

스마트워터그리드 구축을 위한  
실행전략 및 정책 방향 수립

## 목 차

1. 연구의 개요 .....	1
1.1 배경 및 목적 .....	1
1.1.1 연구 배경 .....	1
1.2 범위 및 방법 .....	2
2. 스마트워터그리드 기술적용 현황 및 구축운영 사례분석 .....	5
2.1 물관리 기술의 정의 및 범위 .....	5
2.1.1 스마트워터그리드(Smart Water Grid) .....	7
2.1.2 스마트워터시티(Smart Water City) .....	8
2.2 스마트워터그리드(Smart Water Grid) 기술조사 및 적용사례 .....	10
2.2.1 스마트워터그리드 기술 .....	10
2.2.2 스마트미터(다기능 실시간 계측기) 기능 검토, 개발 현황 조사 .....	18
3. 인천시 스마트워터그리드를 위한 효율화 방안 .....	39
3.1 인천시 스마트워터그리드 고도화 전략 및 정책방향(안) .....	39
3.1.1 국내외 스마트워터그리드 정책동향 .....	39
3.1.2 인천시 스마트워터그리드를 위한 정책방향(안) .....	46
3.2 데이터 기반 물정보 제공 및 의사결정지원 방안(안) .....	49
3.2.1 실시간 모니터링 및 시민에게 물정보 제공방안 .....	49
3.2.2 APP을 이용한 공급자와 소비자 간 양방향 의사소통 기능제시(안) .....	63
3.2.3 다양한 실시간 수질 정보제공 방안(안) .....	65
3.2.4 계측 데이터 기반 운영자 의사결정지원 방안(안) .....	67
3.3 상수도 GIS 고도화에 의한 상수 시설물 관리 효율화 방안 .....	72
3.3.1 수자원 업무 분야별 분석 .....	72
3.3.2 GIS 데이터의 활용방안 .....	73
3.3.3 상수 시설물 관리 효율화 방안(안) .....	83

## 표 목차

〈표 2.1〉 스마트 워터그리드 기술의 세부 범위 .....	10
〈표 2.2〉 스마트워터그리드 특징 .....	11
〈표 2.3〉 스마트 워터 그리드 기술개발 사례 .....	11
〈표 2.4〉 스마트워터그리드 요소기술 .....	15
〈표 2.5〉 검침기술의 변화 .....	21
〈표 2.6〉 스마트미터링 과정별 기능 분류 .....	22
〈표 2.7〉 국내와 국외의 경쟁기술(기업) 분석 .....	35
〈표 3.1〉 스마트워터그리드 로드맵 및 소요비용 .....	48
〈표 3.2〉 초음파식 및 디지털(하이브리드)식 수도미터 비교 .....	51
〈표 3.3〉 국내외 선행기술 개발 동향 .....	54
〈표 3.4〉 초음파식 및 디지털(하이브리드)식 수도미터 비교 .....	57
〈표 3.5〉 인천광역시 상수도관리시스템 구축 현황 .....	72
〈표 3.6〉 인천광역시 공간정보(GIS) 정확도 투자계획 .....	73
〈표 3.7〉 GIS 기반 상수 관망 자산관리 구축 로드맵 .....	88

## 그림 목차

[그림 2.1] 물관리 기술의 구성 .....	5
[그림 2.2] 상수관망 기술개발 동향 .....	6
[그림 2.3] 국내 상수분야 기술개발 동향 .....	6
[그림 2.4] 적용규모에 따른 스마트워터그리드의 정의 .....	7
[그림 2.5] 스마트워터그리드 주요 요소 기술 .....	8
[그림 2.6] 스마트워터시티 추진 현황 .....	9
[그림 2.7] 스마트워터그리드 기술 범위 .....	10
[그림 2.8] Hitachi사의 Intelligent Water System .....	13
[그림 2.9] 스마트워터그리드 인프라 발전 단계 .....	13
[그림 2.10] 수자원 및 수질 통합운영관리 개념도 .....	14
[그림 2.11] TaKaDu의 Water Networks with Infrastructure Knowledge .....	14
[그림 2.12] 런던 템즈강의 Ring Main 모식도 .....	15
[그림 2.13] 스마트워터그리드에서의 스마트미터 .....	18
[그림 2.14] 스마트미터의 기능 모델 .....	20
[그림 2.15] 외국의 다항목 계측기 .....	28
[그림 2.16] Lab-On-a-Chip(LOC)의 개념도 .....	30
[그림 2.17] 스마트 수도계량기 개념 .....	31
[그림 2.18] 스마트미터의 기능 모델 .....	36
[그림 2.19] 스마트 워터 미터링 통신 표준 구조 .....	37
 [그림 3.1] 스마트 워터 미터링 통신 표준 구조 .....	 49
[그림 3.2] 다기능 실시간 계측기 시스템 구축 .....	50
[그림 3.3] 스마트 워터 미터링 통신 표준 구조 .....	51
[그림 3.4] 스마트 미터 성능향상을 위한 CFD 유동해석 및 다항목 수질계측 시스템의 고도화 방안 ..	52
[그림 3.5] 다항목 수질모니터링 시스템 구성 .....	53
[그림 3.6] 누수탐사화상진단 시스템 연구개발 개요도 .....	54
[그림 3.7] 관리시스템관점에서 스마트 디바이스 보급 확산 방안 .....	55

[그림 3.8] 기존 소구경 수도계량기 검침방법 .....	56
[그림 3.9] 스타 토폴로지의 중계기 고장으로 인한 검침망의 기능 상실 .....	57
[그림 3.10] 실시간 미들웨어를 통한 데이터(좌)/이벤트(우) 전달 .....	58
[그림 3.11] 실시간 미들웨어를 통한 컨트롤 요청-응답 .....	59
[그림 3.12] CEP엔진의 이벤트 처리 방법 .....	59
[그림 3.13] 상수관망 통합관리시스템 구축도 .....	61
[그림 3.14] 마이워터(Mywater) 모바일 앱 제공 정보 .....	62
[그림 3.15] 모바일 어플리케이션 예시 .....	63
[그림 3.16] 모바일 어플리케이션 예시 .....	64
[그림 3.17] 어플리케이션 운영을 위한 WEB/WAS 및 DBMS 구성(예시) .....	65
[그림 3.18] SUEZ의 대형 미디어 보드를 활용한 실시간 모니터링 .....	66
[그림 3.19] 수질정보제공 시스템 구성도 .....	66
[그림 3.20] 스마트워터시티의 소비자 중심 수도서비스 체계 .....	67
[그림 3.21] 상수도 표준분석모델 개요 .....	69
[그림 3.22] 의사결정 지원 방안 제시 .....	70
[그림 3.23] 의사결정 지원 방안 제시 .....	71
[그림 3.24] 남양주시 일반현황 분석 .....	74
[그림 3.25] 주·야간 상주인구 변화 분석 .....	74
[그림 3.26] 거주특성 분석 .....	75
[그림 3.27] 상수사용량 현황 .....	75
[그림 3.28] 통계분석을 위한 외부변수 공간 집계와 통계 분석결과 .....	76
[그림 3.29] 소비량 진단 .....	76
[그림 3.30] 소비량 진단과 상수도 노후도 .....	77
[그림 3.31] 상수도 개선 사업 우선 지역 도출 .....	77
[그림 3.32] 상수도 누수위험도 분석 모델 개요 .....	78
[그림 3.33] 상수도 분석 변수 수집 .....	78
[그림 3.34] 상수도 분석 관련 데이터 입수현황 .....	79
[그림 3.35] 데이터 수집, 전처리, 분석 및 결과 시각화의 표준 프로세스 .....	79

[그림 3.36] QGIS 공간분석 기법과 R 통계 예측분석 기법을 적용 .....	80
[그림 3.37] 상수도 누수위험도 분석모델 EDA .....	80
[그림 3.38] QGIS기반 누수위험도 상위관로 속성정보 .....	81
[그림 3.39] QGIS기반 상수도 누수위험도 상위관로 상세보기 화면 .....	81
[그림 3.40] 서울시 뚝도아리수정수센터 시설물3D 투시도 및 전경 .....	82
[그림 3.41] 국외 자산관리 기술개발 현황 .....	84
[그림 3.42] 국외 자산관리 기술개발 현황 .....	84
[그림 3.43] 자산관리 정보 GIS상 표현 .....	86
[그림 3.44] 상수도 관망시설 자산관리 통합솔루션 .....	87

# 1. 연구의 개요

## 1.1 배경 및 목적

### 1.1.1 연구 배경

- 전 세계적으로 물 수요는 증가하고 있으나, 국가 및 지역 간 물 공급과 수요의 불균형은 심화되고 있는 추세<sup>1)</sup>
  - 물 소비량은 1980년 이후 소비 패턴 변화 및 경제성장 등으로 매년 약 1%씩 증가하고 있으며, 2050년에는 현재보다 20~30% 확대될 전망
  - 전 세계 물관리 시장규모는 2016년 기준 7,143억 불이며, 2013~2020년 연평균 3.0% 성장률로 시장규모가 증가할 것으로 전망<sup>2)</sup>
    - 그 중 전 세계 스마트워터그리드 시장은 2016년 72억 4,310억 달러에서 연평균 18.9%로 성장하여 2021년에 220억 9,890만 달러에 이를 것으로 전망
- 우리나라의 상·하수도 보급률은 높은 수준<sup>3)</sup>이나 국지적·계절적 물 부족과 수질오염 문제가 지속적으로 발생하고 있으며, 이에 따른 스마트워터그리드에 대한 니즈 확대
  - 상수 및 하수의 국내 보급률은 각각 98.1% 및 93.6%이나 운영 중인 관로의 노후화로 안전한 물에 대한 국민의 불안감 여전
    - ※ 국내 20년 이상 경과된 하수관로는 전체의 40.2% 수준
  - 이상기후로 가뭄발생 빈도 증가\* 및 수질오염물질 누출 사고\*\* 등으로 물관리 분야가 사회적 이슈로 부상
    - \* 1904년~2000년 35회(0.36회/년), 2001년~2018년 13회(0.72/년)<sup>4)</sup>
    - \*\* 인천 붉은 수돗물 현상(2019.05), 대구 과불화화합물 검출(2018.06) 등
- 인천시에서 수돗물 정상화 선언과 함께 약속한 상수도 혁신을 위해 정보통신기술을 융합한 스마트 물 관리시스템 도입방안 필요

1) UNESDOC, The United Nations World Water Development Report, 2019

2) GWI, Global Water Market 2017, 2017

3) 환경부, 2017 상수도/하수도 통계, 2019

4) 행안부, 정부 체계적 가뭄 관리체계 가동, 2019

## 1.2 범위 및 방법

### □ 스마트워터그리드 기술 적용현황 및 구축·운영(Smart Water City) 사례 분석

- 국내외 스마트 물관리(Smart Water Management) 및 스마트워터시티(Smart Water City) 개념 정립 및 현황조사
- 스마트워터그리드(Smart Water Grid) 기술 조사 및 적용사례 검토

### □ 실시간 모니터링 및 시민에게 물 정보제공 방안 검토 및 제시

- 스마트미터(다기능 실시간 계측기) 기능 검토, 개발 현황 조사
- 인천시 상수관망에 적합한 실시간 수압, 유속, 유량, 누수탐지, 수질(잔류염소, pH 등)의 상세 모니터링 방안
- APP을 이용한 요금고지, 물 사용 패턴 분석, 수량, 수질 정보 공개 및 공급자와 소비자 간 양방향 의사소통 기능 제시
- 대형 미디어보드, BIS(Bus Information System), 홈오토메이션 등 다양한 실시간 수질정보 제공방안 제시

### □ 계측 데이터 기반 운영자 의사결정지원 방안 제시

- 머신러닝, 빅데이터 등 스마트 기술을 적용한 누수, 수질사고 예측, 대응 방안 제시
- 관련 기술적용 예시 및 우선 적용지역(서구, 영종, 강화) 중 시범 블록 선정을 통한 적용방안 제시

### □ 상수도 GIS 고도화에 의한 상수 시설물 관리 효율화 방안 마련

- GIS데이터의 활용방안 제시를 위한 수자원 업무를 분야별 분석
- 분석 결과를 토대로 GIS데이터의 사용 가능한 활용방안 도출
- 상수도 GIS 고도화에 의한 상수 시설물 관리 효율화 방안 마련

□ 인천시 스마트워터그리드 구축을 위한 실행전략 및 관련 정책방향 수립

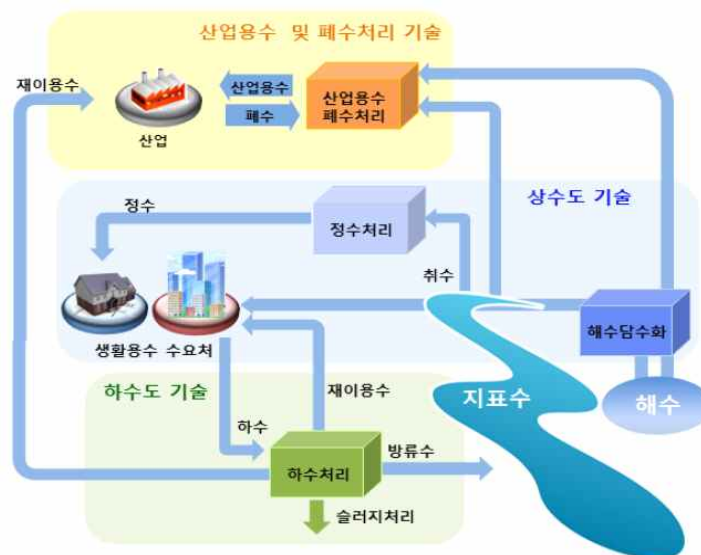
- 인천광역시 상수도 현안 검토 및 상수도 시스템 개선을 위한 국내외 정책 동향 분석
- 인천시 상수도에 적합한 스마트워터그리드 적용 방안 검토



## 2. 스마트워터그리드 기술적용 현황 및 구축운영 사례분석

### 2.1 물관리 기술의 정의 및 범위

- 물관리 기술은 자연환경의 구성요소 및 사회·경제 활동의 필수요소인 물(水)을 보전하고 이용하는 것을 의미하며, 상수, 하수, 산업용수 및 폐수로 구분<sup>5)</sup>
- (상수) 가정용수, 소화용수 및 공공용수 등으로 사용되는 물이며, 담수자원의 확보·관리 측면에서 정수처리, 해수담수화 및 상수관망 기술 등이 포함
- (하수) 사람의 생활이나 경제활동으로 인하여 액체성 또는 고체성의 물질이 혼합된 물과 건물·도로 그 밖의 시설물의 부지로부터 유입되는 빗물·지하수를 포함하여, 하수관거, 하수처리 및 재이용, 하수슬러지 처리 기술 등으로 구성
- (산업용수 및 폐수) 산업체에서 범용적 공업용수를 공급받아 자신의 용도에 맞게 재처리하여 사용하는 산업용수와 산업활동 등에 의해 오염물질이 포함된 산업폐수로 정의



자료: 한국과학기술기획평가원, 기술동향브리프 물관리 기술, 2019

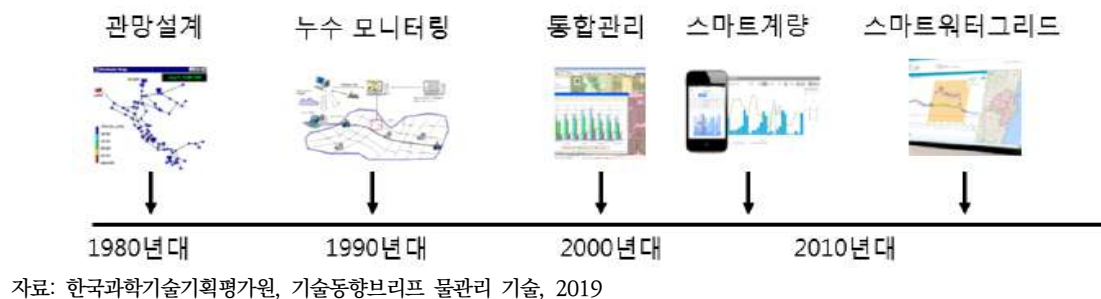
[그림 2.1] 물관리 기술의 구성

- 스마트워터그리드는 수자원의 관리, 물의 생산과 수송, 사용한 물의 처리 및 재이용 등 상수관망 분야에서 정보화와 지능화를 구현하기 위한 기술

5) 한국과학기술기획평가원, 기술동향브리프 물관리 기술, 2019

○ (국외) 정수처리된 수돗물을 일반 시민에게 공급하기 위한 기술로 통합화·지능화 추세

- 1980년 대 이전에는 복잡한 상수관망의 최적설계 기술이 다양하게 연구되었으며, 이후 선진국을 중심으로 누수저감과 공급수질 향상을 위한 모니터링 기술 등이 개발
- 2006년 이후에는 스마트그리드 기술을 응용한 스마트 수도계량기와 지능형 검침 인프라 기술이 개발되어 도입
- 2010년부터는 스마트워터그리드와 상수도 시설물의 자산관리 등이 개발되어 선진국의 도입과 함께 개도국 관심 증가



[그림 2.2] 상수관망 기술개발 동향

○ (국내) 상수관망의 누수방지 및 저감기술 개발에서 시작하여 관망 최적화 및 지능화 기술개발로 발전

- 2000년 과기부 프론티어 연구개발사업을 통해 상수관망의 누수 및 저감 기술 개발
- 에크스마트 상수도 사업단(환경부)은 2011년부터 상수관망의 통합운영 관리 솔루션 및 운영모의 시뮬레이터 개발연구를 수행
- 국토부는 스마트워터그리드 연구를 통해 지능형 검침 인프라 및 스마트 수도계량기 기반 지능형 시스템을 구축하고 운영관리 기술을 개발



[그림 2.3] 국내 상수분야 기술개발 동향

### 2.1.1 스마트워터그리드(Smart Water Grid)

- 물부족 지역에 있는 지하수, 우수, 해수 등 한정된 수자원을 이용하여 수자원 간 조합, 수질 개선 등 가장 경제적인 수처리를 함으로써 활용목적에 맞는 수자원을 확보하고, 정보통신기술을 활용하여 실시간으로 물수요를 분석·예측하여 물관리를 효율적으로 하는 토털(total) 물관리 시스템
- 물관리 기술과 선진화된 IT기술을 접목한 차세대 물관리 기술로 댐·하천·상수도·하수도 등 수자원시설 간 과학적 연계운동을 통해 홍수, 가뭄 등 물문제에 효과적으로 대응할 수 있는 첨단기술
  - 스마트워터그리드는 물 문제를 해결할 수 있는 핵심 물관리 기술로 용수의 생산 및 소비정보를 양방향·실시간으로 감시함으로써 용수관리와 에너지 효율을 최적화 가능
- 스마트워터그리드는 적용 규모에 따라 마이크로(micro) 그리드, 메가(mega) 그리드로 구분

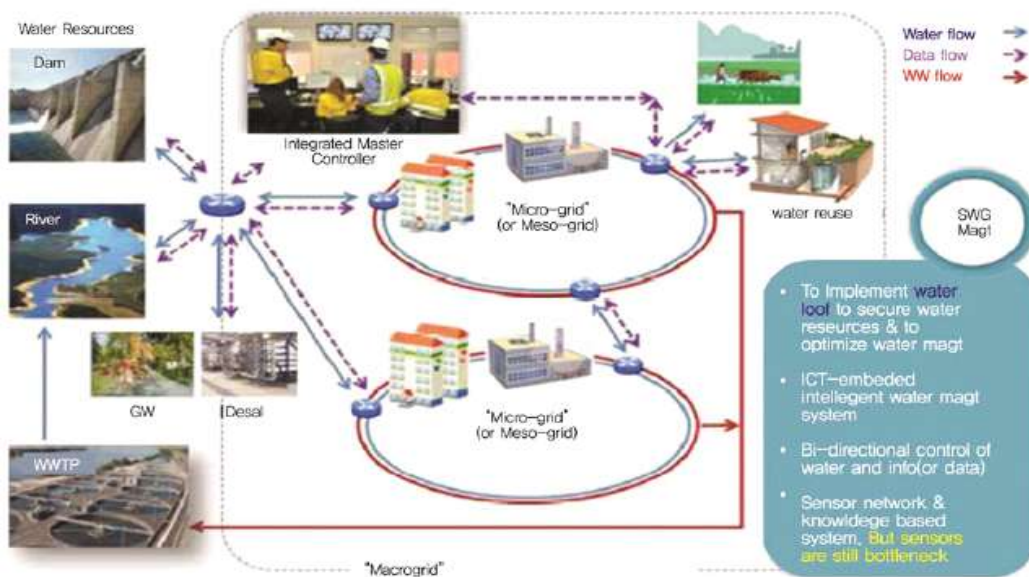


자료: 한국건설기술연구원, 스마트워터그리드 기술동향 및 향후 발전 방향, 2012

[그림 2.4] 적용규모에 따른 스마트워터그리드의 정의

- 스마트워터그리드의 요소기술로 수자원 관리 기술, 실시간 모니터링 기술, ICT 기반 통합관리기술, 물관리 인프라 구축기술 등으로 구성
  - 다양한 수자원(자연형 수자원, 능동형 수자원 등)을 Water platform에 수집 및 저장하고 용수의 배분·관리·수송을 물리적으로 통합관리 할 수 있는 수자원 관리 기술
  - 수자원의 확보·수송·활용 등에 대한 실시간 모니터링 기술

- 물정보의 통합관리 및 의사결정을 지원할 수 있는 ICT 기반 통합관리기술
- 기존 수자원 관리 인프라의 최적화 및 상하수도 인프라의 고도화, Water-energy nexus를 고려한 물관리 인프라 구축기술
- 효율적인 유지관리 및 비용손실 최소화를 위한 인프라 관리 기술



자료: 한국건설기술연구원, 스마트워터그리드 기술동향 및 향후 발전 방향, 2012

[그림 2.5] 스마트워터그리드 주요 요소 기술

- 미국의 스마트워터그리드는 지능형 검침 인프라(Advanced Metering Infrastructure), 스마트그리드를 이용한 water-energy Nexus 최적화, 수자원 및 수질관리 센서 네트워크, 그리고 국가 단위의 효율적 수자원관리 시스템 등 4개의 주요 요소기술을 중심으로 진행 중

### 2.1.2 스마트워터시티(Smart Water City)

- SWC(Smart Water City)는 취수원에서 수도꼭지까지 공급 전 과정에 ICT를 접목, 수량과 수질을 과학적으로 관리하고 수돗물 정보를 제공하여 소비자가 믿고 마실 수 있는 건강한 물공급체계가 구현된 물의 도시를 의미
- 잔류 염소 균등화, 자동 드레인 설비, 공급 전 과정 실시간 수질측정 및 수질정보 제공, 관 세척, 선진 무단수 탐사장비 운용, 스마트 미터링, 원격 누수감시시스템,

관망운영관리시스템 등 우수기술을 활용하여 국민 물안심 서비스를 제공

○ '14년에 파주시 일부 지역에서 추진된 스마트워터시티 시범사업은 단계적으로 확대되어 '16년 파주시 전 지역으로 확대 추진

- 해당 지역 수돗물 수질이 크게 개선되었으며 수돗물의 직접 음용률도 1%에서 36.3%로 증가하였으며, 만족도 또한, 80.7%에서 93.8%로 증가

※ 송산그린시티 및 부산에코델타시티 등에서 신규 건설단계부터 스마트워터시티를 적용

※ '17년 세종시 착수

※ K-water는 '17년 동두천시, 양주시, 정읍시, 고령군, 나주시에 도입토록 승인을 받아 수탁 지자체에도 스마트물관리를 단계적으로 '21년까지 21개 지자체로 확대할 계획



출처: K-water,

[그림 2.6] 스마트워터시티 추진 현황

## 2.2 스마트워터그리드(Smart Water Grid) 기술조사 및 적용사례

### 2.2.1 스마트워터그리드 기술

- 스마트 워터 그리드 기술은 물의 공급, 분배/관리, 수요, 설계 등 다양한 범위에서 활용 가능하며, 수자원, 지능화, 활용망, 테스트 범위가 대표적
- 물 수요·공급량을 실시간으로 정확하게 관리하여 수자원의 지역, 시간적 불균형을 해소시킬 수 있을 뿐 아니라 수자원의 관리, 물의 생산, 수송, 사용한 물의 처리 및 재이용 등 정보화와 지능화를 구현하기 위한 기술

〈표 2.1〉 스마트 워터그리드 기술의 세부 범위

Water Cycle	범위구분	내 용
공급	수자원 범위	• 수자원(자연형 : natural), 대체수자원 (능동형 : manufacturing)
분배/관리	지능화 범위	• 수자원의 지역적 불균형, 시간적 불균형을 해결하기 위한 실시간 물 정보 관리 기술 및 운영망 최적화 기술
수요	활용망 범위	• 신도시, 물 부족 지역 등 수요자 맞춤형 서비스
설계	테스트베드	• 테스트베드 구축을 위한 설계표준화 및 운영제한



자료: GIST

[그림 2.7] 스마트워터그리드 기술 범위

□ 다양하고 분산된 자원을 다루며, 첨단 측정기기와 양방향 실시간 유통 가능, 서비스 패러다임이 스마트워터그리드 기술적 특징

○ 스마트워터그리드 연관 기술은 ICT, 수자원관리, 인프라로 구분

- ICT 기술은 수자원의 확보와 수송 활용 등에 대한 모니터링과 분석, 물 관련 정보의 관리 및 효율적 활용을 위한 지식기반시스템, 복잡한 시스템의 효율적인 운영기술 등
- 수자원관리기술은 다양한 수원의 활용과 대체 수자원 개발기술, 다양한 수량과 수질의 물 수요에 대한 대응기술, 수자원의 지속 가능성 확보기술 등
- 인프라 기술은 지표수, 지하수 등의 기존 수자원 관리 인프라 최적화 기술, 세계적으로 증가 추세인 상하수도 인프라 고도화 기술, 물과 에너지의 연관성을 고려한 물 관리 인프라 구축 및 운영기술 등으로 구분

〈표 2.2〉 스마트워터그리드 특징

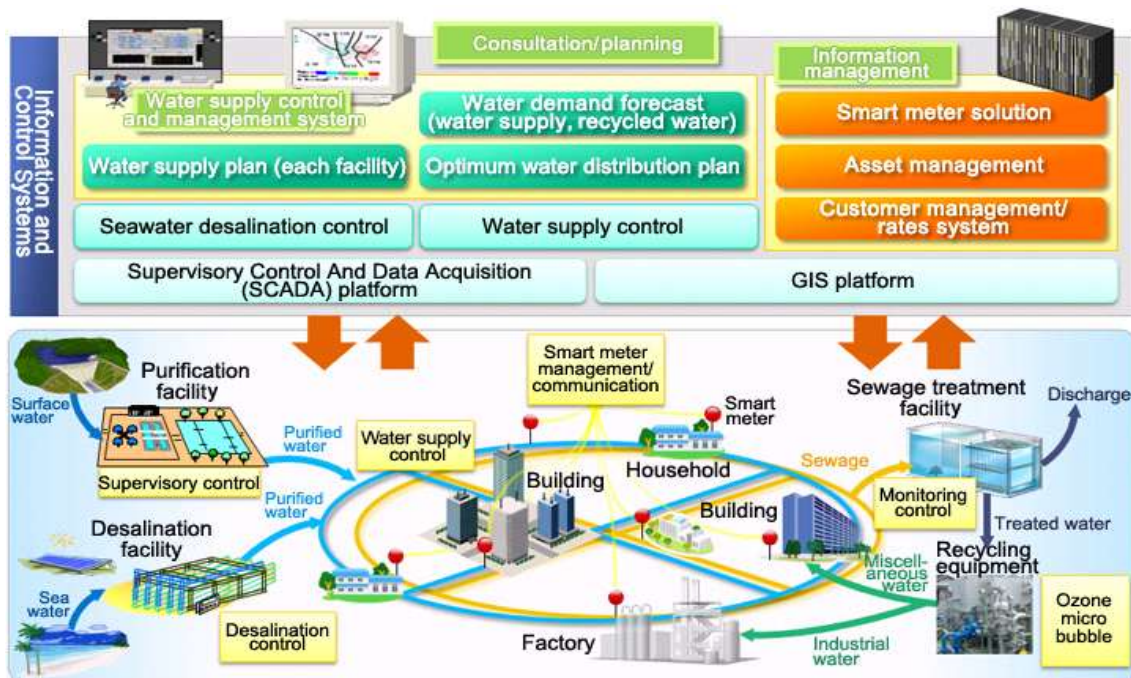
항 목	내 용
분산된 자원	• 우수, 지하수, 수처리수 등 다양한 수자원
측정기기	• 스마트 water meters & sensors
양방향 실시간 유통	• 다양한 에너지의 생산관리 vs 활용목적에 맞는 수량, 수질공급 • Water quality vs. 실시간 가격제
서비스 패러다임	• 다수의 원수공급자 사이에서 다양한 수원의 거래가능 • 용수공급의 생산소비정보를 최적화 및 통합관리

〈표 2.3〉 스마트 워터 그리드 기술개발 사례

분야	국가	기술개발 기관	기술내용
수자원	일본	Fukuoka District Water works Agency(FDWA)	• 담수플랜트 기반 식수원 확보 기술
	이스라엘	Mekort(Israel National Water Company)	• 하수 재이용, 담수화 설비 기술
	미국	National Smart Water GridTM	• 물의 분배를 통한 수자원 관리 방안 기술
지능화	미국	IBM	• 수도관 시스템용 센서 기술
	미국	IBM, Beacon Institute	• Hudson 강 실시간 모니터링 통합 센서 네트워크 및 로봇기술, 컴퓨터 해석 적용 기술
	이스라엘	TaKaDu	• 기존 센서 데이터 및 기상자료, 음향자료, GIS 자료 등을 활용한 스마트 워터 그리드 구현 기술
활용망	영국	Thames Water	• 도심지역 용수공급을 위한 Ring Main 건설
실증형	호주	The Power and Water Corporation(PWC)	• 8만명 대상 실증 사업 수행
	호주	SEQ Water Grid	• 광역 수자원의 지능적 관리
	미국	Lower Colorado River Authority(LCRA)	• 텍사스 주 220만 명 대상 물, 전기 수송 시스템 제공

## 가. 수자원 분야

- (미국) USGS(U.S. Geological Survey)에서 물정보, 재해관련 정보, 수질관련 정보 등 다양한 수자원 관련 정보를 GIS를 기반으로 실시간으로 제공하고 있으며, 기초 수문자료부터 관련 연구를 위한 가상자료까지 지원
  - USBR(U.S. Bureau of Reclamation)에서는 프로젝트 단위별 저수지를 포함한 댐 정보 및 이와 관련된 제원과 수치정보를 제공
  - IBM에서는 IT기술을 활용하여 수자원 관리와 관련된 서비스\* 제공
- \* 수자원 측정을 위한 센싱 시스템인 Water Infrastructure, 수자원 활용 상황에 대한 실시간 정보 제공을 통한 수자원 관리 측면의 개선을 도모하는 Water Metering Service, 수자원 관리를 위한 통합, 분석 및 시각화 제공 서비스인 Natural Water Resources, 비즈니스 로직 및 운영 효율적 접근을 통한 물 오염 대응 의사결정 서비스인 Water Utilities, 수자원 관련 비즈니스 컨설팅 서비스인 Green Sigma for Water 등
- (영국) 환경청에서는 대기, 토양, 홍수, 수질 등 환경과 관련된 여러 정보 및 홍수 위험 지도를 제공하고 있으며, 실시간 홍수관련 정보가 상세히 제공되며, 그 외 수자원 관련 정보는 보고서 형식으로 제공
  - 이러한 정부 차원의 지원 뿐 아니라 각 기관별로 수자원과 관련된 다양한 서비스 및 기술 개발
- (이스라엘) Mekort(Israel National Water Company)을 포함한 물 관련 산·학·연을 Waterfronts라는 이름의 협력추진 조직을 구성하여 물 관련 기술을 개발
  - 대표적 기술로는 사막에 적용되는 Drip Irrigation을 이용하여 작물을 재배하는 기술과 하수의 재이용 기술, 세계 최대 규모의 담수화 설비 제작 기술 등
- (일본) Fukuoka District Waterworks Agency(FDWA)에서는 IBM의 소프트웨어를 적용하여 담수플랜트에서 생산되는 물을 식용 가능하도록 하는 계획을 추진
  - Hitachi사에서 기존 장비산업 중심의 물 산업에서 비즈니스 솔루션을 제공하는 수단으로 Intelligent Water System을 제안
    - 운영효율을 높이기 위한 물리적 물순환 시스템과 물정보 시스템을 통합하는 구조로 고도수처리 기술, 해수담수화 설비, 효율적 시스템 통합을 위한 IT기술 등이 핵심기술로 선정

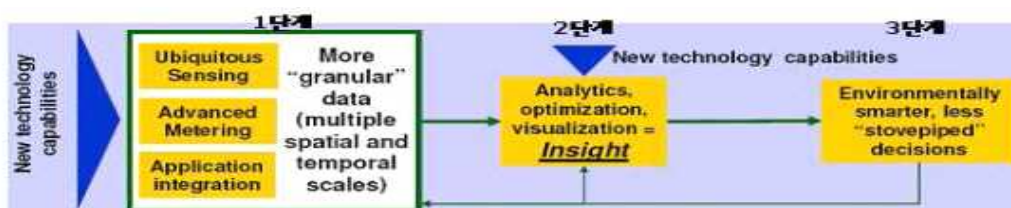


자료: Hitachi, Intelligent Water Systems, 2019

[그림 2.8] Hitachi사의 Intelligent Water System

## 나. 지능화 분야

- 미국의 IBM은 지능화 프레임 워크를 제시하였으며, 스마트워터그리드의 인프라가 시공간 데이터 확보에서 분석, 그리고 효율적이고 분권적인 의사결정 시스템의 단계로 진화 제시

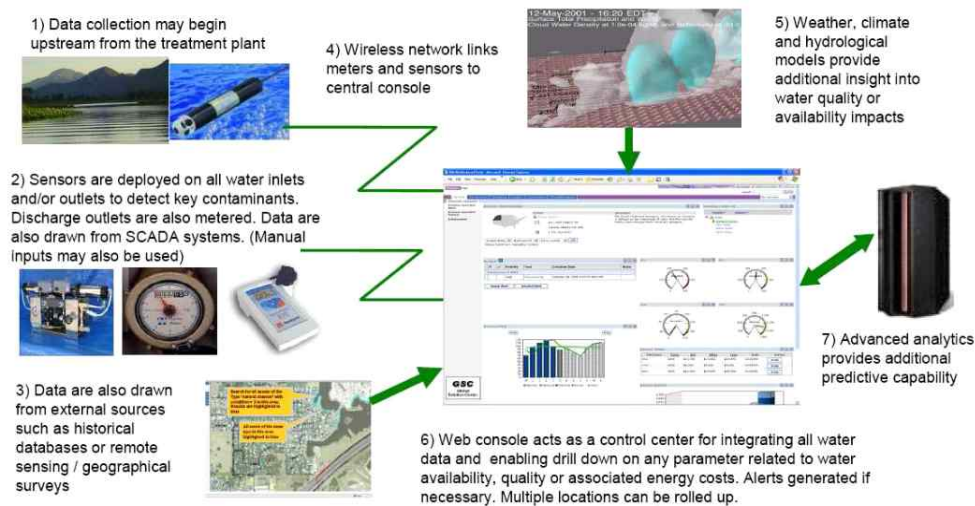


자료: 광주과학기술원, Water Grid 지능화 기술개발 동향, 2012

[그림 2.9] 스마트워터그리드 인프라 발전 단계

- ICT기술과 함께 수문학 등 자연과학 모델링 역량을 함께 확보하여 정보기술과 자연과학 간의 시너지를 창출하는 수자원 및 수질 통합 운영 관리 모델 개발
  - 단순히 오염물질 및 누수 등을 실시간으로 모니터링하는 것이 아니라 수리·수문, 수질, 환경 영향 등을 실시간으로 정보 교환하고, 사전 프로그램된 의사결정 시스템에 따라 자동 운전 제어와 시스템을 최적화하는 기술 개발

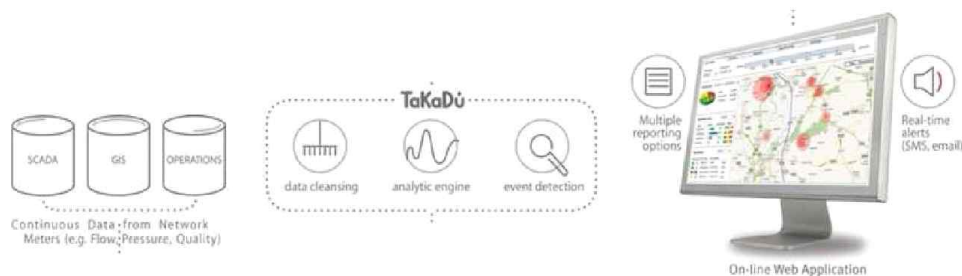
- 유틸리티 업체에 수자원 낭비와 오염을 방지하기 위한 수도관 관리 시스템 센서를 공급하였으며, 전력회사 및 수자원 관리업체에 파이프라인 파손 및 수자원 질을 확인할 수 있는 소프트웨어를 공급



자료: 광주과학기술원, Water Grid 지능화 기술개발 동향, 2012

[그림 2.10] 수자원 및 수질 통합운영관리 개념도

- IBM社は Beacon Institute와 협력하여 뉴욕의 허드슨 강에 실시간 모니터링이 가능한 통합 센서 네트워크와 로봇 기술, 컴퓨터 해석기술을 적용
  - 315마일의 하천구역에 통합 센서 네트워크인 River and Estuary Observatory Network(REON) 시스템 구축
  - 이스라엘 TaKaDu사는 기존 센서의 데이터와 기상자료, 음향자료, GIS 자료 등을 활용하여 스마트 워터 그리드를 구현하는 기술을 개발

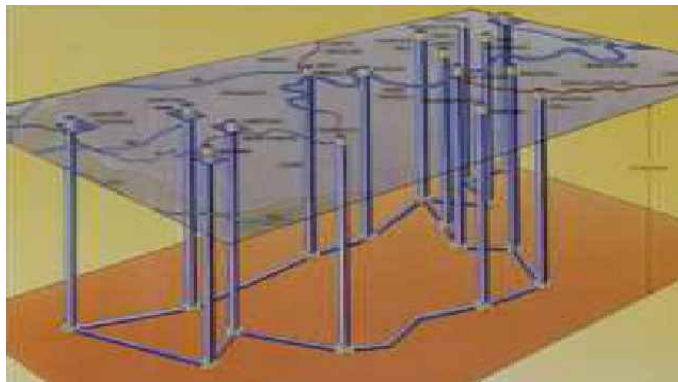


자료: 광주과학기술원, Water Grid 지능화 기술개발 동향, 2012

[그림 2.11] TaKaDu의 Water Networks with Infrastructure Knowledge

## 다. 활용망 및 실증형 분야

- (미국) Lower Colorado River Authority(LCRA)은 텍사스 주의 58개 지역을 IBM 톨을 이용하여 물과 전기 수송 시스템 관리
- (영국) Thames Water 社에서는 런던과 같은 대규모 도심지역의 용수공급을 위해 Ring Main을 건설, 운영 중에 있으며, 이는 런던 시내 용수공급의 50%를 담당
  - 타원상의 넓은 대심도 지하수도로 연장이 약 80km에 이르며, 직경이 2.1m~2.9m의 터널 본관으로 구성



자료: 광주과학기술원, Water Grid 지능화 기술개발 동향, 2012

[그림 2.12] 런던 템즈강의 Ring Main 모식도

- (호주) The Power and Water Corporation에서는 IBM에 1,450만 달러를 지불하고, 하수처리뿐만 아니라 물과 전기 공급을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 시스템 구축
  - 펌프, 밸브 등을 포함한 장비들의 무결점을 확인하기 위해 사용되었던 자산관리 기술에 초점
  - SEQ Water Grid는 가뭄 대응과 장기적인 수자원 확보, 지역단위 시설 통합에 의한 위험 분산, 다양한 수원에 대한 효율적인 활용에 초점

## 라. 스마트워터그리드 요소기술 도출

- 기 수행된 스마트워터그리드 관련 연구 기획보고서 및 과제를 통해 요소기술 도출

〈표 2.4〉 스마트워터그리드 요소기술

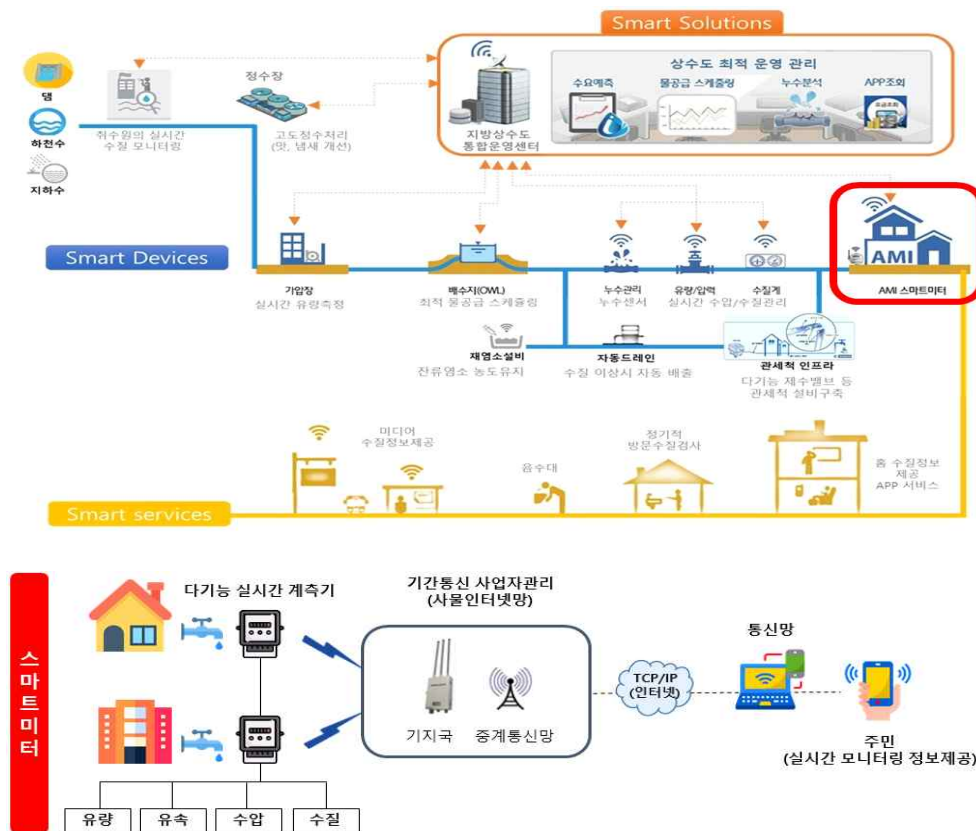
요소기술명	기술 내용
지역 유형별 수처리 조합공정 Process(내륙형/해안형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다중수원(Multi-source) 처리 및 목적별 요구수질(Multi-user) 생산처리 시스템</li> <li>• 유입부하(고농도 탁도 및 조류 등) 대응 처리 시스템</li> <li>• 블랜딩 기법(유입수/공정 및 처리수 블랜딩)을 통한 처리 효율 및 에너지 효율증대 시스템</li> </ul>
관 부식방지 제어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 니지수 제어를 통한 상수도관 부식방지 제어 시스템</li> </ul>
스마트 의사결정 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유입수/공정 및 처리수 최적 블랜딩 프로그램</li> <li>• 유입수량/질 및 요구수량/질에 따른 최적운영기법</li> <li>• 상황별/조건별에 따른 지능형 공정운영(약품투입량, 분리막 플렉스, 세정주기, 운전압력 등)</li> <li>• 공정진단 및 실시간 감지(단위공정별 처리효율성/에너지 사용량에 따른 공정진단 및 이상시 경보기능)</li> </ul>
신도시 유입수 특성에 따른 최적 공정 결정을 위한 모니터링 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수원별 수질 측정 및 취수 펌프 제어 기술</li> <li>• 수원의 수질별 경제적 취수를 위한 공정 기술</li> <li>• 최적 공정 결정을 위한 최소 비용 결정 기술</li> </ul>
물공급 워터루프 설계/제어/운영시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시 근거리 수자원은 수량이 작아서 경제성 확보가 어려우므로 경제적인 집수 방법 개발</li> <li>• 워터루프 내 수원의 운영관리 기술</li> <li>• 워터루프 내 시설물 제어관리 기술</li> </ul>
수질에 따른 선택 취수 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상 원수의 수질을 측정하여 선택적으로 취수/배제 할 수 있도록 하는 시스템</li> </ul>
최적 Bleeding을 이용한 다품종 수자원 이용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상 원수의 수질을 고려 선택적/경제적으로 취수할 수 있도록 펌프(or 밸브) 제어</li> </ul>
배분/공급시설의 운영을 위한 실시간 모니터링 및 운영 시스템화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최적 분배 운영을 위한 밸브 제어 기술</li> <li>• 분배/공급 운영 시나리오 관리 기술</li> <li>• GIS를 이용한 배분/공급 시설물 제어 관리 기술</li> </ul>
신도시 내 요구수질 달성을 위한 조합공정 개발 및 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 수질의 용수공급을 위해 파이프라인이 많아지면 경제성 떨어짐 → 상수+중수 혼합으로 요구수질의 용수 공급</li> </ul>
수처리 설비, 관망, 배수펌프의 원격제어 및 최적화 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GIS를 활용한 지능형 제어 기술</li> <li>• 배수펌프, 관망, 설비 최적 유지관리 기술</li> </ul>
분산저류형 양방향 스마트파이프 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 멀티 상수관망 설계기술</li> <li>• 분산저류형 상수관망 설계기술</li> <li>• 다중수원 이용 플랫폼 설계기술</li> </ul>
최적화 기법을 도입하여 최소비용의 파이프 설계 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저류시설이 포함된 관망 최적 설계기술</li> <li>• 듀얼 관망 관경최적 설계 기술</li> </ul>

요소기술명	기술 내용
파손/누수 감지용 스마트 파이프라인 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하매설관 위치확인 센서 및 리더기 개발</li> <li>• 파이프 파손예방시스템 개발</li> <li>• 파이프 시공/유지관리용 스마트 단말기 개발</li> </ul>
지역 물이용 DB 인벤토리 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역의 물이용 순환 Grid 조사, 분석, 평가 및 물부족 DB 인벤토리 구축</li> </ul>
물수급 평가 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모듈 형태의 물수급 평가 Software 개발</li> </ul>
지역의 물수급 평가 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통합모델링 프레임워크 및 물부족 위험도 평가 통제센터 설립</li> </ul>
기후변화에 따른 물수급 영향 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화 시나리오에 의한 미래 강수 예측 및 물수급 취약성 평가</li> </ul>
물부족 관리통합 평가시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물부족 관리 통합 데이터베이스 및 User Interface 구축</li> </ul>
테스트베드 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발 기술에 대한 실증형 테스트베드 구축</li> </ul>
유무선 네트워크 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경적응형 유무선 네트워크 기술</li> <li>• SWG 전용 AMI 시스템의 네트워크 토폴로지 구축기술</li> </ul>
저전력 실시간 양방향 서비스 지원 네트워크 설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• On-demand Time Synchronization 기술</li> <li>• Data 요청 및 Group ACK 기반의 효율적 재전송 기술</li> <li>• Aggressive Sleep Management 기술</li> <li>• 에너지 효율적인 멀티 홉 데이터 수집 기술</li> </ul>
AMI 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트센서 지능형 노드 개발</li> <li>• 통신 인터페이스 모듈설계 기술</li> <li>• 지능형 노드의 API 프로토콜 설계 기술</li> </ul>
AMI 분산운영 S/W 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M2M 플랫폼 구축 기술</li> <li>• 통합 데이터베이스 구축 기술</li> <li>• 비정상 상황 예측 및 인지 기술</li> <li>• 스마트 기기 연동 프레임 워크 구축 기술</li> </ul>
스마트 Billing 보안 인증 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개인정보 및 통신에 의한 정보유출에 대비한 암호화 시스템 구축 기술</li> <li>• 서비스의 안정성 및 고성능 위한 암호호 로직 설계 기술</li> <li>• 사용자별 서비스 접근 권한 설정 및 관리 기술</li> </ul>
스마트 Billing 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검침 데이터 수집/청구/수납/미납 기능 개발</li> <li>• 금융기관 연계 기능 개발</li> <li>• 통계/정산/회계 기능 개발</li> <li>• 고객관리/상품관리/사용자 관리 기술 개발</li> <li>• 권한/통계/공지 기능 개발</li> </ul>
물정보서비스 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobile 정보 서비스를 위한 Web 개발</li> <li>• 물정보 App. 서비스 기술 개발</li> <li>• 물정보 이용 서비스 Web 및 App. 성능 분석 기술 개발</li> </ul>

## 2.2.2 스마트미터(다기능 실시간 계측기) 기능 검토, 개발 현황 조사

### 가. 스마트미터

- AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 구축하는데 있어서 이중의 네트워크 시스템과 인터페이스를 지원하는 통신시스템과 함께 핵심 설비<sup>6)</sup> 중 하나
- “에너지 사용량을 실시간으로 계측하고 통신망을 통한 계량 정보 제공을 통해 가격 정보에 대응하여 수용가 에너지 사용을 적정하게 제어할 수 있는 기능을 가진 디지털 전자식 계량기”로 정의<sup>7)</sup>



자료 : 스마트워터그리드 학회 제공자료 수정

[그림 2.13] 스마트워터그리드에서의 스마트미터

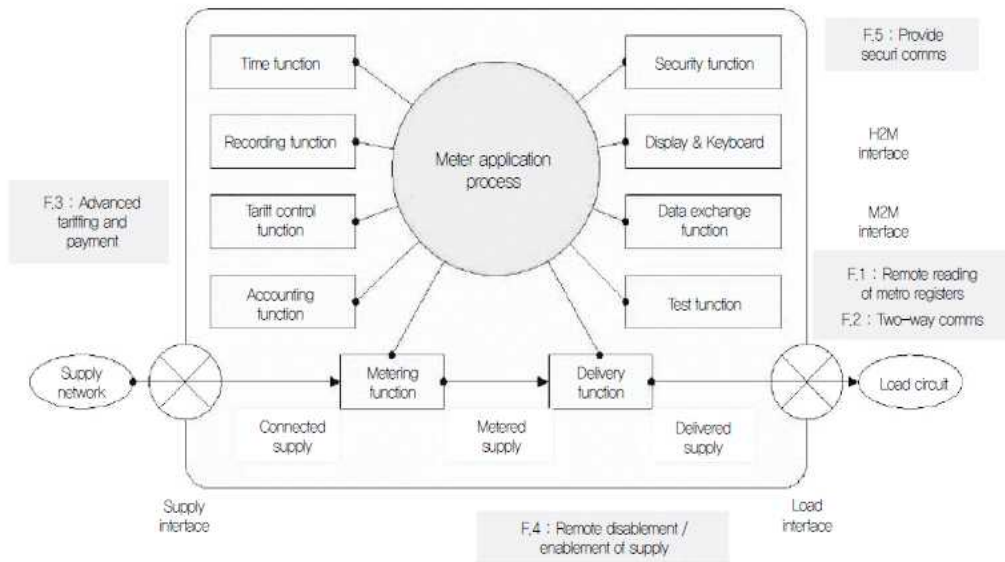
6) 김석곤, 2011

7) 한국환경산업기술원, 2016

- 스마트미터는 양방향 통신을 가능하게 하는 통신모듈을 탑재하고 있어 홈 네트워크에서 통신 게이트웨이 역할 및 다양한 가전기기 등을 제어할 수 있는 역할까지 확장 가능
- 이 때, 미터(Meter)란 통상적으로 미터링(계량)을 위한 계량설비를 지칭하는 것으로 상수도분야의 스마트미터링은 기존 수도 계측방법의 결점을 보완하고 데이터에 대한 적용성 및 접근성 용이
- 기존의 수도 계측방법에서는 일정 시간 간격으로 데이터를 획득하였으나 스마트 미터에서는 실시간 수도사용의 모니터링이 가능하고, 획득한 데이터는 스마트미터링 기술을 이용하여 물 공급업자에게 제공
  - 스마트미터의 도입은 수용가 측면에서 보면 스스로 사용 에너지 정보를 파악 및 이용함으로써 에너지 절약 의식을 높일 수 있고 공급자 입장에서는 업무 효율화와 사회 전체적으로 제공되는 에너지 사용정보를 활용한 새로운 서비스 창출 등을 통해 경제 활성화에 기여

## 1) 스마트미터 기능

- 최근 스마트 미터는 분산전원, 신재생에너지, EV 급속충전 등을 위한 DC 미터링과 부하 및 밸브의 원격 차단 시 고려되어야 할 보안 및 스위치 과열에 대한 안전성 등 검토가 진행 중
- 계량측면: 분산전원, EV 급속충전 등을 위한 DC 미터링
- 공급전원: 배터리로 운영되는 계량기(설비미터, 가스, 수도 등)
- 안전성: 공급전원/부하 차단 스위치/밸브, 과전류, 스위치 화재 등
- 유즈 케이스: 수요반응(D/R), ESCO 등 신규기능 및 모델링 지원
- 보안 및 프라이버시: 시간대별 계량에 대한 개인정보 침해, 계량정보의 위변조 방지, 보안 알고리즘 및 Key관리 등
- 상호호환성: 다양향 통신매체(PLC, RF, 공중망 등)간 정보의 상호 호환



자료 : 양인석, 2016, 스마트 미터링 최신 기술 동향<2회>

[그림 2.14] 스마트미터의 기능 모델

○ 스마트미터링 시스템은 계량, 접근제어, 관리 및 다양한 통신매체에서의 데이터 교환 등 다양한 기능을 요구하고 있으며, 전력용 스마트미터에서는 DLMS/COSEM에 확장성과 유연성을 제공함으로써 점차 독립적으로 범위 확대

- DLMS(Devis Language Message Specification): 원격검침을 위한 전자식 전력량계 통신 프로토콜
- COSEM(Companion Specification for Energy Metering): 에너지 객체로써 에너지의 계량정보(속성)와 기능(메소드)을 포함하고 있는 독립적인 객체로 표현될 수 있음
- DLMS/COSEM 표준에서 정의하고 있는 COSEM은 계량정보(전기, 가스, 수도, 온수, 난방 등)를 담는 데이터 저장, 접근제어 및 관리, 시간 및 이벤트 관련 제어, 요금 지불에 대한 4가지로 분류 가능
- 단일 에너지 계량정보(Raw Data)를 활용하여 여러 이해관계자(사업자 및 부가 서비스 사업자 등)에 맞춤형된 정보를 제공 가능

#### □ 스마트미터는 양방향 통신기능을 통해 다양한 부가서비스 제공

○ 공급자와 수요자 간의 상호 정보제공 수단이며 다양한 유형의 부가 서비스 제공

- TOU(Time of Use), CPP(Critical Peak Pricing), RTP(Real Time Pricing)등 고도화된 Time-Based 요금제 지원
- 이를 통해 수용가 측 DR을 통하여 능동적인 에너지 절감 참여 유도
- 효율적인 에너지 수급을 위한 부가서비스 제공 가능

〈표 2.5〉 검침기술의 변화

분류	AMR(자동검침시스템)	AMI(첨단검침인프라)
요금	에너지 총 소비량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 총 소비량</li> <li>• 계시별 요금제(TOU)</li> <li>• 피크 요금제(CPP)</li> <li>• 실시간 요금제(RTP)</li> </ul>
DR	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소비자 입찰</li> <li>• 수요 예측</li> <li>• 임계 피크 리베이트제</li> </ul>
소비자피드백	월별요금	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 월별요금</li> <li>• 월별 상세 내역</li> <li>• Web 디스플레이</li> <li>• In Home Display(IHD)</li> </ul>
소비자 요금 절약	수동적 조절	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수동적 조절</li> <li>• 수동/자동 제어</li> </ul>
고장	고객 알림	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동 검출</li> <li>• 개별적 가정에서의 복구 확인</li> </ul>
운영	Engineering Model 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동적, 실시간 운영</li> </ul>

자료 : 지능형전력망협회, 2012, 스마트그리드 AMI 기술동향보고서 수정

□ 스마트미터링 네트워크 구축은 크게 유선방식, 근거리 무선 방식, 장거리 무선방식 총 3가지 통신방식으로 구성

○ 상기 사항은 수도미터로부터 데이터를 취득하여 중계기 혹은 기지국까지 유선으로 전송되는지, 무선으로 전송되는지를 기준으로 유선방식과 무선방식으로 구분한 것이며, 이를 좀 더 세밀하게 분류하면 다음과 같음

- 수도미터로부터 데이터를 취득하는 방법
- 취득한 데이터를 중계기 혹은 기지국으로 전송하는 데이터 수집
- 수집된 데이터를 통신서비스 회사를 통하여 사용자에게 전달하는 데이터 전송단계
- 전송된 데이터를 분석하는 데이터 분석

〈표 2.6〉 스마트미터링 과정별 기능 분류

구분	단계	방법	특징
데이터 취득	①	영상촬영	<ul style="list-style-type: none"> <li>수도미터의 지침을 디지털카메라로 촬영 된 이미지를 전송하거나 혹은 이미지를 숫자로 변환하여 변환된 데이터 값 전송</li> </ul>
		터빈방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>물의 흐름에 따라 수차바퀴가 회전하는 횟수를 리드스위치를 이용하여 취득하는 방식 혹은 Cyble 센서를 이용하여 취득</li> </ul>
		디지털수도미터	<ul style="list-style-type: none"> <li>물의 흐름에 따라 수차바퀴가 회전하는 횟수를 기어를 활용한 기계적인 방식이 아닌 디지털방식으로 계산하여 저장된 디지털 신호를 전송</li> </ul>
		전자식수도미터	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fluid Oscillator원리를 이용하여 전자기 유도 방식으로 내부 가동체(Moving Part)가 없이 유량을 계산하여 저장된 디지털 신호를 전송</li> </ul>
데이터 수집	②	유선	<ul style="list-style-type: none"> <li>M-Bus 방식 <ul style="list-style-type: none"> <li>유럽에서 개발된 Meter Bus방식으로 열악한 통신환경에서도 작동할 수 있도록 설계된 디지털 데이터 통신방식</li> </ul> </li> <li>RS-232, RS-485 등 <ul style="list-style-type: none"> <li>시리얼 통신방식으로 데이터 수집을 위한 저렴하고 사용이 편리함</li> <li>가장 널리 사용되는 시리얼 통신 표준 인터 페이스로는 RS-232, Rs422 및 RS-485 등임</li> </ul> </li> </ul>
		무선	<ul style="list-style-type: none"> <li>RF 통신 <ul style="list-style-type: none"> <li>원격검침기에서 취득한 데이터를 수집기 혹은 기지국, 핸드터미널로 RF 신호로 전송</li> </ul> </li> </ul>
데이터 전송	③	유선	<ul style="list-style-type: none"> <li>Internet <ul style="list-style-type: none"> <li>TCP/IP를 활용하여 기존에 설치되어 있는 인터넷망으로 검침데이터를 사용자에게 전송하는 방식</li> </ul> </li> <li>전화선 <ul style="list-style-type: none"> <li>각 가정마다 설치되어 있는 전화선을 활용하여 non-ringing방식으로 검침데이터를 사용자에게 전송하는 방식</li> </ul> </li> <li>전력선 통신 <ul style="list-style-type: none"> <li>집안까지 들어와 있는 전력선을 활용하여 검침데이터를 사용자에게 전송하는 방식</li> </ul> </li> </ul>
	④	무선	<ul style="list-style-type: none"> <li>RF 통신 <ul style="list-style-type: none"> <li>RF신호로 검침데이터를 통신업체로 전송 후, 기지국의 자체통신망 혹은 범용 통신망을 활용하여 사용자에게 전송</li> </ul> </li> <li>CDMA 통신 <ul style="list-style-type: none"> <li>CDMA 통신망을 활용하여 검침데이터를 사용자에게 전송하는 방식</li> </ul> </li> </ul>
		차량 및 도보	<ul style="list-style-type: none"> <li>PDA 방식 <ul style="list-style-type: none"> <li>PDA를 이용해서 차량 혹은 도보로서 수용가를 순회하여</li> </ul> </li> <li>옥외검침 <ul style="list-style-type: none"> <li>옥외에 설치된 터미널에 PDA를 접촉하여 검침데이터를 수집하는 방식</li> </ul> </li> </ul>

자료 : 한국환경산업기술원, 2016, 스마트 미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화

- 데이터 취득방법은 영상 촬영, 터빈방식, 디지털수도미터, 전자식수도미터 등이 있음
- 영상 촬영은 기존 수도미터를 교체하지 않고 사용가능하며 수도미터의 지침을 눈으로

확인하여 신뢰할 수 있으나 전송 데이터량이 크며 영상 이미지를 숫자로 변환 시 오차가 발생할 수 있음

- 터빈 방식은 전송 데이터량이 적고, 데이터 취득시스템 구조가 간단하며, Cyble 방식의 경우 정·역유량 감지가 가능하나, 수도미터를 교체해야하고 리드스위치 방식의 경우 수도미터의 지침과 Pulse 카운트 지침에서 차이가 발생함
- 디지털수도미터는 데이터 취득 시 외부 액정에 표시되는 유량값 L단위까지 표시부와 차이 없이 데이터를 취득할 수 있고, 데이터량도 작으나 수도미터를 교체해야하고 기계식수도미터에 비해 설치환경에 영향을 받을 수 있음
- 전자식수도미터는 데이터 취득 시 외부액적에 표시되는 유량 값을 L단위까지 표시부와 차이 없이 데이터를 취득할 수 있으며 데이터량도 적으나, 수도미터를 교체해야하고 기계식수도미터에 비해 설치환경에 영향을 받을 수 있으며, 비용이 크다는 단점이 있음

○ 데이터 수집방법은 유선방식에서 M-bus 방식과 RS-232, RS-485 등이 있으며, 무선방식에서 RF통신 등이 있음

- M-Bus방식은 유럽에서 검증된 수도미터 데이터 전송방식으로, M-Bus 케이블에 병렬로 연결되어 전송되므로 시스템 구성이 간단하나 유선방식으로 데이터 전송을 위한 시설(케이블연결 등)이 필요함
- RS-232, RS-485 등은 데이터 비트를 1개의 비트 단위로 외부로 송수신이 가능하며 기존의 통신선로를 쉽게 활용할 수 있는 장점이 있으나 유선방식으로 데이터 전송을 위한 시설(케이블연결 등)이 필요함
- RF통신은 무선방식으로 선로부설 등의 부가적인 공사가 필요 없으며 근거리 통신 사용료가 소요되지 않지만 현장여건에 따라 음영지역이 발생 할 수 있음

○ 데이터의 전송방법은 크게 유선방식, 무선방식, 차량 및 도보 방식으로 나뉘며 유선 방식에는 Internet, 전화선/전용선, 전력선 방식 등이 있으며 무선방식에는 RF통신, CDMA통신 등이 있고 차량 및 도보 방식에는 PDA, 옥외검침 방식 등이 있음

- Internet방식은 PC와 연결하여 저가의 인터넷 프로토콜 변환기를 내장해 이용 부담이 극소화되나 인터넷망 미설치 지역의 초기 설치비가 크다는 단점이 있음
- 전화선/전용선 방식은 별도의 통신선로 공사 필요 없이 기존 전화선 이용이 가능하지만 전용선 설치 시 초기 비용부담과 실시간 데이터 수집 시 전화 통화비 부담이 있음

- 전력선 방식의 경우 전력선을 그대로 활용하므로 별도 통신망 구축비가 불필요하고 케이블링 등이 필요 없어 환경친화 기술방식이나 전력선의 부하 임피던스 변동에 대한 고려가 필요함
  - RF통신의 경우 무선통신방식으로 기지국까지 전달되나 기지국이 멀 경우 중계기를 설치해야하고 노이즈 등에 의해 데이터가 유실될 위험이 존재함
  - CDMA통신은 전국 CDMA망이 깔려있어 지역제한이 적으나 트래픽이나 노이즈 등에 의해 데이터 유실 위험성이 있으며 비용이 비쌈
  - PDA방식은 통신사용료가 부과되지 않으며 저렴한 시스템 구성이 가능하나 차량 및 도보에 의한 순회로서의 인력소모와 데이터 수집 후 PDA를 컴퓨터에 직접 연결하여 자료를 축적해야 하는 단점이 있음
  - 옥외검침 방식은 통신오류에 의한 데이터 유실 위험이 없으나 각 가정마다 방문하여 옥외에서 데이터를 수집해야하고 펄스방식으로 수도미터와 옥외수집기의 데이터가 다를 수 있음
- 스마트미터(다기능 실시간 계측기) 기능을 검토한 바에 따르면, 계량, 접근제어, 관리 및 다양한 통신매체에서의 데이터 교환 등 다양한 기능을 요구
- 수도미터의 유량, 유속, 수압, 수질 등의 물정보 데이터를 상황에 따라 통신환경이 양호한 인근 수신 장치(Access Point/ Repeater) 혹은 수집장치로 데이터를 전송할 수 있는 라우팅(Routing) 기능 등의 해결방안을 강구하는 것이 필요

## 2) 스마트미터 개발현황

- 국외에서 추진되고 있는 주요 스마트미터의 기능은 수요자별로 최적화된 정보를 제공하는 것에서 시작
- 스마트 데이터를 필요로 하는 곳이 있으면 전력사용기관, 병원, 마켓, 경찰관 등의 각 분야에 업무나 시설관리에 적용<sup>8)</sup>
  - 이집트에서는 'Egypt Nuweiba System'을 구축하여 Prepayment, Supply Control 등의 스마트 미터 기능을 갖고 있으며 수도에 채택하여 요금을 미납할 경우에는 공급량을 제한
  - 미국 수도 유틸리티 관리자의 68%는 '빠른 누수감지', '모니터링을 통한 고객에게

8) National institute of Standards and Technology, 2001

수도 공급과 물 사용량 감소', '정확한 물사용료 산정', '물 사용곡선의 제공'을 위해 스마트 미터가 필요하다고 인식하고 있으며, 미국 수도 유틸리티의 21%가 스마트 미터를 설치·계획 중

- 호주 수도 유틸리티는 27%가 이미 스마트 미터 Pilot Program을 진행하였고 55%는 스마트 미터 사용을 검토 중에 있으며, AMI(Advanced Metering Infrastructure)의 요구사항을 IP68 수준의 방수와 10년 이상의 배터리 수명, 433MHz RF로 선정하였으며 WBWC 프로젝트를 통해 AMI 23,000대를 설치
- 프로젝트의 주 내용은 시간별 사용량 측정, 최소야간흐름법(Minimum Night Flow: 공급자 및 수용가 파이프 누수, 수용가 사용량)중 수용가의 야간 시간 사용량을 파악하여 실제 누수율 및 누수위치를 파악하고, 기존의 어쿠스틱 방법보다 효과적이라고 판단하고, AMI 시스템을 통해 최대 사용량을 줄이고 대관로 및 수용가의 검침값을 동시화 하여 손실을 감소시켰음

○ 국외에서의 무선원격검침시스템은 미국, 호주, 중동지역에서 주로 적용

- 미국에서는 7,000개의 수도 AMI 프로젝트를 수행하여 2004년까지 61,000,000전이 설치되었고, AMI시스템을 통해 호주와 미국은 월 또는 분기별 1회 검침을 통해 매출증가 및 운용비용을 감소하였으며, 미국 DCWASA(Washington DC Water and Sewer Authority)에서는 2002년 설치 후에 매출이 7% 증가하였음
- 미국 휴스턴에서는 AMI 시스템 설치 후 1년간 \$10million의 매출이 증가되었고 BWSC (Boston Water & Sewer Commission(BWSC)에서는 75,000대를 설치하여 24개월이 소요됨
- 22명의 검침원이 2.5개월에 한번 검침했던 것을 하루 4번 검침할 수 있도록 하였는데, 설치 전 민원의 80%는 미터계측에 대한 문제였음

○ 스마트미터 시장은 기술과 제품의 이상적인 결합을 통해 긍정적 효과를 얻고 있으며, 스마트 컨트롤러와 스마트 워터 미터 시장은 스마트 워터 운영관리 시장이 성장함에 따라 증가하고 있음

- 기존의 스마트 미터는 전형적으로 전기에너지 보존에만 배치되어 있었으나 물과 가스 시장으로 확장되고 있으며 많은 기업들이 스마트미터 시장을 물 산업에 적용하고 있음

○ 미국의 스마트미터 시장은 2009년에 수십억 달러에 이르렀고, 스마트워터미터 시장도 함께 성장하고 있으며, 스마트 컨트롤러 형식은 스마트워터미터 관리 시장

에서 중요한 부분으로 자리잡고 있음

- 미국의 제품은 정기적으로 EPA(Environmental Protection Agency) 수질 기준에 맞추어 승인 권한을 획득하려 하고 있으며, 스마트 컨트롤러 수행 프로토콜은 SWAT(Smart Water Application Technology)이며 SWAT 승인제품은 기후와 센서를 기반으로 함
    - 기후 기반인 스마트 컨트롤러는 온도, 강수량과 같은 기후의 변화를 측정
    - 센서를 기반으로 하는 컨트롤러는 지반의 습기를 측정
    - 대부분의 스마트 컨트롤러가 관수로의 사용될 지라도 일반적으로 주거 빌딩, 상업지역, 산업에 사용될 수 있음
  - 통합되고 진보된 스마트워터 미터링 구조는 스마트 워터 운영관리에 사용되는 기술이며 운영관리는 물 사용의 총량을 점검하고, 워터 미터는 물 유틸리티와 소비자를 전제로 설치되어야 함
- 미국은 현재 산업체를 중심으로 스마트 워터 그리드를 선도하는 국가로써 2009년 Innovations Alliance에서 'Smart Water Grid Initiative'를 출범하면서 본격적으로 스마트워터 개념을 도입하기 시작하였음
- 지능형 검침 인프라를 중심으로 한 상수도 관리 시스템
  - 스마트 전력 그리드를 이용한 물 관리시설의 에너지 사용 최적화
  - 수자원 및 수질관리를 위한 센서 네트워크 구축
  - 국가 단위의 효율적 수자원 관리시스템 구축
- EU 역시 미국보다는 도입이 다소 늦었지만 최근 속도가 빨라지는 추세이며 영국은 2020년까지 각 가정에 스마트 미터를 도입하는 것을 목표로 하는 계획을 발표하였고, 프랑스와 스페인, 네덜란드 등에 총 1100만개의 스마트 미터가 도입될 것으로 전망
- 아울러 베올리아, 수에즈, 지멘스 등 대규모 물 기업에서도 최근 들어 스마트 워터 사업에 참여하고 있음
- 원격검침시스템분야로 일본에서는 새로운 급수서비스 기술을 개발하고 있으며 상수도 자동검침시스템을 전화회선을 이용하여 운영하여, 일반 수용가의 경우 전화회선을 주택 내로 인입하여 계량검침 장비와 연동하여 검침데이터를 송출하도록 구축하였음

- 미국은 AMR의 선구자 역할을 하고 있으며 실제로 약 93%정도가 북미에 설치되어 있고, 광활한 대륙의 지형 특성상 저압 원격검침은 VHF망을 주로 이용하고 있음
- 유럽에서는 차량을 이용한 원격검침이 보편적으로 진행되고 있고 이를 이용하여 원격검침, 보안서비스, 전력사용 관리 서비스 등 다양한 부가서비스를 제공함으로써 전력시장의 자유화에 대비하고 있음
- 기존에 사용화되어 있는 센서는 대부분 전기화학센서나 광학센서이며 ThermoOrion(미국), HACH(미국), YSI(미국), Hydrolabb(미국), Process Measurement & Control, Inc.(미국), Waterra & Camlab(영국), LAB & WTW\_VARion Plus(독일), Horiba & OPTEX CO., LTD(일본), TOA-DKK(일본)을 포함한 약 23개사가 미국 및 세계시장을 점유하고 있음
  - YSI는 수질 모니터링과 테스트를 위한 데이터 수집 플랫폼과 소프트웨어, 센서 제품의 개발과 판매를 하고 있으며, 기술적 적용과 서비스 지원을 포함한 고객 서비스를 지향
  - HydroLabb는 수질센서, 수표면 레벨 센서, 수표면 방출 센서, 기상센서, 포켓용 통신장치, 원거리 데이터 습득 분야에서 활동
  - Horiba는 화학적 공정과 음식과 음료, 제약, 발전, 오일 정제, 펄프와 종이산업 등 다양한 제조과정에서 널리 쓰이는 높은 정확성과 신용, 쉬운 운전의 수질분석 장치를 제공
  - Alphasense(영국)는 전기화학적 센서를 활용한 환경모니터링 제품을 판매하고 있으며, Nalytical Sensors(미국)는 전위차 전기화학 방식의 환경모니터링 센서를 제품화
  - Emerson Electric Company(미국)는 전기화학 pH 센서, 산소센서, 오존 및 염소 센서 등의 제품을 개발·판매
  - First Technology plc(영국)는 산업안전, 자동차, 환경에 활용 가능한 전기화학, 촉매, 적외선, 반도체 센서 등 다양한 방식의 센서 제품을 상용화
  - SpectraSensors사는 레이저를 이용한 가스센서, 수증기센서 등을 제품화
  - Burge Environmental(미국)은 하수 모니터링에 활용 가능한 광섬유 화학센서를 상품화하였으며, DecisionLink(미국) 또한 환경 모니터링용 광섬유 센서를 제품화
  - Ocean Optics(미국)는 광섬유 화학센서로 공정, 의료진단, 환경모니터링에 활용하고 있으며, 연매출 0.3억불의 수익을 창출

- In-Situ Inc. 사의 TROLL 9500 모델의 경우 수질오염의 복합적인 평가가 가능한 장치로 최대 9개의 센서 확장기능을 가지고 있으며, 자체 저장기능과 디스플레이 기능을 통한 현장 확인 및 통신기능이 내장되어 장기간의 무인 연속측정에 가능한 제품
- 다항목 계측기로 국내에 가장 많이 알려져 있는 YSI는 모듈 내에 최대 10개 항목의 센서를 삽입하여 사용 가능할 수 있으며, Hydrolab도 최대 11개의 항목을 측정할 수 있는 센서를 개발
- 그 외 HACH, EUTECH INSTRUMENTS, Waterra & Camlab(영국)에서도 다항목 계측기를 개발하여 판매하고 있음



자료 : 한국환경산업기술원, 2016, 스마트 미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화

[그림 2.15] 외국의 다항목 계측기

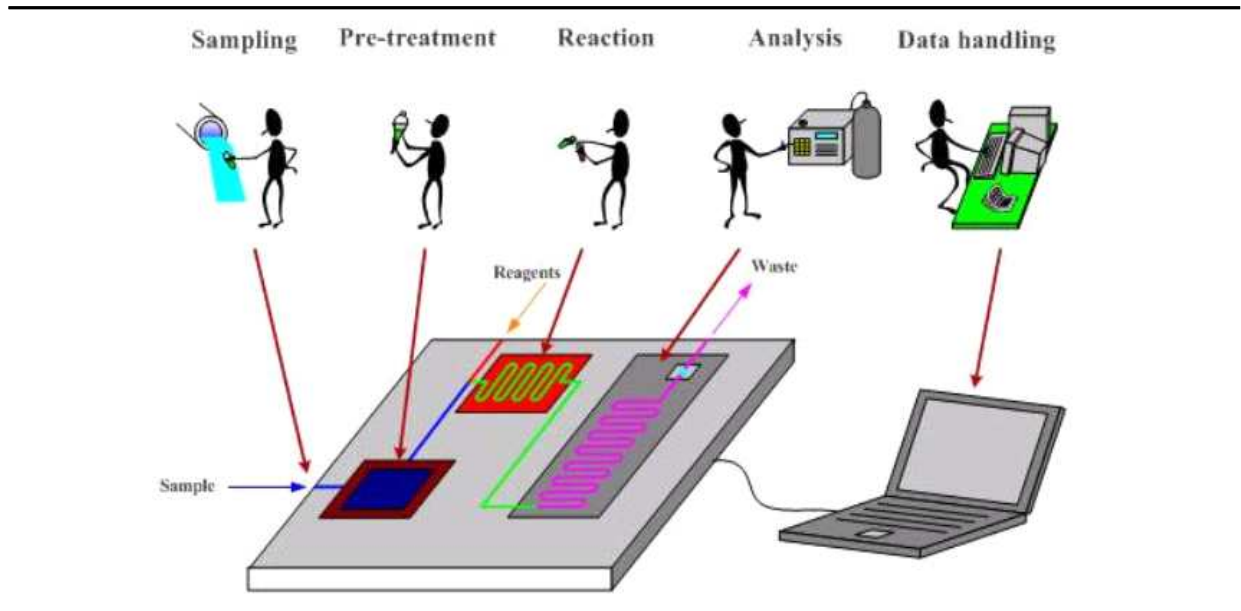
#### □ 수질 계측 센서에서 측정된 데이터의 전송기술에 대한 해외 기술개발 동향

- 미국의 경우, 국방성의 Smart Dust, CENS(Center for Embedded Networked Sensing)의 오염물질 전파 모니터링 등 국방, 과학, 환경분야의 실시간 센싱이 필요한 영역에서 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 이용한 다양한 서비스 연구가 진행 중
- 자국의 정보산업 경쟁력 유지를 위해서 1991년부터 유비쿼터스 컴퓨팅 실현을

위한 연구개발을 추진하고 있으며, 국방부 산하 고등연구계획국과 국가표준기술원(NIST)의 정보기술응용국(ITAO)에서 연구비를 지원

- 정부기관과 대기업의 자금 지원으로 MIT, CMU 등의 주요대학과 HP, MS, IBM 등의 민간기업 연구소에서 다양한 프로젝트를 수행 중
- 미국은 주로 유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 조기응용 개발에 중점을 두고 있으며, 특히 일상생활 공간과 컴퓨터간의 자연스러운 통합이 가능한 HCI(Human Computer Interaction)기술과 표준 개발을 핵심요소로 인식하고 있음
- 일본은 총무성을 주축으로 의료, 건강, 방법, 보완, 방재, 교육, 시설제어, 농산물 등 다양한 분야에서의 환경문제 해결, 사회의 안전, 생산·업무의 효율화 등에 대한 응용 서비스를 추진하고 있음
  - 주요 전략은 마이크로 센서기술을 이용한 사람과 사물간의 통신 그리고 그와 관련된 주변기술의 중요성을 인식하고 이에 대한 집중 연구추진
  - 유비쿼터스 네트워크를 통한 고령화, 교통, 지진, 환경관리 해결을 위한 방안 연구 진행 중에 있음
- 유럽에서는 프레임워크 프로그램에 입각하여 ‘사라지는 컴퓨팅 계획’ 사업을 중심으로 16개 연구 프로젝트를 진행하여 RFID(Radio Frequency Identification)/USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술 개발과 보급에 박차를 가하고 있음
  - 사물에 센서·구동기·프로세서 등을 내장시켜 사물 고유의 기능 외에 정보처리 및 정보교환 기능이 증진된 정보 인공물을 개발하여 새로운 가능성과 가치를 창출하고 궁극적으로는 인간의 일상 활동을 지원 및 향상시킬 수 있는 환경을 구축하는 것이 목표
  - 프로젝트의 수행과정에서 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명에 대한 대응전략 또한 동시 모색
- On-Chip형 수질오염 측정기술은 1980년대 중반 시작된 MEMS (Micro-Electro Machining System) 기술을 기반으로 하고 있으며, 미세 소자 제작에 의한 소형화 및 기능 집적화로 그 중요성이 점차 폭넓게 인식되고 있고, 선진국에서는 앞다투어 연구개발에 박차를 가하고 있음
  - On-Chip형 측정 장치란 기존의 실험실에서 이루어지던 다양한 기기 또는 실험 방법을 하나의 Chip상에 구현한 소형 측정장치로서 Lab-on-a-Chip(LOC)으로 통칭되며, 크게 Microarray Chip과 Microfluidics Chip으로 구분할 수 있음

- 아래의 그림과 같이 지금까지 실험실에서 개별 절차에 의해 수행하던 시료 전처리 단계부터 여과, 반응, 분리 및 검출 등의 전 과정을 미세회로로 설계된 Chip 상에서 처리하는 실험실 및 실험과정의 고집적·소형화 기술을 의미함



자료 : 한국환경산업기술원, 2016, 스마트 미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화

[그림 2.16] Lab-On-a-Chip(LOC)의 개념도

## □ 국내 기술개발 동향

### ○ 온라인 수질 감시 시스템(1996)

- 김재철 등(1996)은 실시간 수질 감시를 위해 단위 수질 측정기로부터 얻어지는 데이터를 1차적으로 수집, 저장 및 관리하는 지역 데이터 수집기와 이들을 통신망으로 연결 제어하는 중앙 감시 제어기를 개발하여 염도, 전기전도도, 온도, 용존산소량, 대장균측정기를 설계 제작하여 수질 감시망을 실현함
- 최근에는 지능형 홈 스마트 워터 그리드 서비스 기술 개발이 추진되어, 세창인스트루먼트에서는 홈 워터 미터기와 홈 게이트웨이를 통해 데이터를 수집하고 이를 통한 통합플랫폼을 이용하여 웹서비스 및 모바일 서비스로 제공해주는 기술 개발

### ○ 원격검침자료를 이용한 상수도 배수관망에서의 누수탐지기법 개발(2003)

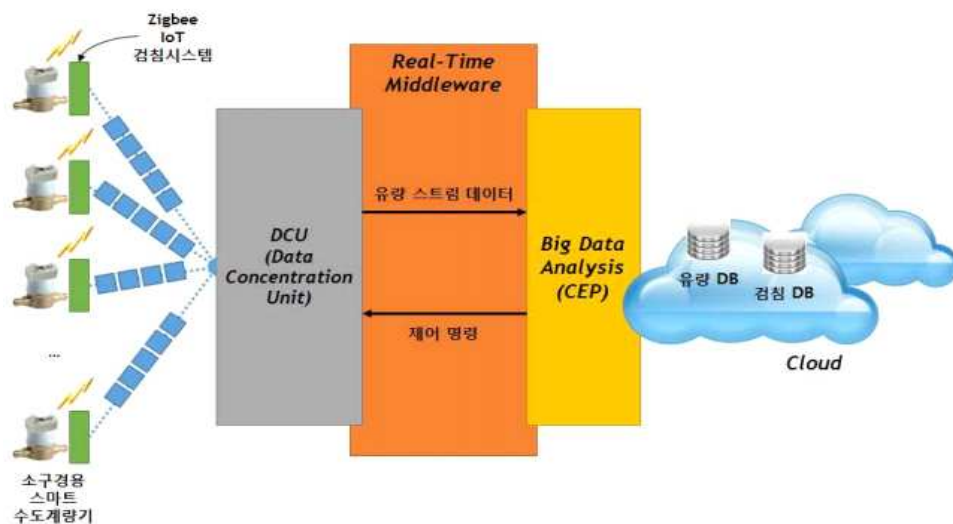
- 박남식 등(2003)은 현실적 규모의 관로 시스템에서는 무수히 많은 누수의 정보 조합이 이루어지므로 반복을 통한 최적화 부분에는 효과적인 수학적 기법이 요구된다고 판단함

- SCE 방법을 사용하여 가장 효과적인 계산을 수행하기 위한 최적화기법으로 실제 관망자료를 원격검침하고 이를 보정한 자료를 수리학적 계산과 최적화를 통해 누수탐지 기법을 개발하고 검증하는 것을 목적으로 시행함

#### ○ 전자식 수도계량기의 프로토콜(2009)

- 김효일 등(2009)은 국내에서 디지털 신호를 전송하기 위한 프로토콜의 표준이 없으므로 이에 따라 검침 값을 외부로 전송하기 위한 무선단말기와 연결 시 호환 문제점으로 설치 및 유지관리에 많은 문제가 있다고 판단함
- 표준화 및 확장성을 고려한 원격검침 시스템의 가장 하부요소인 전자식 수도계량기의 프로토콜을 제시함
- 현장적용을 위해서는 실증시험 및 검침정보를 상부 시스템으로 전송하기 위한 무선통신 프로토콜 설계가 병행되어야 한다고 제시함

#### ○ IoT기반 소구경용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발(2014)



자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소구경용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

[그림 2.17] 스마트 수도계량기 개념

- Zigbee IoT 기반 소구경용 스마트 수도계량기 검침 시스템 개발
- IoT 기반 DCU(Data Concentration Unit)개발

- 실시간 유량 스트림 데이터 전송 및 제어 미들웨어 개발
- 실시간 데이터 수집 및 CEP 빅데이터 처리기술개발
- 검침 및 유량 정보의 클라우드 데이터베이스 구축

#### ○ 전자식 수도미터 개발(2017)

- 국내 연평균 계량기 동파사고가 5만건 이상발생하며, 정확하지 못한 유량체크와 아날로그식 점검방법으로 인해 인력 및 에너지 낭비가 심함
- 신동아전자(주)는 동파 사고의 원인 자체를 봉쇄하여 전자기식으로 원격제어 및 정확한 유량체크가 가능한 수도계량기 개발
- SES 전자식 수도미터는 국내 최초의 전자식(유체진동방식) 수도미터이며 구동부(임펠러·수도계량기 내 회전하는 바퀴)가 존재하지 않아 이물질(모래·돌)에 영향을 받지 않음

#### ○ 지능형 수도미터기 개발(2018)

- 부천시와 KTC(한국기계전기전자시험연구원)는 상수도 스마트 원격검침에 적합한 지능형 디지털 수도미터기 개발
- 디지털 수도미터기는 최대 허용오차, 유량부 신뢰성, 밀폐보호, 진동, 전자장치에 대한 유효성, 통신성능 등 성능 기준을 높여 보다 정확한 검침 가능
- 특히, 통신프로토콜의 경우 국제표준을 기반으로 최근 KS로 제정된 개방형 프로토콜을 국내 최초로 적용했으며, 이러한 개선을 통해 중소기업제품인 디지털 수도미터기의 해외수출도 가능할 것으로 전망

#### ○ 국내의 센서네트워크 기술은 현재 기초연구를 수행하여 응용 분야에 시범적용을 실시하는 단계로 병행하여 추진하고 있는 RFID(Radio Frequency Identification) 분야에 비해 연구수준이 미약한 단계라 할 수 있음

- 한국전자통신연구원(ETRI), 전자부품연구원(KETI) 등 일부 연구소 및 대학 등에서 센서 네트워크를 이용한 응용 서비스 분야에 대한 연구가 진행 중
- 실용화 단계에 이르기 위해서는 추가적인 연구가 필요하며, 국내에서 주로 이용되는 센서 네트워크의 하드웨어(통신모듈, 센서 등)와 기본 운영체제·소프트웨어의 대부분을 해외에 의존하고 있는 실정

- 국내의 상용 제품도 대부분 선진국의 시제품 구조와 유사하게 설계·제작되고 있어 독창적인 소형 센서 플랫폼의 개발이 요구되고 있음
  - 센서노드의 무선 통신 소자, 전지, 운영체제, 미들웨어 등의 USN(Ubiquitous Sensor Network) 핵심기술들이 연구소, 학교, 기업을 중심으로 기반 연구가 진행 중이며, 센서분야는 온도센서, 저급의 광 및 습도센서 등이 국내에서 생산되고 있으나 MEMS(Micro Electro Mechanical System)를 이용한 고급 센서 및 바이오센서 등은 외산제품에 의존하고 있는 수준
- 정부에서는 차세대 성장동력 10대 과제, IT-839 등 최근 정보통신부를 중심으로 u-KOREA 구축계획, u-City 구축계획 등 센서 네트워크의 기술을 활용한 공공 서비스에 대한 체계적인 전략수립
- 국책 연구소인 ETRI는 센서노드용 운영체제와 센서 플랫폼을 개발하고 있고, KETI의 경우 USN/RFID의 하드웨어 및 무선 환경 등에 대한 요소 기술의 연구를 수행
  - 국내 산업체에서는 IEEE 802.15.4 기반의 지그비 기술을 중심으로 센서 네트워크 기술을 연구 중이고, radio pulse를 비롯한 시스템온칩 부품 산업체에서는 무선 통신칩 및 프로토콜 스택 등에 대한 연구 및 제품개발을 진행 중에 있음
- 국내 수질센서는 주로 DO, pH, 탁도, SS 등 위주로 개발되어 왔으며, 2010년 10월 DO는 한국바이오시스템, 리테크, 유일엔지니어링 등 8개 업체, pH는 대운계기산업, 팬지아21, 나노하이텍 등 15개 업체, 프르브형 탁도계는 휴마스 1개 업체의 제품이 먹는물 분야 형식승인을 통과함
- 또한 SS는 동일그린시스, 삼성계기공업 등 14개 업체, COD는 13개, TOC는 1개 업체의 제품이 수질분야 형식승인을 통과하였다. 국내의 수질 계측기 업체는 대부분 중소기업의 영세한 수준의 기업이 많으며, pH, DO, SS를 측정하는 수질 계측기가 주류를 이루고 있음
- 전극 자체를 국산화한 업체는 많지 않아 대부분의 경우 해외에서 조달하여 계측기 제작 및 판매 중
- 최근 모니터링 시장의 성장이 예측되면서 복수의 센서를 모듈화한 다항목 수질계측기의 개발이 활발한 편이나 아직 본격적인 상품화 단계에는 이르지 못하고 있음
- 과학기술분석센터, 팬지아21, 대운기계산업, 정립산업 등 다수의 업체들이 개발하

고 있는 것으로 알려져 있으며, 정림은 수처리선진화사업단 사업을 통하여 상수도 모니터링용의 다항목 모듈을 개발하여 실증시험을 완료하였음

- 과학기술분석센터와 이스텍은 프르브를 모듈화한 형태의 제품을 개발하였으며, pH, DO, 탁도, 전기전도도 및 온도를 기본 측정항목으로 하고 필요에 따라 ISE(Ion Selective Electrodes) 센서를 교체하면 납, 카드뮴, 수은, 구리, 질산이온, 염소이온 등 중금속이나 이온류도 분석할 수 있으며 공정형 및 이동형(휴대형)으로 사용 가능

- 대운계기산업, 팬지아21은 프르브형 센서를 이용하지만 모듈형태로 하지 않고 수조를 설치하여 시료를 자동 채수하여 측정하며, 과학기술분석센터는 모듈형태로 하였으나 채수하여 측정하는 형태를 개발

○ 대부분의 환경센서를 포함하는 화학센서의 국내시장은 2006년 4.6억 불에서 2012년 6.6억 불 정도일 것으로 예측

- 이 중에서 환경모니터링 센서는 세계시장의 비중과 유사할 것으로 가정하면 2006년 기준 약 0.46억 불에서 2011년 기준 약 0.6억 불 정도인 것으로 예측

○ 국내 수질측정 데이터의 전송기술과 관련해서 국내 USN 서비스는 현재까지 RFID를 중심으로 이루어지고 있으며, USN 응용서비스는 개념 기획 단계에 있음

- 한국정보화진흥원(NCA)를 중심으로 ETRI, KETI 등에서 USN을 이용한 응용서비스를 연구하고 있으나 실용화 단계까지는 관련 기술 및 서비스에 대한 연구가 더 필요한 상황

- 최근 정통부를 중심으로 u-KOREA 구축계획, u-City 구축계획 등 USN 기술을 활용한 국가적인 서비스에 대한 체계적인 전략이 수립 중에 있으며, 수질 모니터링 시스템 분야에서는 IP 없이 운영하는 블루투스, 지그비와 IP를 가지는 IP-USN을 활용한 경우로 구분하여 연구가 진행 중에 있음

○ 대부분의 환경센서를 포함하는 전기화학센서의 국내시장은 2006년 4.6억 불에서 2012년 6.6억 불 정도일 것으로 예측

- 이 중에서 환경모니터링 센서는 세계시장의 비중과 유사할 것으로 가정하면 2006년 약 0.46억 불에서 2011년 0.6억 불 정도일 것으로 예측

○ 다항목 계측기를 개발 및 제조하는 기업은 모두 중소기업으로 자본구조가 취약한 편이며 현재로써는 수요도 한정적이며, 측정항목도 수온, 암모늄이온, 탁도, pH, 전기

전도도 등으로 한정되어 있으므로 장기적으로 각종 중금속 및 이온물질을 측정할 수 있는 ISE 센서의 개발이 필요함

- 최근 IT기술과 융합한 수질 모니터링 기술이 활발하게 개발되고 있어 향후 네트워크 기술을 복합화한 수질 다항목 계측기의 수요는 계속 증가할 것으로 예상됨
- 국내와 국외의 경쟁기술(기업) 분석 미터, 센서 등 계측기기 기술은 선진국 대비 기술성, 시장 지배력 등이 현저히 부족하며, 국내 계측 설비 시장이 작은 것으로 판단됨

〈표 2.7〉 국내와 국외의 경쟁기술(기업) 분석

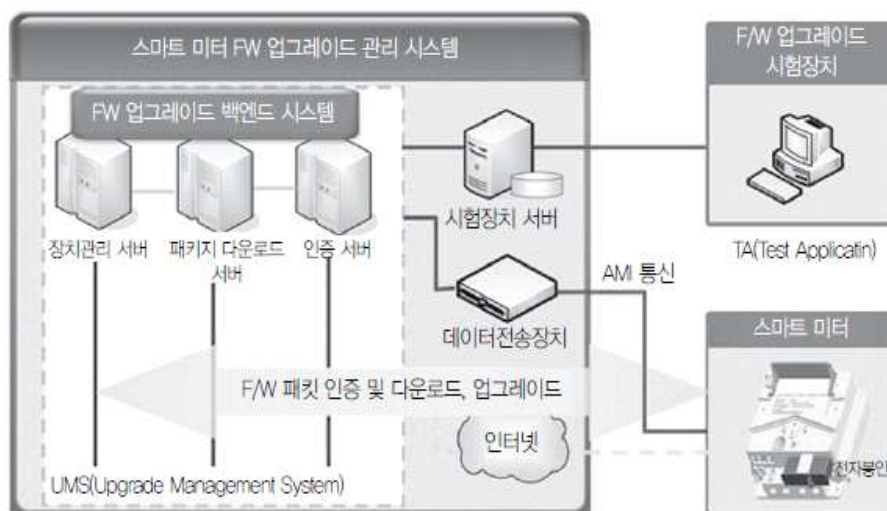
분류	국내	국외	비고
스마트미터 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (주)위지트 동도, 옴니시스템(주)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 픽업코일 센싱 방식 수도미터</li> </ul> </li> <li>• (주)하이텍이피씨               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 몰드 타입 연산부, 무선통신 단말기, 옥외 지시부, 중계기 수집기</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Itron               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기계식 계량기</li> <li>- 기계식 계량기 상부 통신 모듈 탑재</li> <li>- 계량기 성능이 좋고 안정적</li> </ul> </li> <li>• Hydro Meter               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 픽업코일 센싱방식 디지털 수도미터</li> <li>- IP68 방수 구조의 디지털 미터</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부조정기 타입의 복감건식 수도미터 개발</li> <li>- 감지판 경량화로 고감도 센싱모듈 개발</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신한정밀               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털미터공급</li> <li>- 국내 전체시장 보급률 30%수준</li> <li>- 다양한 정보전달 체계 미흡</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아이트론, 넵툰               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 통신 네트워크 구성</li> <li>- 기계식+디지털 결합 형태 미터 기술</li> </ul> </li> </ul>	
스마트 센서	경쟁기술 없음	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HACH, DKK 등               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 세계 센서 시장 선도</li> <li>- 고품질 제품 생산</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 센서시장 확대 필요</li> </ul>
누수감시 및 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 누수탐사(off-line)→관망정비               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유량 및 압력패턴을 이용한 누수감시 시스템 도입 초기</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veolia(O&amp;M), IBM(System) 등               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 누수 감시 및 다양한 제어프로그램</li> <li>- 정수, 수요량, 에너지 관리 기법 등</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상수관망 통합사업을 통한 기술 도입 활발</li> </ul>

자료 : 한국환경산업기술원, 2016, 스마트 미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화

## □ 스마트미터링 국내표준

- (스마트 미터링 SW분야) 수도미터, 가스미터, 전력량계, 적산열량계, 액체용 계량기, 저울, 택시미터 등의 법정 계량기의 경우 계량법이라는 법률이 정한 바에 따라 제품 형식이 일정한 규격을 만족하여 생산됨을 보증하는 형식승인을 받아야 하며, 검도(檢度)가 바른가 틀린가를 검정받을 의무가 있음

- 현행의 법정계량기 형식승인/검정 제도에서는 계량기 내에 소프트웨어가 설치되어 있음에도 불구하고 하드웨어 기반의 시험 및 눈금(지시부)에만 의존하는 실정
- 또한 소프트웨어로 제어되는 계량기 중 대부분이 해당 소프트웨어와 법정 파라미터의 오용 및 사기행위를 방지하기 위한 보호 수단이 미비할 뿐만 아니라 측정 데이터의 저장 및 통신에 대한 성능 검증이 이루어지지 않아 소비자 분쟁 및 민원 발생 시 해결이 어려운 문제점을 가지고 있음
- 한국기계전기전자시험연구원(2016)은 Software Guide(Measuring Instruments 2014/32/EU) - European Legal Metrology WELMEC 7.2 및 OIML D31 e8 - General requirements for software controlled measuring instruments를 준용하여 소프트웨어로 제어되는 국내 법정계량기의 보안과 ICT 관련 성능 검증에 대한 지침을 마련하고, 전자봉인과 계량기 펌웨어 업데이트에 관한 요구사항 정의
- 스마트 미터의 FW 업그레이드와 관련된 요구사항을 분석하여, 법정 계량기 요건에 준하는 미래 스마트 미터의 기능 개선을 위해 배포되는 SW 이미지에 대한 인증을 통한 배포 방안을 제시하고, 전자봉인장치를 이용한 스마트미터의 보호 기능을 구현하는 방법에 대한 표준제안



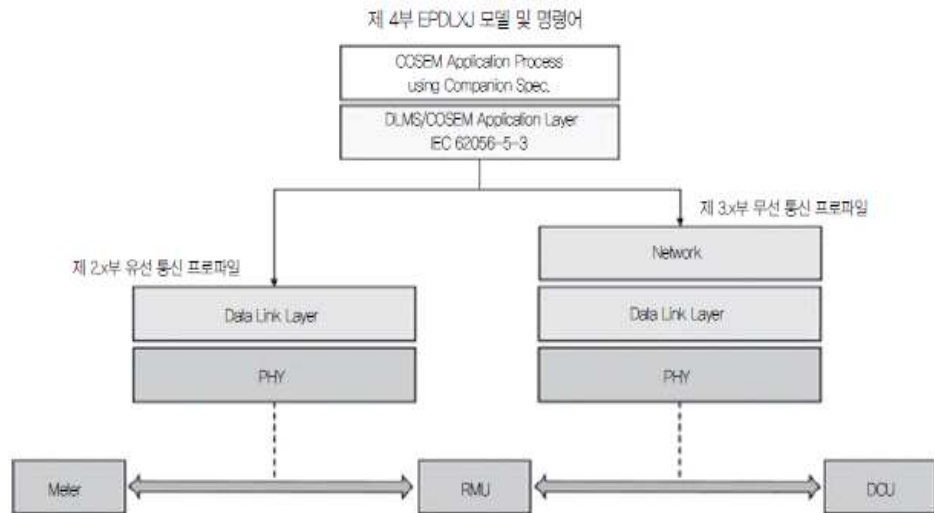
자료 : 양인석, 2016, 스마트 미터링 최신 기술 동향(5회)

[그림 2.18] 스마트미터의 기능 모델

○ **(스마트 미터링 통신 프로파일 분야)** 세계 인구 증가 및 지속적인 발전에 따라 에너지 사용이 폭발적으로 증가하고, 이를 원인으로 온실가스 배출, 기후변화, 물 부족 스트레스로 이어지는 악순환이 점차 심화될 것으로 전망

- 스마트 워터 미터링 통신 프로토콜 표준은 전자식 수도미터에서 원격 검침장치로

유선통신 프로토콜인 TTL을 물리계층과 데이터링크 계층으로 나누어 정의하였으며, TTL 이외의 다양한 표준이 접목할 수 있도록 무선통신 프로파일과 데이터모델링 표준으로 세분화함



자료 : 양인석, 2016, 스마트 미터링 최신 기술 동향<5회>

[그림 2.19] 스마트 워터 미터링 통신 표준 구조



### 3. 인천시 스마트워터그리드를 위한 효율화 방안

#### 3.1 인천시 스마트워터그рид 전략 및 정책방향(안)

##### 3.1.1 국내외 스마트워터그리드 정책동향

###### 가. 국외

- 주요 선진 각국은 스마트워터그리드 기술의 개발과 상용화를 서두르고 있고, 첨단 기술인 스마트워터그리드 기술을 활용하여 통합적이고 스마트한 물관리 체계의 구축 추진
- 새로운 기술·기술·제품·서비스등의 원활하고 신속한 시장출시 등을 위해 물관리 관련 법제의 개편에도 적극적인 관심

###### 1) 미국

###### □ 연방 하원의회 통과

- 미국은 기후변화 등에 대응한 물관리 대응 조직과 조사·연구 활성화를 위한 법제를 마련해 가고 있고, 기후변화 등이 영향으로 수자원 악화되어 물관리 대책의 필요성 제기
  - 연방정부 차원의 대책이 필요하다고 강조되어 2009년에 「21세기 수자원 위원회 설치 법안」을 연방회의에 제출되어 「수자원분야 조사·연구 활성화 법안」이 연방 하원의회를 통과

###### □ 수질관리 네트워크 구축

- 스마트워터그리드를 정부와 민간차원에서 도입을 추진하고 있는데, 정부는 국가 단위의 효율적인 수자원 공급 네트워크를 구축하는 방향으로 추진하고 있고, 민간차원에서는 수자원과 수질관리를 위한 센서네트워크를 구축 및 지능형 검침 인프라를 중심으로 상수도 관리 시스템을 설치
  - 정부차원에서의 스마트워터그리드는 국가 전체의 수자원을 지능적으로 관리하는

도구로서 활용<sup>9)</sup>

#### □ 물관리 기술의 최적화

- 미국의 the Pecan Street Project 등 스마트그리드와 연계한 스마트워터그리드에 중점을 두고, National Smart Water Grid TM과 같은 광역 수자원의 지능형 관리 추진
- 또한, Smart Water Grid Initiative를 출범시키고, 지능형 검침인프라(AMI: Advanced Metering Infrastructure)를 중심으로 한 상수도 관리시스템을 구축했고, 스마트 전력그리드를 이용하여 물관리 기술의 에너지 사용 최적화 도모

## 2) EU

#### □ 영국

- 영국은 향후 핵심수처리 5대 기술을 제시하는데 이에는 수자원 인프라 운영관리의 효율화와 물사용의 효율성과 측정 등을 포함

#### □ 네덜란드

- 네덜란드는 물관리의 복잡성과 불확성이 커짐에 따라 2007년도부터 체계적인 적응 프로그램을 작동하고 있고, 기후변화에 효과적으로 대비하고 물의 통합적이 관리를 도모
  - 2007년도부터 2015년도까지는 총 20억 유로 규모의 대단위 기후변화적응 프로젝트로 40가지 정책수단이 패키지화된 종합프로젝트 “Room for the River”를 시행 중
  - 네덜란드는 기후변화에 대한 대비와 통합적인 물관리를 위해 법령의 통합을 추진 해오고 있고, 2009년에는 수자원 관련 8건의 개별법을 통합하여 제정하였으며, 2010년 통합 부처인 ‘Ministry of Infrastructure and the Environment’을 창설
  - 2011년 이후 델타기술을 기반으로 다양한 물 정책을 추진 중

## 3) 싱가포르

---

9) K-water 연구보고서, “스마트워터그리드 관련 법제도 개선방안 연구”, 2014. 7. 5면.

- 싱가포르의 대표적인 물부족 국가로 물 공급의 위기를 극복을 위해 '4 National Tape' 수자원 확보전략을 수립·추진
  - 이 전략은 댐 건설을 통한 수자원 확보, 말레이시아로부터 원수수입, NEWater, 해수담수화 등으로 구성
    - 이 수자원 확보전략이 Marina Barrage, NEWater Factory, SingSpring 해수 담수화 플랜트 등 첨단기술이 집약된 다양한 물산업 프래그십프로젝트를 탄생 시킨 배경
- 1970년에는 NEWater 프로젝트로 도시의 하수를 식수 목적으로 활용을 위한 계획을 수립·시행하였고, 수자원 자립 기반을 구축
  - 선진화된 멤브레인 기술(전처리공정-초미세여과-역삼투압13)-자외선 살균으로 구성)을 이용하면서, 하수·폐수 재이용을 통해 공업용수를 공급하여 성공적인 수자원 자립 기반 확립
  - NEWater 처리수는 산업용수, 조경수등 100% 재이용하고 있으며, 국가사업으로 수처리 기술 연구개발 R&D센터를 설립했고 세계적인 연구소, 대학, 기업들과 협력 강화와 유치활동 전개 등으로 국제적인 물 산업 허브 육성을 추진

#### 4) 호주

- 물부족 문제를 해결하기 위해 스마트워터그리드를 도입한 수자원개발계획으로 새로운 댐 건설과 기존 댐의 증축, 해수 담수화, 하수재이용 함께 광역상수도를 설치함으로써 기후변화로 인해 크게 떨어졌던 물공급 안정성 회복
  - 호주는 Water Divide\* 문제를 해결하기 위해 SEQ Water Grid 프로젝트를 추진하고 있고, 물이 남는 지역과 물이 부족한 지역을 연결하기 시스템으로 스마트 워터그리드를 활용<sup>10)</sup>
    - \* 호주의 워터디바이스, 호주는 국토 대부분이 건조지대로 국토 90%이상이 물이 부족한 '물 스트레스' 지역이며, 특히 가뭄이 들면 물이 풍족한 해안과 건조지대인 내륙의 물 접근성 격차(Water Divide)가 뚜렷
- 지역 내 주요 물 공급원들과 수처리 플랜트 및 대용량 물 운반 네트워크를 연결하며, Seqwater, WaterSecure, LinkWater, SEQ Water Grid Manager등 여러 기관이 역할을 분담하는 것이 특징

10) <http://blog.daum.net/naturehomes/18315245>

## 5) 일본

- 일본은 ‘물 제도 개혁 국민회의’가 결성되어 「물 순환 기본법」에 대한 논의가 본격화 되고 2014년 3월 이 법률안이 의회 중의원을 통과하면서 2014년 7월 1일부터 「물 순환 기본법」 제정·시행
  - 「물 순환 기본법」의 시행으로 분산된 형태의 물관리 체계에서 유역단위의 통합적인 물관리의 입법적 여건은 마련되고 있는 상황
  - 물 순환 기본법은 법의 목적, 물 순환의 기본이념, 국가와 지방자치단체, 사업자, 국민의 책무, 시책의 기본방침, 물의 날(8월 1일) 지정, 연차보고서 작성 등을 규정
    - 일본 정부는 물순환에 관한 시책을 종합적이고 체계적으로 추진하기 위해 각의의 의결을 통해 ‘물 순환 기본계획’을 수립하고, 물 순환 시책의 효과를 검토하여 5년마다 이 계획을 재검토
- 수자원과 수량·수질을 포함하여 하천관리, 상수도 등 물관리 업무 전반에 국토교통성이 총괄 수행하고, 다른 부처는 기관 목적과 규제 기능에 따라 일부 업무를 담당
  - 후생노동성은 상수도 업무를, 환경성은 수질과 환경보전 업무를, 경제산업성은 수력발전과 공업용수 관련 업무를, 농림수산성은 농업용수와 수원(水源)정비의 업무를 담당
- 건전한 물순환에 관한 교육추진, 민간단체 등의 자발적인 활동촉진, 시책수립에 필요한 조사 실시, 과학기술 진흥과 국제협력 추진에 관한 사항 포함
  - 빗물 침투 능력이나 수원 함양 능력을 가진 산림, 하천, 농지, 도시시설 등의 정비 시책을 강구
  - 물의 적정하고 유효한 이용촉진을 위해 물 이용의 합리화와 효율적인 사용 노력을 촉진
  - 물 순환에 영향을 미치는 물 이용에 대해 규제
  - 유역을 종합적·체계적으로 관리하기 위한 제도의 정비와 유역관리 시책에 지역 주민의견을 반영
- 물 순환에 관한 시책을 집중, 종합적으로 추진하기 위해 내각에 ‘물 순환 정책본부’를 설치하여, 물 순환 기본계획의 작성·실시와 관계 행정기관의 시책을 종합·조정하는 등의 역할을 수행

- '물 순환 정책본부'는 내각총리대신을 본부장으로 하고, 내각 관방장관과 물순환 정책 담당 대신을 본부부장으로 하며, 모든 국무대신으로 구성되는 본부원을 두도록 정의

## 나. 국내

- 물관리 일원화를 통해 수량관리와 수질관리 체계가 통합되면 수량, 수질과 수생태를 균형있게 고려하면서 책임감 있게 물 문제에 대응 가능
- 물 관리에 관련된 정부조직법, 물관리기본법, 물관리기술 발전 및 물산업 진흥에 관한 법률(이하 물기술산업법) 세 가지 법을 제정, 개정을 통해 하천관리를 제외한 수량, 수질, 재해예방 등 대부분의 기능이 환경부로 일원화
  - 정부조직법 개정(2018. 6월 공포 시행)
    - 국토교통부의 '수자원의 보전·이용 및 개발'에 관한 사무를 환경부로 이관
    - 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률(수자원법), 댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률(댐건설법), 친수구역활용에 관한 특별법(친수구역법), 지하수법, 한국수자원공사법 등 5개 법률 환경부로 이관
    - 하천법, 하천편입토지보상법 등 2개 법률은 국토교통부에 존치하되, 하천법상 수량 관련 기능은 환경부로 이관(하천수사용허가, 하천유지유량 결정, 댐·보 연계운영, 하천수 사용·관리, 하천수 분쟁조정 등)
  - 물관리기본법 제정(2019년 6월 시행)
    - 지속가능한 물 관리 체계 확립을 위해 ①물 관리의 기본이념 및 원칙 ②국가·유역물관리위원회의 설치 등 규정
    - 국가물관리기본계획의 심의·의결, 물분쟁의 조정, 국가계획의 이행여부 평가 등을 위한 국가물관리위원회 설치(대통령 소속)
    - 국가물관리기본계획은 환경부장관이 국가물관리위원회 심의를 거쳐 매 10년마다 수립
    - 유역물관리종합계획은 유역물관리위원회 위원장이 유역·국가물관리위원회의 심의를 거쳐 수립
  - 물기술산업법 제정 (2018년 12월 시행)
    - 물 관리 기술의 체계적인 발전 기반 조성, 물산업 진흥을 통한 국민의 삶의

질 향상과 지속가능한 물 순환 체계 구축

- 물 관리기술 발전과 물 산업 진흥을 위한 정부의 기본계획과 지역적 특성을 고려한 지자체의 시행계획 수립·시행
- 물 관리기술 개발·보급을 촉진하기 위한 물 기술 종합정보시스템 구축
- 물 산업 우수제품 등의 사업화 지원
- 혁신형 물기업의 지정과 지원에 대한 근거 마련
- 물산업 실증화 시설과 집적단지의 조성·운영과 입주기업 지원
- 물기술인증원의 설립을 위한 근거 등 포함

○ 수질-수량의 정보체계가 공유되면 환경용수 활용기반이 마련돼 하천을 종합적·입체적으로 관리할 수 있게 되었으며, 다양한 이해관계자가 참여해, 이·치수, 수질·수량과 수생태계 등 지역의 물 문제를 해결하는 협치 가능

- 특히 취수원 이전 문제의 경우 수질 개선, 재원 지원방안 마련 등을 유역관리 기구에서 일괄적인 협의 가능

※ 통합 물 관리는 최대 12조원의 경제적 가치가 있으며, 추가적인 댐 건설 없이도 연간 약 12.2억 톤의 물을 확보

○ 물관리 일원화를 통해 통합물관리체계의 기반과 물안전을 확보하고 먹는물 관리를 강화하였으며, 물의 가치를 창출하는 성과 달성

- 통합물관리 체계의 기반 마련

- 통합물관리 비전포럼 운영 : 물관리 핵심 가치와 목표 등을 도출, 국가물관리 기본계획 수립 시에 반영할 예정
- 댐 정책을 건설에서 관리로 전환
- 국가 물 수요관리 종합대책 수립(2018년 12월)
- 물관리 핵심가치와 기본원칙 정립 및 유역중심의 거버넌스 체계 구축
- 낙동강 물문제 해결 상호협력 MOU 체결(2019년 4월)

- 물안전 확보

- 팔당댐 맛·냄새 물질 발생 시 소양강댐 신속 방류로 먹는 물 감시기준 이내로 저감
- 창녕함안보 조류경보 발생 시 상류댐 신속 방류로 녹조 완화

- 정확한 기상·댐저수량 예측을 통해 저수량 100억톤 확보. 2019년 상반기 안정적 용수공급으로 충남서부 등 139만명에 대한 제한급수 예방
- 2018년 연속 태풍·집중호우에도 전국 다목적댐의 효율적 운영으로 홍수 피해를 최소화

- 먹는물 관리 강화

- 폐수 무방류 시범사업(대구-구미)에 착수(2019년 3월)
- 왜관 수질안전측정센터를 가동하고, 환경감식기법을 도입해 오염원 추적감시
- 유기물질 관리지표를 화학적산소요구량(COD)에서 총유기탄소량(TOC)으로 전환하는 방안 마련 중
- 하천 구간별 수량·수질특성을 고려해 하수처리장의 방류수 수질기준 차등화
- 미량유해물질 분석 대상을 확대하고 유관기관 협력체계 구축

- 물가치 창출

- 부산 에코델타 스마트시티 국가 시범 도시 조성을 위한 기본구상(2018년 7월) 및 마스터플랜 수립 완료(2018년 12월)
- 도시 물 문제 해결의 일환으로 조성중인 물 순환 선도도시(안동시 등 5개소) 모델을 확대하고 제도적 기반 마련
- 국정과제인 '수열에너지 융복합 클러스터' 조성 및 추진에 참여
- 제1차 '물산업 진흥 기본계획'을 수립하여 중소기업 육성 및 물 산업 생태계 활성화를 위해 지원 중

□ 환경부는 국정현안점검조정회의에서 '수돗물 안전관리 종합대책'을 확정하고 수돗물 공급 전 과정에 ICT를 접목한 스마트 상수도 관리체계를 2022년까지 전국으로 확대할 계획

○ '제2의 붉은 수돗물 사태'를 예방하고, 깨끗하고 안전한 수돗물을 공급하기 위한 방안이 담겼으며, 시설 선진화, 관리·운영 고도화, 사고대응 체계화, 국민소통 확대 등을 4대 목표별 전략으로 수립

- 2022년까지 전국의 모든 지방 상수도에 ICT를 활용한 스마트 시스템을 수질·수량·수압 모니터링 장치, 자동배수설비, 정밀여과장치 등을 관망에 설치해 실시간 감시와 자동 관리가 가능
- 스마트 상수도 관리체계를 통해 국민이 수돗물 품질을 직접 확인할 수 있게 되면

경제협력개발기구(OECD) 국가 중 최하위 수준인 수도물 음용률이 크게 향상될 것으로 기대

※ 우리나라 수도물 직접 음용률은 5%대로 OECD 국가 중 가장 낮은 수준

- 파주는 2014년 국내 최초로 스마트워터시티 사업을 통해 스마트폰 애플리케이션이나 전광판으로 직접 수도물 사용량, 수질, 단수 정보 등을 실시간으로 확인

※ 직접 음용률 종전 1%에서 36.3%까지 상승

□ 상수관망에 대한 현장조사를 강화하고, 2022년까지 전국 노후관로 정밀조사를 통해 개량·교체 등이 필요한 관로를 구분해 정비사업 추진

○ 기존에 추진 중인 정비사업은 당초 목표 연도인 2028년에서 2024년으로 앞당길 계획

### 3.1.2 인천시 스마트워터그리드를 위한 정책방향(안)

□ 스마트워터그리드 구축 로드맵 및 추진계획을 마련하기 위해서 법제·기능을 개편하기 위한 수자원·물환경·상하수도에 대한 분야별 분석을 수행해야 하고, 그 이후 물관리 정책을 통합·연계하기 위한 핵심 정책과제 발굴 및 선정

○ 단계별로 살펴보면 가장 먼저 인천시 스마트워터그리드의 비전 및 기본원칙을 수립하고, 2단계 이후부터는 스마트워터그리드 구축을 위한 구체적인 추진계획 수립

#### 가. 기본방향

□ 수자원의 개발 및 효율적 수요관리

○ 기존의 공급위주에서 벗어나 수요관리를 강화함으로써 효율적인 이용을 극대화.

○ 누수율 저감 및 유수율 증대를 도모하고, 통합적인 상수도 운영관리 체계 확립

○ 절수기 및 중수도 설치 확대 등 절수인프라를 지속적으로 구축

○ 빗물저류장치의 활용 등 친환경적인 다양한 수자원 개발 추진

○ 강화군과 옹진군 등 도서지역은 지하수 개발 및 이용에 대한 적절한 관리로 지속적인 용수공급대책 수립

□ 상수도 시설의 개량 및 효율적 운영

- 정수장 시설의 진단을 통해 기존 정수공정의 문제점을 파악하고 정수처리시설의 개선을 통하여 정수효율을 높임
- 노후관 교체, 물탱크 관리 강화, 간이상수도 정비 등 상수도 시설을 개량하고 유지관리를 강화하여 수질 개선
- 영종지역의 송수관로 부설계획 등 비상급수대책 마련

□ 상수도 수질의 관리 및 절약

- 수자원 관련 공공기관 및 관련 단체를 연계한 사업프로그램을 발굴하여 물절약 실천운동의 확산
  - 수질관리 협의체의 구성과 지원 대책 수립
  - 하천환경기준 설정, 지역개발할당량 산정 등 관련 지자체 협력을 바탕으로 환경과 개발을 고려하여 수계 관리
- 수돗물 생산·공급을 위한 과학적이고 선진화된 수질관리 체계 구축
- 강화 및 길상 상수원 관리
  - 강화 및 길상 상수원은 현재 특별한 수질개선대책이 필요한 상태가 아니므로 현재 상태로 유지하며 질산성질소 항목의 수질감시 강화
  - 수질 상 문제가 발생할 시에는 정부의 지하수 수질관리 관련계획과 연계하여 상수원 수로서 양질의 수질을 유지할 수 있는 지하수 수질보호 대책 시행
- 중수도 보급으로 절수방안 마련
  - 공단지역을 대상으로 결과 및 효과에 대한 교육 및 홍보 실시
  - 경제성 확보 가능 대상업체에 대한 시범사업의 적용 결과 홍보를 통해 향후 관련 대상시설 사업자의 자발적 설치 의지 고취
  - 시범사업 결과 홍보 이외에 시설설치 및 운영에 대한 교육, 매뉴얼 배포 등의 교육 활동을 지속적으로 실시

## 나. 실천계획

### □ 스마트물관리(Smart Water Management) 체계 도입을 위한 로드맵 수립

#### ○ (조기경보시스템) 24시간 실시간으로 수질을 측정하고 원격 감시, 수질 적정 기준 초과 시 조기경보 발령시스템 구축

- 원수의 페놀, 시안, TOC, 암모니아성 질소 등 9개 항목, 공급과정의 pH, 탁도, 잔류염소, 전기전도도, 수온의 5개 항목 감시

#### ○ (실시간 물정보 공개) 시민들이 미추홀 참물의 수질을 확인할 수 있도록 실시간으로 수질 측정값을 미세먼지 농도 알림 수준으로 공개시스템 구축

- 온라인(시청, 군·구청 등 공공기관 홈페이지), 오프라인(수질 전광판, 안내 옥외광고판, 공공기관 배너광고판 등)을 활용하여 시민 알림서비스 확대

〈표 3.1〉 스마트워터그리드 로드맵

실천계획	1단계		2단계		3단계
	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
GIS 고도화, 수질 모니터링 체계 개선	고도화				
분석 모델 적용을 통한 조기경보 및 알림서비스 데이터 생산		수집(연계)/가공/활용/유통			
지속 모니터링 및 분석을 통한 데이터 축적		수집(연계)/가공/활용/유통			
경보시스템 모바일 어플리케이션 개발	개발				
실시간 공개용 모바일 어플리케이션, 미디어 제작	개발				
시범운영을 통한 서비스 준비		도입			
1차 적용 주요지역(피해지역 및 주요 민원 발생지역) 적용		도입			
주요지역 서비스 실시 후 시민단체 및 수요자 대상 Feedback을 통하여 서비스 개선			고도화		
인천광역시 주요 지점 미디어보드 및 BIS 설치		단계별 설치			
모바일 어플리케이션을 통한 전 지역 서비스 확장				고도화	

## 3.2 데이터 기반 물정보 제공 및 의사결정지원 방안(안)

### 3.2.1 실시간 모니터링 및 시민에게 물정보제공 방안

#### 가. 실시간 모니터링 물 정보 제공 플랫폼

##### □ 플랫폼 개요

- 수자원 모니터링 및 관리를 위한 고기능 센서 및 스마트 다기능계측기를 통해 상수관망에 대한 통합 물 정보(유량, 수압, 수질, 누수 등)를 계측
  - 사물인터넷망을 통한 데이터 취합 및 관리로 소비자에게 필요한 수질변동분석, 물 공급 현황, 요금 등의 정보를 제공할 수 있으며 공급자 역시 문제점에 대한 신속한 파악 및 대응가능
  - 통합 물 정보(유량, 수압, 수질, 누수 등) 및 분석 자료는 앱(APP) 구축을 통해 쉽고 빠르게 접근할 수 있으며, 공급자와 수요자간 커뮤니케이션을 용이하게 함



[그림 3.1] 스마트 워터 미터링 통신 표준 구조

#### 나. 실시간 모니터링 체계

##### □ 기존 모니터링 체계

##### ○ 스마트 미터링 데이터

- 가정에서 사용하는 에너지의 종류는 전기, 수도, 온수, 가스, 난방으로 구분

- 전기의 경우 ISO/IEC 62056 DLMS/COSEM을 이용하여 데이터를 정확한 정보로 표현하고, 이를 양방향으로 통신하여 효율적인 관리를 꾀할 수 있는 인프라를 구축
- 수도, 온수, 가스, 난방의 경우 계량기 제조사와 유틸리티 사업자 위주의 단순한 과금 정보만을 월 단위의 간헐적 통신으로 다루는 실정
- 보안이 취약하고 검침 정보의 오류, 제조사 도산 등 소비자 분쟁 발생 시 해결이 어려운 문제를 가지고 있음

## □ 실시간 모니터링 체계

### ○ 스마트 디바이스 데모플랜트 적용

- 실시간 모니터링체계를 위해서 스마트 디바이스 데모플랜트 적용이 필요하며, 초음파 수도미터, 관망 통합 계측기(유량, 수압, 누수유무), 광학식 수질 센서(DO, pH, 탁도), 누수유무 모니터링 센서로 구성
- 복합적인 상수관망 문제 발생 시 신속한 원인 분석 및 대응하기 위함이며 수량 및 수질측면에서 통합적인 물 관리 시행
- 스마트 디바이스 데모플랜트를 적용할 경우 다양한 계측정보간의 정확성 및 정보 관리·보완 등이 중요할 것으로 판단



[그림 3.2] 다기능 실시간 계측기 시스템 구축

### ○ 초음파식 수도미터

- 초음파 수도미터는 개선된 방식의 초음파 전파 시간차법을 이용하여 상수도 유량을 측정
- 초음파 전파 시간차법은 초음파 펄스의 전달 속도 및 방향이 유체의 속도에 의해 변화되는 원리를 이용하고 있음
- 각각의 위치에서 유속은 초음파 펄스가 유체 흐름의 방향과 같이 전달될 때의 시간이 역방향으로 전달될 때의 시간보다 빠르게 되는 원리를 이용
- 내구연한 동안 정밀도 유지 및 미소유량 측정이 가능하며, 이물질 영향을 받지 않는 장점이 있음

원 리	초음파 경로 구성	유량계산
$t_1 = \int_0^L \frac{dl}{C + V(l) \cos \theta}$ $t_2 = \int_0^L \frac{dl}{C - V(l) \cos \theta}$ $V = \frac{L^2}{2d} \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) = \frac{L^2}{2d} \left( \frac{t_2 - t_1}{t_1 \cdot t_2} \right)$ $Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V_{\text{평균}}$		

자료 : ㈜씨엠엔텍, 초음파수도미터

[그림 3.3] 스마트 워터 미터링 통신 표준 구조

〈표 3.2〉 초음파식 및 디지털(하이브리드)식 수도미터 비교

구분	초음파식	디지털식(하이브리드)
정밀도 유지	교체 시까지 유지	시간에 비례하여 정밀도 낮아짐
미소유량	측정 가능	측정 불가
측정	이물질 영향받지 않음	이물질 영향받음
이물질 영향받지 않음	8~12년	8년

자료 : 아이에스테크놀로지(주), 2018, <http://www.istec.co.kr/>

- 초음파식 수도미터는 531 수용가중 86 수용가에 설치하며, 445 수용가는 기존 디지털 수도미터 설치 제안

#### ○ 관망통합계측기

- 국내에서는 현재 스마트미터(Smart meter) 및 센서 네트워크 기반의 상수관망 운영관리를 최적화하기 위한 방안들이 논의
- 이에 프로토콜 표준화 및 유·무선 네트워크 기술 개발을 통해 스마트 미터의 표준모델을 제시하고 정확도와 정밀성을 높인 고정밀 하드웨어를 개발 중

- 또한 누수·역류·동파·전원상태 등 이상 징후를 감지하는 기능을 확장한 다기능 (Multi-function)미터 개발 중

#### ○ 광학식 수질 센서(DO, pH, 탁도)

- 수질관리의 경우 상수관망 수질감시센서를 개발해 다항목 수질 감시망을 구축하고 통합화한 결과 탁도·잔류염소·온도·pH·전기전도도 등 주요항목의 센서는 국산화 된 상태
- 뿐만 아니라 실시간 감시 및 운영관리 기술을 개발하기 위해 수용가 기반의 실시간 계측자료를 분리하고 분석기법을 개발하고 있으며, 통합 운영관리 시스템을 탑재해 총괄
- 스마트 미터 성능을 향상시키기 위해 물리적 실험 및 유동해석(CFD)을 거쳐 설계 인자를 검증하고, 유동해석·유량실험 결과를 반영해 오차 성능을 개선
- 이에 기어와 중심 피니언 간 거리가 변경되고, 하부완급 높이가 조절되어 익차 재질이 변경되는 결과가 나타났으며, 중심 피니언의 축·반경·가우스 등의 변경은 시동유량 측정치를 개선하는 효과를 보임



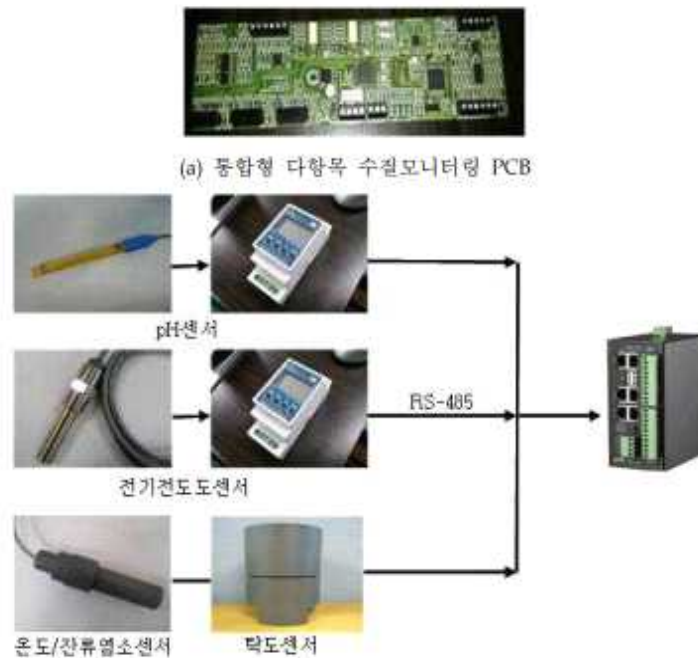
자료 : 워터저널, 2016, 센서 네트워크 기반 관망관리 방안

[그림 3.4] 스마트 미터 성능향상을 위한 CFD 유동해석 및 다항목 수질계측 시스템의 고도화 방안

- 한국수자원공사(2013)에서는 모니터링 과정에서 다항목 수질계측 시스템 기능을 개선하고 고도화시키기 위한 탁도계 국산화, 잔류염소 국산화, 운영관리 시스템, 현장적용 및 평가
- 이에 탁도계 기포 제거를 최적화하고 버블 트래퍼(Bubble Trapper) 형성인자를 도출하는 등 유동해석 과정을 거쳤으며 상수관망의 실시간 수질계측을 통해 수질

과 관련한 항목을 모니터링

- 수압 및 수질 균등화를 위한 대수용가 유량감시 및 제어 시스템을 설계·개발해 대수용가를 관리하고자 하였으며 이에 대수용가 유량의 단속적 수수로 인한 문제점을 분석하고, 선형적 유량제어를 위한 제어용 밸브 평가 및 유동해석이 실시
- 시스템은 유량제어밸브, 전자식, 유량계, 탁도계, 압력계, 제수밸브, 상부 제어부 등으로 구성되어 설치
- 상수관망을 포함한 수처리 분야는 앞으로도 지속적인 관리가 필요하며, 이에 물관리 자료 분석을 위한 지능형 시스템, 감시·특정 이벤트 위치 추적을 통한 컴퓨팅 시스템, 지능화 이론 기본의 의사결정지원 시스템을 도입하는 등 센서 네트워크를 기반으로 선진형 관망관리가 실현되어야 한다고 판단



자료 : 한국수자원공사, 2013, 스마트미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화

[그림 3.5] 다항목 수질모니터링 시스템 구성

#### ○ 누수유무 모니터링 센서

- 상수관로의 위치탐사(맵핑)/누수탐사 기술의 최고 보유국은 미국과 영국으로서 약 3년을 전후하여 관련한 개발이 시작된 것으로 파악되고 있으며, 맵핑 기술의 경우 최근에 토목건설(비굴착공법 관련) 부문을 중심으로 일부 기초적인 용도로 상용화가 이루어진 것을 확인
- 누수탐사기술의 경우 영국을 중심으로 산학연계의 연구개발이 진행되었으며, 상수도

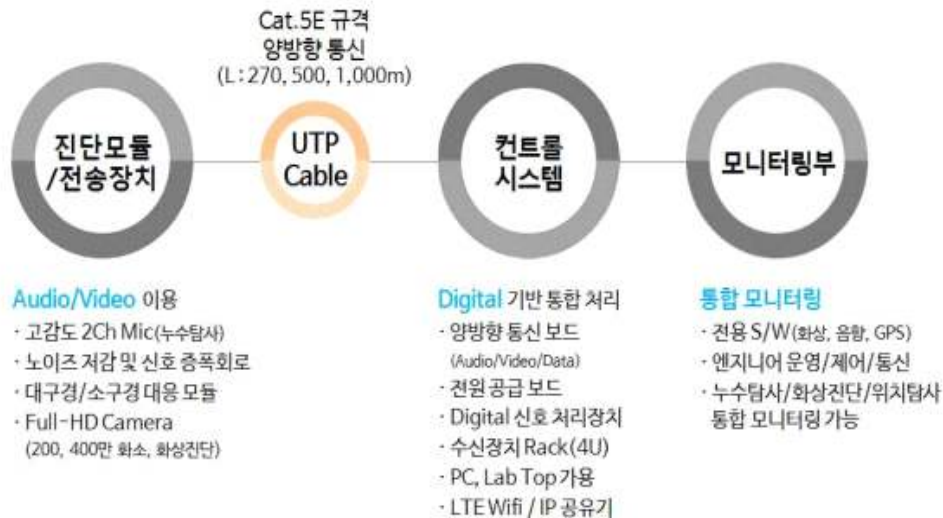
사업자에게 관련 기술이 이전되어 활용되고 있음

〈표 3.3〉 국내·외 선행기술 개발 동향

구분	주요 Player		시장 특징 분석
	국내	국외	
위치 탐사	위치/누수탐사관련 사업화 주요 Player 없음 수자원기술(주) 기술보유, 시범사업 진행	(미국)Geo-special Corporation (미국)T.D. Williamson	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외에서는 기술의 시장진입 단계, 사업화/상용화 초기단계로 점차 시장을 확대하고 있는 추세, 향후 시장의 성장을 전망</li> <li>• 국내시장은 기술수요는 있으나 사업화 실적은 미비한 상태</li> </ul>
누수 탐사		(캐나다) Pure Technologies Ltd,	

자료 : 환경부, 2017, 상수도시설 누수관리를 위한 극저주파 위치탐사 시스템 개발

- 환경부(2017)는 누수탐사화상진단 시스템을 연구개발



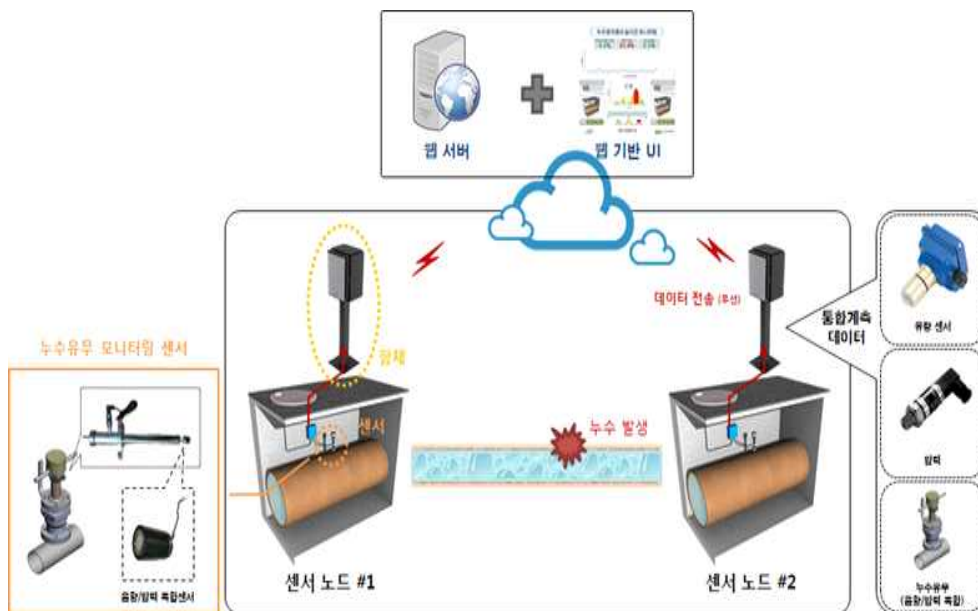
자료 : 환경부, 2017, 상수도시설 누수관리를 위한 극저주파 위치탐사 시스템 개발

[그림 3.6] 누수탐사화상진단 시스템 연구개발 개요도

- 상수관로 누수탐사 센서 및 모니터링 시스템은 크게 진단모듈/전송장치부와 케이블(중성부력방수), 제어부, 모니터링부로 구성될 수 있으며 카메라(A/V)부와 전송장치(Data Extender)부에 화상 카메라 모듈(200, 400만화소)과 고감도 마이크로폰(2Ch 위상배열), 위치탐사센서(수신부), 데이터 전송장치를 탑재하여 운영함으로써 소형화(Compact)와 현장 적용 편의성을 극대화
- 진단모듈에서 취득한 데이터(위치, 누수, 화상)는 상수도관 내에서 자유롭게 이송할 있도록 물과의 부력을 가장 유사하게 맞춰 중성부력 기능을 부여하였고, 고탄력 우레탄 제질로 마감하여 내구성 및 강도 확보
- 진단거리의 연장(250m→500m→1,000m)과 취득되는 데이터를 개수 및 양 증가를

대응하기 위해 기존에 보유하던 케이블(4Pair, 8가닥)을 개량(7Pair, 14가닥)하여 설계·제작

- 제어부와 모니터링부는 통합진단시스템의 하나로 차량에 거치할 수 있는 고사양의 PC나 Lab Top을 기반으로 시스템의 제어 및 데이터 관리가 가능하도록 구성하였고, 전용 S/W를 활용하여 운영자가 실시간으로 위치탐사, 누수탐사, 화상진단을 동시에 조사·진단할 수 있는 시스템을 구축
- LTE Wifi를 설치하여 무선인터넷 환경에서 시스템을 운영함으로써 효율성 향상과 향후 IP기반의 운영시스템 개발이 이루어진다면 원격으로 장소나 시간에 구애 받지 않고 개발기술의 조사·진단 정보를 확인하고, 기록할 수 있음
- 향후, 계측된 물 관련 정보를 고신뢰성으로 소비자에게 제공하기 위해 스마트 디바이스 설치위치, 설치 수량, 계측 데이터 등 관련 정보가 효율적으로 통합·활용 필요
- 기존의 원격검침(AMR)에서 수요와 공급 최적화개념(AMI)을 유역 및 국가 수자원 관리에 도입하여 지속적인 스마트 디바이스 수요 창출 필요



[그림 3.7] 관리시스템관점에서 스마트 디바이스 보급 확산 방안

## 다. 데이터 관리 및 통신

### □ 기존 원격검침 시스템

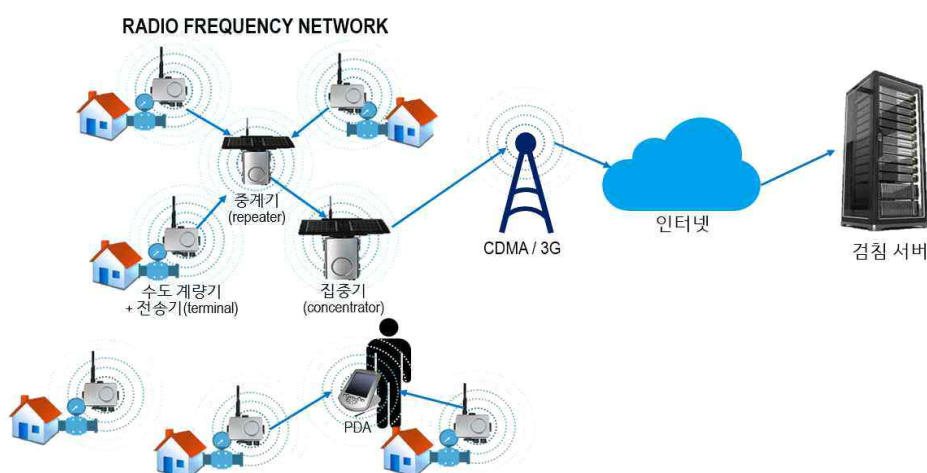
- 기존 소구경 수도계량기 원격검침 시스템은 PDA 검침과 원격검침으로 구분 할 수

있으며, PDA 검침과 원격검침 모두 소구경 수도계량기에 전송기(terminal)를 설치하여 무선 통신으로 검침 데이터를 전달함

- PDA 검침의 경우 검침원이 PDA를 들고 주택, 아파트, 사무실 등에 전송기가 설치된 소구경 수도계량기를 검침하고, 수집된 검침 데이터를 수동으로 서버에 입력하는 방법
- 이러한 수작업을 개선하기 위하여 중계기(repeater)와 집중기(concentrator)를 통해 주기적으로 검침 데이터를 수집하는 원격검침

○ 중계기와 집중기는 RF(radio frequency) 통신을 통해 반경 2km의 소구경 수도계량기가 전송하는 검침 데이터를 수집하고 CDMA, 3G 등의 무선 통신을 통해 검침 서버로 수집된 검침 데이터를 전달

- RF 원격검침 망은 RF 통신이 가능한 전송기, 중계기, 집중기로 구분되어 주기적으로 검침 데이터를 수집하는 것에만 초점을 두고 개발이 되어 실시간 및 양방향 검침 데이터 수집은 불가능
- 예를 들어, 4시간마다 한번씩 검침 정보를 수집하는 RF 원격검침망에서 특정 소구경 수도계량기의 고장이 발생했을 경우, 관제센터에서 이를 감지하기까지 늦으면 4시간이 걸림
- 더 나아가 2006년부터 인구밀집 지역을 중심으로 스마트 계량기의 도입이 확산되고 있는 추세로 비춰보면, RF 원격검침 망은 실시간 및 양방향 통신이 가능한 스마트 계량기의 도입이 어려움



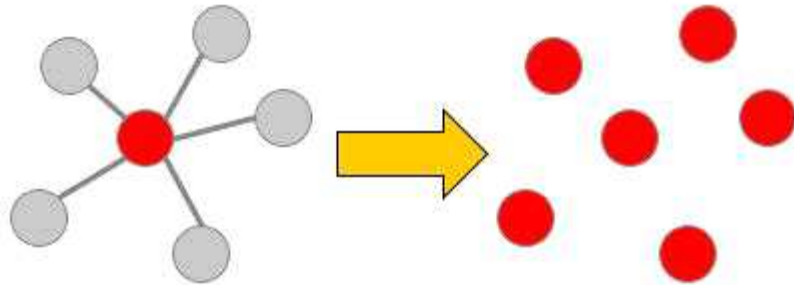
자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소구경용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

[그림 3.8] 기존 소구경 수도계량기 검침방법

○ 유지관리 관점에서 보면 RF 원격검침 망은 스타(star) 형태의 토폴로지, 검침 데이터가

몰리는 중계기와 집중기의 고장 발생 시, 전체 검침망의 고장으로 이어짐

- 스타 토폴로지를 구성한 원격검침 망에서 특정 노드가 고장에 따른 검침 망 기능 상실을 표현



자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소규모용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

[그림 3.9] 스타 토폴로지의 중계기 고장으로 인한 검침망의 기능 상실

## □ 데이터 관리 및 통신제안

### ○ 실시간 유량 스트림 데이터 전송 및 제어 미들웨어

- DCU는 실시간 미들웨어를 기반으로 정보를 전달하기 위해서 정보의 종류를 데이터/이벤트/컨트롤로 구분하여 전달하며 각각 다른 속성을 가지도록 정의

〈표 3.4〉 초음파식 및 디지털(하이브리드)식 수도미터 비교

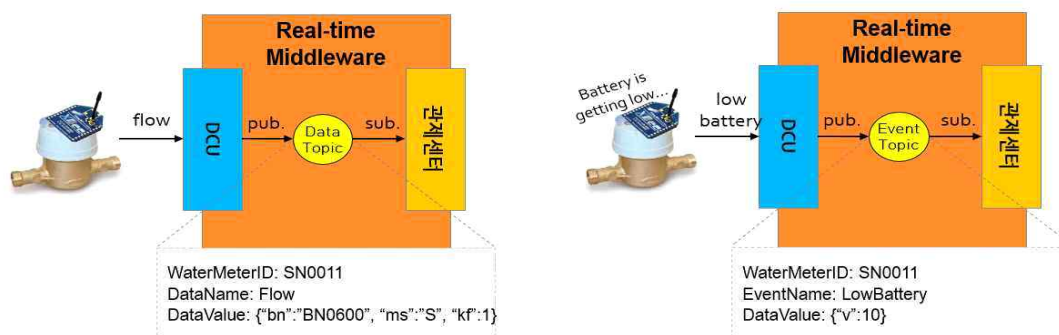
구분	내용
데이터(Data Topic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 수도계량기의 유량 정보를 담아 관제센터로 전송하기 위해 정의함</li> <li>스마트 수도계량기 식별자(Water Meter ID), 데이터 이름(Data Name), 데이터 값(Data Value) 필드로 구성</li> </ul>
이벤트(Event Topic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 수도계량기의 이벤트(배터리 부족, 선 전달 등) 정보를 관제센터로 알리기 위해 정의</li> <li>스마트 수도계량기 식별자(Water Meter ID), 이벤트 이름(Event Name), 이벤트 값(Event Value) 필드로 구성</li> </ul>
컨트롤(Control Request/Response Topic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>관제센터의 컨트롤(밸브 잠금, 계량기 초기화 등) 요청을 DCU로 전달하고, DCU 관제 하 스마트 수도계량기의 컨트롤 처리 결과를 관제센터로 응답하기 위해 정의</li> <li>타겟 스마트 수도계량기 식별자(Destination ID), 관제센터 식별자(Source ID), 제어명령 이름(Control Name), 제어인자(Parameter), 제어결과(Result)로 구성</li> </ul>

자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소규모용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

- 실시간 미들웨어는 OMG(Object Management Group)가 제정한 실시간 통신 미들웨어 표준인 DDS(Data Distribution Service)를 기반으로 동작하며 발간자(Publisher)와 구독자(Subscriber) 간 토픽을 주고받아 통신
- DDS는 토픽 교환에 있어 다양한 QoS(Quality of Service)를 지원하며, 특히 데드

라인(deadline) 속성은 DCU와 관제센터 간 실시간 토픽 교환을 보장

- DDS에서 데이터/이벤트/컨트롤 전송을 위해서는 특성에 맞는 토픽 정의가 필요하며, 토픽은 지속적으로 발생하는 유량 스트림 데이터를 전달하고, 이벤트 토픽은 계량기의 특정 조건에 해당하여 발생한 정보를 의미함
- 수도 계량기의 역류, 선 끊어짐, 배터리 부족이 있음
- 컨트롤은 요청과 응답 두 개의 토픽을 가지며 컨트롤 요청 토픽은 관리자가 서버에서 소블록 내부를 제어할 때 사용됨
- 소블록 내부에 밸브를 제어하여 블록 내 유입량을 차단하는 명령을 가지고, 컨트롤 응답 토픽은 관리자가 요청한 제어 명령이 제대로 수행하였는지에 대한 결과를 가짐
- 실시간 미들웨어는 미들웨어 수준의 데이터 교환 실시간성을 보장하기 위한 QoS(Quality of Service)를 지원
- 이는 데이터/이벤트 토픽을 정의할 시 QoS 속성을 지정하는데, 데드라인(deadline) 속성을 지정하여 지정된 데드라인 내 데이터/이벤트 발간-구독이 이루어지도록 함
- 따라서 DCU에서 발간하는 유량, 역류, 선 절단 등의 정보를 포함한 데이터/이벤트 토픽은 실시간으로 관제센터로 전송되어 관제센터의 실시간 유량 분석 및 즉각적인 역류 및 선 절단 알림의 토대가 됨



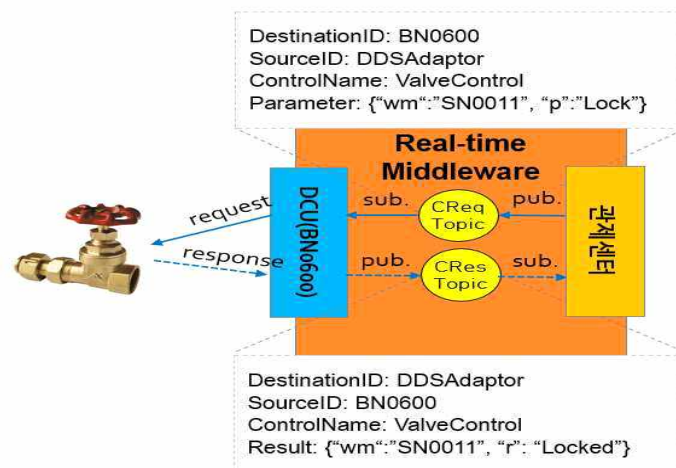
자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소규모용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

[그림 3.10] 실시간 미들웨어를 통한 데이터(좌)/이벤트(우) 전달

- 특정 스마트 수도계량기(SN0011)의 밸브를 제어하기 위해 해당 스마트 수도계량기를 관장하는 DCU(BN0600)는 구독할 수 있도록 컨트롤 요청 토픽을 발간
- DCU는 컨트롤 요청 토픽을 구독하고 제어명령 이름(ValveControl)과 제어인자(Parameter) 통해 제어명령과 타겟 스마트 수도계량기의 정보를 알게 되고, 해당

명령을 특정 스마트 수도계량기(SN0011)로 전달하여 밸브를 잠그도록 함

- 스마트 수도계량기는 지그비 통신을 통해 제어 명령을 수신하고, 해당 제어 명령을 수행 후 DCU에게 그 결과를 응신하며, 최종적으로 DCU의 제어 응답 토픽을 통해 관제센터로 전달

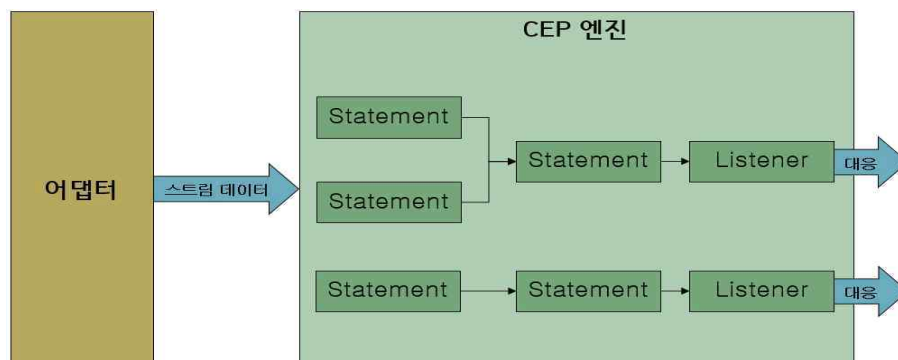


자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소규모용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

[그림 3.11] 실시간 미들웨어를 통한 컨트롤 요청-응답

### ○ CEP 빅데이터 처리 기술

- CEP는 지속적으로 발생하는 이벤트 정보를 모니터링 하면서 필요한 이벤트 패턴을 추출할 수 있게 지원하는 기술
- CEP는 여러 시스템에서 발생하는 이벤트를 지정하고, 추출하고자 하는 이벤트 패턴을 등록하면, 여러가지의 이벤트 스트림을 정제, 합산, 수집, 결합한 후 패턴매칭을 통해 원하는 이벤트 패턴의 감지하는 기능을 제공



자료 : 충남대학교 산학협력단, 2014, IoT기반 소규모용 스마트 수도계량기 실시간 검침 및 유량 스트림 빅데이터 처리 기술 개발

[그림 3.12] CEP엔진의 이벤트 처리 방법

- 데이터베이스 관리를 위하여 지원 시스템으로 DBMS를 사용한다면, CEP 처리를 위해서는 CEP 엔진을 사용
- CEP는 디스크를 사용하지 않고, 메모리상에서 이벤트를 처리하기 위해 Sliding Window를 사용함
- Sliding Window는 일정 시간 또는 일정 개수의 이벤트만을 메모리상에 보관하고, EPL(Event Processing Language)을 사용하여 Sliding Window 상에 보관된 이벤트를 대상으로 처리함
- 데이터베이스 관리를 위한 언어로 SQL이 사용된다면, CEP 처리를 위해서는 EPL을 사용
- EPL은 실제로 SQL과 유사한 문법 구조를 가지지만, 아직 표준화된 단계는 아니며 각 CEP 엔진에 따라 약간의 차이가 있음
- EPL은 원하는 이벤트 스트림 중에서 원하는 조건에 충족되는 상황을 발견하기 위한 구문을 정의하는데, SQL처럼 Select/From/Where 절을 기본적으로 사용하며, 완성된 문장을 Statement라고 함
- 어댑터를 통해 CEP엔진에서 사용할 수 있는 이벤트 형식으로 데이터를 변환한 후, 엔진으로 전송을 하며, 전송된 스트림 데이터는 Statement의 조합에 의해 실시간으로 처리를 수행하게 되고, 마지막 Statement에는 Listener를 연결하여 이벤트 결과에 따른 대응을 수행함
- CEP를 통한 실시간 처리의 과정은 먼저 실시간으로 수도 스트림 데이터를 DDS 어댑터를 통해 수집하고, 수집된 유량 스트림 데이터를 CEP엔진에서 사용하기 위해 POJO로 변환하여 CEP엔진에게 전달
- 다음으로 CEP엔진에서 처리하기 위한 수도 관련 이벤트 패턴을 정의하고, 정의된 문장을 EPL 문장으로 작성한 후에 CEP엔진에서 수행할 수 있도록 등록함
- 마지막으로 CEP엔진은 수집된 이벤트 객체와 등록된 이벤트 패턴을 사용하여 실시간으로 이벤트를 감시하며, 등록된 패턴이 검출되면 실시간으로 대응을 수행하게 됨

## 라. 모바일 어플리케이션을 통한 물정보 제공

### □ 기존 물정보 제공방법

- 최근 선진국에서는 노후도, 에너지 비용 증가에 따라 ICT 기반의 하수도 관리

지능화를 통해 비용 절감 등 운영 효율화를 위한 노력을 하고 있는 상황이나, 우리나라의 하수도 관리 지능화는 상수도에 비해 시설 및 관망 관리에 대한 정책 추진이 미흡한 실정

- 최근 우리나라도 빅데이터 및 IoT 활용을 통한 하수관리 효율화를 위한 관련 계획을 수립·추진 중에 있으며 실제로 서울시는 바이패스 발생 여부를 실시간으로 투명하게 공개하기 위해 물재생센터에 CCTV를 설치하여 누구나 하수처리상황을 온라인으로 확인할 수 있도록 공개
- 안양시의 경우 전국 최초로 상·하수도 요금 스마트 문자고지 시스템을 구축하여 스마트폰을 통해 바로 요금을 확인 할 수 있는 서비스를 제공하고 있음
- Su-WIN SYSTEM(상수관망 통합관리시스템)
  - 상수도시스템을 구성하는 수많은 계측데이터(유량, 압력, 수질 등)를 과학적으로 분석 및 관리하여 효율적 관리·이상유무판단과 빠른 대응, 체계적인 이력관리를 가능하게 하는 시스템



자료 : ㈜수인테크, 2019

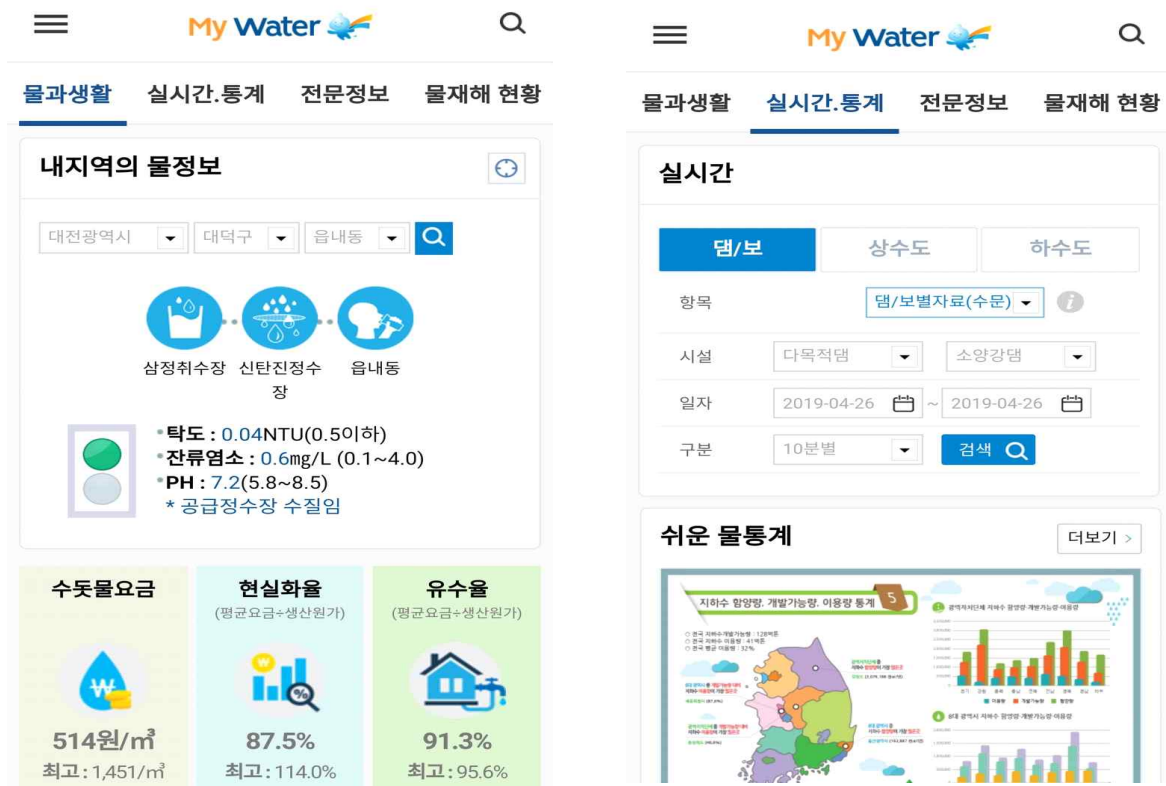
[그림 3.13] 상수관망 통합관리시스템 구축도

- 시스템의 주요기능은 계측정보를 지도화면에서 실시간 확인이 가능하고 GIS 위치 및 이력/분석 정보를 한눈에 확인 가능함
- 실시간 상황판에서 모든 기능 원클릭 접근이 가능하며, 다양한 유량 정보를 직관적인 그래프로 표현 가능

- 2D/3D GIS 기반 상황판과 상수 관망도가 가시적으로 표현 가능하며, 실시간 감시 및 관망도 보기가 가능한 모바일 APP
- 누수탐사 성과관리를 통한 업무평가 가능

#### ○ 마이워터(Mywater) 모바일 앱

- 마이워터 이용자들은 각 지역의 수돗물 수질과 요금, 미세먼지 현황 등 생활정보부터 댐과 같은 전국 수자원 시설물의 저수율, 강우량 등 전문적인 정보까지 다양한 정보를 손쉽게 검색
- 특히 나의 물 메뉴에서는 모바일 접속위치를 중심으로 수돗물 수질과 요금, 미세먼지 농도 등 생활정보를 확인할 수 있음
- 해외메뉴에서는 글로벌트랜드와 프로젝트, 포럼, K-water 해외사업 정보 등을 얻을 수 있음



자료 : 한국수자원공사, 물정보포털 앱 서비스(Mywater)

[그림 3.14] 마이워터(Mywater) 모바일 앱 제공 정보

## □ 물정보 모바일 어플리케이션 제안

- 인천시 수운영시스템(수량, 수압, 수질 밸브 등)과 IoT 기반의 수질검사 키트 및 관망내 계측기 등의 데이터 연계 체계 구축하여 공급자와 소비자 간 정보공유를 위한 스마트폰 어플 개발
  - 또한, 현장과 사무실 간, 다양한 조사팀 간의 실시간 의사소통, 사진전송, 동영상 전송, 현장업무 완료 보고 지원의 메신저 기능 개발하여 수도물 공급에 따른 비상운전 시 용수공급 현황을 확인하고 체계적인 유지관리 결과를 측정 및 입력이 가능하여 업무 수행의 편의성 제공



[그림 3.15] 모바일 어플리케이션 예시

## 3.2.2 APP을 이용한 공급자와 소비자 간 양방향 의사소통 기능제시(안)

### 가. 양방향 의사소통 APP 플랫폼

- 기존의 일방적 정보 제공식 APP 플랫폼에서 벗어난 양방향 의사소통 APP 플랫폼 개발
  - 공급자는 수 운영시스템 데이터 결과를 통해 이해가 쉽도록 가시적 정보를 제공하며, IoT 기반 수질검사키트를 통해 관망내 계측기 등의 데이터를 취합하여 과학적으로 분석한 내용을 제공함
  - 이 때, 다기능 실시간 계측기 정보를 확인할 수 있으며, 실시간 수질 변화 분석 결과 및 현장업무 등의 결과 정보를 제공함
  - 이에 따라 소비자는 공급자의 제공 정보에 대한 실시간 확인이 가능하며, 소비자 들이

쉽고 간단하게 사용할 수 있는 보급형 수질검사 키트에 대한 수질 검사 결과를 수운영 센터로 전달 가능함

- 스마트폰 어플과 연동하여 인천수운영 센터로의 다양한 서비스 요청 및 민원 신고 접수 전달이 용이함
- 따라서, 공급자의 물 정보를 제공하는 동시에 소비자(주민)의 신고사항과 불편에 대한 피드백을 빠르게 수용하고 대응할 수 있음

#### ○ 수계전환 및 수질 관리 현장 업무지원을 위한 스마트폰 APP 개발

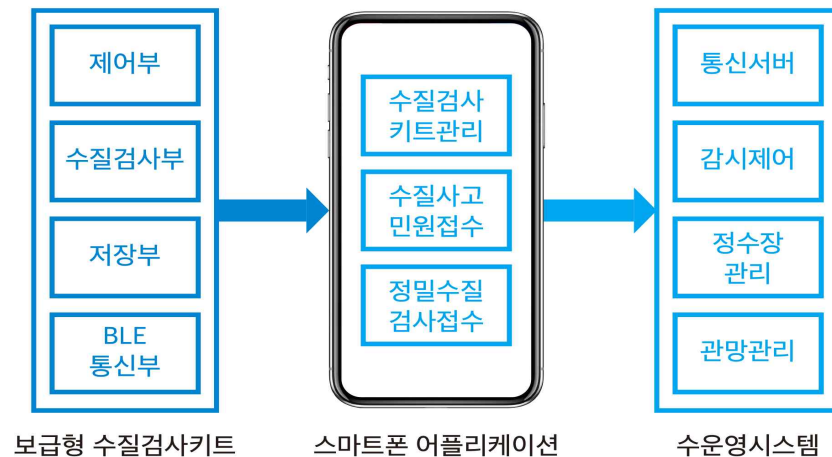
- 현장과 사무실간, 다양한 조사팀간의 실시간 의사소통, 사진전송, 동영상전송, 현장업무 완료 보고 지원의 메신저 기능 개발
- 메시지큐 서버(kafka) 적용 Sever 개발
- Real time Native APP 개발
- 조사결과 입력을 위한 모바일 전자야장 및 오토리포팅 기술 개발
- 차세대 웹표준 HTML5 기술, SAP/ERP 패키지 연동, APP 개발
- 매트릭스형 통계 분석 적용
- APP을 통한 수동 및 자동 측정값 입력으로 야장 데이터 생산
- 입력된 측정 데이터를 취합한 사용자 중심의 원클릭 레포팅 출력기능 지원



[그림 3.16] 모바일 어플리케이션 예시

- IoT 기반의 수질측정장비를 활용하여 간편하게 수질검사를 진행할 수 있는 간이 수질 키트로 측정의 정밀도 보다는 휴대성 및 경제성이 고려되어야함

- 검사결과는 BLE를 통한 스마트폰 어플과 연동하여 수운영 센터로 수질검사 결과 전달



[그림 3.17] 어플리케이션 운영을 위한 WEB/WAS 및 DBMS 구성(예시)

### 3.2.3 다양한 실시간 수질 정보제공 방안(안)

#### 가. 대형 미디어보드 서비스

- 대형 미디어보드는 스마트 서비스의 일종으로 IT 기반의 관망정보화 및 이력관리 (표준화된 DB 관리체계, 도형/속성 정보관리), 진단 결과 DB화, 수리수질·시설진단의 정량적 평가를 한눈 볼 수 있도록 함
- 싱가포르의 국립 수자원국인 PUB 는 SUEZ를 선택하여 4년동안 저수지 및 집수 작업의 실시간 모니터링 및 최적화 시스템을 유지함
  - 이는 종합적인 디지털화를 통해 싱가포르의 향후 수자원 요구 및 수자원 관리 최적화를 목표로 하는 Smart PUB 로드맵
  - 2016년부터 Marina Catchment에 성공적으로 배치 된 SUEZ의 AQUADVANCED® Urban Drainage는 현재 도시 전체로 확장되고 있는 혁신적인 디지털 솔루션이며, 네트워크를 통해 기상 정보 및 필드 센서 데이터를 이용한 마리나 유역 내에 EAL 상황을 인식
  - 데이터를 분석하여 네트워크 내 수준과 흐름을 예측하고 PUB에 의사 결정지원

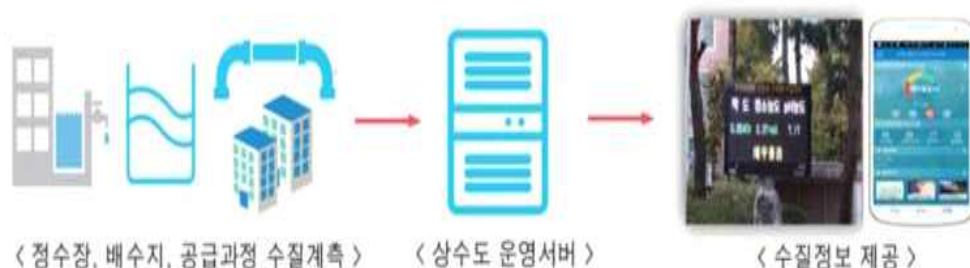


자료 : 싱가포르 국립 수자원국(PUB, Public Utility Board)

[그림 3.18] SUEZ의 대형 미디어 보드를 활용한 실시간 모니터링

## 나. BIS(Bus Information System) 서비스

- BIS(Bus Information System) 서비스를 활용하여 수질 전광판을 통한 수질정보를 제공함으로써 수돗물에 대한 막연한 불안감 해소 및 음용률 개선
- 파주시 SWC(Smart Water City) 사례에서 수질전광판을 통한 수질정보 제공으로 음용률을 제고함('14년 1.0%→'15년 24.5% 증가)



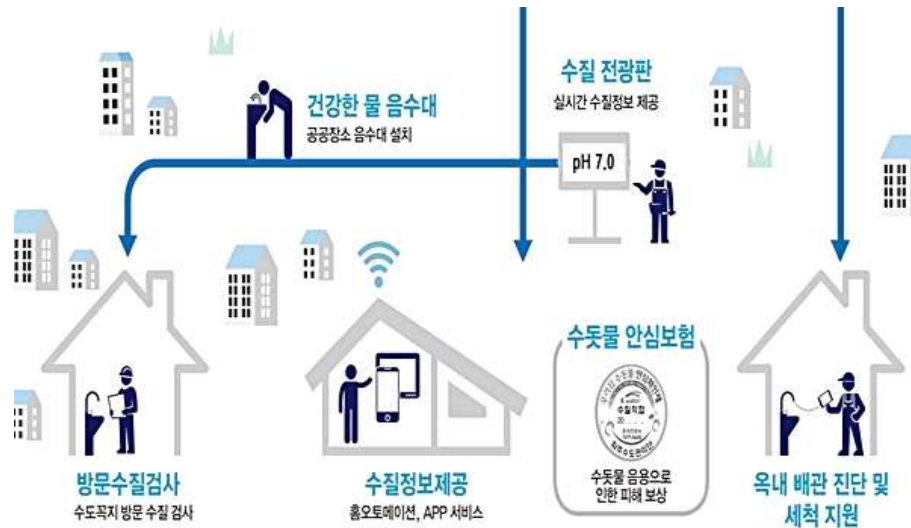
자료 : My water 이슈리포트, 2017, 제4차 산업혁명과 스마트도시

[그림 3.19] 수질정보제공 시스템 구성도

## 다. 홈오토메이션 서비스

- ICT를 이용해서 취수원에서 수도꼭지까지 수돗물 공급 전 과정에 있어서 실시간 누수감지, 조기경보, 수처리공정 고도화 등 수량과 수질을 과학적으로 관리하고 그 결과를 소비자가 스마트폰이나 홈오토메이션을 통해 직접 확인할 수 있는 시스템

- 실시간 수돗물 수질 정보를 제공하여 확인함으로써 수요자의 수돗물 신뢰성 향상과 불안감 해소



자료 : My water 이수리포트, 2017, 제4차 산업혁명과 스마트도시

[그림 3.20] 스마트워터시티의 소비자 중심 수도서비스 체계

### 3.2.4 계측 데이터 기반 운영자 의사결정지원 방안(안)

#### 가. 빅데이터 연구방법론(Machine Learning)

- 기계학습 또는 머신러닝(Machine Learning)이란 인공 지능의 한 분야로, 컴퓨터가 학습할 수 있도록 하는 알고리즘 기술 개발
  - 가령, 기계 학습을 통해서 수신한 이메일이 스팸인지 아닌지를 구분할 수 있도록 훈련할 수 있음
  - 기계 학습의 핵심은 표현(representation)과 일반화(generalization)에 있음
  - 표현이란 데이터의 평가이며, 일반화란 아직 알 수 없는 데이터에 대한 처리이고, 이는 전산 학습 이론 분야이기도 하며 다양한 기계 학습의 응용이 존재
  - 문자 인식은 이를 이용한 가장 잘 알려진 사례
- 기계학습(Machine Learning)의 급격한 발달에 따라 대형화된 환경정보로부터 정형화된 패턴을 발견하고, 이를 활용하여 정밀한 단기 예측을 수행하는 연구가 획기적으로 발전하고 있으며 이러한 기술진보를 활용하면 개인적-사전적 환경서비스에

대한 수요에 조응하는 환경서비스도 개발이 가능한 상황

- 따라서 기존의 평균적-사후처리 중심의 환경 서비스에서 개인적-사전예방 중심의 환경 서비스로 전환하고자 하는 수요와 전환이 가능한 기술적인 조건이 마련
- 기계학습으로 대표되는 빅데이터를 활용하는 연구는 패턴의 파악이 필요한 다양한 연구분야에서 활발하게 수행
  - 기계학습 방법론은 관심의 대상이 되는 변수의 값을 예측하는 지도학습(Supervised Learning) 방법론 및 주어진 자료를 구성하는 변수들 간 관계의 규칙성을 파악하는 비지도학습(Unsupervised Learning)으로 대별
  - 지도학습법은 연구의 관심이 되는 주요변수(이하 관심변수)의 미래 값을 예측하는 예측(Prediction)연구에 주로 사용
  - 비지도학습법은 변수 간 관계를 이용하여 자료를 구분하는 군집분석(Cluster Analysis) 및 텍스트 자료의 구성 요소 간 관계를 파악하는 텍스트 마이닝(Text Mining) 연구에 주로 활용
- 기계학습으로 대표되는 빅데이터를 활용하는 연구는 패턴의 파악이 필요한 다양한 연구분야에서 활발하게 수행되고 있음
- 시흥시는 '빅데이터(Big Data)'를 활용, 상수도 누수 관련 민원을 해결하고 향후 발생할 위험을 사전에 차단할 수 있는 '공공 빅데이터 표준분석모델'을 개발
  - 빅데이터를 통해 누수 신고·발생 지역, 상수도 노후 관망 및 거주인구, 상수관로 속성 및 매설 환경 등을 기반으로 상수도 관로 및 누수 패턴 분석, 상수관로 누수 위험도 예측 및 옥내 수용가 누수 위험 분석을 시행
  - 그 결과 상수관로의 신설 및 교체 우선순위 대상 선정 등에 활용하고, 시 전체 현황을 한눈에 파악할 수 있도록 시각화된 분석화면을 제공해 효율적인 누수관리 및 의사결정이 가능
- 전북도와 한국국토정보정보공사(LX)에서도 행정·공공기관 간에 소통과 협업으로 빅데이터 분석 및 활용 서비스를 목표로 2015년 2월부터 도청 6층에「빅데이터 활용센터」를 설치 공동으로 운영하고 있으며, 전주시의 수년간(2009년~2015년) 축적된 상수도 누수발생 민원데이터와 급수관 정보, 계량기 정보 데이터를 기반으로 빅데이터 분석 실시

- '상수도 관로 누수 위험도 예측'을 위해 누수신고 민원과 관로 데이터를 융합해 누수 패턴을 분석하였으며 여기에 계량기 검침량 데이터와 건축물 정보를 이용해 '상수도 과다 수용가'를 추출하고 건물노후도 정보와 비교해서 '건물 내 누수 위험 지역'을 찾아 볼 수 있게 되었음
- 분석 결과 누수의 82%가 도로에서 가정까지 연결되는 급수관에서 발생하는 것으로 나타났으며, 관재질별로는 PVC관이 누수의 76%를 차지함
- 이와 같은 분석결과를 토대로 관로 신설이나 교체 시 우선 점검 대상으로 선정하는 등 누수를 탐사 시 대상지역 선정에 보조자료로 활용

○ 상수도 누수위험도 예측모델은 상수도 관로 및 누수 패턴분석, 상수관로 누수 위험도 예측 및 옥내 수용가 누수 판별과 같은 지자체 상수도 관련 공통 핵심 기능을 제공



자료 : 행정안전부, 2018, 공공빅데이터 표준분석모델 매뉴얼

[그림 3.21] 상수도 표준분석모델 개요

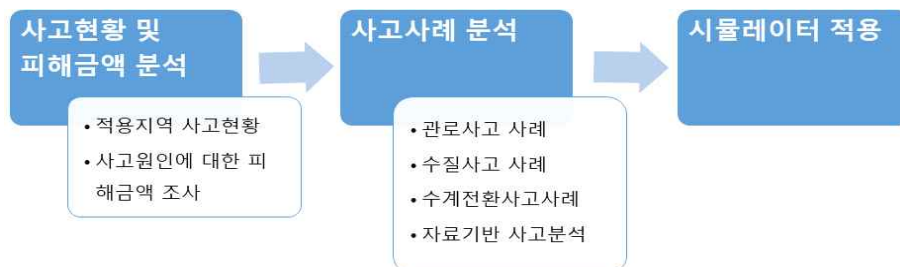
## 나. 딥러닝을 활용한 환경리스크 예측

- 기술적 측면에서 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘은 노드 간 연결 형태와 사용하는 수치 모델에 따라 여러 세부 모델이 존재
  - 세부 주요 기술로 CNN(Convolutional Neural Network)은 주로 영상인식 분야에, RNN(Recurrent Neural Network)은 시간적 상관관계가 중요한 데이터와 시계열 데이터 등 동적 데이터에 활용됨
  - 딥러닝 기술은 아직 완전히 성숙한 단계는 아니지만, 스스로 학습한다는 점과 특징을 스스로 학습할 수 있다는 비지도 학습 측면에서 확장 가능성이 큰 기술

- 환경에서의 딥러닝 및 텐서플로 등의 활용 사례는 많지 않으며 실시간으로 다량의 데이터가 축적되는 환경분야에서 딥러닝 기술이 적용된다면 환경리스크 예측 등에서 유용하게 활용 가능할 것으로 판단됨
- 특히 환경분야는 주로 시간 및 공간 데이터를 함께 다루므로, 이를 분석할 환경 딥러닝 분석 방법론의 개발이 필요함

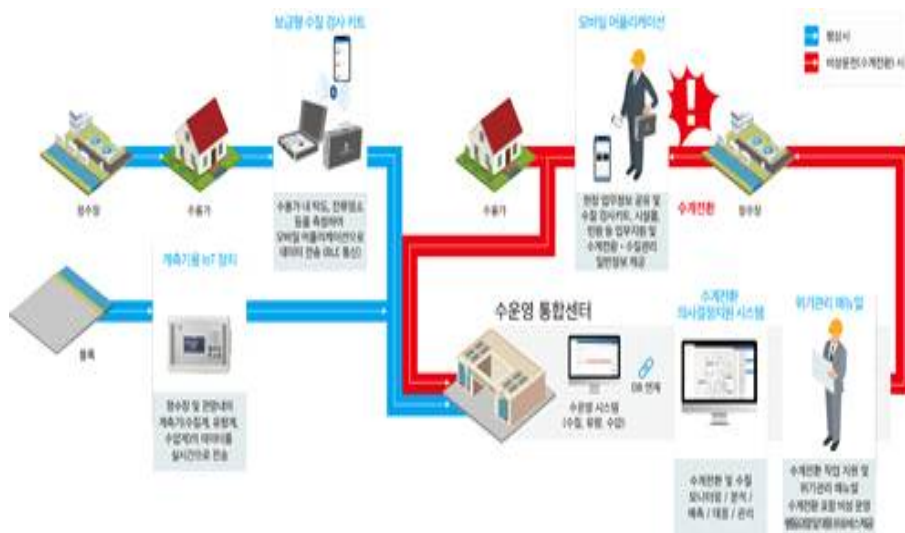
#### 다. 시범 블록 선정을 통한 계측 데이터 기반 정확도 향상

- 물관리 분야에 인공지능을 도입하였을 때 시스템이 개선되는 사례가 다수 존재함
  - 수도운영 데이터 오결측 검출, 정제→검출데이터의 신뢰성 및 정확도 향상
  - 수처리 약품공정 최적제어→약품 투입량 최적화를 통한 약품비 절감 도모
  - 인공신경망과 퍼지추론을 적용한 관 파손 인지기술→관 파손 인지기술 고도화
  - 딥러닝 알고리즘을 적용한 배수지 수위 변화 예측→배수지 수위 예측 정확도 향상 및 자가 특징 추출에 의한 계산 시간 감소
  - 하수재이용/해수담수화 효율 증대를 위한 막오염(파울링) 제어→막오염 제어를 통한 전력소비량 6% 절감
- 시범 블록(예로 서구, 영종, 강화) 선정 시 물관리 업무별 인공지능 적용성 검토는 다음과 같음
  - 적용지역에 대한 사고 현황과 원인 및 피해 금액 조사
  - 수리·수질 사고에 대한 다양한 사례분석: 관로사고, 수질사고, 수계전환사고 등 자료기반 사고분석
  - 인공지능 시뮬레이터 선정 및 적용



[그림 3.22] 의사결정 지원 방안 제시

- 인천시에 적합한 스마트워터그리드 구축 및 의사결정 지원을 위해서는 적용 대상지역 구성방안은 다음과 같음
- 정수장으로부터 물을 공급 받은 수용가는 보급형 수질검사 키트를 통해 수용가 내 탁도, 잔류염소 등을 측정하여 모바일 어플리케이션으로 데이터 전송할 수 있으며 양방향 의사소통이 가능하도록 함(민원 접수 및 서비스 신청 가능)
  - 또한 적용 대상블록은 계측기용 IoT장치를 설치하여 정수장 및 관망 내 계측기(수질, 수량, 수압 누수 등) 실시간 자료 전송
  - 모든 물 정보 데이터는 수운영 통합시스템으로 전송 및 관리되며 DB와 연계되어 수계전환 및 의사결정시스템에서 활용
  - 수계전환 및 수질 모니터링/분석/예측/대응/관리 가능
  - 위기관리 매뉴얼을 통해 문제 발생 시 신속한 대처 가능
  - 수용가는 문제 발생 알림과 해결 완료 여부를 스마트 서비스(APP, BIS, 홈 어플리케이션)를 통해 제공받을 수 있고 실시간 분석 정보 확인 가능
  - 특히, 모바일 어플리케이션을 통해 현장 업무정보 제공 및 수질 검사키트 검사, 시설별 현황 등의 정보를 제공 받고 피드백 할 수 있음



[그림 3.23] 의사결정 지원 방안 제시

### 3.3 상수도 GIS 고도화에 의한 상수 시설물 관리 효율화 방안

#### 3.3.1 수자원 업무 분야별 분석

##### □ 상수도 지리정보시스템 정의

- 상수도 배관 및 부속 시설물, 일반 시설물에 대한 도형 및 속성자료를 지리정보 시스템 기법을 이용하여 전산화하고, 이러한 자료들의 입력, 출력, 분석 등을 수행할 수 있도록 하드웨어, 소프트웨어, 응용프로그램으로 구성된 전산 정보체계

#### 가. 인천광역시 상수도 지리정보시스템 구축현황

##### □ 인천광역시 상수도관리시스템 구축현황

〈표 3.5〉 인천광역시 상수도관리시스템 구축 현황

구분	명칭	상세구분	주요기능	개발환경
상용 소프트 웨어	ArcGIS	ArcInfo	GIS Engine 운영 및 관리	-
		ArcEditor		
		Network Analyst		
		ArcGIS Server		
		ArcGIS Server additional		
응용 소프트 웨어	상수도 관리 시스템	조회/관제시스템	웹기반 Layer표시 및 민원접수관리	Java, Flex, ArcGIS Rest API VisualStudio.Net
		편집시스템	C/S기반으로데이터편집기능	
		관리자 시스템	사용자관리, DB관리이력 등	
		현장지원시스템	GPS측량장비와 연계하여 현장시설물의 좌표 취득	

자료 : 인천광역시 상수도 사업본부

#### 3.3.2 GIS 데이터의 활용방안

##### □ 빅데이터 시대의 핵심 요소로 시각화에 대한 중요성 날로 증가하고 있음

- 오늘날 우리가 사용하고 있는 데이터의 80% 이상은 위치정보를 포함하고 있으며, 공간정보(GIS)는 데이터를 시각화하기에 아주 유용한 도구임

- 빅데이터와 공간분석을 행정에 접목하여 주민들을 위한 맞춤형 정책에 활용하여

행정서비스를 높이는 것이 중요

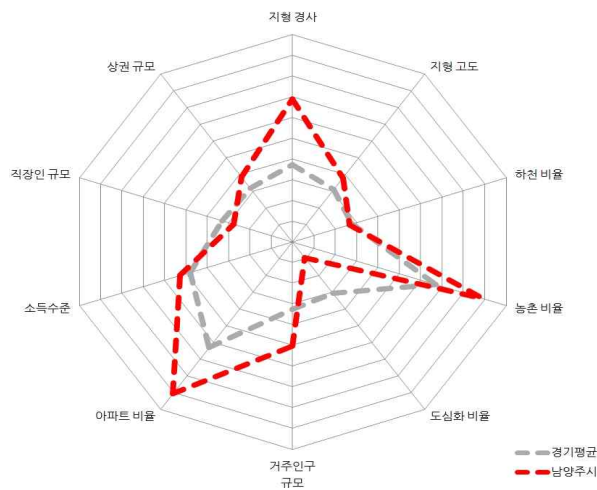
- 특히, 상수도 GIS 데이터를 활용하여 상수사용량을 분석하고, 상수도 노후관 교체시기 등 의사결정에 활용될 수 있음
- 또한, 2차원 공간정보는 타 시설물과의 저촉 여부 등 현장을 가지 않고 관리하는 것에 한계가 있으므로 3차원 공간정보시스템을 통해 상수도의 각종 시설물에 대하여 체계적으로 관리가 가능

## 가. 빅데이터와 러닝머신기법을 활용한 상수관 관리 의사결정 사례

### □ 남양주시 노후관로 교체 시기 의사결정 활용 예시

#### ○ 일반 현황 분석

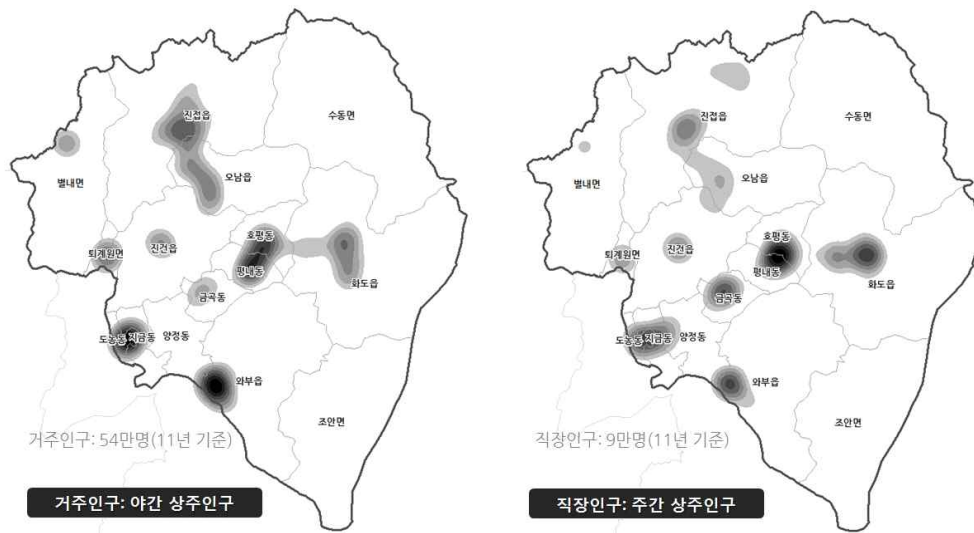
- 지역 현황에 대한 정량적으로 평가



[그림 3.24] 남양주시 일반현황 분석

#### ○ 주야 간 상주인구 변화 분석

- 주야간의 정주인구(머물러 있는 인구)의 패턴 분석



[그림 3.25] 주야간 상주인구 변화 분석

### ○ 거주특성 분석

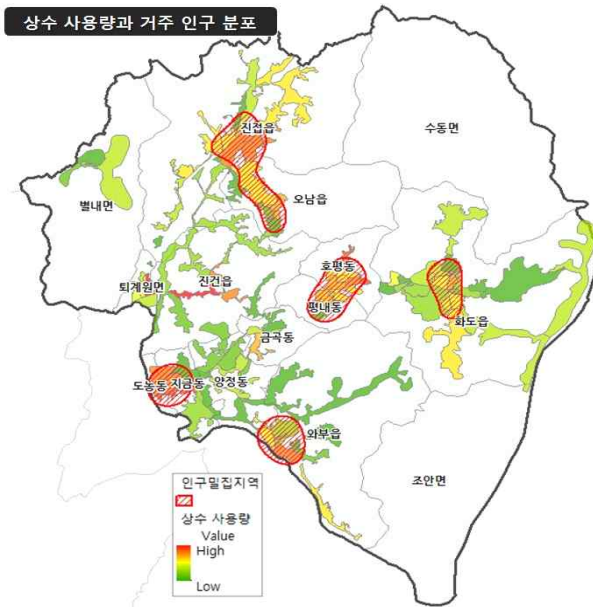
- 상수관련 정책 수립 시 공동주택의 물 소비와 수요를 고려



[그림 3.26] 거주특성 분석

### ○ 상수사용량 현황

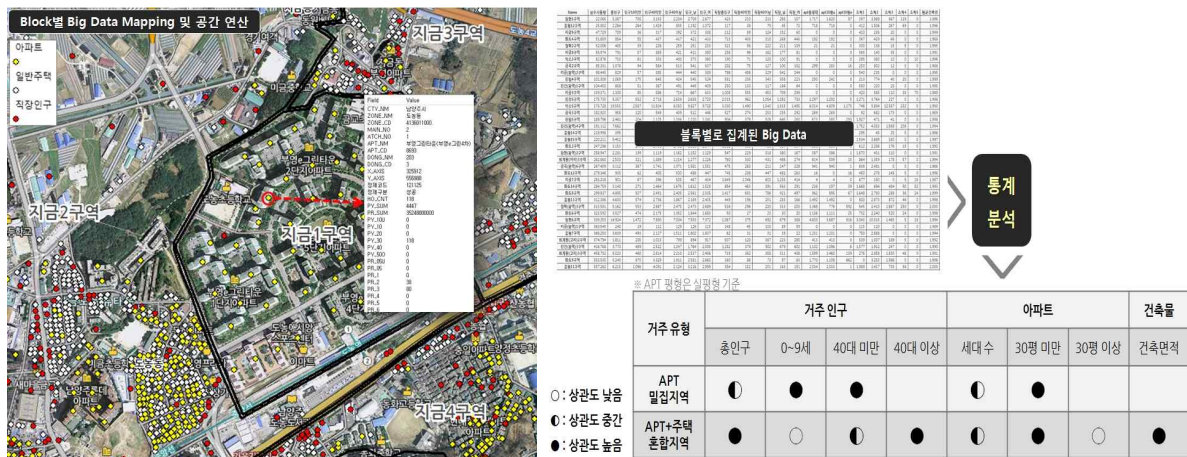
- 인구가 밀집한 지역에서 상수사용량 분포 현황분석



[그림 3.27] 상수사용량 현황

### ○ 통계분석을 위한 외부변수 공간 집계

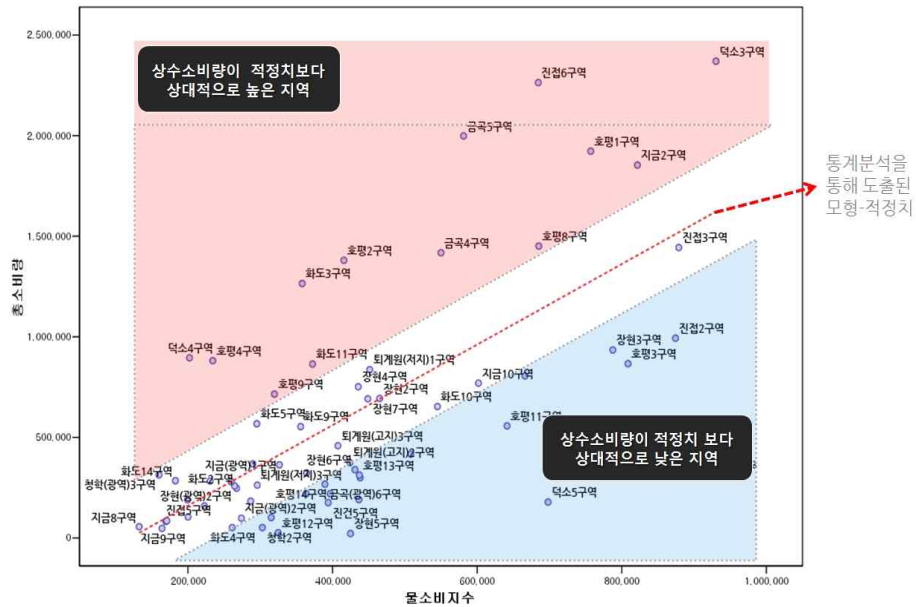
- 공간통계의 효과를 내기 위해 공간적인 연산을 통해 블록별 외부데이터(성연령별 거주인구, 직장인구, 아파트 세대수 등의 정보) 집계



[그림 3.28] 통계분석을 위한 외부변수 공간 집계와 통계 분석결과

### ○ 소비량 진단

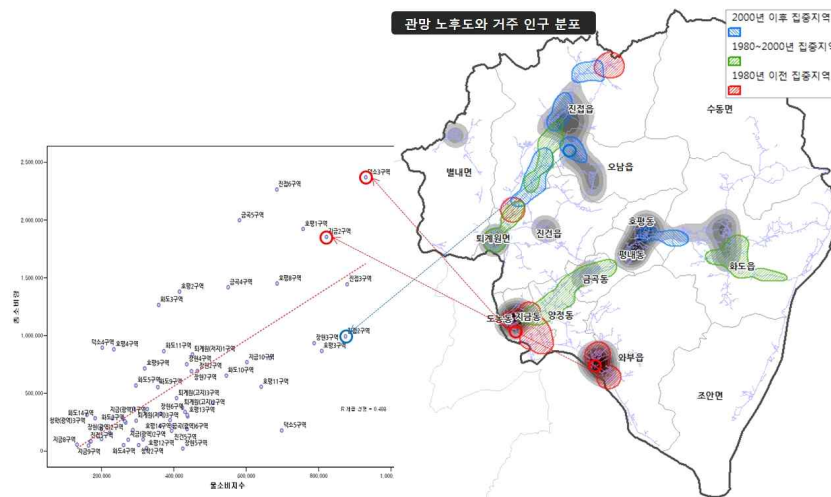
- 통계분석을 통해 도출된 결과를 활용하여 블록별 상수사용량의 적절량(물 소비 지수) 추산



[그림 3.29] 소비량 진단

### ○ 소비량 진단과 상수도 노후도

- 상수관로의 노후도를 살펴보기 위해 2000년 이후 매설, 1980~2000년 매설, 1980년 매설 이렇게 3단계로 구분하여 지도에 집중도를 표시하고 지역별 노후도와 소비량 진단 그래프 비교



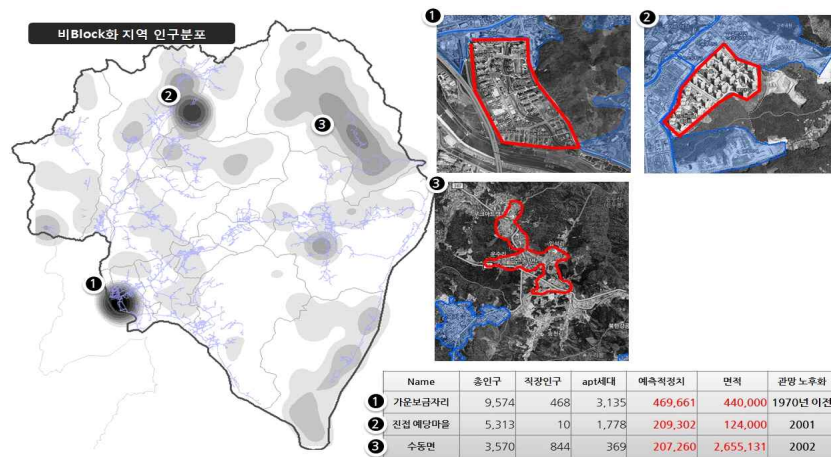
[그림 3.30] 소비량 진단과 상수도 노후도

### ○ 상수도 개선 사업 우선지역 도출

- 실제 상수사용량은 거주인구의 규모와 밀접한 관계가 있으며, 상수 노후도가 높은

## 지역의 누수가 의심됨

- 향후 제한된 상수 관련 예산을 효율적으로 활용하기 위해서는 물 사용량이 가장 많고 노후도가 높은 지역을 우선하여 개선하는 것이 합리적
- 남양주시 내에 아직 상수 블록화가 이뤄지지 않은 지역 중 블록화 사업을 우선 실시해야 하는 지역은 면적이 작고, 인구 밀집지역(1번 또는 2번)으로 판단됨

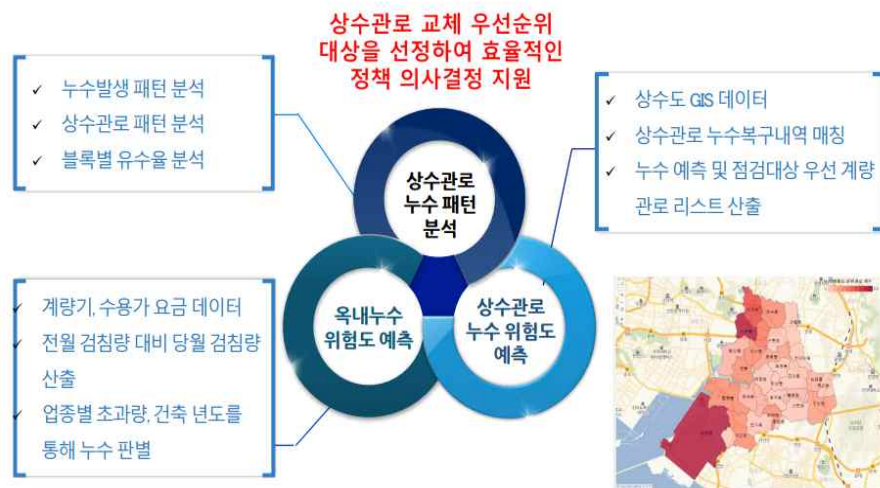


[그림 3.31] 상수도 개선 사업 우선지역 도출

□ GIS와 머신러닝을 활용한 상수도 누수위험도 예측모델 수립

○ 상수도 누수위험도 분석 모델 개요

- 효율적인 누수관리 및 개선방안의 해결책으로 노후 수도관 교체 우선 지역 선정을 위한 표준분석 모델 정립



[그림 3.32] 상수도 누수위험도 분석 모델 개요

○ 분석 변수

- 상수도 분석 변수 수집

항 목	분석 변수		
상수관로 속성 데이터	매설년도	관경	관재질
	매설심도	관용도	접합종류
매설환경 데이터	수용가밀집도	토양 배수등급	도로종류
누수복구내역 데이터	상수관로별 누수발생 건수	상수관로 누수복구내역 매칭 방법론 (누수복구내역 데이터 관리문제 기인)	

※ 위의 분석변수는 데이터 수집 및 정제단계(이상치, 결측치 처리, 데이터 분할)를 통한 최종 선정 변수입니다.

[그림 3.33] 상수도 분석 변수 수집

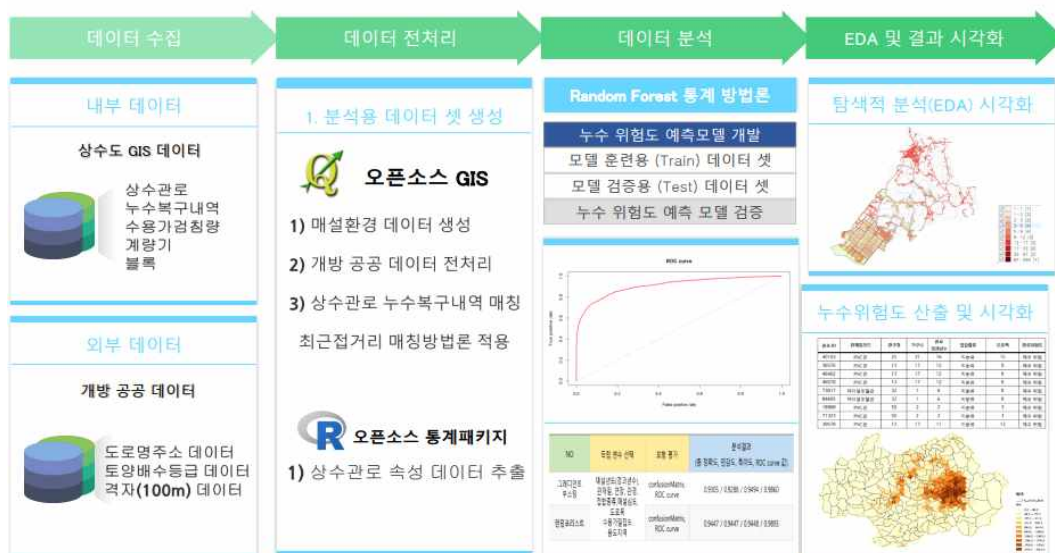
## ○ 데이터 입수현황

### - 상수도 분석 관련 데이터 입수 현황



[그림 3.34] 상수도 분석 관련 데이터 입수현황

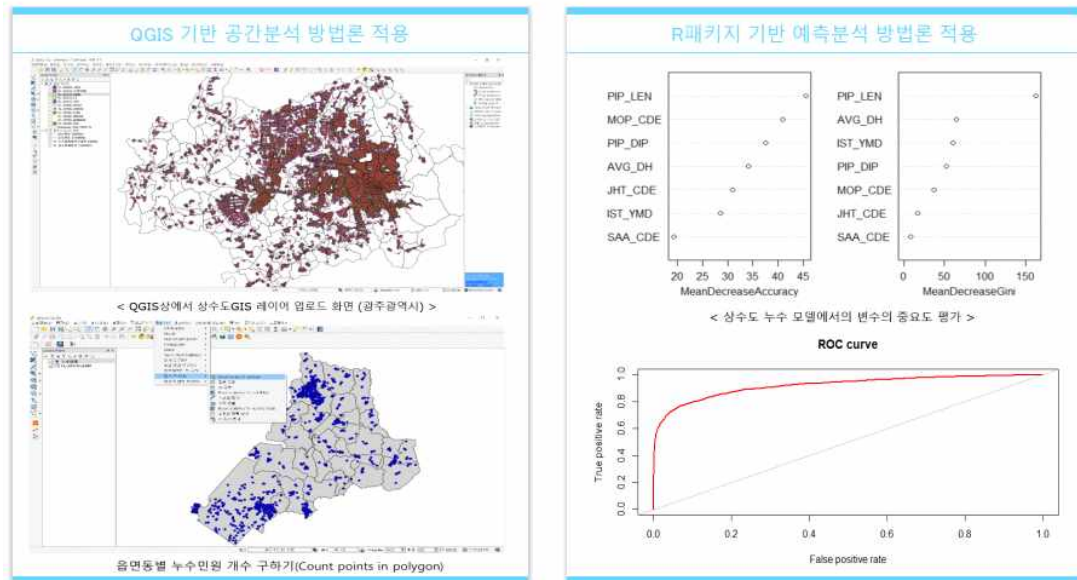
## ○ 데이터 수집, 전처리, 분석 및 결과 시각화의 표준 프로세스



[그림 3.35] 데이터 수집, 전처리, 분석 및 결과 시각화의 표준 프로세스

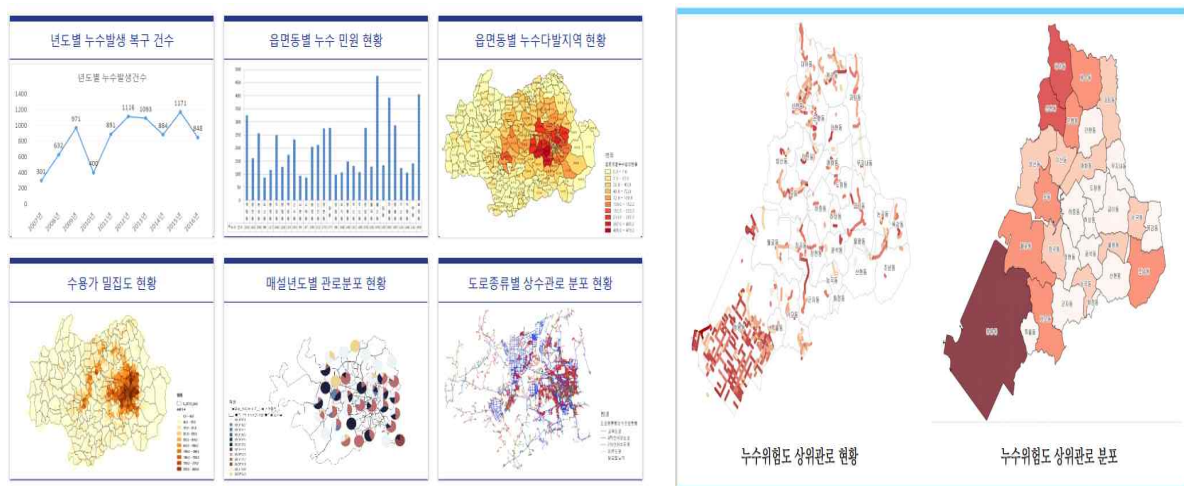
○ QGIS 공간분석 기법과 R 통계 예측분석 기법을 적용

상수관로 누수위험도 분석결과, 3개 방법론 가운데 예측성능이 가장 우수한 RandomForest 예측 방법론을 채택함  
모델성능 민감도 = 89%, 특이도 = 61%, AUC = 0.856



[그림 3.36] QGIS 공간분석 기법과 R 통계 예측분석 기법을 적용

○ 상수도 누수위험도 분석모델 EDA



[그림 3.37] 상수도 누수위험도 분석모델 EDA

○ 상수도 누수위험도 상위관로 상세정보 보기



[그림 3.38] QGIS기반 누수위험도 상위관로 속성정보



[그림 3.39] QGIS기반 상수도 누수위험도 상위관로 상세보기 화면

나. 상수도 시설물 공간정보 구축 및 입체화로 스마트한 상수도 시설물 관리체계 구축

□ 상수도 시설물 3차원 공간정보 구축 필요성

○ 2차원 공간정보는 타 시설물과의 저촉 여부 등 현장을 가지 않고 관리하는 것에 한계가 있으므로 3차원 공간정보시스템을 통해 상수도의 각종 시설물에 대한 체계적으로 관리 가능

- 2017년에는 기존의 2차원 GIS 공간정보데이터를 3차원으로 변환하여 속성자료를 연계하였고, 상수도 구조물 및 기전설비자료를 DB구축하여 3D모델링을 통한 3차원 서비스를 시작

- 또한, 3차원 서비스를 제공하기 위한 기반시설 구축과 국토교통부에서 기 구축한 5종 지하관로(상수도, 전기, 가스, 통신, 난방, 송유관)를 연계하여 서비스함으로써 사용자 편의성 증대
- 상수도 시설물의 3차원 서비스로 인해 타 시설물과의 영향도 분석 단면도, 경사도 등 현장에 가지 않고도 시각적이고 미래지향적인 행정에 기여
- 상수관로, 안전밸브, 제수밸브, 퇴수밸브, 감압밸브, 공기밸브, 편락관, 변실, 관말 등의 상수시설물 데이터들은 3차원 형태로의 가공이 가능하며, 3차원 모델링이 완료된 영상자료와 매칭하여 보다 실질적인 관리 및 서비스 가능
- 향후, 3차원 상수도 시설물 3차원 공간정보 구축을 통해 상수관망시설과 정수시설에 있어서 각각에 대한 자산관리에 편의성을 제공하며 동시에 상수도시설의 효율적인 자산관리를 수행할 수 있는 스마트 상수도시설물 관리시스템, 그리고 전체 상수도 시설의 유지관리 및 개량을 위한 재정계획수립시스템 등을 통합적으로 운영 및 관리하기 위해 개발된 통합시스템을 현장에 적용 가능

#### □ 서울특별시 상수도 지하시설물 3D 구축 사례

- 서울특별시는 기반시설 구축과 전국 최초로 보광배수지 실내·외를 3D로 시범 구축하였고 국토교통부에서 기 구축한 5종 지하관로(상수도, 전기, 가스, 통신, 난방, 송유관)를 연계하여 서비스함으로써 사용자 편의성을 한 단계 향상
- 서울시는 노후화된 도시 지하시설물 관리의 어려움을 해소하기 위해 지난 2017년 제정된 지하안전관리특별법 시행에 따라 기존 CAD 및 준공도면으로 관리해온 배수지 100곳, 정수장 6개소 등 주요시설물의 3차원 구축사업을 오는 2027년 완료 목표로 추진 중



[그림 3.40] 서울시 뚝도아리수정수센터 시설물3D 투시도 및 전경

### 3.3.3 상수 시설물 관리 효율화 방안(안)

#### 가. 상수도 자산관리 정의 및 도입 필요성

##### □ 정의

- 물질적 자산의 전 생애에 걸친 위험요소를 파악 및 관리함과 동시에 소비자가 필요로 하는 서비스 수준을 최소의 비용으로 제공하기 위해 여러 가지 수단을 결합하여 필요한 의사결정을 내리는 것을 말함.

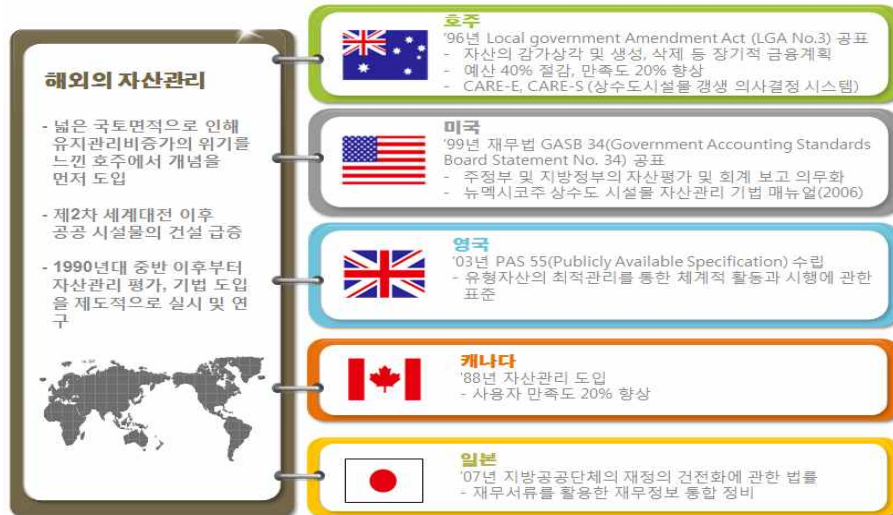
##### □ 필요성

- 최근 상수도 시설물의 노후화로 인한 유지관리비용이 지속적으로 증가하고, 이로 인해 예산의 충분한 확보 및 합리적인 배분이 점차 중요하게 고려되고 있음
  - 공공시설의 경우 대체로 당시 상황에 대응하여 신설, 유지보수 등에 대한 예산을 산정하는 것이 현실이며, 상태평가를 바탕으로 필요한 부품의 교체나 예상 수명에 따른 교체, 문제 발생 시 수리하는 방식을 취하고 있기 때문에 비용 측면에서 매우 비효율적
  - 이러한 상황을 고려할 때, 사회기반시설물의 유지관리 비용 상승을 억제하고 방대한 양의 시설물을 관리하기 위한 자산관리 기술의 개발 및 도입이 절실함
  - 일반적인 공공시설물과 달리 지하에 매설되어 있는 특수성으로 인해 운영 및 유지관리가 더 어려우며, 특히 설계 및 시공이 초기에 이루어진 대도시를 중심으로 관망의 노후화가 진행되어 출수불량, 누수발생, 민원신고 증가, 기능 저하 등의 문제점이 발생
  - 이를 조기에 파악할 수 없어 문제점이 더 커지고 있어 체계화된 자산관리 개념을 이용한 관리체계 수립 및 수리에 따른 자산가치 관리, 장기적 예산관리의 필요성이 타 시설물에 비해 높음

#### 나. 국내·외 자산관리 기술개발 현황

##### □ 국외 자산관리 기술개발 현황

- 미국, 유럽, 일본, 호주 등 선진국의 경우 '90년대 중반 이후부터 자산평가나 자산 관리 기법 도입을 제도적으로 실시



[그림 3.41] 국외 자산관리 기술개발 현황

- 상수도시설의 운영 및 자산관리 통합시스템 개발('15~'17, 환경부) 연구가 상수도 시설을 대상으로 본격적으로 연구된 최초 사례임
- 이를 토대로 에코스마트상수도사업단('16~'21) 8세부 사업단인 한국수자원공사와 서울시립대학교에서는 'ICT기반 상수도시설 스마트 자산관리 시스템 개발' 연구 진행 중



[그림 3.42] 국외 자산관리 기술개발 현황

## 다. 상수 관망 자산관리를 위한 GIS 고도화 방안

### □ GIS의 역할

#### ○ 상수관망 자산관리 인벤토리 DB 구축을 위한 기본 정보제공

- 일반적인 상수관망 GIS 제공 정보로는 매설(공사)일자, 매설 위치(시점-종점), 관 재질, 관경, 접합종류, 최저-최고 매설 깊이, 폐관년도 등이 있음
- GIS를 활용한 상수관망 시설의 운영 효율화를 위해서는 GIS와 자산관리의 연계가 필수이며, 자산관리 인벤토리 DB가 GIS와 연동되고, 자산관리 결과가 GIS상에 표현이 되어야 함

### □ 상수 관망 인벤토리 DB 구축

#### ○ 인벤토리의 정의

- 수도 관망시설 Inventory는 전체 상수도 관망시설을 구성하는 각 시설의 세부자산 객체 목록정보과 각 자산 객체에 대한 기초정보

#### ○ 상수 관망 인벤토리 DB 구축

- 상수 관망시설 구성 세부자산 객체 목록 및 기초정보 집합이 가지는 중복성을 배제하여 정보를 일원화하고, 정보를 구조화하여 저장함으로써 자료 검색 등의 데이터 처리 및 데이터 활용의 효율화를 도모하기 위한 일련의 과정

#### ○ 상수관망 인벤토리 상속트리 구성

- 관망시설 관련 준공도서 및 도면, GIS, 관망도, 기타 설계자료 등을 활용하여 상수 관망시설 계통인 도수시설, 송수시설, 배수시설, 급수시설 각각에 해당하는 관련 시설물을 구분하여 정리

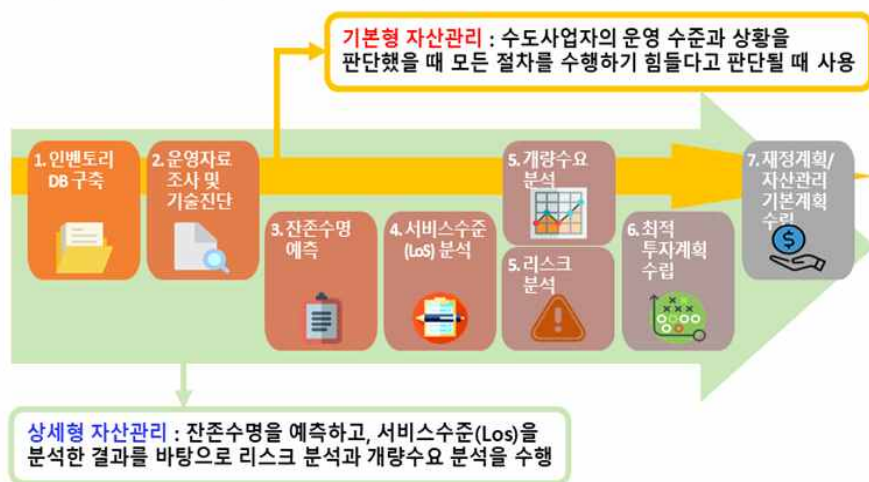
#### ○ 자산정보 GIS 연계

- 기존 GIS DB에 자산관리를 위해 구축한 상수관망 인벤토리 연계·적용
  - 기존의 관로 및 관망시설의 물리적 기본정보와 함께 자산관리 관련 정보반영 필요
- ※ 자산관리 관련 정보 중 생성정보(현존가치, 재투자가격, 갱신기준 등)로 분류된 정보는 별도의 계산 또는 자산관리 시스템이 필요한 부분

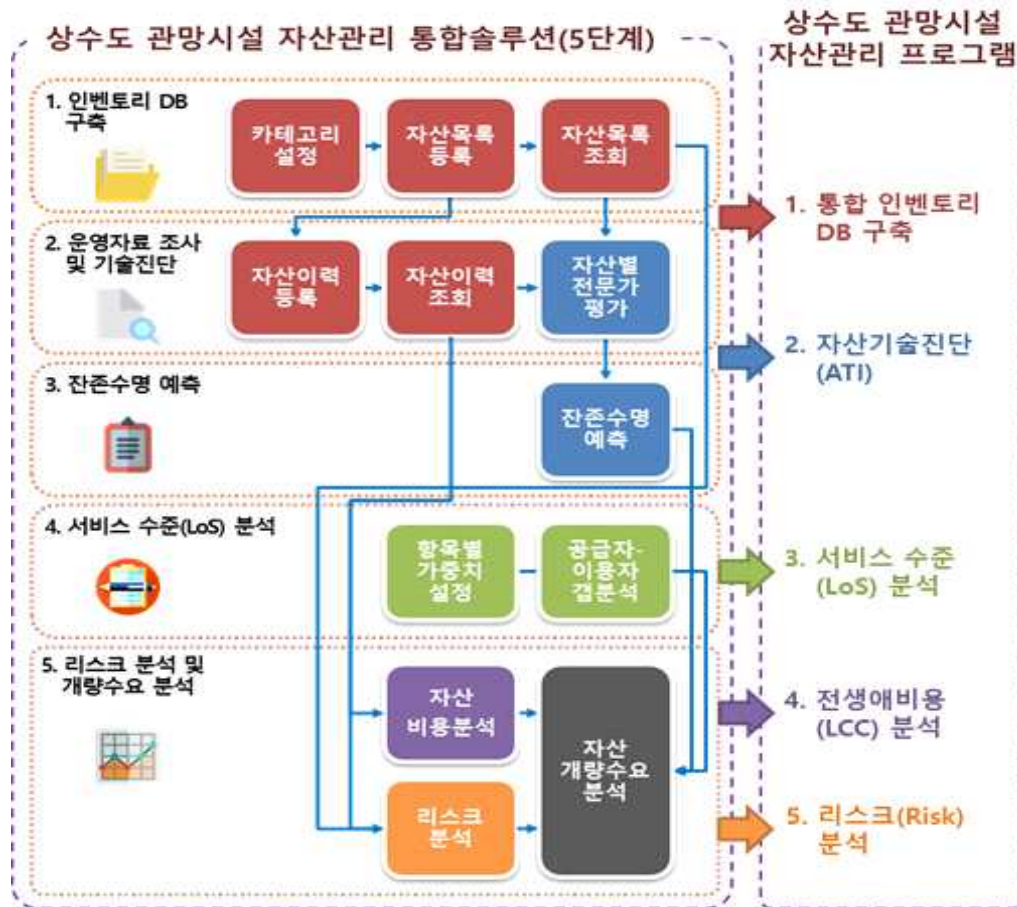
※ 운영 데이터인 고장 및 보수 이력, 기술진단 결과 등에 대한 이력관리 부분 역시 자산관리에 필수 요소로서 GIS DB에 반영하고 이력이 발생할 경우 실시간 업데이트가 필요함

## ○ 자산관리 정보 GIS상 표현

- 자산관리 주요 결과값인 자산의 건전도 상태, 개·대체 시기, 현재 자산가치 등이 GIS상에 표현될 경우 시설물의 운영관리 측면에서 시각화 및 효율화가 가능함
- GIS 고도화는 1단계인 인벤토리 DB 구축과 2단계인 운영자료 조사 및 기술진단 자료를 GIS DB에 반영하며, 3~7단계의 결과값을 GIS상에 표현하는 것이 핵심
- 단, 3~7단계의 수행은 별도의 자산관리 시스템 구축이 전제되어야 함



[그림 3.43] 자산관리 정보 GIS상 표현



단계	목적	내용
①	Inventory DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>수도사업자가 소유하고 있는 모든 자산의 목록을 DB화</li> <li>자산명칭 부여(표준화) 및 자산계층화</li> </ul>
②	운영자료 조사 및 기술진단 (진단, 평가)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술진단 결과를 DB에 반영</li> <li>해당시설의 사고 기록 및 운영 기록을 조사하고, 이를 DB에 반영</li> </ul>
③	잔존수명 예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>기본적인 잔존수명 예측 방법은 법정내용연수를 기반으로 구성</li> <li>조사된 운영자료를 토대로 잔존수명 예측(수명곡선, 파손모델 등)</li> </ul>
④	서비스 수준(LoS) 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>서비스수준(LoS) 설정을 위해 서비스수준(LoS) 분석</li> <li>소비자가 제공받길 바라는 서비스와 그 서비스를 제공하기 위해 소요될 비용, 제공할 수 있는 서비스 그리고 그로 인해 발생할 수 있는 리스크 사이의 균형을 조절</li> </ul>
⑤	리스크 분석 및 개량수요 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>각 관로별 리스크 산정을 통하여 개량우선 순위를 분석</li> <li>자산의 중요도와 투자우선 순위를 고려하여 각 시설의 개량시기 검토</li> <li>잔존수명 예측결과, 리스크 분석, LoS 분석결과를 토대로 개량대상이 되는 자산 예측</li> </ul>

[그림 3.44] 상수도 관망시설 자산관리 통합솔루션

□ GIS 기반 상수 관망 자산관리 구축 로드맵

〈표 3.6〉 GIS 기반 상수 관망 자산관리 구축 로드맵

주요 수행업무		1단계			2단계				3단계		
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
공간정보 정확도 개선	도·송수관	추진 중									
	350mm 이상	추진 중									
	350mm 이하										
지리정보시스템 고도화	GIS 실시간 갱신 관제시스템 구축 및 고도화										
	도면통합관리시스템 구축 및 고도화										
	관리자시스템 구축 및 고도화										
	편집시스템 고도화										
상수 시설물 3차원 구축	급수관로 3차원 DB 구축										
	도·송수관로 3차원 DB 구축										
	배수지 및 정수장 상수도 시설물 3차원 DB구축										
GIS 기반 상수관망 자산관리 시스템 구축	상수 관망시설 계통별 자산분류 및 Inventory Database 설계 (급수-배수-송수-도수)										
	상수 관망시설 계통별 GIS 연계를 위한 Inventory Database 표준체계구축 및 개선 (급수-배수-송수-도수)										
	상수 관망 자산관리 시스템 구축										
	GIS 연계 상수 관망 자산관리 활용 및 고도화										