

## 스마트 워터 그리드 서비스 Framework 개발에 관한 연구

김성훈<sup>1</sup>, 오현제<sup>2\*</sup>, 정진홍<sup>2</sup>, 김원재<sup>2</sup>, 윤영한<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>남서울대학교 GIS공학과, <sup>2</sup>한국건설기술연구원 환경연구실

### A Study on the Development of Smart Water Grid Service

Seong Hoon Kim<sup>1</sup>, Hyunje Oh<sup>2\*</sup>, Jinhong Jung<sup>2</sup>,  
Weonjae Kim<sup>2</sup> and Young H. Yoon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of GIS Engineering, Namseoul University

<sup>2</sup>Environmental Engineering Research Division, Korea Institute of Construction Technology

**요 약** 최근 우리가 살고 있는 정보화 사회의 가장 중요한 화두 중 하나로 “스마트”가 떠오르고 있으며 통신 및 사회간접자본 분야 등을 포함한 사회의 여러 영역이 이 주제로 빠르고 접근하고 있다. 국내에서는 전력분야에서의 우선접근이 비교적 성공적인 평가를 받고 있으며 물공급 분야는 이제 막 그 첫발을 내 딛고 있는 것이 현실이다. 이러한 관점에서 본 연구는 “스마트 워터 그리드” 서비스를 위한 프레임워크 개발에 그 목적이 있다. 연구의 절차로, 우선 국내외 관련 연구가 조사되었고, “스마트 워터 그리드” 서비스를 구성하는 4 기술요소가 정의 되었다. 4 기술요소 분야 각각에 대해 프레임워크 모델링이 수행되었고 그 결과로 각각에 대한 TRM이 제시된다. 또한 4 요소영역을 아우르는 전체 서비스에 대한 종합적 TRM이 제시되고 본 논문에서 제시되는 프레임워크 모델과 유사 모델을 비교하면서 차별성 있는 연구내용의 전개와 두 모델의 연계컨셉이 정의되었다. 엔터프라이즈 통합모델, 즉, 매크로 레벨부터 마이크로 레벨 적용과 서비스를 온전히 커버하기위해 필요한 두 모델의 합체운영 컨셉과 이러한 상호연계성 위에서 작용하는 마이크로 레벨 모델의 현실화를 통해 물관리분야에서의 스마트화 구현에 현 논문이 다소간 기여하기를 기대한다.

**Abstract** The current society, namely information society is now moving to a specific topic which is SMART. In this sense, recently a variety of social areas including communications and SOC domains are moving fast to this topic. In Korea, The electric power area has been doing a pioneering job relatively successfully and the water supply area is just now taking the first step. The purpose of this research is to develop a technical Framework for Smart Water Grid Service. Related researches has been studied and the 4 constituting technical element areas were defined first. For each of the four areas, a framework modeling was fulfilled and as a result, a TRM(Technical Road Map) was suggested for each of the area. Finally, an Enterprise TRM covering all of the 4 areas was described. Furthermore, the currently suggested framework model was compared to a related model and it was found that the integration of the models is desirable to wholly cover from Macro to Micro level applications and services. It is expected that the current approach contribute ,more or less, to the smart implementation in the areas of water management.

**Key Words** : IT convergence, Modeling, Smart Water Grid, TRM, Water Supply Management

### 1. 서론

우리 인간 생명의 근원인 물의 공급에 대해 그간 주로

음용수의 관점에서 그 질적 향상에 대한 많은 수고와 처방이 이루어져왔다. 최근, 여기에 추가적인 고민이 생겨나고 있다. 이는 지구 기후변화 등으로 인한 공급의 불안정성

본 논문은 한국건설기술연구원 주요사업(마이크로그리드 스마트 용수관리 기술개발 2012-0019)의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Hyunje Oh (Korea Institute of Construction Technology)

Tel: +82-16-340-0295 email: hjoh@kict.re.kr

Received October 29, 2012

Revised December 4, 2012

Accepted December 6, 2012

문제이며 이로 인해 안정적 공급을 위한 충분한 수자원 자체의 확보가 점점 더 의심스러워지고 있다. 이에 인간생활 및 경제활동에 필수적인 물의 수요에 대응하는 진화된 공급 및 관리책에 대한 고민이 자연스럽게 야기되고 있다.

공급의 관점에서만 보면 가능한 두 가지 방법 중 하나인 수자원의 추가확보의 관점이 절대적이었으며 그 나머지인 공급관리 효율화 부분에 대한 노력의 중요성이 최근에서야 대두되고 있는 것 또한 현실이다. 그 원인으로 여러 가지가 있지만 가장 큰 요인은 기존과 다르게 진행되는 수자원 추가확보의 애로사항과 공급의 경제성 문제로 압축될 수 있다.

여기에 물은 항상 관로를 통해 싸게, 충분히 공급되고 있으며 언제든 수도꼭지만 틀면 된다는 사용자의 인식도 중요한 문제로 거론되고 있으며 이를 경계할 수 있는 여러 가지 대책이 국외중심으로 최근 논의되어지고 있다. 물론 국내에서도 초기적인 절감대책 및 상품화 구상이 마련되고 있으나 아직 호응이 미미한 상태이다.

결국 위에서 제기된 문제점 해결방식인 공급량증대, 공급관리효율화, 소비자의식 증진 등을 함께 해결할 수 있는 개선된 수단이 필요하며 이를 형상화하여 “스마트 워터 그리드 서비스”의 개념이 최근 태동되고 있다.

체감할 수 있는 스마트화 관련 연구는 전력분야의 스마트 그리드로부터 시작해 최근 물을 포함한 다양한 분야로 시도되고 있다. 이러한 추세는 최근 핸드폰, SOC 등으로 급속도로 퍼져가고 있으며 향후 정보화 사회를 뒷받침 할 주요수단으로 부상하고 있다.

스마트화 관련 연구는 산업체 적용 관점에서 크게 스마트 홈 분야와 스마트 SOC분야로 나눌 수 있다. IT와 전통분야의 융복합을 통한 효율화 추구라는 목표로 진행되고 있으며 IT강국인 우리나라의 역할이 매우 기대되는 부문이다.

스마트 워터 그리드 관련 연구는 무선통신을 포함한 IT기술의 발달로 최근 수년 내에서야 비로소 국내외적으로 관심의 대상으로 떠올랐으며 물 분야에 IT기술을 접목한 스마트 워터 그리드는 현재 물 부족국가로 분류되어 있고 향후 지속될 우리나라의 물수요 확보를 위해 매우 중요한 수단으로 자리매김할 수 있을 것으로 예측된다. 이에 본 논문은 스마트 워터 그리드 서비스 구현을 궁극적 목표로 그 기술적 Framework에 대한 한 모델링을 시도하는데 있다.

## 2. 관련연구

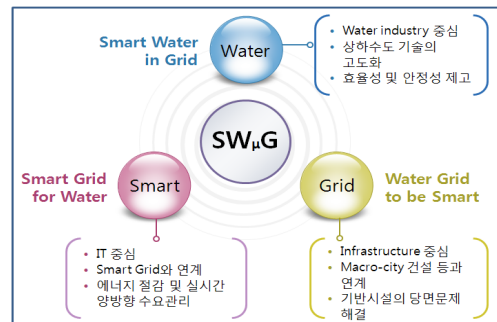
조사결과, 스마트 워터 그리드 관련 연구는 2011년부

터 조금씩 그 성과가 공유되고 있으나 아직 거의 모든 내용이 concept 정의, 필요성, 기술요소, 지향점 정도로 압축된다. 2011년 제1회 스마트워터그리드 관련 국제워크숍이 IT강국인 우리나라에서 열렸으며 그간 국내외에서 개별 연구된 연구성과[5,6,7,8,9,10]가 처음으로 공유되는 기회가 되었다. 이 중에는 IBM[5]과 Siemens[10] 등 글로벌 기술을 선도하는 기업의 현재 연구상황도 공유되었다. IBM의 솔루션은 자체 자산관리 프로그램에 스마트 센서를 접목시키는 방식이고 Siemens의 솔루션은 비즈니스 모델, 운영모델, 가격정책 등을 제외한 treatment 부문과 sensing 부문에 대한 솔루션을 제시하고 있다.

최근 미국, 유럽 등 선진국이 경기부양책에 스마트 SOC사업을 대거 포함시키면서 이에 대한 관련 연구도 함께 활기를 띠 전망이다[1]. 국내에서도 전력분야의 스마트 그리드 관련 연구가 다수이며 이를 물에 적용한 스마트 워터 그리드 관련 연구[3,4]는 아직 수적으로나 질적으로 초기적인 수준으로 조사되었다. 스마트 워터 그리드 서비스의 구성요소분야 각각에 대한 다양한 연구는 상당히 진행되어 있고 경제성관점에서의 사용수 재이용에 대한 연구성과[2]도 IT융복합을 전제로 주요하게 도입돼야 할 부분 중 하나이다. 물의 재활용, 생산, 공급, 관리 전반에 걸친 IT기반 프로세스 모델은 조사탐색결과에도 아직은 발견되지 않고 있다.

## 3. 스마트 워터 그리드 서비스 Framework 개발

### 3.1 서비스 요소 역할관계 정립



[Fig. 1] Relation Diagram of SWM Objects

연구범위는 물순환의 전체과정, 즉, 취수, 생산, 공급, 사용, 하수처리에 재이용의 개념까지 포함한다. 이 전체 물순환공급체계를 대상으로 스마트 워터 그리드 Framework 모델링은 스마트, 워터, 그리드의 3 Objects

(개체)의 역할 구분[Fig. 1]을 기본으로 전개된다. 3요소 각각은 수자원, 기반시설, IT를 대표하며 서로 연계하여 서비스화된다.

### 3.2 기술지도(TRM : Technical Road Map)

#### 가. 거시 TRM

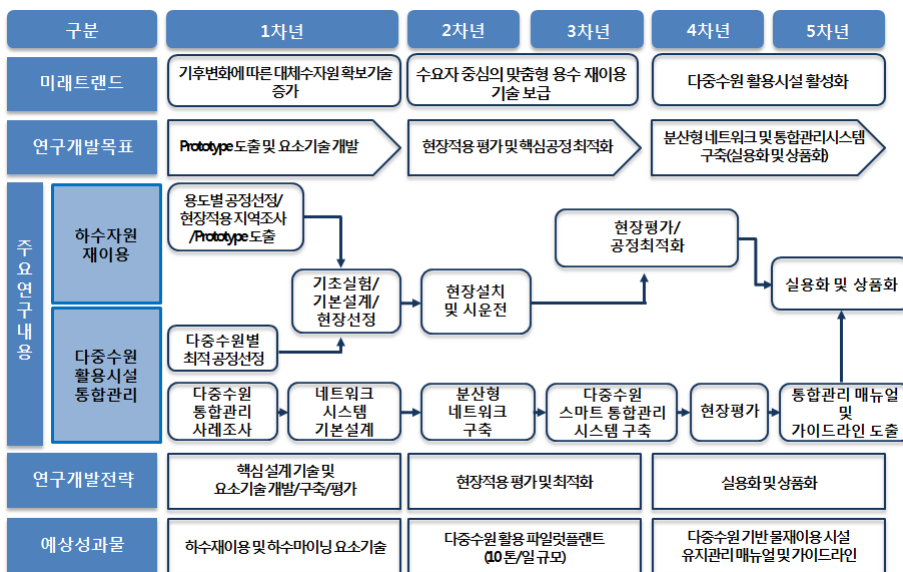
스마트 워터 그리드 Framework을 구성하는 인자는 (저에너지 하이브리드 물)재이용, (신재생에너지 기반 용수)생산, (스마트 인프라스트럭처를 포함한 용수의 안정적인)고 효율적)공급, (IT기반의 스마트)관리의 4요소로 구분되며 그 각각에 대해 기술 Framework 모델링이 이루어졌다.

추출된 각각의 모델은 서비스 구현을 목표로 한 개발 프로세스로 치환되고 TRM(Technical Road Map)의 형태로 추출되었다. 전체 모델링은 성능향상 및 실용화 단계를 거쳐 시범사업 실시로 그 유용성이 검증되는 단계를 거쳐 실용화를 목표로 한다. [Fig. 2]는 전체 TRM이며 그 하부 구조 4요소에 대한 미시 TRM은 [Fig. 3 ~6]으로 표현된다. 미시 TRM 각각은 물재이용, 용수생산, 공급망 개선, 스마트 용수관리 기술개발의 목표, 주요연구 절차 및 내용, 연구개발전략 및 핵심성과물을 정의하고 있다.

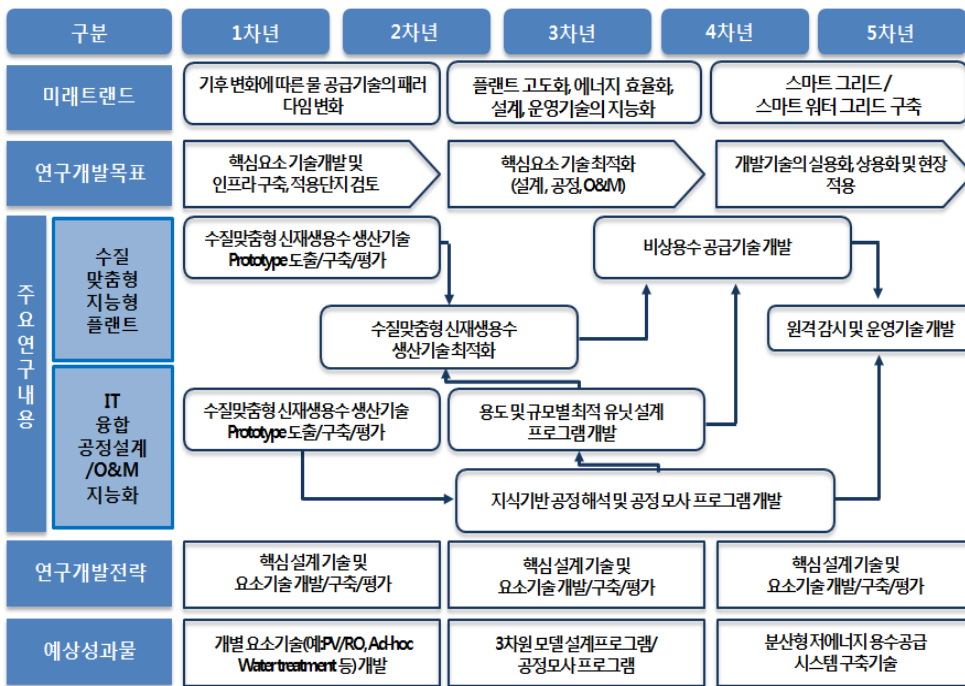
#### 나. 미시 TRM



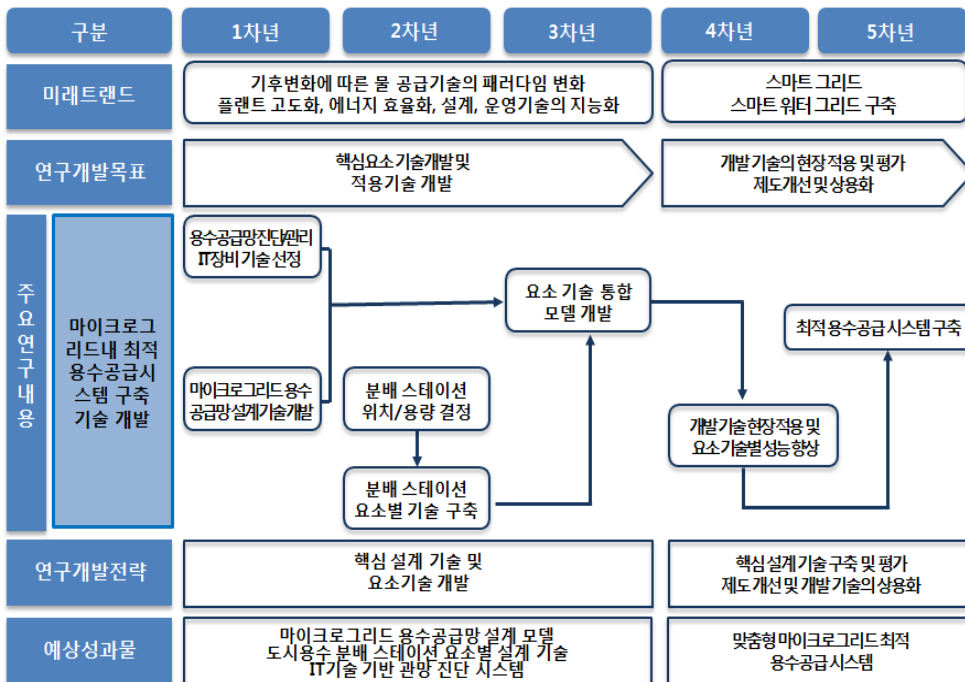
[Fig. 2] Enterprise Technical Road Map



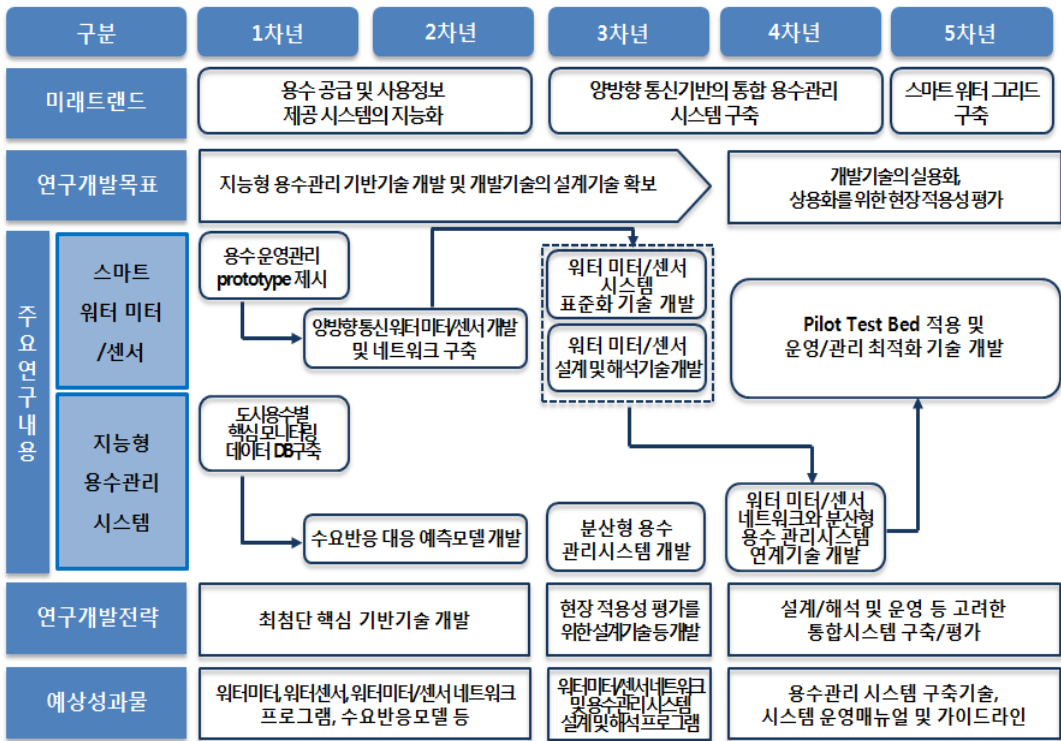
[Fig. 3] Technical Road Map for Micro Grid Water Reuse Technology Development



[Fig. 4] Technical Road Map for Micro Grid New Regeneration Energy-based Water Production Technology Development



[Fig. 5] Technical Road Map for Micro Grid Water Supply Technology Development

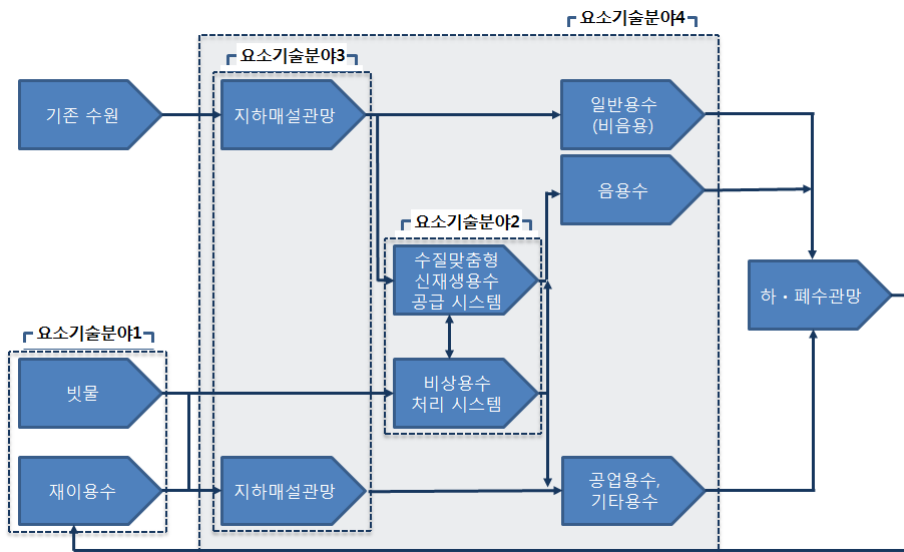


[Fig. 6] Technical Road Map for Micro Grid Water Management Technology Development

다. 세부기술간 상관도 (Technology Flow)

앞서 분류된 4 기술분야는 각각의 모델링 및 TRM 추

출 후 아래 [Fig. 7]과 같은 Flow에 따라 상호연계 및 서비스화 된다.



[Fig. 7] Relation Diagram of the Element Technology Areas

## 4. 유사서비스 모델과의 차별성 분석

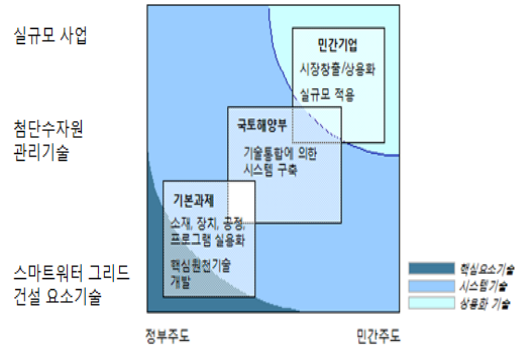
### 4.1 현 모델과 국토해양부 첨단 수자원관리 기술 모델의 차별성 분석

현재 제시된 모델이 지향하는 기본방향은 용수확보와 공급의 효율성 향상을 위한 소재, 장치, 공정, 프로그램 등의 개별적 핵심원천기술을 개발하는데 있으며, 궁극적으로 지능형 물 공급시설 건설기술 개발을 구현하기 위하여 필요한 기술 분석결과를 통해 현재 미 확보되어 기술 개발이 시급하게 요구되고 있는 핵심기술 요소를 선정하여 중점적으로 개발하는데 있다. 또한 개발기술의 적용단위는 도시지역의 Micro-Grid (10,000~50,000 m<sup>3</sup>/일) 수준의 자체수요 소화를 목표로 하고 있다. 첨단 수자원 관리 기술 모델이 지향하는 바는 관리의 차원이 중점적이며, 국가규모 내 수자원 관리를 Macro한 관점에서 접근하는 점에서 시작하여 그 세부 서비스 항목까지가 모두 Macro한 관점에서 접근되고 있다는 점이 크게 다르다 [Table 1].

### 4.2 현 모델과 국토해양부 첨단 수자원관리 기술 모델의 연계방안

현 모델의 개발결과 확보된 핵심요소기술과 장치 등은 첨단 수자원 관리기술 모델의 구현단계에서 시스템 구축 시 적용 및 연계가 가능하다. Macro한 접근의 수자원관리 기술 모델하에 Micro한 접근의 현 모델의 상호작용이 이루어져야 비로소 전체 수자원의 총체적 관리 모델과 통합서비스가 제대로 이루어질 것으로 판단된다. 서비스 시스템 구현관점에서 표현하자면, 현 모델 활용에 있어서

는 모델구현 개발기술에 대하여 파일럿 규모의 평가를 수행하고 실 규모 평가 및 시스템 구축과 관련된 연구는 첨단 수자원 관리기술의 모델 구현에서 연계하여 수행하는 것이 이상적인 역할분담으로 판단된다.



[Fig. 8] Integration Plan of Implementation Technology for the 'Current Model' and the 'Intelligent Water Resources Management Technology' Model

## 5. 결론

정보화 사회, 특히 최근 스마트화되어가는 사회 추세에 맞추어 각 통신분야 및 TV등의 가전, 전력 등의 SOC 분야까지 사회전반의 분야에서 스마트화의 추세는 당분간 계속 될 것이며 여기에 인간생활의 근본이 되는 물의 공급과 관리가 스마트화 대상의 화두로 떠오르고 있는 추세이다. 더군다나 우리나라의 각 분야(환경, 교통 등)의

[Table 1] Distinction Analysis between the 'Current Model' and the 'Intelligent Water Resources Management Technology' Model

항목	현 모델	첨단 수자원관리 기술 모델
목표	Smart Water Grid 구축을 위한 핵심요소기술 확보	수자원관리 물산업시장 주도를 위한 기반확보기술을 개발
대상	도시지역(Micro-Grid Level) : 1,000 ~ 5,000 m <sup>3</sup> /일 규모	유역(Macro-Grid Level) 및 국가(Mega-Grid Level) 규모
내용	용수확보와 공급의 효율성을 향상시키기 위한 소재, 장치, 공정, 프로그램 등의 핵심원천기술을 개발	수자원 유역관리의 지능화를 위한 시스템 기술을 개발
예상 성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중수원 처리장치</li> <li>친환경 저에너지 용수처리 장치 및 공정</li> <li>용수공급시설 성능향상 장치</li> <li>스마트 센서 및 미터 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>워터 그리드 설계기술</li> <li>하천유역 수자원 지능화 관리기술</li> <li>능동형 수자원확보 공정기술</li> <li>워터 그리드 통합관리 시스템 구축 및 운영기술</li> </ul>
활용방안	요소기술 및 제품에 대한 상용화	시스템 구축에 의한 상용화
연계방안	첨단 수자원관리 기술 등 대형 국가 R&D 사업과 연계	Smart Water Grid 등 타 사업에서 기 개발된 기술을 통합한 시스템 구축

기술은 세계 초일류 선진국에 비해 다소간 떨어지는 것이 현실이나 IT분야만큼은 오히려 앞서가며 이를 활용한 국익창출의 기회가 많은 것이 작금의 현실이다. 이에 본 논문에서는 스마트 워터 그리드 서비스 구현을 궁극적 목표로 그 Framework 모델링을 시도하였다. 내용적으로, 4개의 기술요소분야를 추출하고 각 기술요소분야별로 개발이 필요한 세부개발요소들 및 TRM을 도출하여 제시하였다. 연구개발되어야 할 내용들은 그 시차적 연계성을 제시하였으며 4분야를 통합한 TRM이 제시되었다. 또한 관련 서비스 모델과의 차별성 및 연계성을 분석하여 상호 연계에 의한 시너지 효과를 창출할 수 있다는 결과가 도출되었다. 향후연구는 본 논문에서 도출된 4개요소분야 각각의 TRM에서 표현된 Object들에 대한 구체적인 실행절차 정립, 모델링, 그리고 개발 및 통합서비스화 관련 연구를 포함한다.

## References

- [1] Seongho Lee, "New Trend in SOC Investment", Ceo Information, Samsung Economic Research Institute, Vol. 696, pp. 1-21, 2009.
- [2] Eulsang Jo, "A Preliminary Study for Facilitating Wastewater Reuse on a Regional Basis ", 61p, Korea Environment Institute, 2009.
- [3] Hyunje Oh, "A Development of Construction Technology for Smart Water Grid", KICT Constuction Brief, Vol. 2011, pp. 12~13. 2011.
- [4] Yoohoon Hong, Seungjun Song, Kyoungrok Go, "Intelligent Home Smart Water Grid Service Technology" Water for Future, Korea Water Resources Corporation, Vol. 43, No. 12, pp. 79-91, 2010.
- [5] Camron Brooks, "Let's Build a Smarter Planet: Smarter Water Management: Using IT and Analytic Tools to Deploy a Smart Water\_\_Grid", 1st International Smart Water Grid Workshop, 2011.
- [6] Gustaf Olsson, "Smarter Water & Power Grids - drivers, opportunities and challenges", 1st International Smart Water Grid Workshop, 2011.
- [7] In S. Kim, "Desalination and Reuse for Smart Water Grid", 1st International Smart Water Grid Workshop, 2011.
- [8] Joon Ha Kim, "Korean Research Direction for Smart Water Grid", 1st International Smart Water Grid Workshop, 2011.
- [9] Seungkwon Hong, "Technology for Securing Future Water Resources", 1st International Smart Water Grid

Workshop, 2011.

- [10] Andreas Hauser, Roland Rosen, "Simens Perspectives on Smart Water Grid Technologies", 1st International Smart Water Grid Workshop, 2011.

### 김 성 훈(Seong Hoon Kim)

[정회원]



- 1987년 6월 : 미국 뉴욕주립대 (Buffalo)(토목공학 석사)
- 1993년 6월 : 미국 뉴욕주립대 (Buffalo) (토목공학 박사)
- 1993년 7월 ~ 1999년 8월 : 삼성SDS 책임연구원
- 1999년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 GIS공학과 교수

<관심분야>

GIS, 정보시스템, 정보컨설팅, 스마트 시티 등

### 오 현 제(Hyun Je Oh)

[정회원]



- 1986년 2월 : 한국 연세대학교 (토목공학 석사)
- 2012년 2월 : 한국 연세대학교 (토목환경공학 박사)
- 1987년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 환경연구실 연구위원
- 2001년 4월 ~ 현재 : 국회 물관리정책연구회 정책자문위원

<관심분야>

정수처리, 고도수처리, 스마트 워터 그리드 등

### 정 진 흥(Jin Hong Jung)

[정회원]



- 2002년 7월 : 인천시립대원 (토목환경공학 석사)
- 2012년 2월 : 인천대학교(건설환경공학 박사수료)
- 1994년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 환경연구실 수석연구원

<관심분야>

정수처리, 하천복원, 물순환, 스마트 통합관리시스템 등

**김 원 재**(Won Jae Kim)

[정회원]



- 1996년 2월 : 한국 고려대학교 (환경공학 석사)
- 2007년 2월 : 일본 동경대학교 (도시공학 박사)
- 1996년 1월 ~ 현재 : 한국건설 기술연구원 환경연구실 연구위원
- 2008년 1월 ~ 현재 : 환경부 중앙환경보전자문위원회 물분과 자문위원

<관심분야>

비점오염원 관리, 도시 물순환, 생태하천 관리, 정수처리, 스마트 워터 그리드 등

---

**윤 영 한**(Young Han Yoon)

[정회원]



- 2003년 2월 : 광주과학기술원 (GIST) (환경공학 석사)
- 2008년 2월 : 연세대학교(토목공학 박사수료)
- 2002년 12월 ~ 현재 : 한국건설 기술연구원 환경연구실 수석연구원

<관심분야>

하수고도수처리, 도시 물순환, 스마트 워터 그리드 등