

TOPAZ: 유비쿼터스 서비스를 위한 공용 인프라스트럭처

배주희, 강종현, 이지완, 배영우, 이원일
IBM Korea UCL (유비쿼터스 컴퓨팅 연구소)

TOPAZ: A Shared Infrastructure for Ubiquitous Services

Bae, JuHee, Kang, Jong Hyun, Lee, Ji Wan, Pae, Young Woo, Lee, Wonil
UCL (Ubiquitous Computing Lab.), IBM Korea
E-mail : {baejh, kangjh, jiwon, ywpae, wilee}@kr.ibm.com

요 약

유비쿼터스 서비스는 운전자, 헬스케어 관련 종사자, 일반 시민 등 모바일 사용자를 위한 서비스를 포괄하고 있다. 이러한 서비스들은 단말 장치로부터 발생하는 다양한 정보들을 수집, 가공하여 개인들에게 제공할 수 있도록 한다. 최근에 진행되고 있는 u-City 에서는 건강과 교육, 가정 환경에서 일어나는 다양한 이벤트들을 기반으로 상황에 따라 개인화된 서비스를 거주지, 거리, 빌딩, 공공 장소 같은 다양한 환경에 제공하려 하고 있다. 최근의 표준화 논의에서는 다양한 공공 서비스와 상용/민간 서비스를 지원하기 위해 공유할 수 있는 단말, 네트워크, 센터, 소프트웨어 인프라스트럭처가 필요하다는 공감대가 형성되어 표준화 논의가 활성화되고 있다. 본 논문에서 소개하는 TOPAZ는 서비스 기반의 유비쿼터스 컴퓨팅 인프라스트럭처로 다양한 유비쿼터스 서비스들이 웹 서비스를 통해 인프라스트럭처를 사용하여 쉽게 개발, 배포, 운용될 수 있게 해준다.

본 논문에서는 TOPAZ의 필요성과 서비스 컴포넌트들에 대해 서술하고 유틸리티 컴퓨팅의 입장에서 본 서비스의 질, 서비스 미터링, 자원 관리, Scalability 등의 고려 사항과 해결 방법을 제시하고 TOPAZ의 성능, 적용 결과 등을 소개한다.

1. 서론

유비쿼터스 서비스는 운전자, 헬스케어 관련 종사자, 일반 시민 등 모바일 사용자를 위한 각종 서비스를 포괄한다. 이러한 서비스들은 단말 장치로

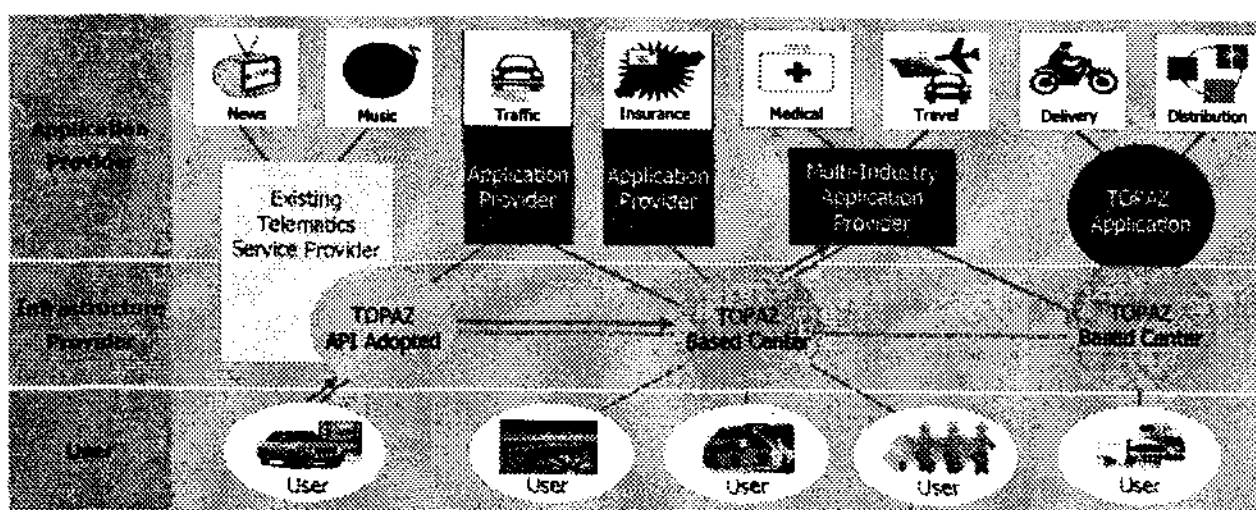
부터 발생하는 다양한 정보들을 수집, 가공하여 개인들에게 제공한다. 유비쿼터스 서비스는 텔레매틱스, 차량 관련 서비스뿐만 아니라 점점 그 영역이 확대되어 관심이 높아지고 있다. 특히 한국

에서는 유비쿼터스 서비스를 도시에 적용하여 정보화, 지능형 도시로 발전시키고, 시민들에게 상황에 따른 개인화된 다양한 서비스를 제공하기 위한 “u-City”에 대한 관심이 높다.

이러한 서비스를 제공하고자 하는 지자체는 수백만 명의 사용자와 수많은 장치들을 무선 환경에서 관리해야 하는 난제가 있다. 이렇게 서비스를 제공하는 비용은 공공 서비스 어플리케이션을 인프라스트럭처에 배포해서 얻는 수익보다 클 것이다. 또한 가치 있는 서비스를 제공할 수 있는 다른 업체나 조직들도 그들의 인프라스트럭처에 서비스를 배포할 때 드는 비용을 감당하지 못하는 비슷한 상황에 부딪히게 될 것이다.

이러한 이유로 서울시에서 후원하는 “u-Life” 프로젝트 등에서는 공공 서비스 어플리케이션을 배포할 수 있는 인프라스트럭처에 대한 접근을 어플리케이션 제공자에게 개방, 공유하고 있다. 이를 통해 상업적이면서 수익이 보장되는 서비스들이 인프라스트럭처를 뒷받침하는 동시에, 서비스 제공자들은 개별적인 인프라스트럭처를 운영하지 않아도 넓은 범위의 사용자를 확보할 수 있게 된다. TOPAZ는 이러한 목적의 인프라스트럭처로 채택되어 유비쿼터스 서비스 시장 형성 및 활성화에 기여할 수 있다.

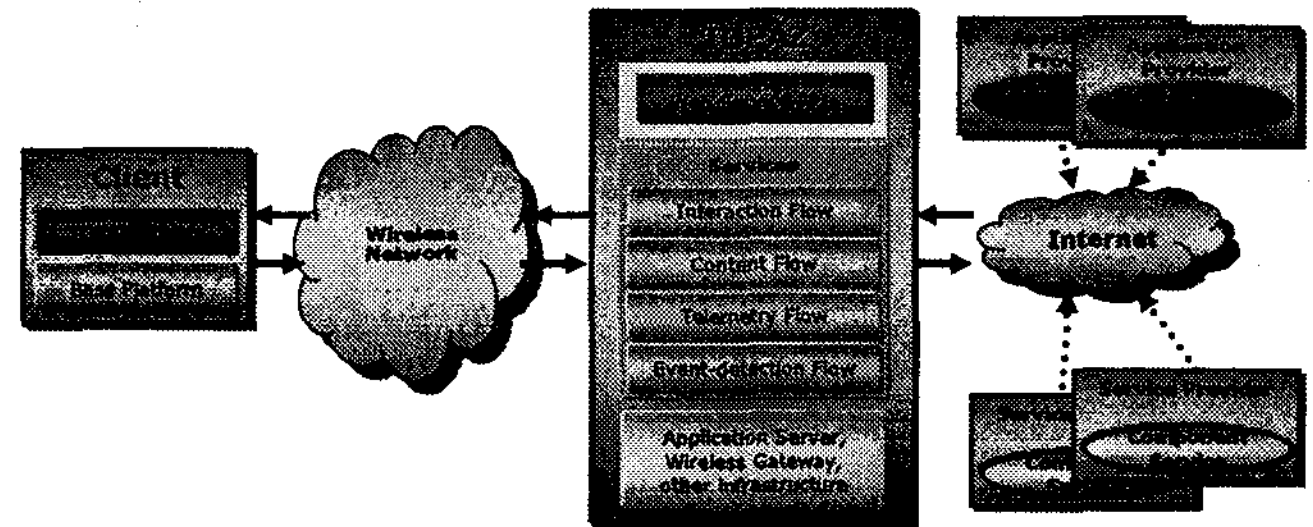
1.1 TOPAZ: 어플리케이션 시장에서의 인프라



[그림 1] 유비쿼터스 어플리케이션 시장에서의 TOPAZ 역할

[그림 1]은 유비쿼터스 어플리케이션의 공통적인 요소들을 추출하여 핵심 서비스들을 모은 플랫폼으로써의 TOPAZ를 보여준다. 이러한 TOPAZ

의 서비스들은 TOPAZ 플랫폼 운영자(이하 TPO)에 의해 제공되어 인프라와 어플리케이션 제공자를 분리시킨다. TOPAZ는 SOA(Service Oriented Architecture) 기반으로 설계 및 개발되었고, 웹 서비스를 통해 인프라와 어플리케이션 제공자를 분리한다. [그림 2]는 단말, TOPAZ, 어플리케이션 제공자의 상대적인 위치를 보여준다.



[그림 2] 단말, TOPAZ, 어플리케이션 제공자

2. 본론

2.1 어플리케이션 서비스

TOPAZ에서 제공하는 서비스들은 정보의 수집과 분배의 과정에서 필요한 요구 조건들을 모아 설계되었다. TOPAZ는 초기에 차량 및 운송 텔레매틱스 어플리케이션 분야에 초점을 맞추어, 현존하는 텔레매틱스 시스템과 산업계의 다양한 어플리케이션 시나리오를 수집하고 요구 조건을 분석하여, 어플리케이션을 지원하는 공통 핵심 서비스를 다음과 같이 정의하였다.

2.1.1 텔레메트리 요청 서비스

이 서비스는 서비스 제공자가 동적인 차량의 데이터를 각각의 차량과 차량 그룹으로부터 지정된 시간 간격으로 받을 수 있도록 한다. 서비스 제공자는 필요한 데이터, 간단한 샘플링 조건, 조건 평가 주기, 그리고 데이터를 받을 어플리케이션 측의 웹 서비스 주소를 명시한다. 단말 단의 텔레메트리 에이전트는 어플리케이션이 요청하는 데이터를 명시된 조건에 맞게 TOPAZ 서버에 보내고, 서버는 여러 차량으로부터 모은 데이터를 수집하여 어플리케이션 측에 전달한다.

2.1.2 콘텐츠 전송 서비스

콘텐츠 전송 서비스는 단말 화면에 보일 멀티미디어 메시지, 지도, 웹 콘텐츠 등을 어플리케이션 제공자가 단말에 전송할 수 있도록 지원한다. 예를 들어, 실시간 네비게이션 어플리케이션은 이 서비스를 통해 차량의 경로 정보, 실시간 방향 표시와 음성 등을 운전자에게 전송할 수 있다. 이 서비스는 콘텐츠마다 서로 다른 우선순위와 신뢰도를 부여할 수 있도록 한다. 여러 어플리케이션에서 보낸 콘텐츠를 모아서 단말에 전송하므로, 무선 네트워크 환경에서 효율적이다.

2.1.3 단말 연계 서비스

단말 연계 서비스는 어플리케이션이 단말기 쌍방간의 혹은 단말기 그룹간의 직접적인 클라이언트-클라이언트 통신을 지원할 수 있도록 한다. 이 서비스는 어플리케이션이 직접 이러한 통신 채널을 다루는 부하를 제거하기 위해 제공되며, 이로 인해 어플리케이션은 더욱 간단해 지고 어플리케이션 서버의 자원 요구도 줄어들게 된다.

2.1.4 시공간 상황인지 서비스

시공간 상황인지 서비스는 실시간으로 사용자의 물리적인 상황을 감지하여 그 조건에 맞게 반응하는 어플리케이션들을 지원하는 서비스이다. 이러한 어플리케이션의 예에는 운전자의 경로 이탈, 일정 변경 등의 기능을 제공하는 물류 관리 서비스, 권한이 없는 직원이 구역 관리자 동행 없이 제한 구역에 들어가는 것을 관리자에게 알려주는 안전 어플리케이션 등이 있다. 상황 인지는 관심 이벤트와 이에 따른 동작을 룰의 형태로 작성하여 이벤트가 감지되면 룰이 실행되는 방식으로 구현된다. 이벤트 기반 콘텐츠 전송 서비스는 이 서비스를 확장한 형태로 특정 이벤트가 발생하여 해당 룰이 실행되면, 미리 등록된 콘텐츠가 해당 단말로 전송된다.

2.1.5 자원 서비스

자원 서비스는 여러 종류의 자원을 관리하는 서비스이다. 대표적으로 룰 자원 서비스, 사용자 그룹

서비스가 있다. 룰 자원 서비스는 시공간 상황 인지 서비스의 룰이 참조하고 있는 데이터(기하학적 도형, 다각형, 점 등)를 어플리케이션 제공자가 생성, 수정, 제거하도록 지원한다. 사용자 그룹 서비스는 어플리케이션 제공자가 동적으로 사용자 그룹을 만들거나 제거하고, 사용자를 특정 그룹에 추가하거나 삭제할 수 있도록 한다. 텔레메트리 요청 서비스나 콘텐츠 전송 서비스 등을 호출할 때, 특정 사용자 그룹을 사용할 수도 있다.

2.2 유틸리티 컴퓨팅 이슈

이번 장에서는 유틸리티 컴퓨팅 관점에서 중요한 자원 관리, QoS(Quality Of Service), 미터링에 대한 TOPAZ의 접근 방법을 소개한다.

2.2.1 자동화된 자원 관리

TOPAZ에서 다양한 형태의 자원은 어플리케이션의 생명주기와 밀접하게 연관되어 있다. 일시적인 자원의 경우에는 어플리케이션 세션이 끊어지면 사라지게 된다. 자원은 사용자 그룹 서비스를 통해 만드는 사용자 그룹처럼 서비스를 통해 명시적으로 생기는 경우도 있고, 시공간 상황인지 서비스에 룰을 등록하면서 생성되는 텔레메트리 요청서와 같이 암묵적으로 생기는 경우도 있다. 어플리케이션 제공자는 이들 자원의 생명주기를 결정할 수도 있고 TOPAZ가 관리하도록 맡길 수도 있다. 자원의 관리가 중요한 이유는 어플리케이션 제공자에게 부담이 될 뿐만 아니라 단말과 어플리케이션의 갑작스런 중단으로 자원이 깨끗이 지워지지 않는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. TOPAZ에서는 [표 1]과 같이 각 자원의 생명주기를 세션과 연계하여 관리하는 다 계층의 세션 모델을 제공한다.

[표 1] 자원의 생명주기

생명주기 이름	지속 기간
DEVSESSION	관련 단말의 ON/OFF
USERSESSION	관련 사용자의 로그인/로그아웃
APPSESSION	관련 어플리케이션의 시작/종료

APPLICATION	자원을 생성한 어플리케이션의 등록/삭제
PROVIDER	자원을 생성한 어플리케이션 제공자의 등록/삭제

2.2.2 TOPAZ의 QoS

웹 서비스에서의 QoS란 서비스 호출의 응답시간이다. 그러나 TOPAZ의 서비스는 요청/응답 기반이 아니라 단말의 세션 기반이므로 일반적인 의미의 QoS와 다르며, 응답시간 보다는 세션의 질이 중요하다.

컨텐츠 전송 서비스의 예를 보면, 컨텐츠를 내려 보내는 우선순위와 신뢰도의 두 가지 요소를 둔다. 컨텐츠 전송 서비스에서 전송하는 컨텐츠는 실시간 및 비실시간 컨텐츠로 나눌 수 있다. TOPAZ는 여러 어플리케이션으로부터 다양한 컨텐츠를 받으므로 컨텐츠의 종류를 구분해서 우선적으로 보내야 하는 컨텐츠를 결정할 필요가 있다. Urgent로 설정된 컨텐츠는 지연 없이 전송이 진행되지만 서비스 이용 비용이 증가한다. 반면 Normal로 설정된 컨텐츠는 효율성을 위해 전송이 지연될 수 있다. 신뢰도 측면에서는 전달되는 모든 컨텐츠의 중요도가 다르므로 제한된 횟수만큼 전송을 재시도하는 Best-effort와 전송이 불가능(e.g. 사용자가 서비스 이용 거부)할 때까지 지속적으로 재시도하는 Assured를 선택할 수 있도록 한다.

2.2.3 서비스 미터링

TOPAZ는 TPO가 사용할 수 있는 서비스 미터링 모델을 제공한다. 전형적으로 TPO는 어플리케이션 서비스를 사용하는 사용자에게 사용 비용을 청구할 뿐 아니라 서비스 제공자에게도 TOPAZ 서비스 사용에 대한 비용을 산정한다. 몇몇 웹 서비스 플랫폼(예, ESRI의 ArcWeb 서비스[6])의 비용 책정 및 월별, 연별 비용 책정(마이크로소프트의 맵 포인트 서비스[13]) 모델과는 다르게 TOPAZ의 미터링 모델은 데이터 흐름에 따라 누적된 비용에 기반한다. 각 TOPAZ의 서비스는 데이터 흐름이 시스템 자원을 얼마나 활용하는지에

기반하여 비용을 산정하는 서비스 미터링 모델을 가지고 있으며, 이에 기반하여 서비스 호출에 사용한 파라미터, 통계치 등에 따라 비용을 산정한다.

텔레메트리 요청 서비스의 예를 보면 최소, 최대 샘플링 간격이 비용 산정에 가장 큰 영향을 미친다. 단말로부터 받은 텔레메트리 정보 처리를 위해 쓰레드와 데이터베이스 연결을 할당해야 하며, 상대적으로 데이터를 처리하기 위한 CPU 사용량은 적다. 단말에서 어플리케이션으로 보내는 텔레메트리 데이터를 블로킹하지 않기 위해서는 데이터를 보내는 쓰레드를 하나 더 생성해야 한다. 그러나 쓰레드 수를 줄이기 위해 어플리케이션에 데이터를 보내기 전 짧은 시간 동안 데이터를 모아서 리포트를 보낸다. TOPAZ가 제시하는 모델에서 서버는 하나의 쓰레드와 하나의 데이터베이스 연결을 할당하며, 최소, 최대 샘플링 간격을 융통성 있게 활용하여 데이터 리포트 당 비용을 줄인다.

2.3 성능 평가

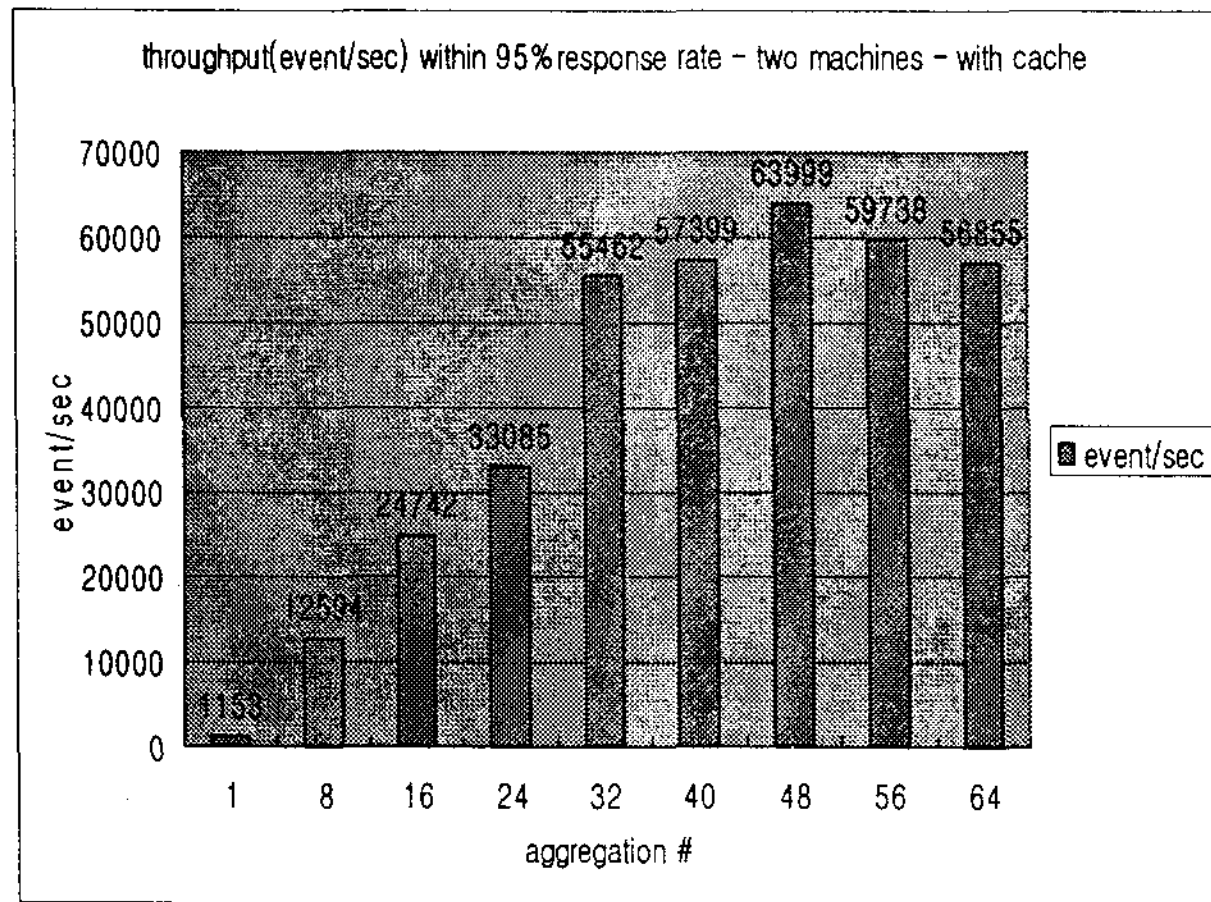
이번 장에서는 네 단계의 테스트 시나리오를 통하여, 단말에서 발생하는 수많은 텔레메트리 데이터를 수용하는, 확장성 있는 아키텍처를 제시하고자 한다. 이 실험을 통해 수많은 사용자에게 초 단위의 응답시간을 제공하는 "near real-time" 어플리케이션을 지원하는 아키텍처를 수립하였다.

먼저 하나의 서버가 처리할 수 있는 처리량을 확인한 후, 텔레메트리 수집 에이전트를 게이트웨이 형태로 추가해서 단말로부터 오는 많은 데이터들을 블록 단위로 모아 한번에 서버로 보낼 때의 처리량과 응답시간을 본다. 그리고 이 수치를 바탕으로 하나의 데이터베이스에 대해 몇 개의 텔레메트리 수집 에이전트, 서버의 조합이 가능한지 확인한다. 이를 통해 TOPAZ 환경을 구축할 때 사용자 수에 따른 서버 수와 게이트웨이 수를 예측할 수 있다.

본 실험에서는 2개의 Xeon, 4GB 메모리를 가진

블레이드 리눅스 서버들을 1Gbps의 네트워크로 연결하였고, TOPAZ는 톱켓 상에 설치하였다. 데이터베이스는 4개의 P5, 8GB 메모리를 가진 IBM p550 서버에 설치하였다.

테스트에서는 텔레메트리 수집 에이전트의 블록사이즈를 변화시키면서 동시에 처리 가능한 단말 요청의 수를 확인했다. 각 단말은 1초에 한번씩 서버에 텔레메트리 정보를 업데이트하도록 했다. 텔레메트리 수집을 하지 않는 경우 하나의 서버에 대해 1초당 1900건의 이벤트를 처리하였고, 텔레메트리 수집 에이전트를 통해 40개의 단말 데이터를 모아서 전달하도록 하는 경우 64000건의 이벤트 처리 성능을 보였다.



[그림 3] 텔레메트리 수집 에이전트 사용시의 이벤트 처리

2.4 적용사례

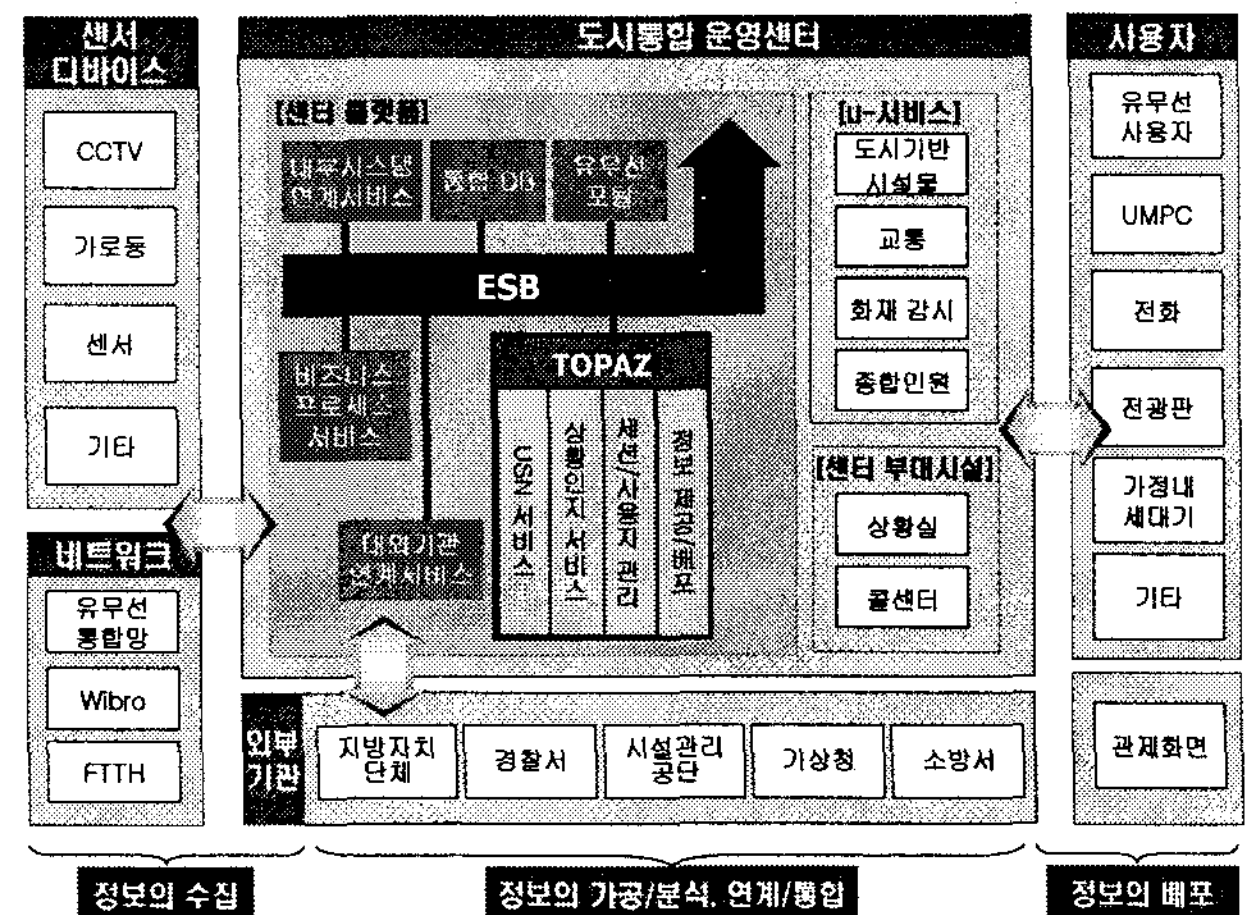
2.4.1 도시통합 운영센터 플랫폼 구축 프로젝트

도시통합 운영센터 플랫폼 구축 프로젝트는 국내 특정 신도시를 테스트베드로 2006년 11월부터 2007년 3월까지 약 5개월간에 걸쳐 수행되었으며 TOPAZ를 플랫폼의 기반으로 사용하였다. 도시통합 운영센터는 수많은 IT 기술들이 통합되어 구성되어야 하며, TOPAZ가 그 중심에서 중요한 역할을 수행할 수 있음을 증명해 준 사례이다.

도시통합 운영센터에서 제공될 수 있는 u-서비스의 종류는 수없이 많다. 시설물 관리, 교통 서비

스, 방범/방재 서비스, 민원 서비스 등의 공공 서비스를 비롯하여, 시민들의 편리한 생활을 위한 각종 u-Life 서비스가 제공될 수 있다. 본 프로젝트에서는 센서를 이용한 도시 시설물 관리와 화재 감시의 두 가지 시나리오를 구현하였다.

도시통합 운영센터는 [그림 4]와 같이 다양한 u-서비스들을 통합 관리할 수 있도록 구성된다. 도시통합 운영센터를 구성하는 개체들은 정보의 흐름에 따라 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 도시 내의 각종 센서 및 다양한 정보 수집 기기로부터 데이터를 수집하는 부분, 수집된 데이터를 가공, 분석, 연계, 통합하는 부분, 그리고 가공된 정보를 필요한 사용자에게 배포하는 부분이다. TOPAZ는 센터 플랫폼의 핵심 기능을 제공하며, ESB(Enterprise Service Bus)를 통해 플랫폼의 다른 서비스 및 정보 수집 장치, 전용 통합 단말, 외부 기관 등과 연계된다. 도시통합 운영센터 플랫폼 상의 각 컴포넌트들과 u-서비스들은 SOA(Service Oriented Architecture) 기반으로 설계 및 개발되었다.



[그림 4] 도시통합 운영센터 플랫폼

3. 결론

TOPAZ는 유비쿼터스 컴퓨팅 어플리케이션 시장에서 유용하게 사용될 수 있는 웹 서비스 기반의 서비스 플랫폼이다. 이는 다양한 비즈니스 모델을 지원하고 특히 공공 서비스와 상업적 서비스에서

이익을 창출할 수 있도록 지원한다. 본문에서는 유틸리티 컴퓨팅 인프라로서 서비스에 사용되는 객체와 자원의 관리, 서비스 미터링 정책, QoS 문제에 대한 TOPAZ의 접근 방식을 기술하였다. 앞으로 미터링 모델 등에 대한 보다 깊이 있는 연구가 진행되어 시스템의 런타임 특성에 맞는 구조로 발전시킬 필요가 있다. TOPAZ는 외부 위탁과제, 도시통합 운영센터 플랫폼 구축 프로젝트 등을 통하여 실 서비스 제공을 위한 플랫폼으로 확산되어 가고 있다.

[참고문헌]

- [1] Albaugh, V., Madduri, H., The Utility Metering Service of the Universal Management Infrastructure. *IBM Systems Journal*, Vol. 43, No. 1, 2004, 179–189.
- [2] Bevan, D.I., Distributed Garbage Collection Using Reference Counting. In *Parallel Architectures and Languages Europe*, 1987, Springer-Verlag, LNCS 259, 176–187.
- [3] Bhoj, P., Singhal, S., Chutani, S., SLA Management in Federated Environments. In *Proceedings of the Sixth IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network Management (IM '99)*, IEEE, 1999, 293–308.
- [4] Campbell, A., Coulson, G., Garcia, F., Hutchison, D., Leopold, H., Integrated Quality of Service For Multimedia Communications. In *Proceedings of the 12th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies - IEEE INFOCOM '93*; 1993, 732–739.
- [5] Clark, D.D. The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols. In *SIGCOMM Symposium on Communications Architectures and Protocols*, 1988, ACM Press, 106–114.
- [6] ESRI ArcWeb Services. <http://www.esri.com/software/arcwebservices/index.html>
- [7] Ferrari, G., Ezhilchelvan, P., Mitrani, I., “Performance modeling and evaluation of e-business systems,” *Proceedings of the 39th annual Symposium on Simulation*, vol 00, 2006, 135–142.
- [8] Foster, I., Kesselman, C., Nick, J.M., Tuecke, S. Grid Services for Distributed Systems Integration. *Computer*, Vol. 35, No. 6, 2002.
- [9] Fourth Generation Mobile Forum, <http://4gmf.org/index.htm>
- [10] Frølund, S., Koistinen, J. 1998. Quality-of-Service Specification in Distributed Object Systems, *Distributed System Engineering* 5: 179–202.
- [11] i-mode. <http://www.nttdocomo.com/services/imode/>
- [12] Keller, A., Ludwig, H., The WSLA Framework: Specifying and Monitoring Service Level Agreements for Web Services. *Journal of Network and Systems Management*, Vol. 11, No. 1, March 2003, 57–81.
- [13] Microsoft MapPoint. <http://www.microsoft.com/mappoint/default.mspx>
- [14] Mobile IT forum, http://www.mitf.org/index_e.html
- [15] Moerdijk, A-J; & Klostermann, L. Opening the Networks with Parlay/OSA: Standards and Aspects Behind the APIs. *IEEE Network*. May/June 2003, 58-64.
- [16] Oaks, S., and Wong, H. *Jini in a Nutshell*. O'Reilly, 2000.
- [17] Rappa, M. A., The Utility Business Model, *IBM Systems Journal*, Vol. 43, No. 1, 2004, 32–42.
- [18] Sharma, P., Estrin, D., Floyd, S., Jacobson, V., Scalable Timers for Soft State Protocols. In *IEEE Infocom '97*, 1997, IEEE Press.
- [19] Willie W. Lu and Jenny Hu, Open Wireless Architecture – The Core to 4G Mobile Communications. In *China Communications*. 2006, April, 32-39
- [20] Zhang, L., Braden, B., Estrin, D., Herzog, S., Jamin, S., RSVP: A New Resource Reservation Protocol. In *IEEE Network*, 1993, 8–18.