
수질향상을 위해 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리

ECO-Friendly Reservoir Tank Management using Prediction for Improved Water Quality

정경용*, 조선문**
상지대학교 컴퓨터정보공학부*, 배재대학교 IT**

Kyung-Yong Chung(kyjung@sangji.ac.kr)*, Sun-Moon Jo(sunmoon@pcu.ac.kr)**

요약

수자원 관리 서비스를 위한 인프라스트럭처가 구축되면서, 환경 친화적인 저수조 관리의 중요성이 부각되고 있다. 본 논문에서는 수질 향상을 하고 저수조를 온라인 관리하기 위하여 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리를 제안하였다. 제안된 방법에서는 저수조의 상황과 환경을 정의하였고 협력적 필터링을 이용하여 펌프동작, 태양전지, 약품, 저수위, 전화회선, 모뎀에 따른 적합한 서비스를 예측하였다. 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리 시스템의 성능 평가를 하기 위해 대응표본 T-검정을 실시하여 유용성을 검증하였다. 평가 결과, 서비스에 대한 만족도의 차이가 통계적으로 의미가 있음을 증명하였고 높은 만족도를 보임을 확인하였다. 따라서 상황 정보 및 환경정보를 제공하여 효율적인 예측에 대한 만족도와 서비스의 질을 향상시켰다.

■ 중심어 : | 저수조 | 유비쿼터스 | 협력적 필터링 | 수질 향상 | 예측 |

Abstract

According to the construction of infrastructure for the water resource management services, the importance of the eco-friendly reservoir tank management is being spotlighted. In this paper, we proposed the eco-friendly reservoir tank management using prediction for improving the water quality and on-line managing efforts of reservoir tanks. The proposed method defined the context and environment of the reservoir tank and predicted the profited service according to the pump motion, the solar battery, the chemicals, the water level, the telephone line, and the modem using collaborative filtering. To evaluate the performance of the eco-friendly reservoir tank management system using prediction, we conducted sample T-tests so as to verify usefulness. This evaluation found that the difference of satisfaction by service was statistically meaningful, and showed high satisfaction. Accordingly, the satisfaction and the quality of services will be improved the efficient prediction by supporting the context information as well as the environment information.

■ keyword : | Reservoir Tank | Ubiquitous | Collaborative Filtering | Improved Water Quality | Prediction |

"본 논문은 2009년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었으며 시스템 구축을 도와주신 상지대학교 취업 및 창업 동아리인 상지벤처클럽 학우들에게 감사드립니다."

접수번호 : #090227-005

접수일자 : 2009년 02월 27일

심사완료일 : 2009년 03월 18일

교신저자 : 정경용, e-mail : kyjung@sangji.ac.kr

I. 서론

IT 기반 융합기술의 발전에 따라 수자원 관리 서비스를 위한 인프라스트럭처가 구축되면서, 저수조의 시설 및 위생 관리에 대한 규정을 환경부, 수자원공사에서 제시하고 있지만 상세한 관련 규정은 마련되지 못하고 있는 실정에서 저수조의 환경 친화적인 통합 관리 방안의 필요성이 점차 대두되어가고 있다[1][2]. 특히 농촌에서 운영되고 있는 저수조의 경우에는 심각성이 더하고 있다. 농촌기피 현상으로 인해 인적 자원이 줄어들고 있는 추세에서 저수조 관리까지 그 의무를 농촌에 남아있는 노장년층의 사람들에게 맡긴다면 저수조 관리는 당연히 소홀해 질 것이다. 이로 인하여 발생하는 여러 가지 문제 중에 가장 먼저 나타나는 문제점은 수자원의 오염이다[3]. 생활수준이 높아지면서 환경에 대한 관심이 높아져 저수조에 대한 오염여부는 민감한 부분으로 부각되고 있다. 이로 인해 수질을 확보하여 건강을 유지시킬 수 있는 방안 마련이 절대적으로 필요한 시점에 있다. 생활용수의 관리가 중앙집중식인 경우에 있어서는 청정수에 요구와 용수에 대한 불신이 확산되어 보다 철저한 관리와 효율적인 방법이 요구되고 있다[4]. 따라서 본 논문에서는 수질향상을 위해 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리를 제안하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 협력적 필터링과 기존의 간이상수도 통합관제 운영 시스템[6]에 대해서 기술하고 3장에서는 제안하는 수질향상을 위해 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리에 대해서 기술한다. 4장에서는 성능 평가를 기술하고 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해서 기술한다.

II. 관련 기술

본 논문에서 제안한 환경 친화적인 저수조 관리를 기술하기에 앞서 협력적 필터링의 개념과 기존에 개발된 저수조 관리 시스템에 대해서 기술한다.

1. 협력적 필터링의 개념

협력적 필터링은 선호도에 대한 데이터를 기반으로 사용자가 관심을 가질 것으로 예상되는 아이템을 추천하는 방법이다. 선호도를 반영하기 위해서 각 사용자는 정보에 따라 선호도를 제공하여 이로부터 상관관계를 계산하여 유사 선호도 군집을 형성하고 이들의 선호도를 종합하여 정보를 추천한다. 정보의 내용을 직접 분석할 필요 없이 사용자들의 관계만을 이용하여 정보 추천의 범위를 넘어 뜻하지 않은 것을 추천할 수 있다. 모든 아이템에 대해 평가를 하지 않기 때문에 행렬은 희박성을 보이고 평가 받지 않은 아이템은 정보가 없기 때문에 추천되지 않는 초기평가 문제가 있다[7].

성향을 기반으로 정보를 추천하는 기술은 이미 다양한 형태로 상용화되어 있다. 대표적인 사례는 아마존의 도서 추천 서비스다. 아마존은 현재 책을 검색하고 있는 사용자에게 그와 유사한 사용자가 기존에 구입했던 책들을 현 구매자에게 추천함으로써 효율적인 도서 리스트를 제공하고 있다. 또 다른 사례로는 Last.fm과 같이 사용자의 로그인 정보를 통해 현재 음악을 듣고 있는 사용자와 취향이 유사한 다른 사용자의 음악을 추천하는 서비스도 동일한 추천기술을 사용하고 있다. 학계에서는 이미 추천 및 예측이라는 이름으로 많은 논문들과 결과물들이 소개되고 있다. 따라서 저수조 무선 통합관리 시스템[5]에 추천 및 예측 기술이 접목된다면 수질향상을 위한 수자원 관리측면에서 환경 친화적인 사업으로 성장할 가능성이 매우 크다.

2. 간이상수도 통합관제 운영 시스템

기존 연구로는 간이상수도 통합관제 운영 시스템[6]이 있다. 이는 상수도의 마이컴 독립제어반, 운영자측의 통합관제 서버장치 및 관리자측의 모니터링 장치를 전화 또는 인터넷망을 통해 복수개로 구분된 통신망으로 결합되어 구성된다. 전국 산각벽지 및 도서의 간이상수도에 관한 수질 평가항목 데이터를 실시간으로 종합 수집 및 분석함으로써 간이상수도 저수조의 수질 및 수량을 효율적으로 관리할 수 있는 시스템이다. 이는 통신수단으로서, 정보통신 네트워크망에 결합된 운영자 측의 통합관제 서버장치로부터 전달되는 데이터를 표시하는 모니터링 장치 및 개별 식별자를 이용하여 상기 통합관제 서버

장치에 의해 식별되어 TCP/IP 통신을 수행하게 구성되어 있고, 현장의 저수조의 각종 계측센서로부터 측정된 상기 계측 데이터 및 독립제어반 자가진단 데이터를 유무선 RS232C 인터페이스 통신형태로 상기 통합관제 서버장치로 전송함과 함께, 서버로부터 원격제어 신호명령을 수신 받게 구성된 저수조용 이더넷 제어보드로 구성되어 있다. 이는 간이상수도 관리 및 급수관에 대한 수질 변화를 모니터링 하는 시스템으로 관리자가 오프라인으로 직접 통합 관리해야 하고 시스템의 반응시간이 느리다는 문제점이 있다[8-10][13].

따라서 본 연구에서는 인적 자원의 낭비를 줄이고, 저수조를 실시간으로 정확하게 관리하여 수자원을 효율적으로 사용하고 수질향상을 하기 위해 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리 시스템을 개발하고자 하였다.

III. 수질 예측을 이용한 저수조 관리

1. 저수조 상황정보 및 환경정보 구성

기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템은 저수조 탱크 제어기, 저수조 관리용 무선 단말기, 저수조 통합 관리 터미널, 웹기반 저수조 관리 시스템으로 구성되어 있다. 저수조 무선 통합 관리 시스템의 구체적인 내용과 설치 화면은 [5][10][11]에 기술하였다. 본 논문에서 제안하는 환경 친화적인 저수조 관리에 추천 시스템에서 가장 많이 쓰이는 협력적 필터링을 이용한 수질 예측 모듈을 추가로 구현하여 구성하고자 한다.

수질 향상을 위한 예측을 이용한 저수조 관리에서 저수조 상황정보는 펌프, 태양전지량, 약품량, 저수량, 회선, 모뎀으로 구성하였다. 그리고 통합 관리를 위한 환경정보는 온도, 위치, 시간, 습도 날씨로 구성하였다. [표 1]은 저수조 상황정보 및 환경정보의 구성을 나타낸다. 저수조의 상황정보는 수질향상을 위한 협력적 필터링을 이용한 예측이 사용되고 환경정보는 환경 친화적인 통합관리를 하기 위해 사용된다. 저수조 상황정보 및 환경정보를 0에서 1.0사이의 정규화된 값으로 보여주는데 협력적 필터링을 이용하여 예측하는 단계에서 값을 0에서 1.0사이의 6단계로 입력받기 때문이다. [표 1]에서 저수조

상황정보는 저수조 통합 관리 터미널에서 보낸 데이터들을 기반으로 구성된다. 그리고 환경정보에서 온도, 시간, 습도, 날씨는 웹 로봇 에이전트에 의해서 기상청 홈페이지에서 제공하는 URL을 사용하여 정보를 수집하게 된다[7]. 여기서 웹 로봇 에이전트는 수집된 웹문서들을 가지고 웹문서의 수, 내용, 제목, URL 등이 저장된 엔트리 파일을 생성하게 된다. 동작은 HTTP 서버가 실행할 때 ISA의 엔트리 포인트를 호출함으로써 이루어진다. 실행 파일 형태의 CGI와는 달리 ISA DLL은 호출한 HTTP 서버의 주소 공간에 매핑되고 같은 프로세스에서 동작한다. 위치 정보는 6구획으로 나누어 정규화된 공간 데이터를 사용하였다.

표 1. 저수조 상황정보 및 환경정보 구성

정규화	저수조의 상황정보					
	펌프	전지량	약품량	저수량	회선	모뎀
0	고장	없음	없음	위험	고장	고장
0.2	-	하	하	낮음	-	-
0.4	-	중하	중하	정상	-	-
0.6	-	중	중	정상	-	-
0.8	-	중상	중상	높음	-	-
1.0	동작	상	상	위험	동작	동작

정규화	저수조의 환경정보				
	온도 °C	위치	시간	습도 %	날씨
0	0이하	1	00-04	0-16	맑음
0.2	1-10	2	04-08	16-31	구름
0.4	10-20	3	08-12	31-47	비
0.6	20-30	4	12-16	47-62	눈
0.8	30-40	5	16-20	62-83	폭우
1.0	40이상	6	20-24	83-100	폭설

2. {정보-저수조} 행렬 구성

특징 벡터로 구성된 n 개의 저수조와 m 개의 저수조 상황정보 및 환경정보를 정의할 경우, 저수조 상황정보 및 환경정보의 집합은 $D=\{data_i\}(i=1,2,\dots,m)$ 으로 정의하고, 저수조의 집합은 $T=\{tank_j\}(j=1,2,\dots,n)$ 으로 정의한다. $I=\{d_{ij}\}(i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n)$ 은 {정보-저수조}의 행렬이다. 행렬의 요소 d_{ij} 는 저수조 $tank_j$ 에 대한 상황정보 및 환경정보 $data_i$ 를 나타낸다. [표 2]는 {정보-저수조}의 행

렬을 보이고 [표 3]은 저수조에 대한 데이터의 예를 보인다. 각각의 저수조에 대해서 온도, 위치, 시간, 습도, 날씨의 환경정보를 이용하여 저수조 시설 운영, 저수조의 경영, 저수조 수질 계획에 대한 환경 친화적인 통합 관리를 하여 최적 수질을 보장할 수 있다. 이러한 환경정보를 데이터베이스에 저장한다면 비상시 효율적으로 대처 할 수 있다. 저수조 시설 및 관리에 관한 규정을 환경부, 한국수자원공사에서 제시하고 있지만 상세한 관련 규정은 마련되지 못하고 있는 실정에서 저수조의 환경 친화적인 유지관리 방안에 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[9][13].

표 2. {정보-저수조} 행렬

	data ₁	data ₂	..	data _i	..	data _m
tank ₁	d _{1,1}	d _{2,1}	..	d _{i,1}	..	d _{m,1}
tank ₂	d _{1,2}	d _{2,2}	..	d _{i,2}	..	d _{m,2}
...
tank _j	d _{1,j}	d _{2,j}	..	d _{i,j}	..	d _{m,5}
...
tank _n	d _{1,n}	d _{2,n}	..	d _{i,n}	..	d _{m,n}

협력적 필터링을 이용한 예측에서 상황정보는 각각의 저수조에 대한 정규화 된 데이터의 정도로 평가한다. 데이터의 정도는 0에서부터 1.0까지 0.2씩 증가하면서 6단계로 구분하며 저수조의 상황정보 및 환경정보의 정규화된 값을 의미한다. [표 3]은 각각의 저수조에 대한 상황정보의 예이다. 본 논문에서 “?”의 의미는 {정보-저수조} 행렬에서 결측치로 협력적 필터링으로 예측해야 하는 부분이고 저수조 *i*가 상황정보 *j*에 대해서 데이터가 존재하지 않음을 의미한다.

표 3. 저수조에 대한 데이터의 예

	data ₁	data ₂	data ₄	...	data _m
tank ₁	0.6	0.6	0.2	...	0.2
tank ₂	0.2	?	0.8	...	?
tank ₃	0.8	0.4	?	...	0.8
...
tank _n	0.4	0.2	?	...	1.0

3. 수질향상을 위한 협력적 필터링을 이용한 예측

협력적 필터링은 사용자가 평가한 데이터를 기반으로 관심을 가질 것으로 생각되는 아이템을 추천하는 기법이다[7]. 본 논문에서는 저수조의 상황정보를 협력적 필터링에 사용하여 수질 관리를 위한 저수조 관리를 제안하였다. 펌프동작, 태양전지량, 약품량, 저수위, 전회회선, 모델에 따른 상황정보를 제공하여, 이로부터 저수조 간의 상관관계를 계산하여 예측을 통한 환경 친화적인 저수조를 관리하게 된다[10][11].

협력적 필터링을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리에서 저수조간 유사도 가중치를 계산하기 위해서는 적절한 유사도 가중치를 부여할 필요가 있다. 대표적으로 사용된 유사도 기준값으로 피어슨 상관계수가 사용된다. 예측의 정확도를 향상시키기 위해서 스피어만 순위 상관계수, 정보검색 분야에서의 벡터유사도를 이용한 유사도 가중치, 역빈도를 이용한 유사도 가중치, 기본 선호도 평가가 사용된다. 본 논문에서는 유사도 기준값으로 스피어만 순위 상관계수를 사용한다. 피어슨 상관계수는 모든 독립 변수에 대해서 데이터가 선형의 관계이고 에러가 평균이 0이고 등분산을 가지는 확률분포를 가지며 독립이라는 가정에 의존하는 선형 모델에서 생성된다. 이러한 가정이 만족하지 못할 경우 피어슨 상관계수는 유사도의 척도로 정확하지 않을 수 있다. 스피어만 순위 상관계수는 피어슨 상관계수와 비슷하지만 상관계수를 계산할 때 데이터를 사용하는 것이 아니라 순위를 사용하므로 모델에 대한 가정에 의존하지 않는다. 스피어만 순위 상관계수를 사용했을 경우 저수조 *x*와 저수조 *y*의 유사도 가중치는 식(1)과 같이 정의한다.

$$w(x,y) = \frac{\sum_d (rank_{x,d} - \overline{rank_x})(rank_{y,d} - \overline{rank_y})}{\sqrt{\sum_d (rank_{x,d} - \overline{rank_x})^2 \sum_d (rank_{y,d} - \overline{rank_y})^2}} \quad (1)$$

$rank_{x,d}$ 는 저수조 *x*가 저수조 통합관리 터미널에서 받은 데이터 *d*의 순위이고, $rank_{y,d}$ 는 저수조 *y*가 저수조 통합관리 터미널에서 보내온 데이터 *d*의 순위이다. 저수조

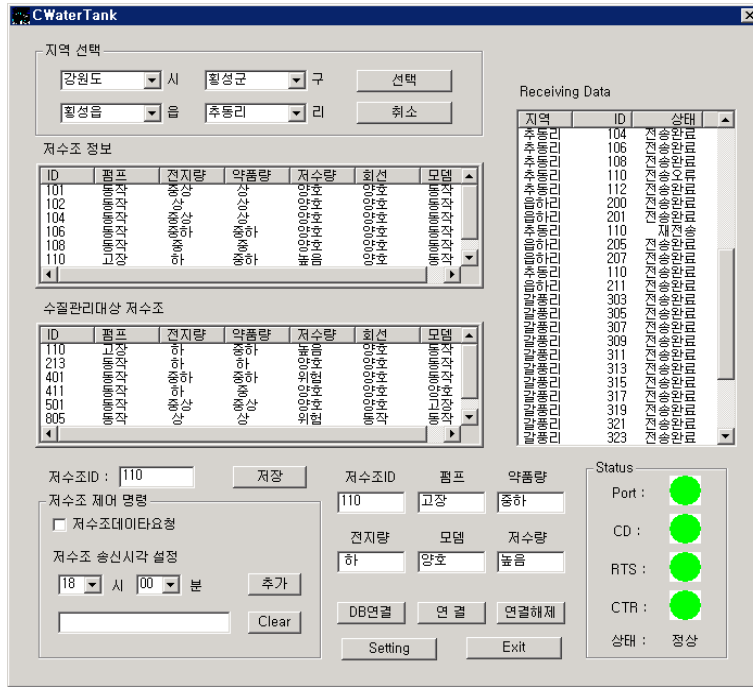


그림 1. 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리

x 와 저수조 y 에 대한 데이터의 중간 순위를 \overline{rank}_x 와 \overline{rank}_y 로 표현하였다.

본 논문에서는 저수조간의 가중치를 계산할 때 고려할 요인으로 상태 강조를 적용하였다. 계산되어진 유사도 가중치에 대해서 상태 강조 방법은 1에 가까운 유사도 가중치를 더 강조하게 된다. 유사도 가중치에 대해 상태 강조하는 방법은 식(2)과 같이 정의하였다. 적절한 p 값에 따라 절대값이 1에 가까운 유사도 가중치를 강조할 수 있도록 유사도 가중치를 조절하는 방법이다.

$$ca = \begin{cases} w_{x,y}^p & \text{if } w_{x,y} \geq 0 \\ -(-w_{x,y}^p) & \text{if } w_{x,y} < 0 \end{cases} \quad (2)$$

예측할 저수조에 대해서 저수조간의 가중치를 적용하여 가중치 평균을 식(3)과 같이 정의한다. 식(3)에서 $pre_{x,d}$ 는 저수조 x 에 대한 펌프동작, 태양전지량, 약품량, 저수위, 전화회선, 모뎀에 따른 상황정보 d 에 대한 예측 값이고 \overline{V}_x 는 저수조 통합관리 터미널에서 받은 저수조

x 의 상황정보 d 의 평균이다. N 은 관리 시스템에서 전체 저수조의 수를 나타낸 것이고 ca 는 유사도 가중치에 적용하기 위한 상태 강조를 나타낸다. $w(x,y)$ 는 저수조 x 와 저수조 y 간에 스피어만 순위 상관계수를 적용한 유사도이다.

$$pre_{x,d} = \overline{V}_x + \frac{\sum_{n=1}^N ca \cdot w(x,y) \cdot (v_{n,d} - \overline{v}_d)}{\sum_{n=1}^N w(x,y)} \quad (3)$$

4. 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 구현

저수조 통합 관리 터미널에서 보낸 데이터들을 기반으로 실시간으로 여러 곳에 분포되어 있는 저수조의 가동 현황을 보여준다. [그림 1]은 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리를 나타낸다. 수신 받은 상황정보와 환경정보는 직렬 인터페이스를 통해 서버로 전달되고 시간 단위로 로그를 기록한 후 데이터베이스에 저장된다. 각각의 저수조의 데이터 전달이 정상적으로 수신되

면 상태 진행부분에서 정상으로 메시지를 보이게 된다. [그림 1]에서 저수조 정보는 상황정보인 펌프동작, 태양 전지량, 약품량, 저수량, 회선, 모델에 관련된 데이터를 실시간으로 보여준다. 여기서 수질관리대상 저수조 리스트는 정상적으로 수신 받은 데이터를 협력적 필터링으로 예측하여 수질향상이 필요한 저수조만 보인 실시간 결과이다. 본 논문에서 제안한 환경 친화적인 저수조 관리는 관리자의 편의성을 두어 수질 관리가 필요한 저수조들만으로 별도로 구성하여 실시간 유지보수가 가능하게 개발하였다.

[그림 1]에서 관리자가 지역(시/구/읍/리)을 선택하게 되면 해당 지역에 속해있는 저수조 정보들을 제안된 환경 친화적인 저수조 관리 시스템의 컨트롤 리스트에 보여주게 된다. 각각의 저수조에서 정보를 받으면 수신 데이터의 상태 표시에 전송완료/전송오류/재전송의 메시지를 확인할 수 있다. 만약 수신 데이터가 네트워크의 과부하 전송오류이면 시스템에서 재전송을 요구할 수 있다. 본 논문에서 제안한 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리 시스템에서 강원도/횡성군/횡성읍/추동리를 선택하면 저수조 정보(101, 102, 104, 106, 108, 110)가 보인다. 여기서 수질관리대상 저수조는 협력적 필터링에 의해서 저수조 110을 예측한 것을 볼 수 있다. 관리자는 수질관리 대상 저수조 110에 대한 상황정보와 환경정보로 수질향상을 할 수 있다.

VI. 성능 평가

성능 평가는 기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템[5]에 수질향상을 위해 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리의 적용 유무에 따른 평가를 진행하였다. 기존의 시제품 보드에 제안한 방법을 적용하여 20군대 저수조에 설치하고 데이터를 수집하여 데이터베이스에 저장하였다. 평가를 위해 상지대학교 취업 및 창업동아리인 상지벤처클럽의 학우들의 도움으로 10일간 진행되었다. 개발 환경은 IBM eServer X206, 2.8GHz, 4.00GB RAM의 컴퓨터 사양에서 Window Server 2003 환경에 Microsoft Visual Studio C++ 6.0을 사용하여 제안한 알

고리즘을 구현하였고 시뮬레이션을 하였다. 저수조의 상황정보 및 환경정보를 저장하기 위한 DBMS는 Microsoft SQL Server 2005를 활용하였다.

서비스의 만족도 정도를 5점 척도로 평가하였다. 만족도 평가 데이터를 기반으로 대응표본 T-검정을 실시하여 유용성을 검증하였다[7][12]. 평가를 위해 기존에 개발된 저수조 무선 통합 관리 시스템(WIS-MWT)과 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리(ERTMS-P)간의 평가 데이터의 차이를 통계적 유의성 검증하기 위해서 종속 표집의 T-검정을 사용하였다.

가설 H_0 는 WIS_MWT과 ERTMS_P의 서비스 만족도에는 통계적으로 차이가 없고 가설 H_a 는 서비스 만족도에서 WIS_MWT과 ERTMS_P는 통계적 차이가 있다. [그림 2]는 만족도 평가 데이터에서 대응표본의 통계량을 나타내고 [그림 3]은 대응표본의 상관계수를 나타낸다. 여기서 평균의 차이는 1.047이고 표준 편차의 차이는 0.7344이다.

		평균	N	표준편차	평균의 표준오차
대응1	ERTMS_P	4.201	3105	.8592	.01542
	WIS_MWT	3.154	3105	1.5937	.02860

그림 2. 대응표본 통계량

		N	상관계수	유의확률
대응1	ERTMS_P & WIS_MWT	3105	-.043	.017

그림 3. 대응표본 상관계수

대응자					t	자유도	유의확률 (양쪽)
평균	표준편차	평균의 표준오차	사이의 95%신뢰구간				
			하한	상한			
1.0470	1.8426	.0330	0.9821	1.1118	31.662	3104	.000

그림 4. 대응표본 검정

[그림 4]는 WIS_MWT와 ERTMS_P의 대응표본 T-검정의 결과이다. 유의수준 α 가 0.05일 때 의사결정을 위한 값은 $T < 0.9821$ 이거나 $T > 1.1118$ 이다. 평가 데이터에서 T 가 $31.662 > 1.1118$ 이므로, 가설 H_0 를 기각하고 가설 H_a 를 수용하게 된다.

따라서 WIS_MWT와 ERTMS_P의 서비스 만족도에

는 통계적인 차이가 있으며 ERTMS_P가 통계적으로 만족도가 더 높은 것으로 나타났다.

Ⅶ. 결론

대부분의 저수조는 사람의 오감에 의해서 기본적인 관리가 이루어진다. 이에 인적 물적 자원은 상당히 낭비되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 인적 물적 자원의 낭비를 줄이고 수질향상을 위하여 예측을 이용한 환경 친화적인 저수조 관리를 제안하였다. 제안된 환경 친화적인 저수조 관리는 온도, 위치, 시간, 습도, 날씨의 환경 정보를 이용하여 환경 친화적인 통합 관리를 함으로써 실시간 저수조 상태 파악이 용이하며 수자원의 오염시 신속한 대처가 가능하다. 또한 센서에 의해 자동으로 펌프 동작, 태양전지량, 약품량, 저수위, 전화회선, 모델에 따른 상황정보를 제공받아 이로부터 상관관계를 계산하여 예측을 통한 환경 친화적인 저수조를 관리하게 된다. 이는 사람의 오감이 아닌 시스템에 의한 자동화된 관리를 함으로 관리자의 업무 효율 개선 및 체계적인 정보 관리로 오차율이 최소화된다.

성능 평가는 기존에 개발되었던 저수조 무선 통합 관리 시스템과 제안한 방법에 대해서 대응표본 T-검정을 실시하여 유용성을 검증하였다. 평가 결과, 서비스에 대한 만족도의 차이가 통계적으로 의미가 있음을 증명하였고 높은 만족도를 보임을 확인하였다. 따라서 제안하는 방법을 활용하면 인적 물적 자원의 낭비를 줄이고 저수조를 온라인으로 예측을 통한 환경 친화적인 관리가 가능하고 수질향상을 위한 효율적인 수자원 관리가 가능하다. 향후 수질 향상에 대한 예측 관련 연구를 통하여 시장성 증대와 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 기대함으로써 다양한 수자원 관리 및 응용 분야에 활용이 가능하다.

2005.

- [2] 물 수요관리 종합대책 수립 연구, 환경부, 2002.
- [3] 한무영, “대체수자원으로서의 빗물활용방안”, 대한상하수도학회지, 제14권, 제3호, pp.207-210, 2000.
- [4] 문광순, 환경친화적인 위생저수조 및 옥내배관 시스템의 유지관리기술 개발, 한국계면공학연구소 보고서, 환경부, 2004.
- [5] 정경용, “저수조 무선 통합 관리 시스템 개발”, 한국콘텐츠학회논문지, 제6권, 제6호, pp.16-25, 2006.
- [6] 강동열, 하정립, 김정환, 간이상수도 통합관제 운영 시스템 및 운영방법, 국내특허, 특허청, 2005.
- [7] 정경용, 김중훈, 강운구, 임기욱, 이정현, “스마트 홈에서 마이닝을 이용한 행동 순차 패턴 발견”, 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제9호, pp.19-26, 2008.
- [8] S. D. Gorantiwar and I. K. Smout, “Allocation of Scarce Water Resources using Deficit Irrigation in Rotational Systems,” J. of Irrigation and Drainage Engineering, American Society of Civil Engineers, pp.155-163, 2003.
- [9] 우달식, 김주환, 최명수, “국내 저수조와 옥내배수관 유지관리 현황 및 향후 개선 방안”, 한국상하수도협회지, 9권, 2005.
- [10] 유기엽, 고희준, 정경용, 임기욱, 이정현, “정보 필터링을 이용한 저수조 무선 통합 관리”, 한국콘텐츠학회 2009 춘계종합학술대회 발표논문집, 2009.
- [11] 정경용, 여충구, 이정현, 저수조 무선 통합 관리 시스템, 등록번호, 10-0593480, 특허청.
- [12] 백순근, 교육연구 및 통계분석, 교육과학사, 2007.
- [13] C. Njiru and M. Albu, “Improving Access to Water Through Support to Small Water Providing Enterprises,” J. of Small Enterprise Development, pp.30-36, 2004.

참 고 문 헌

- [1] 환경부 상하수도국, “수돗물수질개선종합대책”,

저 자 소 개

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

조 선 문(Sun-Moon Jo)

정회원



- 2001년 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학석사)
- 2007년 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학박사)
- 2003년 ~ 2005년 : (주)세븐시스템 연구기획팀 팀장

- 2006년 3월 ~ 현재 : 배재대학교 IT 교수

<관심분야> : XML, 정보보안, 임베디드 시스템, 프로그래밍 언어