

u-City 도시통합운영 플랫폼의 성능개선에 관한 연구

A Study on Performance Enhancement of Integrated u-City Management Platform

고영근*, 서동섭, 이재욱, 서명우, 백송훈
(Young Geun Ko, Seo Dong Seob, Jaewook Lee, Myung Woo Seo, Song Hoon Baik)

Abstract : u-City 도시통합운영 플랫폼은 u-City 내 교통, 건물, 시설물 등의 첨단화된 기반 시설을 전반적으로 관리하고 체계적으로 통제 가능하도록 한다.

그러나, 도시통합운영 플랫폼에 인가되는 부하는 도시 전반에 분산된 센서와 같은 정보원의 규모뿐 아니라 그 정보의 복잡성에도 의존할 수 밖에 없어, 효율적인 도시운영을 위해서는 플랫폼의 성능확보 방안이 고려되어야 한다. 일반적인 성능개선의 방법으로는 이미 발생한 부하의 효율적 처리를 통한 개선과 더불어 부하원의 근본적 통제와 같은 우회적 방법이 사용될 수 있다.

본 고에서는 네트워크 구조 개선을 통한 부하분산 방법과 더불어 플랫폼의 주 부하원인 센서 네트워크와의 연동방식 개선이라는 두 가지 측면에서 u-City 도시통합운영 플랫폼의 성능개선 방향을 고찰한다.

Keywords: u-City, City Management Platform, Performance Enhancement, Ubi-Cahn

I. 서론

u-City 도시통합운영 플랫폼은 도시통합운영센터에서 다양한 센서 및 장치들을 수용하여, 수집된 각종 정보를 융·복합 가공, 저장, 분석, 배포하는 기능을 수행한다. 또한, 이 플랫폼은 개방형 서비스 지향 아키텍처(SOA: Service Oriented Architecture)를 기반으로 u-City 서비스를 제공하기 위한 핵심 인프라 시스템으로 정의된다[1].

한편, 플랫폼에 인가되는 부하는 도시 전반에 분산된 센서로부터 발생하는 트래픽에 의존적이어서 그 규모에 적합한 용량설계가 요구된다. 더욱이 외부 u-City 서비스와의 연동을 목적으로 하는 플랫폼의 특성상 수집된 정보는 또 다른 업무를 유발할 수 있어 그 취급 정보의 복잡성도 성능에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 안정적인 도시통합운영을 위해서는 플랫폼의 성능확보 방안이 중요하게 고려되어야 할 것이다.

이에, 본 고에서는 u-City 도시통합운영 플랫폼의 성능향상을 위하여 네트워크 구조 개선을 통한 부하분산 방법과 더불어 플랫폼의 주 부하원인 센서 네트워크와의 연동방식 개선이라는 두 가지 방향을 제시한다.

이를 위해서 II 장에서는 센서의 출력특성에 근거한 부하 예측 방법론을 제시하고, III 장에서는 성능평가 사례분석을 통하여 플랫폼 성능의 경험적 기준을 소개한다. 이어서 IV 장에서는 본 고의 주제인 성능개선방법을 제안하고 V 장에서 결론을 도출한다.

II. 플랫폼에 인가되는 부하 예측

1. 출력 특성을 기반으로 한 센서의 분류

플랫폼에 인가되는 부하를 예측하기 위해서 본 고에서는 플랫폼에 부하를 유발하는 센서를 3 종류로 분류한다.

즉, 온도 센서와 같이 주기적으로 현재의 값을 생산하는

아날로그 특성의 센서, 출입문 개방 센서와 같이 상태의 변화를 감지하여 그 발생여부만을 생산하는 감지 센서 및 자동차 과속 감지 센서와 같이 특정 이벤트가 발생했을 경우에만 그 값을 생산하는 이벤트 센서로 구분한다.

이때, 각 센서가 생산하는 트래픽의 특성은 아날로그 센서의 경우 디터미니스틱(deterministic) 도착 특성을 갖고, 나머지 두 종류(감지 센서 및 이벤트 센서)의 센서는 마르코비안(Markovian) 도착 특성을 갖는다[2]. 단, 아날로그 센서일 경우에도 그 생산 값을 특정 임계치에서만 전송하도록 설정하였을 경우에는 마르코비안 특성을 갖는다.

2. 센서 데이터와 플랫폼과의 연동 방식

그림 1은 SOA에 기반한 도시통합운영 플랫폼의 간략화된 구조이다[3].

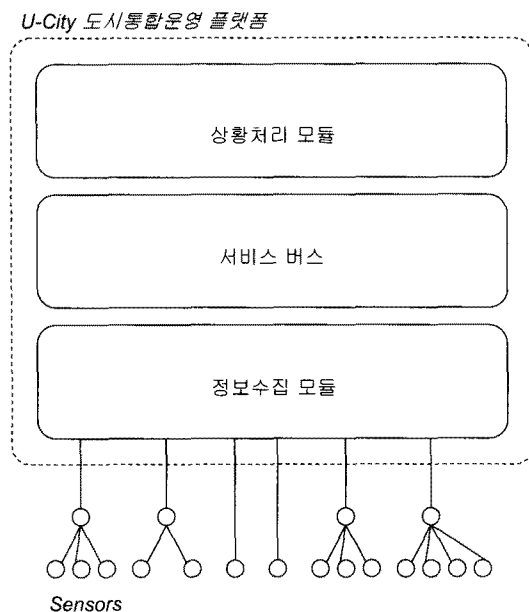


그림 1. SOA에 기반한 도시통합운영 플랫폼의 구조

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 20xx, 채택확정 : 20xx

고영근, 서동섭, 이재욱, 서명우, 백송훈 : (주) KT 인프라연구소
(y.g.ko@com, s.d.s@com, j.l.lee@com, s.m.w@com, b.s.h@com)

※ 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술 혁신 사업과제의 연구비지원(06 국토정보 C01)에 의해 수행되었습니다.

이중 정보수집 모듈은 도시 내에 설치된 다양한 센서와 연동하여 각 센서가 수집한 값을 처리하여 서비스 버스로 전달하는 역할을 한다.

서비스 버스는 정보수집 모듈에서 처리한 정보를 각 정보를 필요로 하는 u-City 서비스로 라우팅하는 역할을 수행하며, 상황처리 모듈은 수집된 정보를 분석하고 상황을 판단하여, 다양한 방법으로 알리는 역할을 수행한다.

이때 정보수집 모듈이 센서로부터의 정보를 아무런 가공 없이 서비스 버스로 전달한다고 가정하였을 경우라도 센서와 정보수집 모듈간의 연동방식이 정보수집 모듈의 부하에 영향을 미칠 수 있다. 즉, 센서가 정보수집 모듈과 서비스 버스간의 연동방식과 동일한 방식으로 데이터를 전송하지 않을 경우 정보수집 모듈은 플랫폼 내부에서 사용하는 표준 연동방식으로 데이터를 변환하는데 추가적인 부담을 갖게 된다.

따라서, 플랫폼 부하원의 모델링에 있어서는 위의 추가적인 부하를 고려하여야 한다.

3. 플랫폼에 인가되는 부하원의 모델링

위 1,2 절의 고찰로부터 플랫폼에 부하를 인가하는 센서는 다음의 6 종류로 구분할 수 있다.

표 1. 부하원의 종류.

플랫폼 연동방식 \ 센서종류	이날로그 특성 센서	감지 센서	이벤트 센서
비표준 연동방식	종류 1	종류 2	종류 3
표준 연동방식	종류 4	종류 5	종류 6

표 1.의 부하원의 종류와 플랫폼과의 연동방식 간의 조합으로부터 그림 2.와 같은 플랫폼 부하원의 모델을 얻을 수 있다.

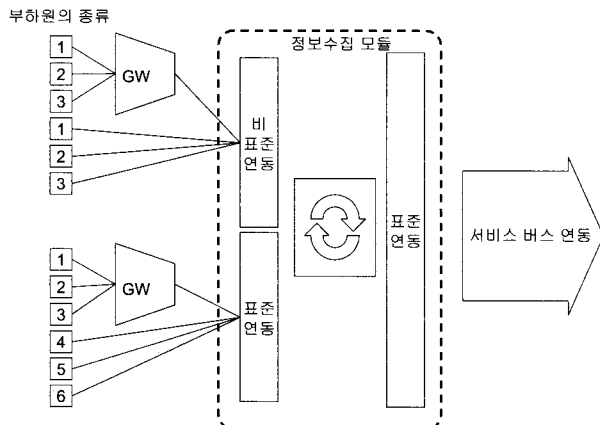


그림 2. 플랫폼 부하원의 모델

그림 2.의 사각형 내부 숫자는 표 1.에서 정의한 부하원의 종류이며, GW는 [4]에 정의된 것처럼 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 싱크노드와 NGN(Nex Generation Network) 간의

연동 게이트웨이를 표시한 것이다. 플랫폼과 센서 네트워크 간에 연동 게이트웨이가 개입되는 경우에는 연동 게이트웨이의 데이터 전송주기에 따라 플랫폼의 부하가 변동될 수 있으므로, 이 때의 트래픽 산출을 위해서는 연동 게이트웨이를 센서노드로 취급할 필요가 있다.

앞 1절에서와 같이 센서종류 1과 4로부터 발생하는 트래픽은 디터미니стик 도착 특성을 갖게 되므로, 단위시간과 전송주기 비율의 합으로 산출할 수 있다.

즉, 디터미니стик 도착특성을 갖는 센서들이 플랫폼에 유발하는 트래픽(단위시간 당 업무 회수) V_D 는 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$V_D = \sum_{i=1}^n \frac{1}{P_i} \cdot T \quad (1)$$

여기에서,

- n : 센서 종류 1,4의 총 개수
- P_i : 센서 i 의 단위시간당 데이터 전송주기
- T : 단위시간

그밖에 마르코비안 도착특성을 갖는 종류 2,3,5,6의 센서가 생산하는 트래픽은 확률적인 모델링이 가능한 경우 수학적 계산에 의존하여 산출할 수 있다. 그러나 센서의 종류가 다양해 짐에 따라 수학적 모델은 지나치게 복잡하게 되어 실효성을 잃게 된다.

따라서, 이 경우에는 센서가 생산하는 트래픽이 적어도 최번시 동안 유니폼(uniform) 분포특성을 갖는다고 가정하여, 단위 시간당 업무 수를 합산하여 산출할 수 있다.

즉, 최번시의 회선 점유율 예측이 가능한 경우라면, 마르코비안 도착특성을 갖는 센서들이 트래픽에 유발하는 트래픽 V_M 은 다음의 식 (2)로 산출할 수 있다.

$$V_M = \sum_{i=1}^m \frac{B_i}{L_i \cdot B} \cdot T \quad (2)$$

여기에서,

- m : 센서 종류 2,3,5,6의 총 개수
- B_i : 센서 i 의 단위시간당 회선 속도
- L_i : 센서 i 의 단위 메시지 지속시간
- B : 총 회선 속도
- T : 단위시간으로, 식 (1)의 T 와 같은 값

결론적으로 플랫폼에 인가되는 총 트래픽 V_T 는 다음의 식 (3)으로 정의할 수 있다.

$$V_T = V_D + V_M \quad (3)$$

단, 그림 2.에서와 같이 플랫폼이 비표준 인터페이스를 수용하여야 하는 경우에는, 표준, 비표준 연동에 대하여 식 (3)의 해를 각각 산출한 후 비표준 연동에 의한 트래픽에 가중치를 부여하여 합산하는 방식으로 간략화 할 수 있다.

4. 플랫폼에 인가되는 부하 예측

예를 들어 3,000,000 m² 크기의 도시 내에 100 m²당 하나의 센서를 설치한다고 가정할 경우에는 30,000개의 센서가 소요 될 것이다.

단순하게, 모든 센서가 디터미니스틱한 도착 특성을 갖는 트래픽을 생산하고, 각 센서가 1초 주기로 그 측정값을 전송 한다면 정보수집 모듈은 분당 1,800,000 회의 업무를 처리하여야 한다. 하나의 하드웨어 플랫폼의 처리능력을 분당 20,000 건으로 가정하고, 하나의 업무가 단 하나의 트랜잭션 만을 유발한다고 가정할 경우에도 위의 트래픽 처리를 위해서는 90대의 하드웨어 플랫폼이 소요된다.

더욱이 도시통합운영 플랫폼이 처리하는 정보의 복잡성을 감안할 경우에는 도시통합운영 센터 내에 설치하여야 하는 하드웨어 플랫폼의 숫자는 그 복잡도에 비례하여 증가하게 될 것이다.

그러나, 하드웨어 플랫폼의 개수가 증가할수록 한정된 공간에 모든 장비를 설치하는데 따르는 비용부담으로 도시통합운영 센터 구축의 현실성은 감소하게 되며, 플랫폼의 성능향상을 통하여 이 수치를 현실적 수준까지 낮출 필요가 있다.

III. 플랫폼 성능평가 사례

본 장에서는 실제로 수행된 플랫폼의 성능평가 사례를 소개함으로써, 경험에 의한 플랫폼 성능의 기준치를 제시한다.

1. 시험환경 구성

본 사례에서는 [3]의 소프트웨어와 함께 표 2.의 하드웨어 플랫폼을 사용하여 시험환경을 구성하였다.

시험환경은 그림 1.의 모듈을 모두 포함하여 구성하였으며, 여기에 추가적으로 플랫폼 운영에 필수적으로 요구되는 GIS 서버와 DB 서버를 구성하여 사용하였다.

표 1. 성능평가에 사용된 하드웨어 사양

구분	사양
정보수집 모듈	- PROC: 1.87GHZ/3MB * 2EA - MEM: 4G - HDD: 73G * 4EA - NIC: 10/100/100 Ethernet (Eternal) - OS: Solaris 10
서비스 버스/ 상 황처리 모듈	- PROC: 1.87GHZ/3MB * 2EA - MEM: 4G - HDD: 73G * 4EA - HBA: Fibre Channel 2Gbps 지원 - NIC: 10/100/100 Ethernet (Eternal) - OS: Solaris 10
GIS 서버/DB 서버	- PROC: 1.87GHZ/3MB * 4EA - MEM: 4G - HDD: 73G * 4EA - NIC: 10/100/100 Ethernet (Eternal) - OS: Solaris 10

2. 시험 방법 및 결과

II 장의 부하원 모델을 활용하여, 플랫폼에 부가되는 트래픽을 주기적으로 발생하는 특성을 가진 업무와 특정 상황에

서만 발생하는 업무로 구분하고, 플랫폼에 실제로 구현된 업무들에 할당하였다. 또한, 특정 상황에서만 발생하는 업무의 부하는 선형적으로 증가시키고, 주기적 발생업무는 현 주기를 유지하는 방법으로 과부하를 유발하였다.

위 트래픽 설계로부터 초기 부하를 29 사용자로 가정하여 10분마다 10 사용자를 증가하며 정상 처리된 이벤트를 측정하여, 그림 3.의 과부하 특성을 도출하였다.

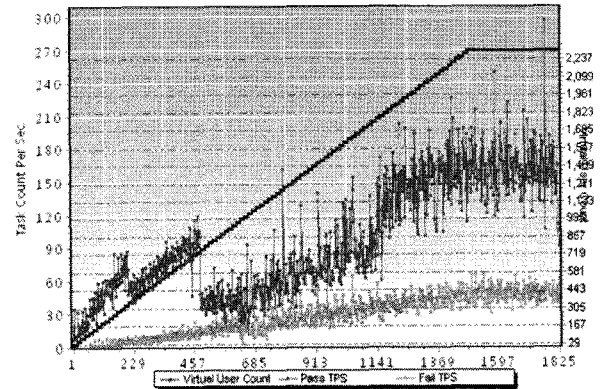


그림 3. 플랫폼 성능평가 결과

관찰결과 약 300 사용자를 초과하면서 정보수집 모듈의 과부하로 인한 1차 성능저하점이 발견되었으며 이때의 처리 성능은 초당 약 60 업무로 분석되었다. 또한, 약 700 사용자를 초과하면서 서비스 버스에 의한 2차 성능저하점이 발견되었고, 이때는 초당 약 500 업무를 처리하였다[5].

이로부터 동일한 사양의 하드웨어 플랫폼을 사용한 경우 서비스 버스는 8식 이상의 정보수집 모듈을 수용할 수 있을 것으로 예측할 수 있었으며, 표 1.과 같이 서비스 버스와 상 황처리 모듈을 같은 하드웨어에 구성하지 않을 경우에는 8 식 이상의 정보수집 모듈도 수용이 가능 할 것으로 판단하였 다.

IV. 성능개선 방법

1. 네트워크 구조 개선을 통한 부하분산

그림 4. 는 도시통합운영 플랫폼과 연동 게이트웨이간의 연동구조이다[4].

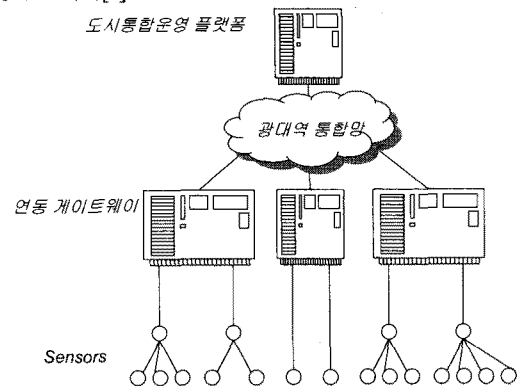


그림 4. USN과 플랫폼의 연동구조

연동 게이트웨이는 도시통합운영 플랫폼이 다양한 종류의 센서와 연동함에 있어 그 연동의 복잡성을 회피하기 위하여

설치하는 장비이다. 즉, 연동 게이트웨이를 설치함으로써 인하여, 플랫폼은 각 센서와의 다양한 연동 방식을 모두 처리하는 대신 연동 게이트웨이와의 연동 프로토콜 하나만을 처리하도록 구성할 수 있어, 다양한 연동 프로토콜을 처리하여야 하는 추가적인 부담을 줄일 수 있다.

또한, III 장의 시험을 통하여, 플랫폼의 정보수집 모듈을 여러 하드웨어에 분산하여 설치하는 것이 플랫폼 성능개선에 긍정적인 효과가 확인되었으므로, 그림 4.의 일반적 연동 구조에 추가적인 기능 할당을 통하여 정보수집 모듈의 기능 일부를 연동 게이트웨이에 부여하는 방안도 효과적인 기능개선 방법이라고 할 수 있다.

2. USN 연동방식 개선을 통한 부하원 통제

부하원의 통제를 위해서는 연동 게이트웨이가 연동중인 각 센서가 유효 정보를 측정함과 동시에 그 값을 플랫폼으로 전달하는 대신 플랫폼이 감내할 수 있는 측정주기를 설정하고, 그 주기 내에 수집된 모든 값을 효과적으로 구성하여 하나의 메시지로 변경하여 전달하는 방법이 고려될 수 있다. 이 경우 기존의 방법에서와 동일한 측정주기를 선택하더라도 플랫폼으로의 정보 전달 주기는 연동 게이트웨이에 연동된 센서의 개수에 비례하여 증가하게 되어 정보수집 모듈의 부하를 크게 경감할 수 있다.

또한 그 측정주기를 조절함에 따라서 센서의 개수에 의존하지 않고 도시운영 센터의 크기와 운용비용만을 고려한 시스템 설계가 가능하다.

그림 5는 및 플랫폼과 연동 게이트웨이간 교환되는 데이터 구조의 구성 예이다.

그림 5. 좌측의 경우는 메시지를 구성함에 있어 수집주기 내에 유효한 정보를 수집한 센서의 측정 값들을 그 순서에 관계 없이 나열하는 방법이다. 이 방법을 통하여 플랫폼은 측정주기 내 n회의 정보를 처리하는 대신 연동 게이트웨이를 통하여 수신한 단 하나의 정보만을 처리하도록 구성할 수 있다.

그림 5. 우측의 경우는 수집주기 내의 모든 측정 값들을 도시운영 플랫폼에서 인지하고 있는 센서의 관리순서에 따라 구성하는 방법이다. 이 경우 주기 내에 유효한 값을 측정하지 못한 센서의 순서에는 그 값이 없다는 표시(예를 들면 null 문자)를 센서 값 필드에 표시한다.

이 경우 메시지의 길이가 다소 길어 지기는 하나, 플랫폼에서 각 센서의 식별에 소요되는 자원을 추가적으로 절감할 수 있어 보다 효과적인 부하 경감이 가능하다.

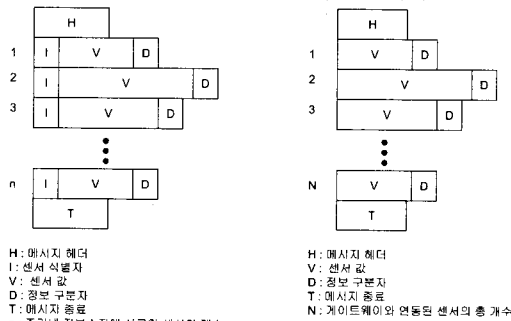


그림 5. USN 연동 데이터 구조 개선

V. 결론

본 고에서는 u-City 도시통합운영 플랫폼의 성능개선을 위하여 네트워크 구조 개선을 통한 부하분산 방법과 더불어 플랫폼의 주 부하원인 센서 네트워크와의 연동방식 개선이라는 두 가지 방향을 제시하였다.

이에 앞서 플랫폼의 부하원을 모델링하여 센서의 출력 특성에 기반한 부하 예측 방법론을 제시하고, 이를 활용한 성능평가 사례를 소개하였다.

향후, 제시된 성능개선 방법을 적용한 시험환경구성 및 성능평가를 통하여, 본 고의 성능개선의 효과를 검증하는 후속 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

- [1] 한국정보사회진흥원, “u-City 인프라 구축 가이드라인 및 인증방안 연구,” 2007.12.
- [2] L. Kleinrock, *Queueing Systems Volume I: Theory*, John Wiley & Sons, New York, pp. 105-106, 1975.
- [3] 소프트웨어 패키지, “Ubi-Cahn v1.2,” (주) KT, 2007.
- [4] ITU-T, “Ubiquitous Sensor Network(USN),” *ITU-T Technology Watch Briefing Report Series, No. 4*, Feb., 2008.
- [5] KT Biz 컨설팅 본부, “U-City 도시운영 플랫폼(Ubi-Cahn) 성능시험결과서,” (주) KT, 2007.10.

고영근

1990년 중앙대학교 전자공학과(학사). 1992년 중앙대학교 대학원 전자공학과(석사). 1992년 ~ 현재 KT 근무중. 관심분야는 u-City 플랫폼 및 서비스 연동구조임.

서동섭

1998년 대전대학교 토목공학과(학사). 2007년 충남대학교 대학원 토목공학과(석사과정). 1997년 ~ 현재 KT 근무중. 관심분야는 u-City 플랫폼 및 GIS 응용 기술임.

이재욱

1994년 연세대학교 건축공학과(학사). 1994년~1997년 대림산업 근무 (건축시공). 2001년 University of Illinois at Urbana-Champaign 건축대학원(M.Arch.). 2006년 UC Berkeley 건축대학원(Ph.D.). 2007.1~현재 KT 인프라연구소 책임연구원. 관심분야는 U-City, 지능형공간, BIM (Building Information Model)임.

서명우

1991년 서울대학교 토목공학과(학사). 1993년 서울대학교 대학원 토목공학과(석사). 1993년 ~ 현재 KT 근무중. 관심분야는 U-City에 적용 가능한 서비스와 IT인프라 임.

백승훈

1985년 건국대학교 토목공학과(학사). 1987년 건국대학교 대학원 토목공학과(석사). 1991년 ~ 현재 KT 근무중. 관심분야는 GIS 응용기술 및 u-City 표준화 분야임.