

네트워크 기반 로봇의 서비스 실행 컨텍스트 동적 관리

박 정 민[†] · 이 중 재^{††} · 유 범 재^{†††}

요 약

네트워크 기반 로봇에서 로봇은 한정된 자원을 가지며 서비스에 따라 필요로 하는 입출력 장치와 컴퓨팅 능력 및 응답 실시간성이 다르다. 본 논문에서는 네트워크 기반 로봇에서 로봇이 다양한 서비스를 효율적으로 수행하고 서비스의 실시간성을 제공하도록 하기 위하여 서비스 실행 컨텍스트를 동적으로 관리하는 방법을 제안한다. 실제 네트워크 기반 로봇에 적용하여 실험한 결과, 제안한 방법은 서비스 실행의 실시간 응답성을 만족하며 로봇의 자원 사용률을 향상시켰다. 제안한 방법은 서비스 실행 컨텍스트에 대한 변경이 용이하므로 센서 및 새로운 서비스에 대한 확장성과 융통성을 제공하며 로봇 서비스의 재사용성을 증대시킨다.

키워드 : 네트워크 기반 로봇, 서비스, 서비스 실행 컨텍스트, 동적 관리

Dynamic Management of Service Execution Contexts in Network-based Robots

Jung-Min Park[†] · Joong-Jae Lee^{††} · Bum-Jae You^{†††}

ABSTRACT

Robots have limited computing resources and robot services have different requirement such as sensors, actuators, computational capabilities and timeliness. In this paper, we propose a dynamic management method of service execution contexts to perform various services efficiently and to meet the time constraint of service in network-based robots. The proposed method is tested in the real network-based robot system. The results show that the real-time requirement for services is satisfied and the resource utilization is improved. The proposed method provides the extendability and flexibility of sensors and services by aptly modifying service execution contexts and increases the reusability of service.

Keywords : Network-based Robot, Service, Service Execution Contexts, Dynamic Management

1. 서 론

1960년대초 산업용 로봇이 출시된 이후 산업현장에서 주로 정밀한 작업을 반복하는 자동화 기계로 인식되던 로봇은 1990년대에 들어 사람들이 생활하는 일상 공간에서 삶을 돕는 작업을 하는 로봇에 대한 연구 및 개발에 힘입어 생활도우미의 역할을 하는 서비스 로봇으로 응용 범위가 확대되고 있다. 로봇에 대한 인식의 변화와 적용 범위의 확대에 따라 로봇에 대한 연구는 다음과 같은 변화를 요구한다. 첫째, 로봇의 작업 환경에 대한 변화이다. 공장과 같이 제한되고 고정된 공간에서 수행되던 산업용 로봇과 달리, 서비스

로봇은 일상생활 공간에서 움직이면서 동작하므로 변화하는 환경에 대한 효율적이고 적합한 처리를 필요로 한다. 둘째, 로봇이 수행하는 작업의 변화이다. 산업용 로봇은 미리 정해진 단순한 작업을 반복적으로 수행하는 반면, 서비스 로봇은 작업 상황이나 환경에 따라 융통성 있게 작업을 수행해야 한다.

인간이 생활하는 공간에서 사람을 돕는 작업을 하는 로봇은 사람에게 친숙한 형태 또는 외형을 가지는 것이 바람직하므로 적정수준의 경량화가 필요불가결하다. 따라서 로봇은 장착할 수 있는 입출력 장치의 수 및 컴퓨팅 능력이 제한되는 하드웨어적인 특성을 가진다. 다양한 응용분야에 로봇을 활용하고자 하는 요구가 커지고 있으나, 로봇은 하드웨어적인 특성으로 인하여 고성능의 처리를 요구하는 3차원 물체인식, 얼굴 감지 및 인식, 얼굴 추적 등과 같은 다양한 서비스를 로봇 자체에서 실행할 수 없다. 이를 해결하고자 정보통신 기술을 결합하여 로봇에 부착된 센서정보들을 네

[†] 정 회 원 : 한국과학기술연구원 인지로봇연구단 연구원

^{††} 정 회 원 : 한국과학기술연구원 인지로봇연구단 PostDoc.

^{†††} 정 회 원 : 한국과학기술연구원 인지로봇연구단 책임연구원/단장

논문접수 : 2009년 7월 24일

수정일 : 1차 2009년 9월 23일

심사완료 : 2009년 10월 6일

트위크를 통하여 고성능 컴퓨터인 외부의 서버에 전송한 후 그 서버들을 활용하여 서비스를 제공하는 로봇이 출현하였고 이를 네트워크 기반 로봇이라 한다[1-2]. 즉, 네트워크 기반 로봇 시스템에서 네트워크에 연결된 로봇은 장착된 다양한 센서들로부터 측정 또는 입력된 정보들을 유무선 네트워크를 통하여 외부의 고성능 서버에 전달하여 처리한 후 로봇에게 결과를 넘겨줌으로써 다양한 지능 서비스를 수행한다.

네트워크 기반 로봇 시스템은 다음의 두 가지 측면 즉, 전송하는 정보량과 제공하는 서비스의 실시간성 측면에서 다른 네트워크 응용 시스템과 차별화된다. 휴대폰과 같은 정보단말기기는 네트워크에 연결되어 정보단말기기의 요청에 따라 정보 서비스만을 제공하는 반면, 네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇은 외부 서버로부터 정보 서비스를 받을 뿐만 아니라, 서비스를 위해 필요로 하는 센서정보들을 로봇에서 외부 서버로 보낸다. 즉 정보단말기에서 서버로 전송하는 정보에 비해 로봇의 경우는 대용량의 데이터를 계속해서 보내야 하는 서비스가 존재한다. 둘째, 다른 네트워크 응용 시스템은 외부 서버로부터 서비스를 받을 때 대부분 정보서비스에 국한하므로 서비스 지연을 감내할 수 있는 소프트 실시간 서비스를 수행하는데 반해, 네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇의 동작은 정해진 시간 내에 수행해야 하는 하드 실시간 서비스의 실행을 요구한다.

네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇이 수행하는 각 서비스는 필요로 하는 입출력 장치 즉, 센서 및 구동기의 종류가 다르며 정보처리를 위해 요구하는 컴퓨팅 능력의 정도가 다르다. 서비스를 수행할 때, 로봇에 장착되어 있는 모든 센서들을 구동하여 입력받은 센서정보를 모두 네트워크를 통해 외부 서버에 전송하여 해당 서비스를 수행할 수도 있으나, 로봇의 컴퓨팅 능력이나 네트워크 기반 로봇 시스템의 전체적인 성능을 고려해 볼 때 서비스에 불필요한 센서정보의 처리나 대용량의 데이터 전송은 비효율적이다. 즉, 로봇에 연결되어있는 장치라고 하더라도 서비스에 따라 사용여부가 결정되므로 서비스 기반으로 실행 환경을 설정하는 것이 제한된 컴퓨팅 자원을 가지고 있는 로봇 측면과 네트워크 기반 로봇 시스템의 전체적인 성능 및 서비스의 실행 성능 측면에서 볼 때 적합하다. 기존 연구에서 로봇 서비스의 개발을 용이하게 위해 웹 서비스 기술을 활용하거나[3] 웹 서비스 상의 UPnP를 활용하는 연구가 있었다[4-5]. 이러한 연구들은 새로운 하드웨어 장치가 추가될 때 부가적인 절차 없이 자동적으로 인식하여 사용함으로써 입출력 장치의 초기화에는 도움을 주지만, 이미 부착된 입출력 장치를 실행 시간에 재구성하는 방법은 지원하지 않으므로 서비스 실행의 효율은 고려하지 않았다. 따라서 제한된 컴퓨팅 자원을 가지고 있는 로봇과 네트워크 기반 로봇 시스템의 전체적인 성능 및 서비스의 실행 성능을 고려할 때, 로봇에 장착되어 있는 입출력장치인 경우 자동 접속 기능뿐만 아니라, 실제로 로봇에 연결된 입출력 장치라고 하더라도 서비스 기반으로 실행의 효율성을 고려하여 사용여부를 선택할 수 있고

로봇에 직접 장착되지 않은 장치일지라도 네트워크 상에 연결된 다른 입출력 장치를 특정 서비스를 위한 실행환경으로 설정하는 것이 필요하다.

또한 네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇이 수행하는 서비스 중에 로봇의 운동 능력과 연계된 서비스는 정해진 시간 내에 수행되어야 한다. 예를 들어 로봇의 조작 작업 등과 같이 로봇의 엔진을 제어하거나 모션을 제어하는 것과 같은 처리에 시간 제약이 있는 서비스의 경우, 서비스 실행의 하드 실시간성은 필수적인 요소이다. 일반적으로 네트워크 기반 로봇에서 서비스를 외부 서버에서 실행하는 경우, 통신 지연 등으로 인해 하드 실시간성을 보장하기는 어려운 실정이다. 그에 따라 네트워크 기반 로봇이라고 할지라도 모든 서비스를 외부 서버에서 수행하는 것이 아니라 응답 실시간성을 고려하여 서비스의 실행 위치를 결정하는 기법이 필요하다.

앞서 살펴본 바와 같이 네트워크 기반 로봇에서 로봇이 제공하려는 다양한 서비스에 대하여 로봇의 한정된 자원을 효율적으로 사용하고, 서비스에 따라 적합한 실시간성을 보장하도록 하려면 각종 센서 정보 및 컴퓨팅 능력 등과 같이 서비스에 대한 실행환경을 관리하는 방법이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇이 수행하는 서비스에 대한 실행환경정보를 정의하고 관리하는 방법을 제안한다.

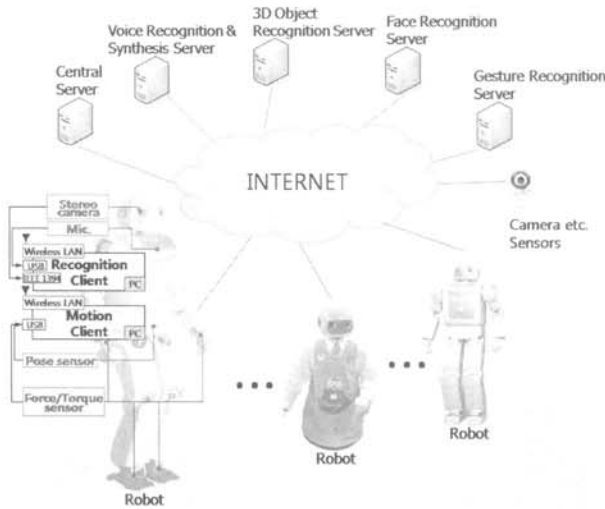
서론에 이어, 2장에서는 본 연구에 기본이 되는 개념인 네트워크 기반 로봇과 로봇의 서비스에 대하여 간략하게 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 네트워크 기반 로봇에서 서비스를 효율적으로 실행하기 위한 실행환경정보인 서비스 실행 컨텍스트를 정의하고 서비스 실행 컨텍스트를 동적으로 관리하는 기법을 설명한다. 4장에서는 제안한 기법을 실제 네트워크 기반 로봇에 적용하여 실험한 결과를 통해 제안한 방법의 적합성을 확인하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 네트워크 기반 로봇과 서비스

2.1 네트워크 기반 로봇

로봇이 휴대폰이나 PDA 등의 정보단말기와 같이 단순히 정보 서비스를 제공할 뿐만 아니라, 복합 지능 및 기능을 제공하기 위하여 네트워크를 통해 공유된 지능을 활용하여 네트워크에 연동되는 서비스를 제공하는 기술이 필수적이며 이를 네트워크 기반 로봇이라고 한다.

서론에서 간단히 살펴본 바와 같이 네트워크 기반 로봇은 유비쿼터스 환경에서 네트워크에 연결되어있는 다양한 지능이나 기술 및 정보를 로봇의 운동 능력과 연계하여 인간에게 친숙한 방법으로 필요한 서비스를 제공할 수 있는 로봇 시스템이다. 네트워크 기반 로봇 시스템에서 서버들에 분산되어있는 지식이나 기능들인 다양한 서비스는 다양한 형태의 여러 로봇에게 제공될 수 있다. 네트워크 기반 로봇 시스템을 개념적으로 나타내면 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 네트워크 기반 로봇 개념도

로봇이 수행할 서비스를 개발함에 있어서 지금까지는 하나의 로봇에서 수행할 서비스에 국한하여 개발하였으나, 네트워크 기반 로봇에서는 외부의 서버나 다른 로봇의 서비스를 네트워크를 통해서 수행할 수 있으므로 서비스의 확장성이 있다. 또한 로봇 자체의 공간적 제약으로 인해 센서를 제한적으로 장착함으로써 사용할 수 없었던 주변 환경 정보를 네트워크에 연결된 환경 센서나 다른 로봇의 센서를 통해 얻을 수 있으므로 센서의 정보 측면에서도 확장성이 있다.

2.2 로봇의 서비스

로봇은 국제로봇연맹(IFR)에 따르면 <표 1>에서 보는 바와 같이 분류된다[6]. 산업용 로봇에서 시작한 로봇은 서비스 로봇으로 응용분야가 확대되어 로봇의 서비스 환경과 대상에 따라 전문서비스 로봇과 개인서비스 로봇으로 나뉘나, 궁극적으로 인간 중심적 환경에서 사람이 원하는 일을 하고 원하는 정보를 제공하는 것이 지능형 서비스 로봇의 목표이

<표 1> 로봇의 분류

구분		종류
대분류	중분류	
산업용 로봇		용접 로봇 핸들링 로봇 도장 로봇
서비스 로봇	전문서비스 로봇	필드로봇(농업, 목축, 산림) 전문 청소 검사 로봇 의료 로봇 군사 로봇 구조 로봇 보안 로봇 등
	개인서비스 로봇	가사 로봇 교육용 로봇 장애인 및 노약자 보조 로봇

다. 그러나 사람들이 기대하는 인간의 지능을 가지거나 일상생활 속에서 인간과 공존하는 로봇은 아직도 초기 단계이며 이를 실용화하기 위해서 많은 연구 개발을 필요로 하며 현재 활발한 연구가 진행되고 있다[7-15].

지능형 서비스 로봇의 개발은 로봇의 외형적으로는 인간과 비슷한 모습을 갖추거나 사람에게 친근한 크기와 모양을 보이며, 이동성과 조작성 및 다양한 지능을 갖춘 서비스로 확장되는 추세임을 알 수 있다. 따라서 네트워크 기반 로봇에서 제공하는 서비스도 다양한 지능을 갖춘 서비스뿐만 아니라 이동성과 조작성을 제공하는 형태로 개발되어야 한다.

로봇의 서비스는 로봇의 현재 상태나 주변 상황을 고려하여 수행되며 이를 위해 센서들이 사용된다. 산업용 로봇이나 초기의 서비스 로봇에서는 인코더 리졸버, 포텐서 미터 전류 센서, 기울기 센서 등과 같은 내부 센서나 접촉 센서, 근접 센서, 레이저 센서, 압력 센서, 관절센서, 힘 센서, 토크 센서 등과 같은 외부 센서 중에서 로봇 자체의 특성을 파악하기 위한 센서들을 주로 사용해왔으나, 현재 개발되고 있는 로봇들은 다양한 지능 서비스를 수행하기 위해 주변 환경 인식을 위한 센서 예를 들면 스테레오 카메라와 같은 시각 센서, 청각, 습도, 방사선 측정 센서류, 현재의 위치를 측정하기 위한 스타게이지와 같은 위치인식 센서 및 이동을 감지하기 위한 감지 센서들을 많이 사용하고 있다. 따라서 네트워크 기반 로봇에서도 이와 같은 다양한 센서들에 대한 처리가 가능하도록 해야 한다.

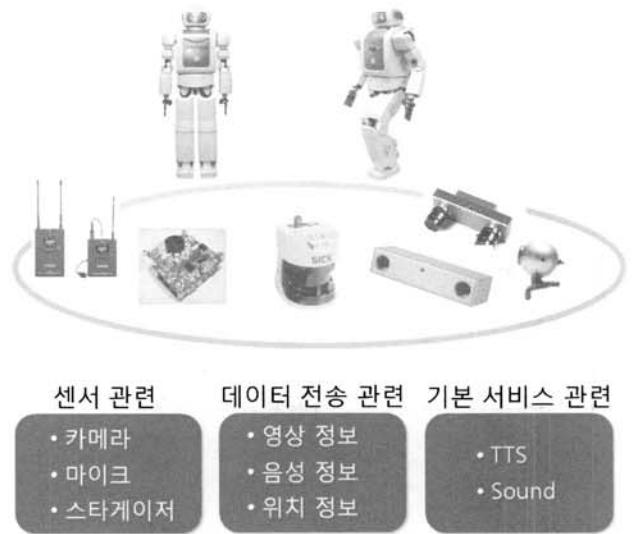
로봇에 대한 서비스의 실시간성이란 특정 서비스가 정해진 시간 내에 수행되어야 함을 의미한다. 일반적인 네트워크 응용 시스템에서 정보 단말기에 대한 정보서비스는 동영상 재생하는 응용과 같이 동영상이 약간 끊긴다고 하더라도 보기에 불편할 뿐 서비스 제공에 문제를 야기하지는 않는다. 마찬가지로 네트워크 기반 로봇의 서비스에서 음성인식이나 물체인식 등과 같은 서비스는 응답 속도가 느린 것이 서비스를 제공함에 있어 문제를 야기하지는 않는다. 그러나 비주얼 서보잉과 같은 서비스는 실시간으로 특정 시간 내에 물체의 위치를 피드백을 받아서 로봇의 팔을 제어하지 않으면 서비스 자체가 실패로 돌아간다. 즉, 네트워크 기반 로봇에서 수행하는 서비스는 서비스의 실시간성의 정도에 따라 서비스를 하드 실시간 서비스와 소프트 실시간 서비스로 분류할 수 있다. 예를 들어 로봇의 조작 작업이나 비주얼 서보잉과 같은 서비스는 하드 실시간 서비스에 속하며 음성인식이나 물체인식 등과 같은 서비스는 소프트 실시간 서비스에 속한다. 또한 네트워크 기반 로봇에서 수행하는 서비스는 서비스의 실행 위치에 따라 네트워크 기반 서비스와 지역 서비스로 분류된다. 외부 서버에서 실행되는 서비스를 네트워크 기반 서비스라 하며 로봇 내부에서 실행되는 서비스를 지역 서비스라 한다. 다양한 서비스는 로봇의 가용 자원이나 서비스의 실시간성을 고려하여 실행 위치를 결정할 수 있어야 한다.

3. 네트워크 로봇 서비스를 위한 서비스 실행 컨텍스트 동적 관리

3.1 서비스 실행 컨텍스트의 정의 및 구성

로봇은 크게 인식과 동작의 조합으로 이루어진 수행과정을 통하여 서비스를 제공한다. 여기서 인식이란 얼굴인식, 물체인식, 음성인식, 위치인식, 몸짓인식 등을 의미하며 동작은 조작, 이동 등을 가리킨다. 이러한 인식과 동작을 수행하려면 적합한 입력 정보가 제공되어야 한다. 예를 들어 얼굴인식을 위한 영상 정보, 음성인식을 위한 음성 정보, 그리고 로봇의 이동을 위한 위치 정보 등이다. 앞서 언급한 바와 같이 네트워크 기반 로봇이 제공하는 서비스는 실시간성, 실행 위치 등에 따라서 분류할 수 있다. 먼저 실시간 측면에서 로봇의 서비스는 소프트웨어 서비스와 하드웨어 서비스로 구분된다. 또한 서비스에 필요한 알고리즘이 실행되는 위치에 따라서 네트워크에 연결된 외부 서버에서 제공되는 서비스인 네트워크 기반 서비스와 로봇 내부에 탑재된 컴퓨터 상에서 제공되는 서비스인 지역 서비스로 분류한다. 따라서 네트워크 기반 로봇은 다양한 특성을 갖는 포괄적인 서비스를 제공하기 위하여 각 서비스의 상황에 맞게 서비스의 실행에 적합한 실행 환경 정보가 적응적으로 변경될 필요가 있다. 본 논문에서는 서비스의 실행에 필요한 실행 환경 정보를 서비스 실행 컨텍스트라 하며 다음과 같이 정의한다. 서비스 실행 컨텍스트란 로봇이 제공하는 서비스의 실행에 필요한 환경 값들을 의미한다. 예를 들어 “지정된 사람에게 물건 가져다주기”라는 서비스를 로봇이 수행하기 위해 필요한 여러 작업 중에서 지정된 사람을 찾아내는 얼굴인식 서비스를 고려해 보자. 얼굴인식은 카메라로부터 영상을 입력받아 데이터베이스에 등록되어 있는 얼굴과의 유사도 비교를 통해서 이루어지는데 만약 이 얼굴인식 서비스를 네트워크에 연결된 외부 서버에서 제공하려면 영상 데이터를 네트워크를 통해 전송하는 실행 환경이 필요하다. 즉, 카메라로부터 영상을 획득하는 과정과 영상을 네트워크로 전송하는 실행 환경이 사전에 준비되어야만 원하는 서비스를 제공할 수 있게 된다.

본 논문에서 서비스 실행 컨텍스트는 기본적으로 제공하는 서비스 또는 알고리즘 단위로 정의하며 크게 인식 서비스 수행에 필요한 정보와 동작 서비스 수행에 필요한 정보로 구성한다. 인식 서비스 수행에 필요한 정보는 센서관련 정보와 데이터 전송 관련 정보로 세분화한다. (그림 2)는 본 연구소에서 개발한 네트워크 기반 로봇인 마루의 예를 들어 로봇에서 사용하는 다양한 센서를 나타낸 것이며 <표 2>는 이에 대한 서비스 실행 컨텍스트의 구성과 해당 정보의 의미를 나타낸다. 인식 서비스 알고리즘 수행에 필요한 정보인 센서 관련 정보에는 얼굴인식이나 물체인식 등과 같은 시각 인식에 사용되는 카메라, 음성인식에 사용되는 마이크, 위치인식에 필요한 스타게이지 등이 있으며 해당 센서를 사용하는지에 대한 여부를 선택할 수 있다. 특히 카메라 관련 정보는 카메라의 다양한 종류를 기술할 수 있으며 스테레오



(그림 2) 로봇에 사용되는 다양한 센서 (예:마루)

카메라의 경우, 기본적인 영상정보인 좌우 영상뿐만 아니라 영상에 대한 깊이지도 정보의 사용여부도 선택할 수 있다. 네트워크 기반 로봇의 고유한 특성인 데이터 전송관련 정보는 서비스 알고리즘이 로봇 내에서 수행되지 않고 외부 서버에서 수행됨과 관련된 데이터 전송을 의미한다. 예를 들어 음성인식을 외부 서버에서 수행할 때 로봇은 마이크 센서로부터 입력되는 음성 데이터를 외부 서버로 전송하여 음성인식을 수행한다. 이밖에 로봇 자체에서 제공되는 서비스인 기본 서비스 관련정보는 TTS(Text-To-Speech) 및 음향 서비스 사용여부 등에 대한 정보가 포함된다.

본 논문에서는 서비스 실행 컨텍스트를 기술하기 위해서 XML 구문을 사용한다. XML은 데이터의 저장과 전송이 용이하도록 고안되었으므로 서비스 실행 컨텍스트를 기술하고 전송하며 실행하기에 적합하다[16]. 또한 새로운 정보를 비

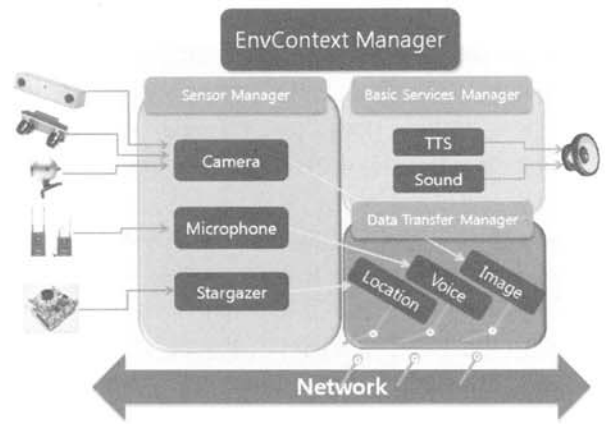
<표 2> 서비스 실행 컨텍스트의 구성

	속 성	값
서비스 실행 컨텍스트	이름(Name)	문자열
	설명(Description)	문자열
카메라	사용여부(Use)	yes/no
	깊이지도(depthmap)사용여부(Dst)	yes/no
	종류(Type)	BB60/BBv2/Videre
스타게이지	사용여부(Use)	yes/no
마이크	사용여부(Use)	yes/no
	사용여부(Use)	yes/no
TTS	사용여부(Use)	yes/no
	성별(Gender)	MALE/FEMALE
음향	사용여부(Use)	yes/no
제어PC	연결여부(Connect)	yes/no
	IP주소(IP)	10.18.0.11
데이터 전송	영상(Image)	yes/no
	음성(Voice)	yes/no
	위치(Stargazer)	yes/no

<표 3> XML 구문으로 기술한 서비스 실행 컨텍스트의 예

```

...
<EnvContext Name="FR" Description="Face Recognition">
  <Camera Use="yes" Type="BB60" Dst="no"/>
  <Mic Use="no"/>
  <Stargazer Use="no"/>
  <TTS Use="yes" Gender="MALE"/>
  <Sound Use="yes"/>
  <DIHC Connect="no" IP=""/>
  <Transfer Image="yes" Voice="no" Stargazer="no"/>
</EnvContext>
<EnvContext Name="VS" Description="Visual Servoing">
  <Camera Use="yes" Type="BB60" Dst="yes"/>
  <Mic Use="no"/>
  <Stargazer Use="no"/>
  <TTS Use="yes" Gender="MALE"/>
  <Sound Use="no"/>
  <DIHC Connect="yes" IP="10.18.0.100"/>
  <Transfer Image="no" Voice="no" Stargazer="no"/>
</EnvContext>
...
    
```



(그림 3) 서비스 실행 컨텍스트 설정기 구조

교적 쉽게 추가할 수 있는 장점이 있다. <표 3>은 서비스 실행 컨텍스트를 기술한 예로서 얼굴인식 서비스와 비주얼 서보잉 서비스에 대한 서비스 실행 컨텍스트의 내용을 보여 준다. 얼굴인식(FR:Face Recognition) 서비스는 서비스의 특성상 소프트웨어 실시간 서비스이므로 외부 서버에서 인식 서비스를 수행한다. 따라서 스테레오 카메라인 범블비60으로부터 얻은 영상 데이터를 외부 서버인 얼굴인식 서버에 전송한다. <표 3>에서 볼 수 있듯이 이와 같은 서비스 실행 컨텍스트는 카메라 사용 여부를 '예', 종류는 'BB60'으로 설정한다. 이밖에 기본 서비스인 TTS 서비스는 남자 목소리로 제공하며 다른 기능들은 사용하지 않는 상태로 설정된다. 반면 비주얼 서보잉(VS: Visual Servoing)은 하드 실시간 서비스이므로 CPU, 메모리, 네트워크와 같은 로봇의 자원을 최대로 확보할 수 있어야 한다. 다시 말해서 서비스 수행에 불필요한 정보는 비활성화 상태로 설정해야 한다.

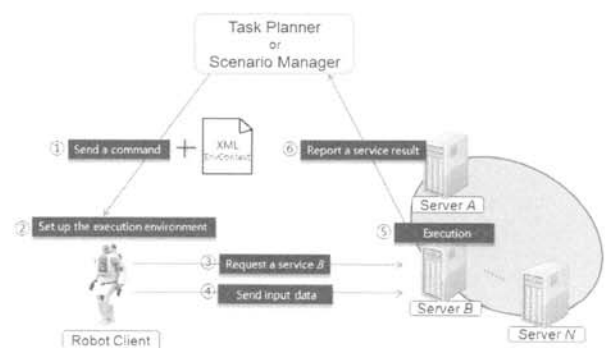
3.2 서비스 실행 컨텍스트 설정

로봇의 서비스를 효율적으로 수행하기 위한 서비스 실행 컨텍스트는 서비스 실행 컨텍스트 설정기를 통하여 설정한다. 서비스 실행 컨텍스트 설정기는 (그림 3)과 같으며 크게 세 가지 즉, 센서 관리자, 데이터 전송 관리자 및 기본 서비스 관리자로 구성된다. 센서 관리자는 카메라 센서, 마이크 센서, 스타게이저 센서 등 로봇 내부 또는 외부에서 실행할 수 있는 서비스에 대한 센서들을 관리하며 데이터 전송 관리자는 센서 관리자로부터 획득된 센서 데이터를 네트워크를 통해 전송하는 기능을 담당한다. 또한 로봇 내부에서 자체적으로 수행되는 기본 서비스인 TTS와 음향 서비스는 기본 서비스 관리자가 담당한다. 구체적으로 각 관리자는 서비스 실행 컨텍스트를 기술한 XML 문서의 내용에 따라 해

당 실행 환경을 설정한다. 예를 들어 로봇 앞에 있는 사람의 얼굴을 인식하고 음성 명령을 인식하여 그에 대응하는 대답을 TTS로 해야 하는 서비스가 있다고 가정하면 얼굴 인식을 위한 카메라 센서를 동작시키고 음성 인식에 필요한 음성을 획득하기 위하여 마이크 센서를 동작시킨다. 획득된 영상과 음성 데이터는 데이터 전송으로 각 인식 서버(얼굴 인식, 음성인식)에 전송되며 TTS 서비스를 통해 응답한다. 이때 중요한 점은 활성화된 서비스 실행 컨텍스트 외에 다른 정보들은 비활성화되어 불필요하게 시스템의 자원들을 점유하지 않는다는 것이다.

앞서 설명한 바와 같이 서비스 실행 컨텍스트는 서비스 실행 컨텍스트 설정기에 의해 설정되며, 서비스 실행 컨텍스트 설정과정을 구체적으로 기술하면 (그림 4)와 같다. 예를 들어 네트워크 기반 서비스 즉, 로봇이 외부 서버에서 서비스를 수행하는 경우를 가정하여 서비스 실행 컨텍스트 설정과정을 설명하면 다음과 같다.

- 작업 계획기로부터 로봇으로 작업 명령 전달
- 작업 계획기 또는 시나리오 관리기로부터 로봇이 수행해야 할 작업이 결정되면 해당 서비스 수행 명령을 로봇으로 전달하며 이 때 서비스 실행 컨텍스트에 관한 XML 문서도 함께 전송한다.



(그림 4) 서비스 실행 컨텍스트를 고려한 외부 서버에서 서비스 수행 과정

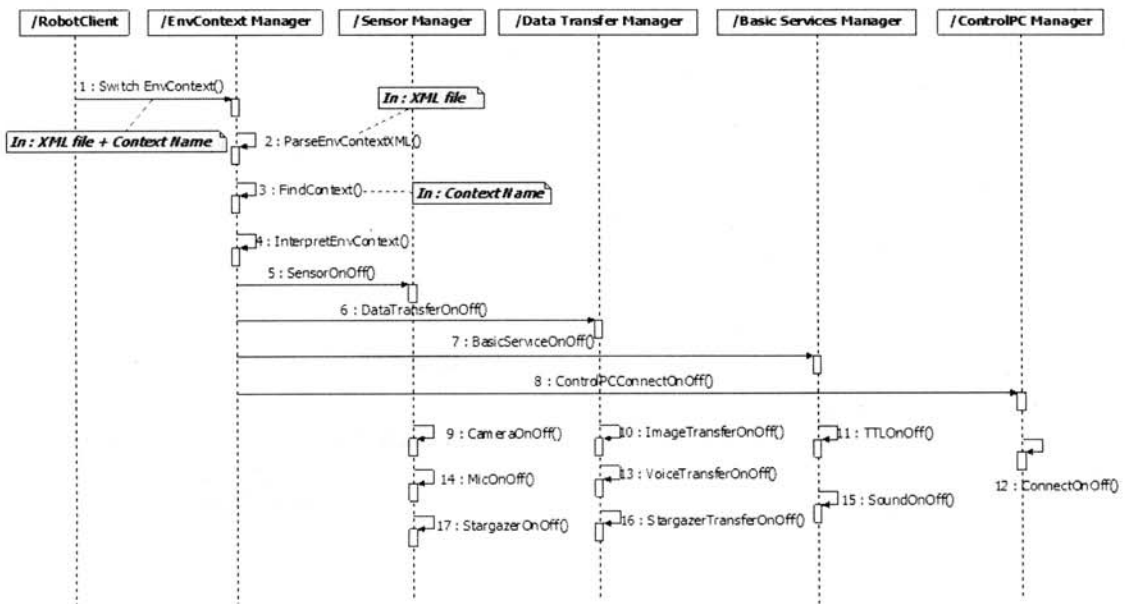
- 지정된 실행 환경 설정
로봇으로부터 전달된 작업 명령은 로봇이 실제로 수행해야 할 서비스명(예: 서비스 B)이다. 서비스 실행 컨텍스트의 설정기는 XML 문서에서 해당 서비스의 실행 컨텍스트 값에 따라서 실행 환경을 설정한다.
- 외부 서버 B에게 서비스 요청
지정된 실행 환경이 설정되면 로봇 클라이언트는 외부 서버 측으로 서비스를 요청하며 여기서 서비스 B를 제공하는 외부 서버 B가 그 대상이다.
- 외부 서버 B에게 입력 데이터 전송
로봇 클라이언트는 이미 서비스 B를 수행하는데 필요한 실행 환경이 설정된 상태이므로 외부 서버 B에 적합한 입력 데이터를 전송한다.
- 서비스 B 수행
외부 서버 B는 로봇 클라이언트로부터 입력 받은 데이터를 이용하여 서비스 B를 수행한다.
- 서비스 B의 결과를 작업 계획기에 보고
외부 서버 B는 수행한 서비스 B의 결과를 다시 작업 계획기에 보고하며 이 결과는 다음 명령 수행을 위한 판단기준이 되거나 서비스 B에 대한 응답을 결정한다.

지금까지 살펴본 바와 같이 로봇이 원하는 서비스를 수행하려면 서비스 실행 컨텍스트와 서비스는 쌍을 이루어 실행 환경을 설정한 다음, 해당 서비스를 수행하는 절차를 따른다. (그림 5)는 (그림 4)의 ②번 과정인 서비스 실행 컨텍스트 설정 과정을 UML의 시퀀스 다이어그램을 통해서 구체적으로 보인 것이다. 서비스 실행 컨텍스트는 다음과 같은 과정을 거쳐 설정된다. 첫 번째, 네트워크를 통하여 전송된 XML 문서의 유효성을 판별하기 위하여 구문분석을 수행한다. 두 번째, XML 문서에 기술된 다양한 서비스 중에서 로

봇이 수행해야 할 서비스명으로 해당하는 서비스 실행 컨텍스트를 검색한다. 마지막으로, 검색된 서비스 실행 컨텍스트를 해석하고 설정한다. 이때 서비스 실행 컨텍스트 설정기를 구성하는 센서 관리자, 데이터 전송 관리자 및 기본 서비스 관리자는 병렬적으로 작업을 수행해야 하므로 각각 별개의 쓰레드로 구현된다. (그림 5)에서 시퀀스 다이어그램의 상단에 있는 상자들은 클래스 또는 인스턴스를 의미하고 수직 점선은 시간의 흐름을 나타내며 수평 화살표는 객체 사이에 전달되는 메시지를 나타낸다. 예를 들어, 로봇 클라이언트와 서비스 실행 컨텍스트 설정기 사이에 표시된 Switch EnvContext 메시지는 로봇 클라이언트가 Switch EnvContext 메시지를 서비스 실행 컨텍스트 설정기에 전달함으로써 서비스 실행 컨텍스트의 전환이 호출됨을 의미한다.

4. 실험 및 결과

본 장에서는 제안한 방법을 실제 네트워크 기반 로봇에 적용하여 서비스를 수행한 실험 결과를 기술한다. 실험에는 본 연구소에서 구축·개발한 네트워크 기반 로봇 시스템을 사용하였다. 네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇으로는 <표 4>에서 보는 바와 같이 본 연구소에서 개발한 로봇 플랫폼인 휴머노이드 로봇 마루M을 사용하였으며 네트워크에 연결되어 서비스를 수행하는 외부 서버로는 <표 5>에서 보이는 바와 같이 구성한 서버들을 사용하였다. 로봇 플랫폼인 마루M에 대한 하드웨어 명세를 나타내면 <표 4>와 같다. 실험에 사용한 외부 서버는 <표 5>에서 보이는 바와 같이 6대의 서버로 이루어지며 각 외부 서버는 1Gbit 랜에 연결되어 본 실험에서 얼굴인식, 물체인식, 음성인식 등의 서비스를 수행하였다.



(그림 5) 서비스 실행 컨텍스트 설정 과정

<표 4> 로봇 플랫폼 마루M 명세

항목	제원
스테레오 카메라	Pointgrey 사, Bumblebee version2
인식용 PC	CPU 2.4GHz, 2G RAM
제어용 PC	CPU 1.8GHz, 1G RAM
Mobility	Segway
Arm	6DOF
Hand	4DOF
비전용 PC의 OS	Windows XP
제어용 PC의 OS	Linux + Zenomai

<표 5> 외부 서버 명세

항목	제원
서버용 PC	CPU 2.4GHz, 2G RAM(6대)
제공 서비스	네이밍(Naming) 서비스
	음성인식 서비스
	얼굴인식 서비스
	물체인식 서비스
	위치인식 서비스
통합 제어 서비스	

3장에서 언급하였듯이 네트워크 기반 로봇이 제공하는 서비스는 실시간성과 서비스의 실행 위치에 따라 구분된다. 본 논문에서는 이러한 서비스의 특성을 반영할 수 있는 <표 6>의 두 가지 시나리오에 대해서 제안한 방법의 유효성을 검증하였다. 실험에서 성능평가의 지표로 로봇이 서비스를 수행하면서 사용한 자원 사용률(CPU, 메모리, 네트워크 사용률)과 실시간 응답성(응답시간, 서비스 성공여부)를 사용하였다. <표 6>에서 볼 수 있듯이 시나리오1은 모두 소프트웨어 실시간 서비스들(음성인식, 물체인식, 얼굴인식)로만 구성되며, 외부 서버에서 실행가능한 네트워크 기반 서비스들로 구성하였다. 이에 비해서 시나리오2는 소프트웨어 실시간 서비스와 하드 실시간 서비스가 조합된 특징을 갖는다. 특히, 이 중 비주얼 서보잉 서비스는 하드 실시간 서비스에

<표 6> 실험 시나리오

번호	항목	설명
시나리오 1	내용	"사람의 말을 듣고 물건과 사람을 알아낸다"
	서비스구성	음성인식 → 얼굴인식 → 음성인식 → 물체인식
	특징	모두 네트워크 기반 서비스 및 소프트웨어 실시간 서비스로 구성
시나리오 2	내용	"사람의 말을 듣고 물건(팩)을 집어서 사람에게 가져다준다"
	서비스구성	음성인식 → 비주얼서보잉 → 얼굴인식
	특징	음성인식, 얼굴인식: 네트워크 기반 서비스, 소프트웨어 실시간 서비스 비주얼서보잉: 지역 서비스, 하드 실시간 서비스

속하므로 지역 서비스로 수행하며, 음성인식과 얼굴인식은 소프트웨어 실시간 서비스에 속하므로 네트워크 기반 서비스로 수행할 수 있다. 본 연구에서 제안한 방법이 동적으로 서비스 실행 컨텍스트를 관리함으로써 자원을 효율적으로 사용하고 서비스에 적합한 실시간 응답성을 지원함을 검증하기 위하여 <표 6>의 실험 시나리오에 대해서 서비스 실행 컨텍스트를 사용한 경우(시나리오번호-A)와 사용하지 않은 경우(시나리오번호-B)로 나누어서 각각 실험을 수행하였다.

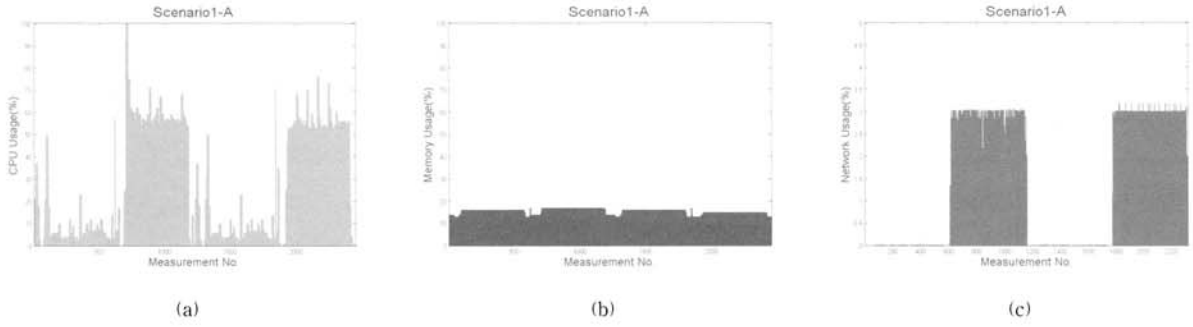
<표 7>은 실험에서 사용한 서비스 실행 컨텍스트를 나타낸 것으로 각 서비스가 수행할 때 필요한 서비스 실행 컨텍스트를 기술한 예와 그 의미를 보인다.

(그림 6)은 실험 시나리오에 따라 서비스를 실행한 예로서 로봇에서 획득한 영상 정보를 네트워크를 통해 외부 서버에 전송한 후 얼굴인식 서비스를 수행하는 예이다.

(그림 7)은 비주얼 서보잉 서비스를 실행한 예로서 전라레인지 안에 있는 물체(팩)를 인식하여 꺼내는 작업을 외부 서버가 아니라 로봇 내부에서 수행하는 장면을 보여준다. 로봇은 물체를 꺼내는 작업을 수행하기 위하여 실시간으로 물체의 위치 및 자세정보를 추적해야 하며 추적된 정보로 기반으로 작업 및 동작 계획을 하면서 로봇을 실시간으로

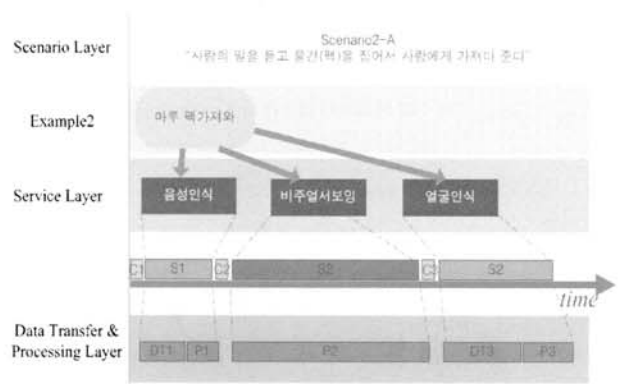
<표 7> 실험에서 사용한 서비스 실행 컨텍스트

서비스	서비스 실행 컨텍스트	센서/데이터전송	서비스	
			종류	위치
FR (얼굴인식)	<Camera Use="yes" Type="BB60" Dst="no"/> <Mic Use="yes"/> <TTS Use="yes" Gender="MALE"/> <Sound Use="yes"/> <Transfer Image="yes" Voice="yes"/>	카메라(on) 마이크(on)/영상, 음성 전송	얼굴인식	외부
			음성인식	외부
			TTS	내부
			사운드	내부
OR (물체인식)	<Camera Use="yes" Type="BB60" Dst="no"/> <Mic Use="no"/> <TTS Use="no" Gender="MALE"/> <Sound Use="no"/> <Transfer Image="yes"/ Voice="no"/>	카메라(on) 마이크(off)/영상 전송	물체인식	외부
VR (음성인식)	<Camera Use="no" Type="BB60" Dst="no"/> <Mic Use="yes"/> <TTS Use="yes" Gender="MALE"/> <Sound Use="yes"/> <Transfer Image="no" Voice="yes"/>	마이크(on) 카메라(off)/음성 전송	음성인식	외부
			TTS	내부
			사운드	내부
VS (비주얼서보잉)	<Camera Use="yes" Type="BB60" Dst="yes"/> <Mic Use="no"/> <TTS Use="yes" Gender="MALE"/> <DIHC Connect="yes" IP="10.18.0.2"/> <Transfer Image="no" Voice="no"/>	카메라(on, 깊이지도사용) 마이크 (off) 제어 PC 연결/데이터 전송 없음	비주얼서보잉	내부
			TTS	내부



(그림 9) 시나리오1-A에 대한 자원 사용률 (a) CPU, (b) 메모리, (c) 네트워크

(그림 9)와 같다. <표 8>과 (그림 9)로부터 서비스 실행 컨텍스트를 사용한 경우가 그렇지 않은 경우(<표 10>, (그림 13)참조)에 비해서 CPU와 네트워크 사용률이 일률적이지 않고 시간에 따라서 동적으로 변화함을 알 수 있다. 한편 서비스 실행 컨텍스트를 사용하지 않은 경우에 비해 총 실행시간은 증가하는데 이것은 서비스 실행 컨텍스트를 설정하는데 소요되는 시간이 추가되기 때문이다. 그러나 각 서비스 실행의 마감시간에 비해 현저하게 짧은 시간 안에 수행될 뿐만 아니라 서비스 실행 컨텍스트를 사용하지 않은 경우의 총 마감시간보다 짧은 시간에 수행되므로, 총 실행시간의 증가가 서비스 실행에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수 있다.



(그림 10) 시나리오2-A

4.1.2 시나리오2-A

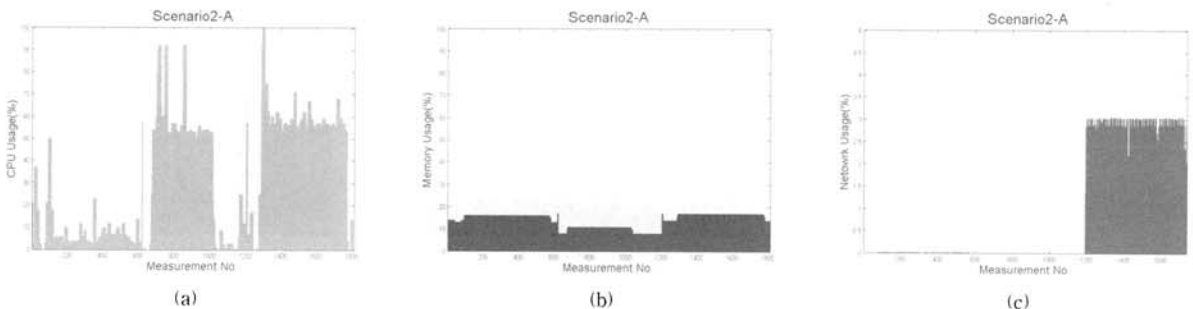
(그림 10)은 서비스 실행 컨텍스트를 사용하여 시나리오2를 수행하는 과정을 시간의 흐름에 따라 보인 것이다. 여기서 비주얼 서보잉 서비스인 S2는 인식과 제어가 동시에 필요한 하드 실시간 서비스이며 지역 서비스로 수행되므로 네트워크를 통한 데이터 전송이 없음을 볼 수 있다.

<표 9>는 시나리오2-A를 수행하였을 때의 서비스의 실시간 응답성 결과를 보여주며, 이 때 로봇의 자원 사용률은 (그림 11)과 같다. 시나리오1-A의 경우와 유사하게 <표 9>와 (그림 11)로부터 서비스 실행 컨텍스트를 하지 않은 경우(<표 11>, (그림 15) 참조)에 비해서 CPU와 네트워크 사용률이 시간에 따라서 동적으로 변화함을 볼 수 있다.

<표 9> 시나리오2-A에 대한 실시간 응답성 결과

(시간:sec)

시나리오2-A							
실행순서	C1	S1	C2	S2	C3	S3	총 실행시간
서비스명	-	음성 인식	-	비주얼 서보잉	-	얼굴 인식	-
마감시간	3	6	3	10	3	4	29
응답시간	0.5	3.68	0.5	8.3	0.5	1.67	15.15
성공여부 (y/n)	y	y	y	y	y	y	y



(그림 11) 시나리오2-A에 대한 자원 사용률 (a) CPU, (b) 메모리, (c)네트워크

4.2. 서비스 실행 컨텍스트를 사용하지 않은 경우

4.2.1 시나리오1-B

(그림 12)는 서비스 실행 컨텍스트를 사용하지 않고 시나리오1을 수행할 때, 시간의 경과에 따라 고수준(시나리오 계층)부터 저수준(데이터 전송 및 처리 계층)에 걸친 시스템 내부 상황을 보인 것이다. 시나리오1-A에 비해(그림 8참조) 여기서 주목할 점은 각 서비스에 대한 데이터 전송량이 거의 일정하다는 점인데 이것은 모든 서비스에 대해서 동일한 데이터를 전송하기 때문이다.

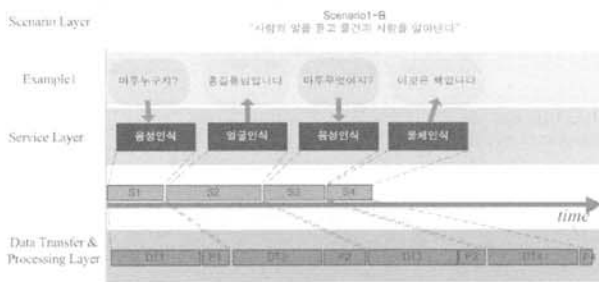
<표 10>은 시나리오1-B를 수행하였을 때 서비스에 대한 실시간 응답성 결과를 보여주며 이 때 로봇의 자원 사용률은 (그림 13)과 같다. <표 10>과 (그림 13)으로부터 서비스 실행 컨텍스트를 사용하지 않은 경우, 센서로부터 획득된 모든 데이터를 일괄적으로 외부 서버에 전송하기 때문에 서로 다른 서비스에 대해서 거의 유사한 자원 사용률을 보일

을 알 수 있다. 특히 네트워크 사용률이 거의 일정하게 점유됨을 볼 수 있다. 이와 같이 서비스에 불필요한 자원을 사용함으로써 서비스 실행 컨텍스트를 사용한 경우와 비교해 볼 때 음성인식, 얼굴인식 등과 같은 각 단위 서비스 수행의 응답시간이 증가하는 결과를 낳았다.

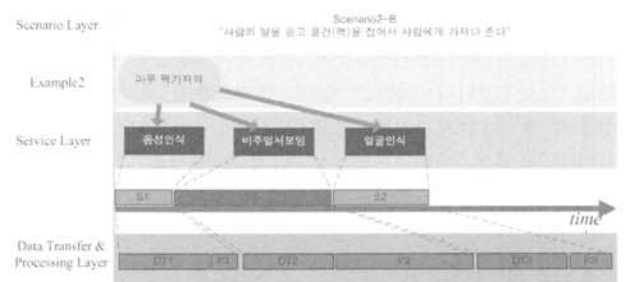
4.2.2 시나리오2-B

(그림 14)는 시나리오2를 서비스 실행 컨텍스트를 사용하지 않고 수행하는 과정을 시간의 흐름에 따라 보인 것이다. 시나리오1-B와 같이 비주얼 서보잉 서비스를 수행할 때도 네트워크를 통해 데이터를 전송하고 있음을 알 수 있다.

<표 11>은 시나리오2-B를 수행했을 때 서비스의 실시간 응답성 결과를 보여주며 이때 로봇의 자원 사용률은 (그림 15)와 같다. <표 11>에서 보는 바와 같이 시나리오 실행 과정 중에 비주얼 서보잉 서비스를 실행하지 못하였다. 이것



(그림 12) 시나리오1-B



(그림 14) 시나리오2-B

<표 10> 시나리오1-B에 대한 실시간 응답성 결과

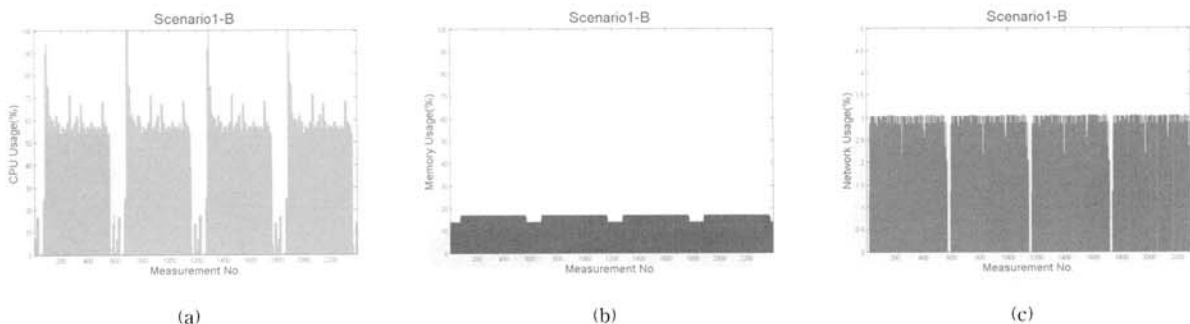
(시간:sec)

시나리오1-B					
실행순서	S1	S2	S3	S4	총 실행시간
서비스명	음성인식	얼굴인식	음성인식	물체인식	-
마감시간	6	4	6	4	20
응답시간	4.12	1.92	4.51	2.4	12.95
성공여부 (y/n)	y	y	y	y	y

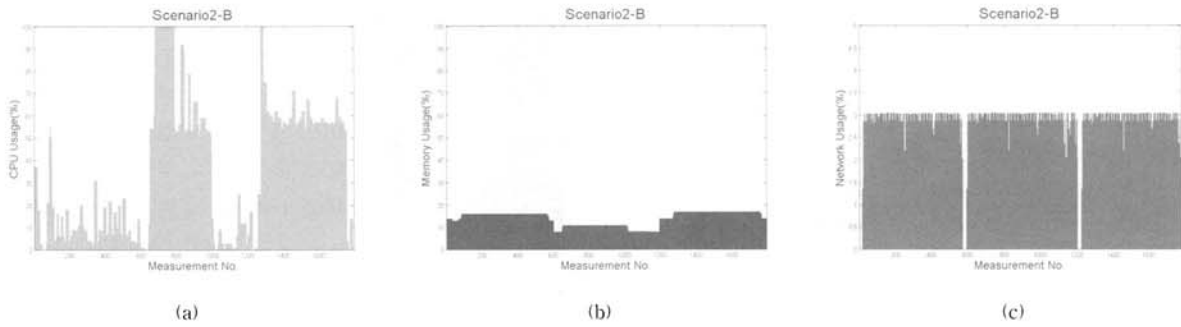
<표 11> 시나리오2-B에 대한 실시간 응답성 결과

(시간:sec)

시나리오2-B				
실행순서	S1	S2	S3	총 실행시간
서비스명	음성인식	비주얼 서보잉	얼굴인식	-
마감시간	6	10	6	22
응답시간	4.32	실행오류	2.67	측정불가
성공여부 (y/n)	y	n	y	n



(그림 13) 시나리오1-B에 대한 자원 사용률 (a) CPU, (b) 메모리, (c) 네트워크



(그림 15) 시나리오2-B에 대한 자원 사용률 (CPU, 메모리, 네트워크)

은 (그림 15)-(a)에서 보는 바와 같이 로봇의 CPU 사용량을 초과함으로써 실행에 실패했음을 알 수 있다. 즉, 로봇에서 연결된 센서의 대용량 데이터를 일률적으로 외부 서버에 전송함과 동시에 하드 실시간 서비스인 비주얼 서보잉 서비스를 수행함으로써 처리 지연이 발생하여 로봇이 실시간 제어를 하지 못하는 결과를 야기하였다. 이 실험은 네트워크 기반 로봇에서 서비스의 실행에 불필요한 자원을 사용함으로써 자원 사용률 측면에서 비효율을 야기할 뿐만 아니라 로봇이 서비스를 제공하지 못하는 경우가 발생함을 보이는 결과이다.

지금까지의 실험으로부터 네트워크 기반 로봇 시스템에서 로봇이 해당 서비스를 제공할 수 있는 상황임에도 불구하고 서비스에 불필요한 자원을 사용함으로써 인해 로봇이 서비스를 수행하지 못함을 보았다. 이는 서비스에 따라 자원의 사용을 동적으로 관리해야 할 필요성을 보여주는 실험이라 할 수 있다. 또한, 서비스에 대하여 적합한 서비스 실행 컨텍스트를 구성하여 설정하고 서비스를 실행할 때 동적으로 적용함으로써, 서비스의 응답 실시간성 및 서비스의 가용성을 보장하고 로봇의 자원 및 네트워크 기반 로봇 시스템의 자원 사용률을 향상시킬 수 있다.

또한 본 연구에서 로봇의 서비스에 대한 서비스 실행 컨텍스트는 XML형 구문으로 정의·기술함으로써, 서비스 실행 컨텍스트에 관련된 정보가 추가되거나 삭제되더라도 단순하고 일관성 있게 변경할 수 있다. 따라서 센서 및 서비스의 확장성과 융통성을 지원하며 서비스의 재사용성을 증대시키는 효과가 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 네트워크 기반 로봇에서 로봇이 수행하는 서비스에 대하여 적합한 서비스 실행 컨텍스트를 구성하여 설정하고 서비스를 실행할 때 동적으로 적용하는 서비스 실행 컨텍스트의 동적 관리 방법을 제안하였다. 실제 네트워크 기반 로봇에서 실험한 결과, 로봇이 수행하는 서비스에 따라서 자원의 사용을 동적으로 관리해야 할 필요성이 있음을 확인할 수 있었다. 또한 제안한 서비스 실행 컨텍스트 동적 관리 방법은 서비스의 응답 실시간성 및 서비스의 가

용성을 보장하고 로봇의 자원 사용률을 향상시켰다. 더불어 본 연구에서 제안한 서비스 실행 컨텍스트는 단순하고 일관성이 있는 구문을 사용하여 변경이 용이하므로 센서 및 서비스의 확장성과 융통성을 지원하는 장점이 있다.

향후, 네트워크 기반 로봇 시스템에서 자원을 동적으로 모니터링하여 서비스에 필요한 서비스 실행 컨텍스트를 자동적으로 설정함으로써 서비스의 응답 실시간성을 보장하고 서비스의 가용성을 향상시키는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Bum-Jae You, Young-Jin Choi, Mun-Ho Jeong, Doik Kim, Yong Hwan Oh, ChangHwan Kim, JungSan Cho, Minchul Park and Sang-Rok Oh, "Network-based Humanoids 'MAHRU' and 'AHRA'," Intl. Conf. on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, pp.376-379, Nov., 2005.
- [2] D.T. Nguyen, Bum-Jae You, Sang-Rok Oh, Do-ik Kim, "Intelligent environment and Network-based Humanoids," Proc. of the 2006 IEEE/RSJ Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 4798-4803, Oct., 2006.
- [3] Web Services, www.w3.org/2002/ws
- [4] Sang Chul Ahn, Jin Hak Kim, Kiwoong Lim, Heedong Ko, Yong-Moo Kwon and and Hyoung-Gon Kim, "UPnP Approach for Robot Middleware," Proc. of the 2005 IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, pp.1959-1963, Apr., 2005.
- [5] Sang Chul Ahn, Jung-Woo Lee, Ki-Woong Lim, Heedong Ko, Yong-Mu Kwon, Hyong-Gon Kim, "Requirements to UPnP for Robot Middleware," Proc. on Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp.4716-4721, Oct., 2006.
- [6] http://www.ifr.org
- [7] B. Graf, M. Hans and R.D.Schraft, "Mobile Robot Assistants - Issues for Dependable Operation in Direct Cooperation With Humans," IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol.11, No.2, pp.67-77. 2004.
- [8] B. Graf, M. Hans and R. D. Schraft, "Care-O-bot II - Development of a Next Generation Robotic Home Assistant," Autonomous Robots 16, pp.193-205, 2004.

- [9] Ill-Woo Park, Jung-Yup Kim, Jungho Lee, and Jun-Ho Oh, "Mechanical Design of the Humanoid Robot Platform, HUBO," *Advanced Robotics*, Vol.21, No.11, 2007.
- [10] <http://humanoid.kist.re.kr>
- [11] <http://asimo.honda.com>
- [12] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, "The Intelligent ASIMO: System overview and integration," *Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, Oct., 2002.
- [13] K. Kaneko, K. harada, F. Kanehiro, G. Miyamori, and K. Akachi, "Humanoid Robot HRP-3," *Proc. of IEEE Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp.2471-2478, 2008.
- [14] S. Lohmeier, K. Loffler, M. Gienger, H. Ulbrich and F. Pfeiffer, "Computer System and control of biped 'Johnnie'," *Proc. of IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation*, Vol.4, pp.4222-4227, 2004.
- [15] <http://www.willowgarage.com>
- [16] W3C Recommendation, "Extensible Markup Language (XML) 1.0(Third Edition)," 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204>.



박 정 민

e-mail : pjm@kist.re.kr
 1989년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)
 1991년 이화여자대학교 전자계산학과(이학석사)
 2008년 이화여자대학교 컴퓨터정보통신공학과(공학박사)

1991년~현 재 한국과학기술연구원 인지robot연구단 연구원
 관심분야: 이동 네트워크, 네트워크 보안, 로봇 소프트웨어 구조



이 중 재

e-mail : arbitlee@kist.re.kr
 1999년 숭실대학교 컴퓨터학부(공학사)
 2001년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
 2005년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)
 2005년~2006년 숭실대학교 정보미디어기술연구소(연구교수)

2006년~현 재 한국과학기술연구원 인지robot연구단 PostDoc.
 관심분야: 로봇비전, 증강현실, 비주얼서보잉, 로봇 소프트웨어



유 범 재

e-mail : ybj@kist.re.kr
 1985년 서울대학교 제어계측공학과(학사)
 1987년 KAIST 전기및전자공학과(공학석사)
 1991년 KAIST 전기및전자공학과(공학박사)
 1991년~1994년 (주)터보테크 기술연구소 연구실장

1994년~현 재 한국과학기술연구원 인지robot연구단 책임연구원/단장
 관심분야: 네트워크 로봇, 휴머노이드 로봇, 시각 기반 로보틱스, 영상처리