

네트워크 기반 로봇의 개발 현황 및 업체 요구 사항

Development Status and Industrial Requirements for Network-based Robots

박광현¹ · 이관우² · 최병욱³ · 조흥재⁴ · 남궁휘문⁵ · 박진우⁶ · 오상록⁷ · 서일홍⁸

Kwang-Hyun Park¹ · Kwanwoo Lee² · Byoung-Wook Choi³ · Heung Jae Cho⁴
Hwe Moon Namgoong⁵ · Jin-Woo Park⁶ · Sang-Rok Oh⁷ · Il Hong Suh⁸

Abstract In this paper, we are looking for requirements of software, hardware and application for use in network-based robots and also directions in building standardization and research activities by reviewing technical status of the robot industries developing robots. The questions are including awareness of RUPI(Robot Unifies Platform Initiative) activities, target market and applications, hardware specifications, software development technologies, and HRI(Human Robot Interaction). The RUPI committee creates standard and drives implementation software for network-based robots through industrial requirements as like of the results. Many robots have been developed and launched services based on RUPI 1.0 standards. Based on this achievement we are expanding RUPI standard to include thin and thick client robots. The results also show that which one is important and urgent technology in the sense of industrial robotic business.

Keywords: RUPI, Industrial Requirements, Network-based Robot

1. 서 론

국내의 로봇 산업은 정보기술(IT)과의 접목을 통해 국제적인 경쟁력을 갖추고 있다. 하지만, 이러한 서비스 로봇은 중소벤처기업을 중심으로 개발되고 있는 만큼 투자와 기술 개발에 효율성이 강조된다¹⁾. 실제로 로봇에 필요한 부품과 기술을 살펴 보면 기본적으로 공통으로 들어가야 하는 것들이 많은데 이를 각 산업체 별로 각각 개발한다면 국가 차원에서 중복이 많고 기간이 오래 걸리며 자원이 낭비되는 것은 자명한 일이다. 이를 방지하고 효율을 높이기 위해 정보통신부에서는 2006년에 RUPI(Robot Unified Platform Initiative)를 제정하여

업체의 소프트웨어 개발 부담을 경감시키고, 규격화를 통해 소프트웨어의 신뢰성을 향상시키고자 하였다. 또한, 규격을 만족하는 재사용이 가능한 소프트웨어 모듈을 제공함으로써 초기 투자 비용과 위험 부담을 감소시키며, 세계 표준을 선도하고 세계 시장을 선점하고자 하였다. 이러한 개념을 바탕으로 2007년에 RUPI는 “로봇 소프트웨어 컴포넌트의 재사용성 및 상호호환성, 다양한 정보기기와의 상호운용성, 이중 통신망과의 상호접속성을 갖는 지능형 로봇의 소프트웨어 규격 및 구현 모델”로 재정의되었다²⁾. 여기서 규격이란 로봇 소프트웨어가 따라야 하는 최소한의 요구 사항으로서 의미론적으로 기술된 것(semantics)을 뜻하며, 구현 모델이란 규격을 만족하는 소프트웨어 모듈로서 업체에서 따로 개발하지 않더라도 바로 적용할 수 있도록 기본적으로 제공되는 구현물을 말한다.

공학기술은 실제 적용이 되었을 때 비로소 제 가치를 보이는 만큼 이러한 규격을 결정하고 구현 모델을 개발함에 있어서 산업체에서 개발되고 있는 로봇의 현황과 업체의 요구사항을 파악하는 것은 매우 중요하다. 이를 통해 기술 개발팀에서는 시기 적절하게 산업체에 필요한 기술과 규격에 맞는 고성능의 구성 요소를 제공하고,

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2006-S-027-02, URC 응용을 위한 가용성 및 신뢰성 고도화 기술개발]

¹한국과학기술원(E-mail : akaii@ctrsys.kaist.ac.kr)

²한성대학교(E-mail : kwlee@hansung.ac.kr)

³서울산업대학교(E-mail : bwchoi@snut.ac.kr) (교신저자)

⁴한국지능로봇산업협회(E-mail : imperial@kaira.or.kr)

⁵한국지능로봇산업협회(E-mail : madang@kaira.or.kr)

⁶정보통신연구진흥원(E-mail : jinu@iita.re.kr)

⁷정보통신연구진흥원(E-mail : sroh@iita.re.kr)

⁸한양대학교(E-mail : ihsuh@hanyang.ac.kr)

산업체는 이를 빠른 시간에 쉽게 적용하여 경쟁력을 갖출 수 있다는 점에서 본 논문의 설문 조사 결과는 큰 의의를 갖는다. 이와 같이 업체 설문과 요구사항 분석을 이용하여 성공적인 프로젝트를 수행하고 있는 ITRON이 좋은 선례이다²⁾.

2. 설문 대상 및 내용

2007년 4월 17일부터 5월 9일까지 20여 일의 기간 동안 한국지능로봇산업협회의 주관으로 국내의 로봇 플랫폼 개발 업체뿐 아니라 통신 사업자, 센서 개발 업체, 콘텐츠 개발 업체 등 네트워크 로봇과 관련된 다양한 업체를 대상으로 설문 조사가 실시되었다. 현재 네트워크 로봇 개발의 현황을 파악하기 위하여, 개발 중인 로봇의 하드웨어 및 소프트웨어를 비롯하여 영상/음성 인식을 중심으로 한 인간-로봇 상호작용과 자율 주행, RUPI에 대한 지식, 표준화 관련 사항, 업체의 요구 사항 등 다양한 부문에 대한 설문이 조사되었다.

3. 설문 결과

35개 업체를 대상으로 조사하여 26개 업체로부터 27개의 설문 응답을 수집하였으며 응답 회수율은 77.1%이다. 업체에 따라 관련이 없는 문항도 있기 때문에 응답 수가 다르며, 이를 각 결과 그래프에 표시하였다.

3.1 개발 중인 로봇의 하드웨어

현재 개발 중인 로봇의 형태는 주로 바퀴형 구동 로봇이나 비구동형(비이동형) 로봇으로 조사되었다. 청소 로봇이나 안내 로봇, 교육용 로봇이 바퀴형 구동 장치를 가지고 있으며, 완구 등의 오락용 로봇은 많은 경우 이동 기능이 없기 때문이다. 최근까지 로봇의 적용 분야로 많은 관심을 받았던 청소 로봇보다 교육용 로봇의 개발이 더 많은 것은 우리나라만의 특성이라 할 수 있는데, 실제로 시범사업에서 가정용 로봇보다 유아원, 학교 등에서 사용하는 교육용 로봇에 대한 호응이 더욱 높았다는 것은 주목할 필요가 있다. 이러한 특성을 살펴 보다 경쟁력을 갖추기 위해서는 우수한 교육 콘텐츠의 개발이 시급한데 국내의 많은 콘텐츠 개발 업체가 로봇 사업에 참여하게 된 것은 앞으로의 발전 가능성을 높게 한다.

로봇에 사용되는 프로세서는 컴퓨터 시장과 마찬가지로 32비트의 프로세서가 주로 사용되며, 일반적인 로봇 개발과 마찬가지로 Intel x86, ARM, DSP, AVR 등을 많이 사용하고 있다. 그 외 m68k, SuperH, MIPS 등은 사용되지 않는 것으로 조사되었으며, 하나의 로봇에 대해 대부분 1개나 2개의 프로세서를 사용하고 있다.

로봇의 특성 상 이동을 하는 경우가 많기 때문에 물체를 감지하거나 물체와의 거리를 측정하기 위한 센서가 많이 사용되며, 로봇의 자세를 알기 위한 가속도 및 자이로 센서도 사용되고 있다. 로봇의 지능과 사용자의 친밀도를 높이기 위해 사용자 인식이나 음성 인식에 대한 요구가 높은 만큼 카메라와 마이크를 장착하고 있는 로봇도 많은 것으로 파악되었으며, 후각이나 미각을 위한 센서는 현재 사용되지 않는 것으로 조사되었다.

질문 1) 개발 중인 로봇의 형태는 무엇입니까? (복수 선택 가능)

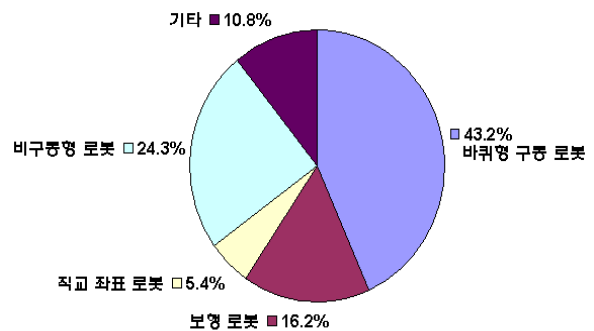
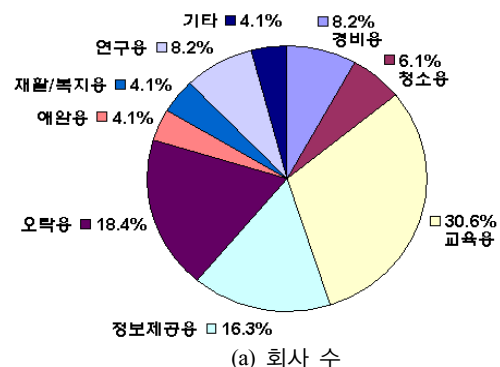
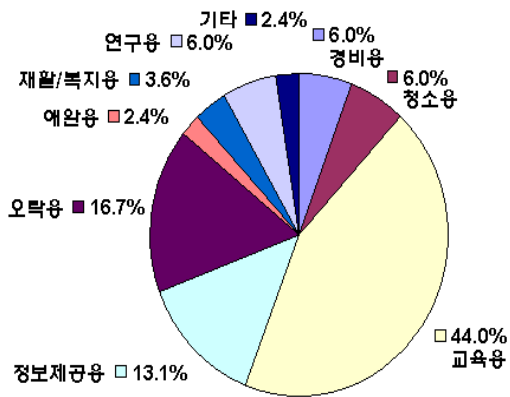


그림 1. 개발 중인 로봇의 형태 (응답 수: 24)

질문 2) 개발 중인 로봇의 적용 범위는 무엇입니까? (복수 선택 가능)



(a) 회사 수



(b) 로봇의 종류 수

그림 2. 개발 중인 로봇의 적용 범위 (응답 수: 24)

질문 3) 사용하는 프로세서의 비트 수는 얼마입니까?
(복수 선택 가능)

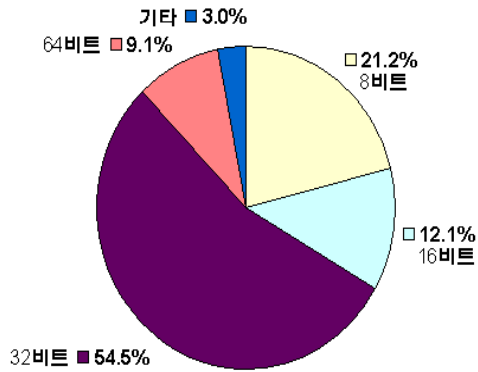


그림 3. 프로세서의 비트 수 (응답 수: 19)

질문 4) 사용하는 프로세서의 종류는 무엇입니까? (복수 선택 가능)

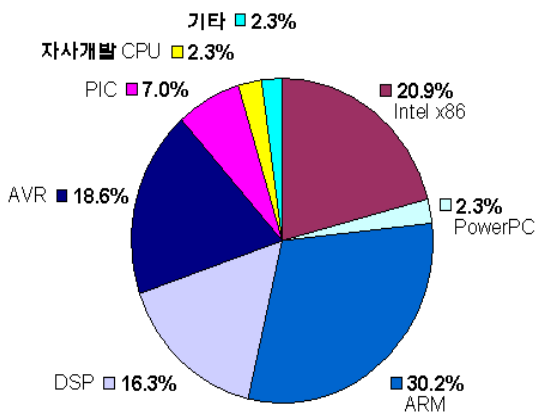


그림 4. 프로세서의 종류 (응답 수: 19)

질문 5) 한 로봇에서 사용하는 프로세서의 개수는 몇 개입니까? (복수 선택 가능)

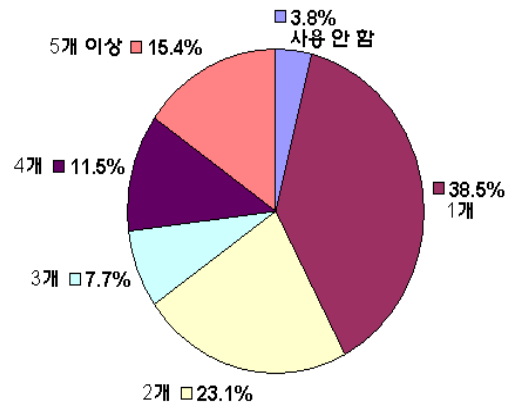
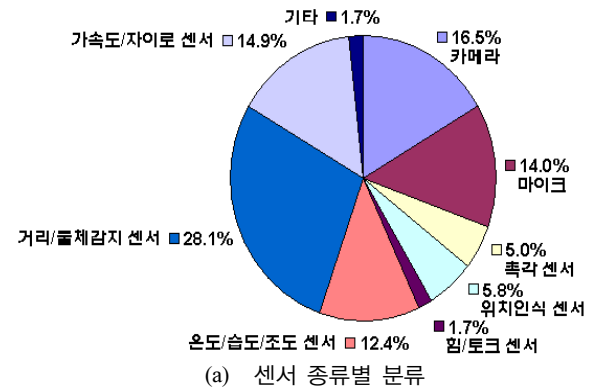
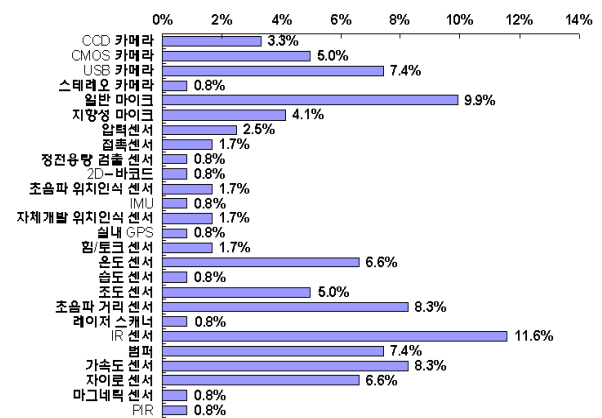


그림 5. 한 로봇의 프로세서 개수 (응답 수: 20)

질문 6) 사용하는 센서와 종류는 무엇입니까? (복수 선택 가능)



(a) 센서 종류별 분류



(b) 센서별 세부 분류

그림 6. 사용하는 센서 (응답 수: 19)

3.2 개발 중인 로봇의 소프트웨어

현재 개발 중인 로봇의 운영체제로는 윈도우 계열과 Linux 계열이 가장 많이 사용되며, VxWorks나 QNX, pSOS, NucleusPlus, OS-9, ITRON 등의 상용화된 실시간 운영체제는 사용되지 않는 것으로 조사되었다. 또한, 콘텐츠 환경과 로봇의 LCD 화면을 통해 보여지는 그래픽 사용자 인터페이스 등으로 인해 Linux에서 윈도우 계열의 운영체제로 변경하는 업체도 있다. 로봇에 미들웨어를 사용하지 않는 업체가 많았으며, 시범사업을 시행하였음에도 불구하고 아직까지는 RUPI v1.0에 포함되어 있는 통신 프로토콜 규격인 PLANET^[4]과 응용 프로그램 표준 인터페이스 규격인 SAM(Software Agent Management)^[5]을 많이 사용하지 않는 것으로 조사되었다. 또한, RSCA(Robot Software Communication Architecture)^[6]나 RTC(Robot Technology Component)^[7], DCOM^[8], RMI(Remote Method Invocation)^[9]를 사용하는 업체는 없는 것으로 파악되었다. 내부 모듈간의 통신 방식으로는 TCP/IP나 RS232C, USB를 주로 사용하며, 소프트웨어 인터페이스는 표준 API나 함수 호출 방식을 사용하고 Shared Memory 방식은 사용하지 않는다. 컴포넌트 모델은 아직 이러한 개념이 보편화되어 있지 않아 많이 사용하지 않지만, 재사용성, 상호호환성 등을 고려할 때 앞으로 많이 사용될 것으로 기대한다. 소프트웨어를 개발하기 위한 프로그램 언어로는 가장 보편화 되어 있는 C와 C++을 주로 사용하지만, 콘텐츠와 개발환경 등으로 인해 XML도 많이 사용하고 있다. 탑재하는 프로그램의 크기는 64KB 미만부터 16MB 이상까지 분포되어 있는데 개발되는 로봇의 사양 및 복잡도가 다양하다는 것을 알 수 있다.

질문 1) 개발 중인 로봇에서 사용하는 운영체제는 무엇입니까?(복수 선택 가능)

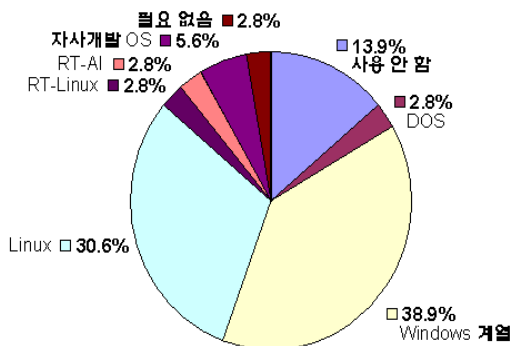


그림 7. 사용하는 OS (응답 수: 21)

질문 2) 개발 중인 로봇에 사용하는 미들웨어는 무엇입니까?(복수 선택 가능)

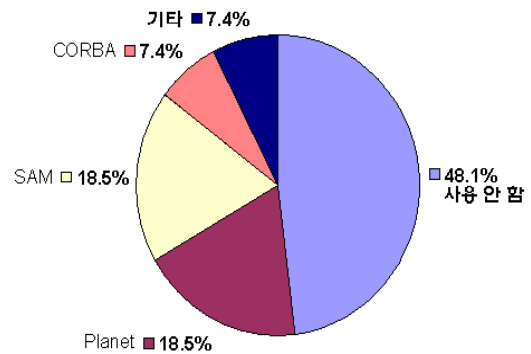


그림 8. 사용하는 미들웨어 (응답 수: 19)

질문 3) 개발 중인 로봇에서 내부 모듈 간의 통신 방식은 무엇입니까?(복수 선택 가능)

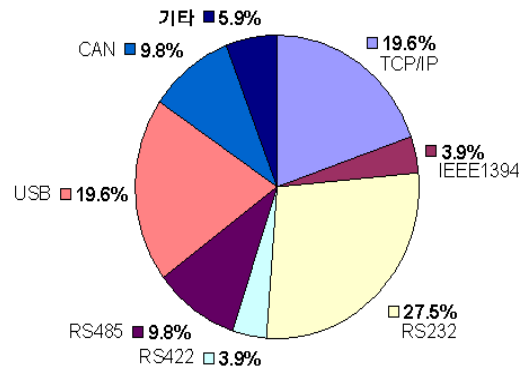


그림 9. 내부 모듈 간의 통신 방식 (응답 수: 20)

질문 4) 사용되는 소프트웨어 인터페이스 표준은 무엇입니까?(복수 선택 가능)

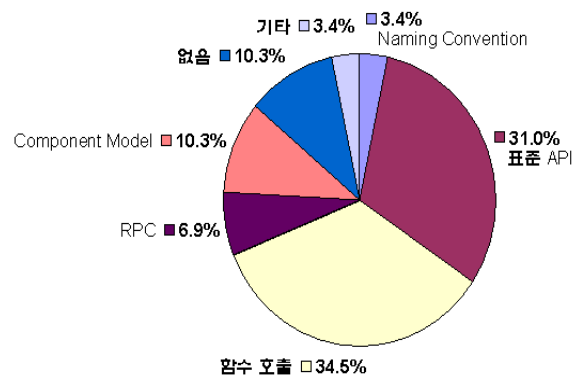


그림 10. 소프트웨어 인터페이스 (응답 수: 19)

질문 5) 사용하는 프로그램 언어는 무엇입니까? (복수 선택 가능)

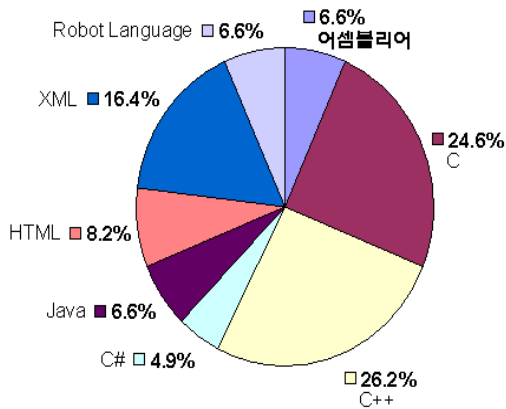


그림 11. 프로그램 언어 (응답 수: 21)

질문 6) 탑재하는 프로그램의 크기는 얼마입니까? (복수 선택 가능)

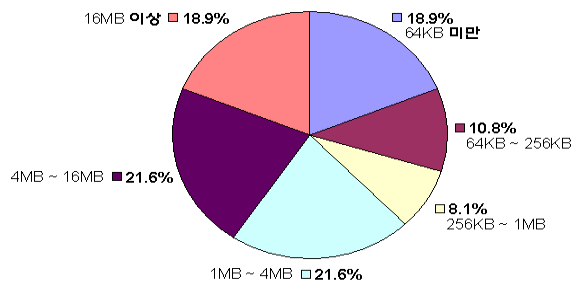


그림 12. 탑재하는 프로그램의 크기 (응답 수: 20)

3.3 응용 컴포넌트

응용 컴포넌트는 매우 다양한 기술이 있지만 업체에서 많이 필요로 하는 것은 인간-로봇 상호작용 기술과 자율 주행 기술이다. 인간-로봇 상호작용에는 음성 인식이 가장 먼저 적용되었고 업체로부터의 요청도 많았다. 하지만, 연구실 환경에서는 잘 인식되는데 실제 환경에서는 인식률이 낮아 업체의 불만이 많다는 것은 모두 공감하고 있는 것이어서 이를 설문에서 따로 조사하지는 않았다. 응용 컴포넌트에 대한 설문은 5개의 항목에 대해 조사가 되었는데, 중요성은 기술 자체의 중요성을 나타내고 기술 수준은 제시된 기술의 현재 수준을 의미한다. 필요성은 업체 입장에서의 필요성을 말하며 도움 정도는 이를 적용 시 직접적인 도움이 되는지를 나타낸다. 마지막으로 적용 여부는 해당 기술을 업체에서 실제로 적용할 것인지에 대한 여부를 말한다.

조사 결과, 인간-로봇 상호작용의 경우에는 사용자 인

식에 대한 요구가 많았고, 사용자 추종이나 호출자 구분은 중요하지만 실제 적용하지는 않겠다는 것으로 조사되었다. 자율 주행의 경우에는 현재 개발되고 있는 기술과 업체의 요구 사항에 차이가 있었는데, 업체에서는 자율 충전이나 장애물 감지 및 회피 기능을 많이 요구하지만 기술 개발팀에서는 위치인식이나 격자지도에 대한 기술을 중점적으로 개발하고 표준화를 진행하고 있기 때문이다.

그림 13과 그림 14에서 응답 수가 여러 개인 것은 중요성, 기술 수준, 필요성 등 각 항목별로 응답 수가 다르기 때문이다.

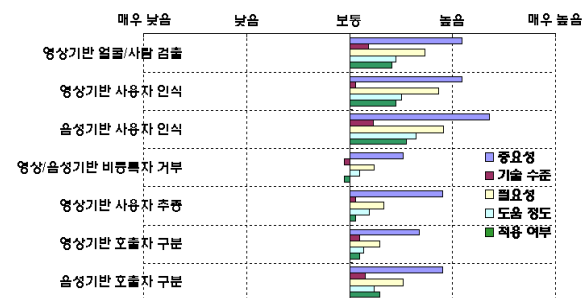


그림 13. 인간-로봇 상호작용 (응답 수: 20~22)

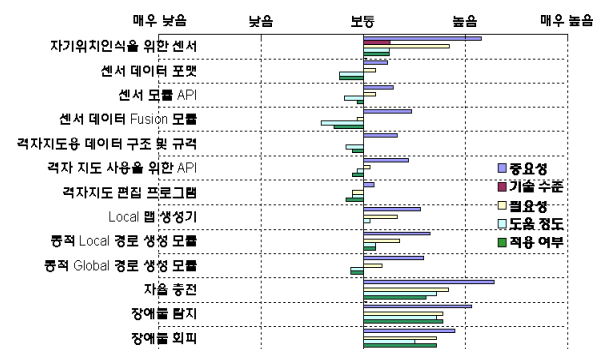


그림 14. 자율 주행 (응답 수: 17~20)

3.4 RUPI 표준화

국민로봇사업에 참여하는 업체 중에서 RUPI에 대해 알지 못하는 업체도 상당 수 되었으며 알고 있다고 하더라도 관련 정보를 주로 정보통신부나 세미나, 워크숍을 통해 얻는 것으로 조사되었다. 이는 한국지능로봇산업협회의 홍보 역할이 앞으로 중요하며 활발히 이루어져야 함을 나타낸다. 표준화와 관련하여서는 네트워크 기반의 로봇인 만큼 통신 프로토콜이나 미들웨어를 표준화하여야 한다는 의견이 많았으며, 서비스 콘텐츠, 인간-로봇 상호작용, 통신 프로토콜 등의 표준화에 직접 참여할 의사가 있음이 조사되었다. 이는 로봇 업체가

이 분야에 대한 관심이 높고 관련 기술을 많이 확보하고 있는 것을 나타내기도 하지만, 현재 개발된 기술에 대한 신뢰성을 낮게 평가하고 있기 때문이기도 하다. 실제로 시범사업에서 RUPI v1.0을 적용하였을 때 시간이 부족하였다는 답변이 많았지만 표준이 불명확하고 신뢰성이 낮다는 지적 사항도 많이 있었다. RUPI의 장점으로는 오픈 시스템, 이식성, 재사용성 등을 많이 선택하여 RUPI에 대한 개념과 필요성은 잘 이해하고 있는 것으로 파악된다. RUPI를 적용할 때의 고려 사항으로는 기능과 성능, 신뢰성을 중요하게 생각하며 표준화와 개발환경 및 도구에 대한 요구가 많다는 사실로부터 업체가 RUPI의 현재 상태를 잘 파악하고 있다는 것파 앞으로 개선되어야 할 사항이 무엇인지 알 수 있다.

질문 1) RUPI 1.0이나 이와 관련된 활동에 대해 알고 계십니까?

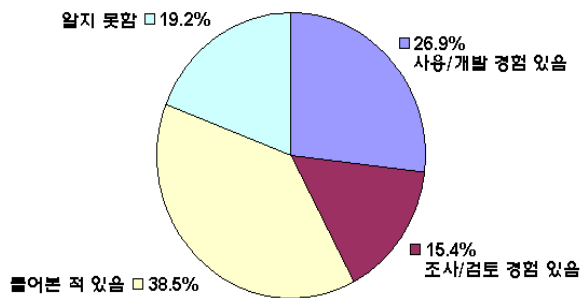


그림 15. RUPI에 대한 지식 (응답 수: 26)

질문 2) RUPI에 대한 정보는 어디서 얻습니까? (복수 선택 가능)

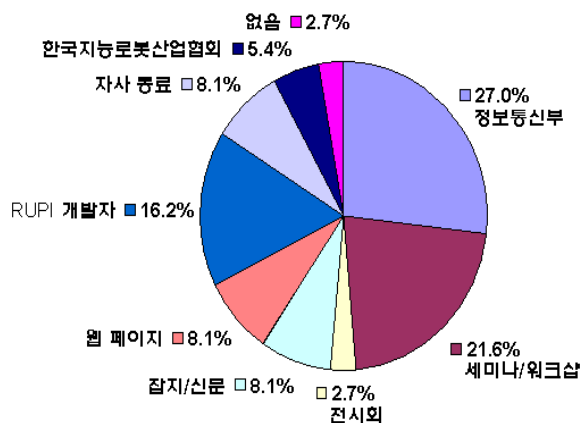


그림 16. RUPI 정보를 얻는 출처 (응답 수: 21)

질문 3) RUPI를 위한 표준화 항목 중 중요성이 큰 분야는 무엇입니까? (우선순위 3개 선택)

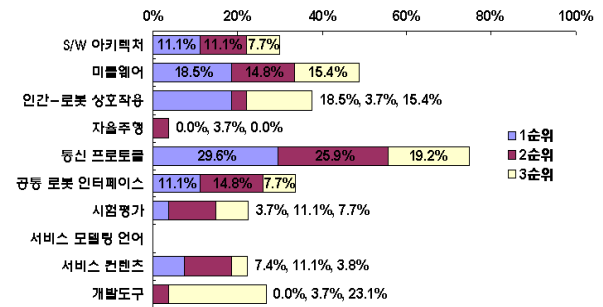


그림 17. 표준화가 중요한 분야 (응답 수: 26~27)

질문 4) RUPI를 위한 표준화 항목 중 참여가 가능한 분야는 무엇입니까? (우선순위 3개 선택)

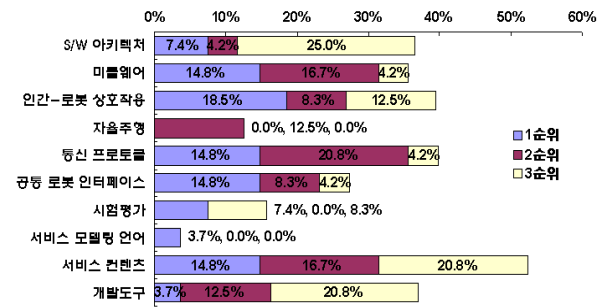


그림 18. 표준화 참여 가능 분야 (응답 수: 24~27)

질문 5) RUPI 적용 시 겪은 애로사항 혹은 예상되는 애로사항은 무엇입니까? (우선순위 3개 선택)

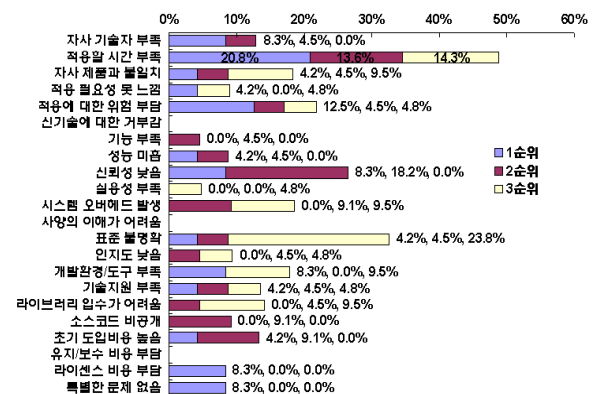


그림 19. RUPI 적용 시 애로 사항 (응답 수: 21~24)

질문 6) RUPI의 장점은 무엇이라고 생각하십니까? (우선 순위 3개 선택)

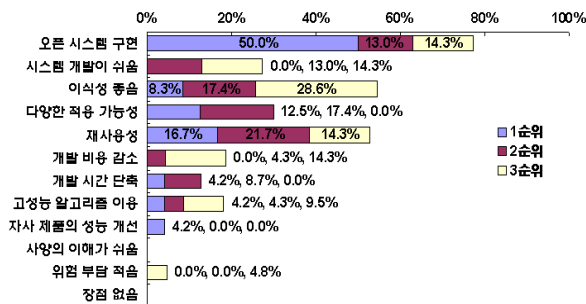


그림 20. RUPI의 장점 (응답 수: 21~24)

질문 7) RUPI 적용 시 고려하는 기준은 무엇입니까? (우선 순위 3개 선택)

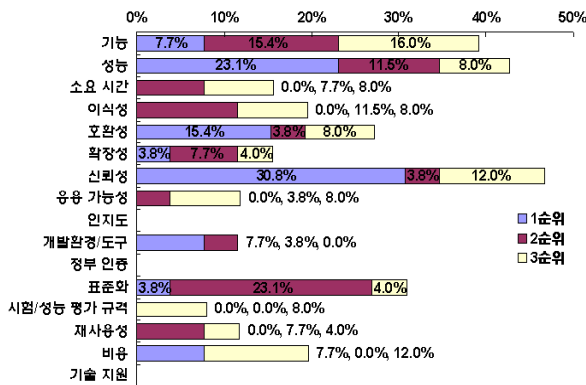


그림 21. RUPI 적용 기준 (응답 수: 25~26)

질문 8) 앞으로의 RUPI 사업 방향이나 활동에 바라는 것이 있다면 무엇입니까? (우선 순위 3개 선택)

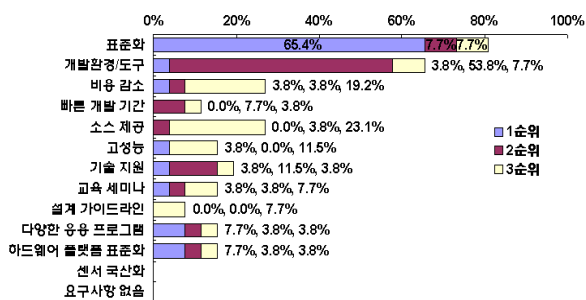


그림 22. RUPI 사업/활동 방향 (응답 수: 26)

3.5 업체 요구 사항

앞서 조사된 설문 외에도 업체로부터 다양한 요구사항이 조사되었다. 우선, 로봇 업체와 서버 업체 간의 공

동 협력이 부족하고, 규격을 정할 때 여러 업체가 참여하거나 업체의 요구사항이 적극 반영되어야 한다는 점이다. 또한, 콘텐츠와 기능이 부족하다는 것이 지적되었는데 이는 많은 콘텐츠 개발 업체의 참여로 인해 개선될 것으로 기대한다. 실용성과 기술 지원이 부족하고 잦은 사양 변경, 성능 평가 기준의 부재, 충분한 사전 테스트 등은 시급히 개선되어야 할 사항으로 판단된다.

4. 결론

본 논문에서는 RUPI의 기본 취지를 살려 산업체에 필요한 기술을 개발하고 제공하기 위한 목적으로, 현재 개발되고 있는 로봇의 현황과 요구사항 분석을 위해 실제 개발 업체를 중심으로 설문 조사를 실시하였다. 이는 앞으로 RUPI를 개선하고 규격을 결정하는 데도 중요한 자료로 활용되겠지만, 관련 기술을 개발하는 학교나 연구소, 산업체에서도 개발 방향을 결정하는 지침이 될 것으로 기대한다.

본 설문 조사의 결과를 보더라도 기존의 로봇 관련된 학계의 연구 방향과 산업체에서 필요로 하는 기술은 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 이를 통하여 산업체에서 시급히 요구하는 기술의 개발과 적용 가능한 신뢰성 있는 로봇 기술이 필요하다는 결론을 얻을 수 있다.

조사된 설문 결과를 바탕으로 앞으로 중요하게 고려되어야 할 사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 다양한 업체 요구 사항 분석 및 반영
- 2) 업체의 적극적인 참여 유도 및 공동 협력
- 3) 공개 소프트웨어 정책 추진
- 4) 소프트웨어 컴포넌트의 기능 및 성능, 신뢰성 향상
- 5) 개발환경 및 도구, 다양한 서비스 및 콘텐츠 개발
- 6) 네트워크 로봇 관련 소프트웨어의 표준화
- 7) 성능 평가 기준 확립 및 충분한 사전 테스트
- 8) RUPI 관련 홍보 및 보급

참고문헌

- [1] 정보통신부, RUPI 기본 계획서, 2006
- [2] RUPI 실무지원팀, “RUPI 실무지원팀 업무진행 사항,” 국민로봇사업단 워크샵, 2007
- [3] <http://www.sakamura-lab.org/TRON/ITRON/>
- [4] Software Robot Research Team, “RUPI 서버와 로봇 간의 통신 규격”, 한국전자통신연구원, 2006
- [5] Software Robot Research Team, “RUPI 서버와 로봇 간의 통신을 위한 표준 인터페이스”, 한국

전자통신연구원, 2006

[6] <http://rsca.snu.ac.kr>

[7] Object Management Group, "Robotic Technology Component Specification Final Adopted Specification," November 2006

[8] <http://www.microsoft.com/com/default.msp>

[9] <http://java.sun.com/javase/technologies/core/basic/mi/index.jsp>



박 광 현

1994 한국과학기술원 전자전산학과(학사)

1997 한국과학기술원 전자전산학과(석사)

2001 한국과학기술원 전자전산학과(박사)

2005년~현재 한국과학기술원 전자전산학과 BK 초빙교수

관심분야 : 학습이론, 지능로봇, 인간-로봇 상호작용, 보조공학시스템



이 관 우

1994 포항공과대학교 컴퓨터공학과(학사)

1996 포항공과대학교 컴퓨터공학과(석사)

2003 포항공과대학교 컴퓨터공학과 (박사)

2003년~현재 한성대학교 정보시스템공학과 조교수

관심분야 : 소프트웨어 공학, 소프트웨어 재사용, 로봇 소프트웨어 아키텍처, 임베디드 시스템



최 병 옥

1986 한국항공대학교, 항공전자공학과(학사)

1988 한국과학기술원, 전기 및 전자공학과(석사)

1992 한국과학기술원, 전기 및 전자공학과(박사)

1988~2000 LG 산전주식회사, 엘리베이터 연구실장 및 임베디드 시스템 연구팀장

2000~2005 신문대학교, 제어계측공학과 부교수

2005~현재서울산업대학교, 전기공학과 부교수

관심분야 : 임베디드 시스템, 실시간 제어 시스템, 지능형 로봇



조 흥 재

2001 수원대학교 응용통계학과(학사)

2003 중앙대학교 통계학과(석사)

2003~2007 한국정보통신산업협회 IT 통계정보센터 과장

2007~현재 한국지능로봇산업협회 산업진흥팀 과장
관심분야 : 지능형로봇산업, 정보통신산업



남궁휘문

1995 순천향대학교 정보통신공학과(학사)

1998 나레이동통신 기술연구소

2001 정보통신산업 협회

현재 한국지능로봇 산업협회

관심분야 : 지능로봇, 인간-로봇 상호작용



박진우

- 1996 동의대학교 전자공학과(공학사)
- 1998 동의대학교 전자공학과(공학석사)
- 2002 부산대학교 전자공학과(공학박사)
- 2002~2003 정보통신연구진흥원 산업기술팀 연구원

2003~현재 정보통신연구진흥원 지능형로봇 및 차세대 컴퓨팅 전문위원실 선임연구원
관심분야: 네트워크 로봇, 로봇 통합 SW 플랫폼, 원격 제어



서일홍

- 1977 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1979 한국과학기술원 전기 및 전자공학(공학석사)
- 1982 한국과학기술원 전기 및 전자공학(공학박사)

1985 대우중공업 기술연구소
1985~현재 한양대학교 교수
관심분야: 지능응용시스템, 인공지능, 로봇공학



오상록

- 1980 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1982 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 1987 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1987~1988 한국과학기술원 박사후 연수연구원
1991~1992 미국 IBM Watson Research Center Visiting Research Staff
1995~1995 일본 통산성 기계기술연구소 객원연구원
1988~현재 한국과학기술연구원 시스템 연구부 책임연구원
1999~2003 한국과학기술연구원 지능제어연구센터 생체모방시스템 국가지정연구실장
2003~현재정보통신부 IT 정책자문단 지능형로봇 및 차세대 컴퓨팅 PM
2003~현재정보통신연구진흥원 지능형로봇 및 차세대 컴퓨팅 전문위원
2005~현재 국민로봇사업단장
2006~현재 정보통신부 IT 정책자문관
2006~현재 정보통신연구진흥원 기술기획본부장
관심분야: 지능제어, 서비스 로봇, 네트워크 로봇 등