	≤0.4
III	6.5-8.5	≤5	≤15	≥5	≤5,000	≤0.05	≤0.6
IV	6.0-8.5	≤8	≤15	≥2	-	≤0.10	≤1.0
V	6.0-8.5	≤10	*	≥2	-	≤0.15	≤1.5
VI	-	>10	-	<2	-	>0.15	>1.5

- 카드뮴(Cd) : 0.01mg/l 이하
 - 비소(As) : 0.05mg/l 이하
 - 시안(CN), 수은(Hg), 유기인 : 검출되어서는 안됨
 - 폴리크로리네이트디비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨
 - 납(Pb) : 0.1mg/l 이하
 - 6가크롬(Cr⁶⁺) : 0.05mg/l 이하
 - 음이온계면활성제(ABS) : 0.5mg/l 이하
 * : 쓰레기 등이 떠 있지 않을 것

[표 1]은 환경부에서 정한 수질 환경 기준[10]을 나타낸다. 수역별 환경기준은 하천의 경우 전국 하천을 194개 구간으로 나누어 이 중 120개 구간(61.9%)은 I 등급, 49개 구간(25.3%)은 II 등급, 9개 구간(4.6%)은 III 등급, 8개 구간(4.1%)은 IV 등급, 8개 구간(4.1%)은 V 등급으로 설정하고 있으며, 호소의 경우 40개 호소를 선정하여 이 중 33개소는 I 등급, 3개소는 II 등급, 4개소는 III 등급으로 설정하고 있다[2][11][12]. 본 논문에서는 환경부에서 정한 호소수질 환경 기준에 따른 7개의 생활환경항목을 저수조 수질 오염 관리에 적용하였다. 7개의 생활환경항목은 수소이온농도(pH), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 대장균군수(MPN), 총인(T-P), 총질소(T-N)로 구성되며 저수조의 수질 오염 평가를 측정하는데 사용된다.

2. 저수조 수질 오염 평가 및 정규화

기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템은 저수조 탱크 제어기, 저수조 관리용 무선 단말기, 저수조 통합 관리 터미널, 웹기반 저수조 관리, 협력적 필터링을 이용한 수질 예측 모듈[9]로 구성되어 있다. 저수조 무선 통합 관리 시스템의 구체적인 내용과 설치 화면은 [7][8]에 기술하였다. 본 논문에서 제안하는 저수조 자동 분류를 이용한 효과적인 수질 오염 관리 모듈을 추가로 구현하여 구성하고자 한다. 저수조의 수질 오염 관리를 하기 위해 환경부에서 정한 7가지의 생활환경 항목에 의한 수질 오염 평가 항목을 추출하여 정의하였다. 각각의 저수조별 평가 항목은 수질 오염의 정도를 판단하기 위한 pH, COD, SS, DO, MPN, T-P, T-N의 오염원 평가값으로 벡터 형태로 구성하였다. 이는 저수조간의 유사도를 계산하게 될 경우, 많은 계산 시간이 소요되는 단점을 보완하기 위해 특징 벡터를 이용한 것이다.

표 2. 저수조별 수질 오염 평가

저수조 ID	수질 오염 평가						
	pH	COD	SS	DO	MPN	T-P	T-N
101	7.0	0.01	38	5.6	1031	0.015	0.80
102	6.8	0.01	0.1	7.8	21	0.003	0.01
103	6.7	0.07	0.2	7.6	37	0.024	0.04
104	7.4	0.05	0.6	7.8	34	0.002	0.01
105	6.5	3.2	16.1	3.3	3051	0.056	0.43
...
118	7.2	0.04	0.1	8.2	5	0.024	0.31

* 강원도 횡성군 횡성읍 저수조 수질조사, 2009

벡터로 구성된 n 개의 저수조와 e 개의 저수조 수질 오염 평가를 정의할 경우, 저수조의 집합은 $T=\{wt_j\}(j=1, 2, \dots, n)$ 으로 정의하고, 수질 오염 평가의 집합은 $E=\{data_i\}(i=1, 2, \dots, e)$ 으로 정의한다. $M=\{d_{ij}\}(i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, e)$ 은 {저수조-수질 오염 평가}의 행렬이다. 행렬의 요소 d_{ij} 는 저수조 $tank_j$ 에 대한 수질 오염 평가 $data_i$ 를 나타낸다. [표 2]는 pH, COD(mg/l), SS, DO(mg/l), MPN(100ml), T-P(mg/l), T-N(mg/l)에 따른 저수조별 수질 오염 평가를 나타낸다. 여기서 횡성군 횡성읍 지역의 저수조에서 수집된 7가지 수질 오염 평가 데이터를 적용하였다.

저수조별 수질 오염 평가에서 측정된 값을 범위가 모두 제 각각이고 서로 다른 오염원에서 개별적으로 측정하고 평가하고 있다[6]. 따라서 본 논문에서는 수질 오염 평가 값을 정규화하여 수질의 오염 정도를 측정한다. 이는 수질 오염 평가 값의 범위가 측정 기준마다 다르므로 [1][9] 사이에 분포하도록 하여 측정값의 의미를 쉽게 파악할 수 있다. 그러나 평가 요소의 특성이 되색될 염려가 있으므로 저수조간의 수질 오염 유사도를 계산할 때 사용한다. [표 3]은 저수조별 정규화된 수질 오염 정도 평가를 나타낸다.

표 3. 저수조별 정규화된 수질 오염 정도 평가

저수조 ID	수질 오염 정도 평가						
	pH	COD	SS	DO	MPN	T-P	T-N
101	8	7	8	2	3	10	4
102	8	7	8	8	7	6	9
103	7	6	7	7	8	6	9
104	6	7	6	6	7	8	7
105	7	2	3	4	1	2	5
...
118	8	9	8	7	9	9	8

3. 수질 오염 평가에 의한 저수조 자동 분류

정규화된 저수조별 수질 오염 정도 평가에 의해 저수조를 7가지 등급으로 분류할 수 있다. 이를 위해서 기존의 저수조 군집과 새로운 저수조와의 벡터 유사도를 계산하여 코사인 유사도 값이 최대가 되는 군집에 해당 저수조를 분류한다. [표 4]는 저수조를 수질 환경 기준에 의해 7가지 등급으로 구분된 것을 나타낸다. 각각의 등급은 환경부에서 정한 수질 환경 및 규제 기준에 의해 구분하였다.

기존의 저수조 군집과 새로운 저수조의 유사도를 계산하기 위해 정보 검색 분야에서 사용되는 벡터 유사도를 사용한다. pH, COD, SS, DO, MPN, T-P, T-N의 수질 오염 평가 정보를 수신 받아 이로부터 벡터 유사도를 계산하여 관리대상 저수조의 수질 오염 관리를 하게 된다. 벡터 사이의 유사도 정의로써는 다양한 방법으로 정의할 수 있는데, 자주 사용되는 방법으로 코사인 척도를 사용하였다. 식(1)은 새로운 저수조와 기존의 저수조 군집간의 벡터 유사도를 계산하는 코사인 척도이다. 군집내의 저수조와 새로운 저수조가 전혀 유사하지

않을 경우 유사도는 0이 된다.

$$\text{cosine coefficient} = \frac{\sum_{i=1}^n wt.class_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^n wt^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m class_j}} \quad \text{식(1)}$$

식(1)을 이용하여 새로운 저수조와 분류된 저수조 간의 벡터 유사도를 계산하였을 경우 새로운 저수조는 가장 큰 유사도를 갖는 군집으로 분류하게 된다.

표 4. 저수조 5가지 등급 구분

		수질 환경 기준						
		Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
등급	매우 좋음							
	좋은							

알고리즘 1은 수질 오염에 의한 저수조 자동 분류 방법을 나타낸다. 분류된 저수조를 기반으로 군집을 생성하고 군집에 속하는 수질 오염 평가의 조합이 유사할수록 저수조들이 비슷한 수질 오염 평가 범위를 가진다고 간주하고 같은 군집으로 분류한다. 이는 저수조 관리 시스템의 서버에서 항상 모니터링하고 있다가 상황이 발생할 때 수질 오염 평가에 의한 자동분류를 하게 된다.

저수조별 정규화된 수질 오염 정보 평가 값이 있는 저수조를 대상으로 식(1)을 이용하여 저수조들 간의 코사인 유사도를 계산한다. 수질 오염 평가에 의한 저수조 자동 분류를 하기 위해서 유사도 임계값에 따라 분류를 한다. 임계값이 0.5보다 클수록 정확도는 높아지거나 재현율이 낮아지며, 0.5보다 작아질수록 재현율은 높아지거나 정확도는 낮아진다. 따라서 본 논문에서는 유사도 임계값을 0.5로 정한다.

[표 5]는 [표 3]의 저수조별 정규화된 수질 오염 정도 평가에서 코사인 유사도를 계산한 결과를 나타낸다. [표 5]에서 저수조들 간의 유사도의 임계값이 0.5보다 큰 저수조들은 {(102, 103), (102, 104), (103, 104), (101, 105), (101, 117), (105, 117)}이다. 알고리즘 1의 수질 오

염 평가에 의한 저수조 자동 분류 알고리즘에 의해 {102, 103, 104}과 {101, 105, 117}의 두 그룹으로 군집이 생성되었음을 알 수 있다. {102, 103, 104}의 저수조들은 [표 3]의 저수조의 등급 구분에 의해 등급II과 등급III에 속하는 저수조이고 {101, 105, 117}의 저수조는 등급V에 속하고 수질 오염 관리 대상의 저수조이다.

알고리즘 1. 수질 오염 평가에 의한 저수조 자동 분류

```

Input: categorized reservoir tank group → groupi(i)
Output: modified reservoir tank group → groupf(i)
1. maximum_similarity = 0, index = 0
2. if ∀ updated existent reservoir tank is ∈ groupf(i)
3. reservoir tank_sim = similarity()
4. if reservoir tank_sim ≥ similarity_threshold
5.     update Group(j)
6.     return
7. for j=0 to N < # groups
8.     reservoir tank_sim = similarity()
9.     if reservoir tank_sim < similarity_threshold
10.        Go to step 7.
11.    else
12.        if maximum_similarity < reservoir tank_sim
13.            maximum_similarity = j
14. InsertGroup(index)
15. return
    
```

표 5. 저수조들 간의 유사도

	101	102	103	104	105	...	117
101	1	0.3231	0.4125	0.4324	0.6082	...	0.4312
102	0.3231	1	0.8153	0.7993	0.2319	...	0.4254
103	0.4125	0.8153	1	0.8391	0.4253	...	0.2241
104	0.4324	0.7993	0.8391	1	0.3241	...	0.3931
105	0.6082	0.2319	0.4253	0.3241	1	...	0.5935
...
117	0.4312	0.4254	0.2241	0.3931	0.5935	...	1

4. 자동 분류를 이용한 저수조 수질 오염 관리 구현

기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템[7-9]은 터미널에서 보낸 데이터를 기반으로 여러 지역에 분포되어 있는 저수조의 운영 현황을 실시간으로 보여준다. 제안하는 시스템은 저수조 무선 통합 관리 시스템에서 저수조 수질 오염 관리의 세부 모듈을 개발하였다. [그림 2]는 저수조 자동 분류를 이용한 수질 오염 관리 시스템이다. 수신 받는 수질 환경 평가 정보는 센서를 통해 서버로 전달되고 시간 단위로 로그를 기록한 후 데

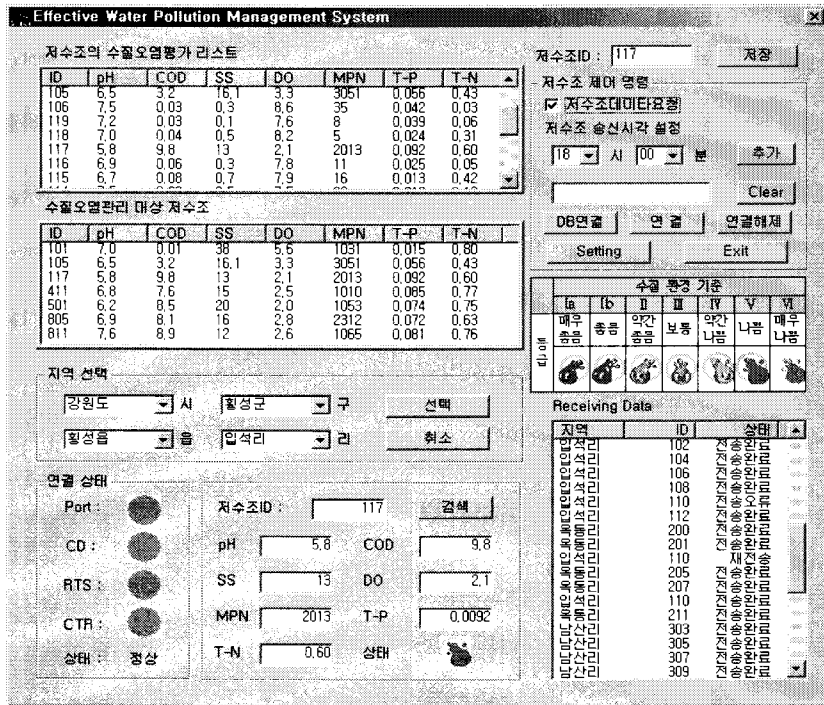


그림 2. 저수조 자동 분류를 이용한 수질 오염 관리

이터베이스에 저장된다. 수신 데이터의 연결 상태 표시에서 전송완료/전송오류/재전송의 메시지를 확인할 수 있다. 만약 수신 데이터가 네트워크의 과부하 전송 오류이면 재전송을 요구할 수 있다. 전송이 정상적으로 이루어지면 상태 진행부분에서 정상으로 메시지를 보이게 된다. [그림 2]에서 저수조 수질 오염 평가 정보인 수소이온농도, 화학적 산소요구량, 부유 물질량, 용존산소량, 대장균군수, 총인, 총질소에 관련된 정보를 저수조별로 실시간으로 보여준다. 여기서 수질 관리 대상 저수조 리스트는 실시간으로 수신 받은 수질 오염 평가 정보를 기반으로 저수조 자동 분류를 통한 관리 대상 저수조만 보인 결과이다. 제안한 시스템은 관리의 효율성을 고려하여 수질관리가 필요한 저수조 리스트들만으로 구성하여 실시간 유지보수가 가능하게 개발하였다.

[그림 2]의 지역 선택에서 관리자가 지역(시/구/읍/리)을 선택하게 되면 해당 지역에 속해있는 저수조의 수질 오염 평가 리스트를 보여주게 된다. 본 논문에서는 강원도/횡성군/횡성읍/입석리를 선택하면 해당 지

역의 저수조 리스트(101, 102, 104, 106, 108, 110)가 보인다. 여기서 제안하는 저수조 자동 분류를 이용한 수질오염 관리 대상 저수조에 105, 114, 117의 저수조가 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 [표 3]의 저수조 7가지 등급 구분 표에서 등급 V에 속하는 공업용수 3급인 수질로 판단되는 수질오염 관리 대상 저수조이다. 관리자는 수질오염 관리 대상 저수조 117에 대한 수질오염 평가 정보를 통하여 수질 향상을 할 수 있다.

VI. 성능 평가

성능 평가는 기존에 개발되어 판매중인 저수조 무선통합 관리 시스템에 저수조 자동 분류를 이용한 효과적인 수질 오염 관리를 적용 유무에 따른 평가를 진행하였다. 기존의 시제품 보드에 제안한 방법을 적용하여 20군대 저수조에 설치하고 수질 오염 평가 정보를 수집하여 데이터베이스에 저장하였다. 성능 평가를 위해 상지대학교 취업 및 창업동아리인 상지벤처클럽의 학우

들의 도움으로 20일간 진행되었다.

평가를 위해 기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템과 저수조 자동 분류를 이용한 효율적인 수질 오염 관리 시스템간의 저수조 수에 따른 결과를 비교하였다. 기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템[7-9]은 WIS-MWT, 저수조 자동 분류를 이용한 효율적인 수질 오염 관리 시스템은 WPMS-AC으로 표기하였다.

성능을 평가하기 위해서 각 그룹으로 군집된 저수조를 대상으로 정보 검색이나 심리학에서 쓰이는 재현율과 정확도를 사용한다. 여기서 재현율과 정확도를 합한 단위인 F -측정은 식(2)와 같이 정의한다.

$$F\text{-Measure} = \frac{(\beta^2 + 1) \times P \times R}{\beta^2 \times P + R} \quad \text{식(2)}$$

식(2)에서 P 는 정확도, R 은 재현율을 의미하며, F -측정의 값이 클수록 분류가 우수함을 의미한다. 여기서 β 는 정확도에 대한 재현율의 상대적인 가중치를 나타내는 수치로 1.0일 경우 정확도와 재현율의 가중치가 같다. 본 논문에서는 β 를 1.0을 설정하여 저수조별로 수질 오염 관리 대상의 F -측정의 분류 결과를 분석해 보았다.

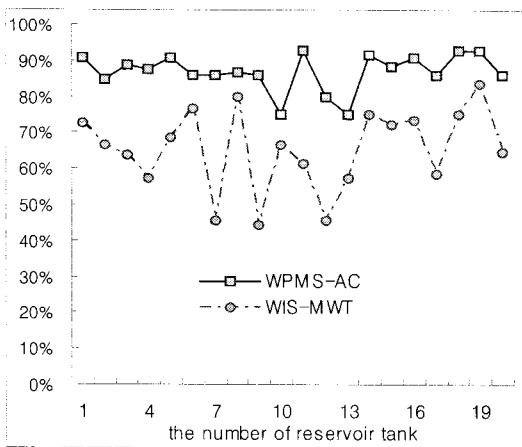


그림 3. 저수조의 수에 따른 F -측정 성능평가

[그림 3]은 식(2)를 이용해서 저수조의 수에 따른 F -측정의 성능 평가를 나타낸다. [그림 3]에서 제안된 시

스템은 기존의 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템보다는 21.49% 향상된 F -측정의 결과를 나타낸다.

VII. 결론

제안한 저수조 자동 분류를 이용한 효과적인 수질 오염 관리 시스템을 통하여 저수조 경영, 시설 운영, 수질 오염 향상 계획에 대한 환경 친화적인 통합 관리를 하여 최적 수질을 보장할 수 있다. 이러한 저수조 수질 오염 평가 정보를 저장한다면 비상시 효율적으로 대처할 수 있다. 저수조 시설 및 관리에 관한 규정을 환경부, 수자원공사에서 제시하고 있지만 상세한 대처 관련 규정은 미흡한 실정에서 효율적인 수질 오염 관리 방안이 중요한 자료가 된다. 저수조 공급자에게 있어 저수조의 상태, 운영, 유지 관리 등의 정보는 수자원 관리 측면에서 발생할 수 있는 문제에 대한 해결과 유지 관리 계획, 사업예산 배정 시 중요한 정보가 된다. 또한 센서에 의해 자동으로 수질 오염 평가 정보를 제공받아 이로부터 저수조간의 상관관계를 계산하여 수질 오염 저수조를 자동으로 관리하게 된다. 이는 사람의 오감이 아닌 시스템에 의한 자동화된 관리를 함으로 관리자의 업무 효율 개선 및 체계적인 수질 오염 관리로 오차율이 최소화된다. 성능 평가는 기존에 개발되었던 저수조 무선 통합 관리 시스템과 제안한 방법에 대해서 F -측정을 이용하여 유용성을 검증하였다. 평가 결과, 기존의 시스템보다 21.49% 향상된 F -측정 결과를 확인하였다. 따라서 제안하는 방법을 활용하면 인적 물적 자원의 낭비를 줄이고 온라인 저수조 관리가 가능하고 수질 향상을 위한 효율적인 수자원 관리가 가능하다. 향후 수질 오염 관리에 대한 자동 분류에 관련 연구를 통하여 시장성 증대와 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 기대함으로써 홍수·가뭄 방지와 수질문제 해결 등 기후변화로 인한 물위기에 대비할 수 있으며, 수질 오염 관리 기술 발전과 우리기업의 해외 진출을 촉진하여 세계적인 수질 관리 선진국으로 도약시키는 계기가 될 것이다.

참고 문헌

- [1] 우달식, 김주환, 최명수, "국내 저수조와 옥내배수관 유지관리 현황 및 향후 개선 방안", 한국상하수도협회지, 제9권, 2005.
- [2] 국토해양부, www.mltm.go.kr/4river.
- [3] 한무영, "대체수자원으로서의 빗물활용방안", 대한상하수도학회지, 제14권, 제3호, pp.207-210, 2000.
- [4] 물 수요관리 종합대책 수입 연구, 환경부, 2002.
- [5] 문광순, 환경친화적인 위생저수조 및 옥내배관 시스템의 유지관리기술 개발, 한국계면공학연구소 보고서, 환경부, 2004.
- [6] 한석순, 김홍기, 이경호, 우선희, 김재정, 정근욱, "폐지 적분을 이용한 금강지천의 수질오염 평가 시스템 구현", 한국콘텐츠학회논문지, 제6권, 제10호, pp.1-8, 2006.
- [7] 정경용, "저수조 무선 통합 관리 시스템 개발", 한국콘텐츠학회논문지, 제6권, 제6호, pp.16-25, 2006.
- [8] 정경용, 여충구, 이정현, 저수조 무선 통합 관리 시스템, 등록번호 10-0593480, 특허청, 2006.
- [9] 정경용, 조선문, "수질향상을 위해 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리", 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제6호, pp.9-13, 2009.
- [10] 환경부, 수질환경기준, www.me.go.kr.
- [11] 양근호, 김석구, 팍필재, 김영성, 김정환, "저수조의 수질 감시시스템 개발", 환경공동학술대회, pp.1909-1912, 2007.
- [12] 허인량, 정의호, 권재혁, "수자원 보전을 위한 유역통합관리 방안에 관한 연구", 한국환경위생학회지, 제28권, 제2호, pp.61-69, 2002.

저자 소개

정 경 용(Kyung-Yong Chung)

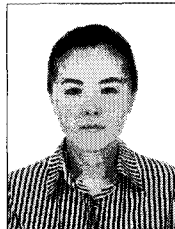
정회원



- 2000년 2월 : 인하대학교 전자계산공학과(공학사)
 - 2002년 2월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학석사)
 - 2005년 8월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학박사)
 - 2005년 8월 : 한국소프트웨어진흥원 KSI 책임
 - 2005년 9월 ~ 2006년 2월 : 한세대학교 IT학부 교수
 - 2006년 3월 ~ 현재 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수
- <관심분야> : 지능시스템, 데이터마이닝, 웨어러블 컴퓨팅, HCI, 상황인식, 바이오센서, 추천

전 인 자(In-Ja Jun)

정회원



- 1999년 2월 : 동양대학교 전자계산공학과(공학사)
 - 2001년 2월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학석사)
 - 2005년 8월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학박사)
 - 2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 인하대학교 강의전임강사
 - 2008년 10월 ~ 현재 : Purdue University 방문연구원
- <관심분야> : 유비쿼터스 컴퓨팅, 인공지능시스템, 지능정보처리, 생체인식, 영상처리