건설기술연구사업

R&D-10기술혁신E03

고층 구조물 외벽유지관리용 지능형 로봇시스템 개발 최종보고서(2/2권)

2015. 10

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한양대학교
협동연구기관 / 한국기계연구원
(주)선엔지니어링
종합건축사사무소
공동연구기관 / 고려대학교
(주)로보테크
전자부품연구원
(주)대화산기
한국건설기술연구원
(주)시티월이엔지
위탁연구기관 / 인하대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

목 차

1권

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 1
제1절 연구개발의 필요성 ····· 1
1. 연구개발의 목적 ····· 1
2. 연구개발의 중요성 ····· 5
제2절 국내외 관련 기술 및 산업동향 ····· 31
1. 국내기술 및 산업동향 ····· 31
2. 국내기술 및 산업동향 ····· 43
3. 특허동향 ····· 51
4. 정부지원정책 현황 ····· 60
제3절 종합결론 ····· 64
1. SWOT 분석 ····· 64
2. 연구개발과제 및 대상기술의 중복성 ····· 65

제 2 장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 68
가. 핵심성과 ····· 68
1. 임베디드 통합제어기 최적화 설계 및 상용화 준비 핵심성과별 연구수행 내용 ····· 70
2. 오염도 (청소상태) 측정센서 적용 및 필드테스트 (장비·장치) ····· 76
3. 원격조작 장치 개발 (시스템) ····· 81
4. 수직로봇 플랫폼 현장적용성 평가 ····· 84
5. 수평로봇 플랫폼 현장적용성 평가 ····· 88
6. 통합현장 시연 ····· 93
7. 빌트인가이드벽면유지관리로봇 제품화 ····· 96
8. 외장케이스 경량화 및 디자인 개발 ····· 100
9. 빌트인가이드로봇 제조기술 ····· 103
10. 수평이동식 곤돌라 행거 및 BMR 플랫폼 ····· 104
11. 통합관제 모니터링 시스템 HMI ····· 139
12. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 프레임 하중설계 및 성능분석 ····· 156
13. 청소/도장용 Tool 로봇팔 및 모니터링 시스템 현장적용 ····· 161
14. 로봇시스템 고정방법개발 ····· 167
15. Guide Rail 및 C/W의 설계지원 기술개발 ····· 175
나. 연구개발기술 ····· 178
1. 통합센서시스템 ····· 181
2. 무선통신모듈 ····· 202
3. 통합제어알고리즘 및 H/W 모듈 ····· 217
4. 수직이동로봇 설계/제작 ····· 221
5. 수평이동로봇 설계/제작 ····· 226

6. 외벽 유지관리 작업 Tool 시제품 설계 및 제작 ····· 234
7. GUI 기반 Task plan 현장적용 ····· 237
8. Test-bed 운용 후 비용분석 ····· 239
9. Operation DB ····· 255
10. Fail-safe 시나리오 ····· 257
11. 건축 디자인/설계의 효용성 검토 ····· 259
12. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 프레임 하중 설계 및 풍하중 분석 ····· 263
13. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 현장 적용성 및 기술적 타당성 분석 ····· 280
14. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 기술적/경제적 타당성 분석 ····· 288
15. Test-bed 적용실험을 통한 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 실용성 확보 ····· 300
16. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 안전보건가이드라인 작성 ····· 305
17. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 생산성 및 경제성 분석 ····· 308
18. Built-in Guide형 외벽청소 로봇시스템의 LCC 분석 ····· 321
19. 고층 건축물 청소, 도장 시스템 공정 및 문제점 분석 ····· 333
20. 고층 건축물 현장 풍압 검토 ····· 347
21. Mock-up 구조체 설계 검토 ····· 358
22. 현장 Needs 분석 ····· 360
23. 빌티인 가이드형 로봇시스템 고정방법 ····· 372
24. 곤돌라형 로봇시스템 고정방법 ····· 415
25. 도장용 Tool 개발 ····· 492
26. 청소용 Tool 개발 ····· 512
27. 좁은 벽면 및 모서리 도장용 로봇팔 개발 ····· 514
28. 작업현황 모니터링 개발 ····· 519
29. LCC분석 모형개발 ····· 520
30. Guide rail 설계기준(안) 및 시공기준(안) 개발 ····· 553
31. 제도개선(안) ····· 599
32. 고층건축물 외벽용 Guide rail 및 커튼월(C/W) 모듈 개발 및 실구조물 적용 ····· 611
33. 다양한 건축물에 적용가능한 Guide rail 및 커튼월 모듈 표준(안) 개발 ····· 657
34. Guide Rail 소요수량 및 Frame 축소 모듈 개발 ····· 667
35. Guide Rail 및 C/W의 설계지원 기술개발 ····· 680

2권

제 3 장 최종연구 성과 및 적용실적 ····· 698

제 4 장 연구목표 달성 및 효과 ····· 714
제1절 연구개발결과 최종목표 달성도 ····· 714
1. Built-in Guide형 외벽유지관리 로봇시스템 개발 ····· 714
2. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇시스템 개발 ····· 715
3. 고층 외벽작업용 Tool 시스템 개발 및 통합유지관리 운용시스템 개발 ····· 716
4. 고층 구조물 외벽유지관리용 로봇시스템 마케팅 전략수립 및 기술가치 분석 ·· 718
제2절 연구개발 평가결과 분석 ····· 719

1. 빌트인형 외벽유지관리 로봇시스템 개발 ····· 719
2. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇시스템 개발 ····· 748

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 775
제1절 R&D 사업성과 ····· 775
1. Built-in-rail Guide형 로봇 시스템 개발 ····· 775
2. 곤돌라형 로봇 시스템 개발 ····· 777
3. 상용화 사업모델 개발 ····· 779
4. 기술마케팅 전략수립 ····· 781
5. 추진경과 ····· 781
제2절 추가연구의 필요성 ····· 782
1. 후속연구의 필요성 증대 ····· 782
2. 가격경쟁력 ····· 785
3. 시스템 상용화를 위한 국내외 인증 현황 및 필요성 ····· 786
4. 시장진입 장벽 완활르 위한 제도/법령 도입 현황 및 필요성 ····· 787
5. Built-in Guide형 시스템을 적용한 건축물이 지능형 건축물 인증기준 등과 유사한 혜택 群에 포함될 경우 건축주의 수익성 분석 ····· 787
6. 시범사업 출범을 통한 국내외 홍보 및 시장성 확대 지원 ····· 789
7. 국내외 법·제도 및 정부지원 사례 ····· 791
8. 법제도 정비 및 경제성, 활용성 향상과 관련된 후속연구 필요성 ····· 793

참고문헌 ····· 794

부 록 ····· 797
1. Built-in Guide형 로봇시스템 성능시험보고서 ····· 799
2. Built-in Guide형 로봇시스템 성능시험보고서II ····· 843
3. Built-in Guide형 로봇시스템 환경시험보고서 ····· 855
4. Built-in Guide형 로봇시스템 50시간 운용시험보고서 ····· 877
5. Built-in Guide형 로봇시스템 Parts Manual ····· 885
6. Built-in Guide형 로봇시스템 도면 Manual ····· 929
7. Built-in Guide형 로봇시스템 조립공정기준서 ····· 1203
8. Built-in Guide형 로봇시스템 운영매뉴얼 ····· 1231
9. 곤돌라형 로봇시스템 성능시험성적서 ····· 1261
10. 곤돌라형 로봇시스템 운영매뉴얼 및 안전보건가이드 라인 ····· 1295

CONTENTS

( )

PART I (CHAPTER1 ~ CHAPTER2)

CHAPTER 1. Introduction ····· 1
Part 1. Research Objectives & Needs ····· 1
Part 2. Research Scope ····· 31
Part 2. Remarks ····· 64

CHAPTER 2. Contents and Result of Research ····· 68
Part 1. Key Performance ····· 68
Part 2. Research and Development Technology ····· 178

PART II (CHAPTER3 ~ CHAPTER5, References)

CHAPTER 3. Final R&D result and field-test ····· 698

CHAPTER 4. Outcome and potential for R&D ····· 714
Part 1. Research outcomes ····· 714
Part 2. Final output ····· 719

CHAPTER 5. Possibility for transformation of R&D and further study ····· 775

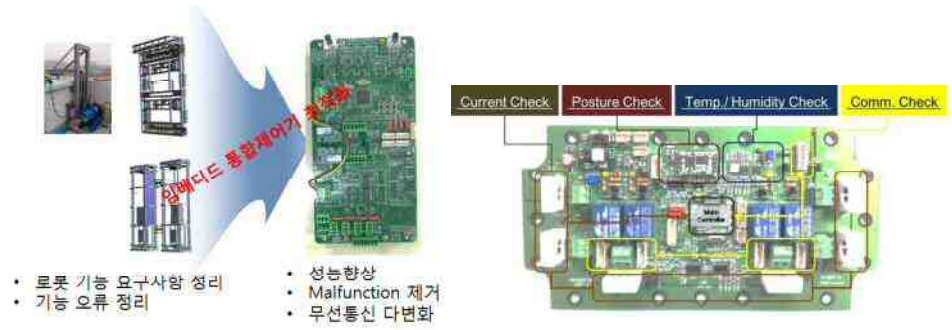
References ····· 794

2 권

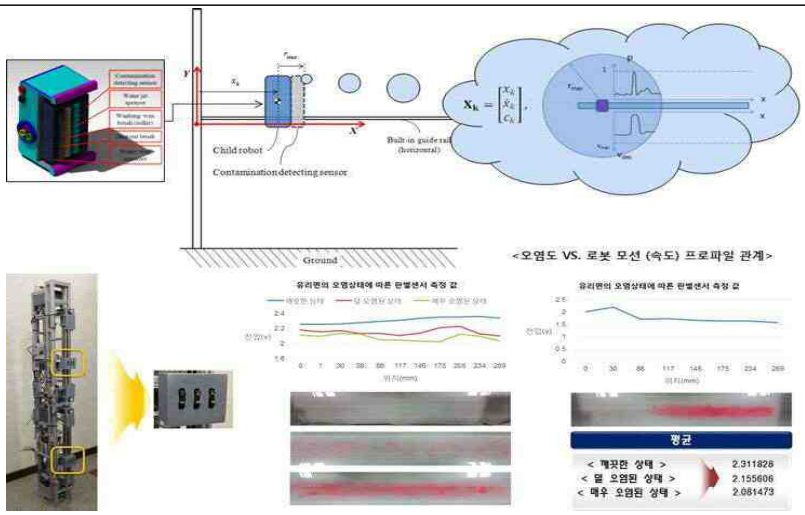
- 제 3 장 최종연구 성과 및 적용실적
- 제 4 장 연구목표 달성 및 효과
- 제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성
- 참고문헌
- 부 록

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

1. 임베디드 통합제어기 최적화 설계 및 상용화 준비 (1A. 한양대학교)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">· Built-in Guide형 빌딩외벽유지관리 로봇 시스템 통합제어를 위한 임베디드 통합제어기
· Built-in Guide형 빌딩외벽유지관리 로봇 시스템 통합제어 알고리즘</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">· 제어모듈 H/W, S/W 최적화 (소비전력 등)
· 무선통신의 다변화 (ZigBee, Ethernet, RF, 등)를 통해 안정성 확보
· 전원 모듈을 분리함으로써 전원 모니터링 및 전원관리 기능 개선</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
· 국내 Built-in Guide형 로봇 시스템 개발된 사례 없음
(개발기술 수준)
· 소비전력 : 100W 이하
· 연속가동시간(무결점) : 100Hr
· 무선 통신유효 개수 - 2개 이상
· 온도시험- 보존내열(70℃), 보존내한(-25℃), 작동내열(55℃)
· 습도시험- 상대습도(95%)
· 진동시험- X, Y, Z축 (주파수: 10~55Hz, 진폭: 0.35mm, 인가시간: 1시간 45분)
· 방사시험- 산업용 장비 기준
· 노이즈시험- 정전기 방전 내성시험(규격: IEC61000-4-2, 허용등급: B등급)
· Surge 내성시험- IEC61000-4-5, 허용등급: B등급
· 방수/방진 시험- IP64 이상 등급
(개발기술 수준 설정근거)
· Built-in Guide형 로봇 시스템 운용 환경 고려
· 고층빌딩 외벽유리 유지관리를 목적으로 개발된 로봇으로 로봇의 오작동 및 무선통신 오류로 인하여 로봇이 정지되는 문제를 사전에 제거 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">· 제어시스템의 경우 해당 시스템별 커스터마이즈 되어야만 활용이 가능함
· 건설자동화(로봇)시스템의 경우 제어환경, 사양 등의 조건이 일치할 경우 본 시스템 활용이 가능하며, 연구종료 후 약 3년, 관련시장의 약 1~5% M/S가 가능할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">한창수 (한양대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'11.06. ~'15.02. (45개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td>3</td><td>2</td><td>국내4, 국외3</td><td>12</td><td colspan="2">시제품 4</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="6">· 소비전력 : 100W 이하
· 연속가동시간(무결점) : 100Hr
· 통신유효 개수 - 2개 이상</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="6">시제품, 현장적용, 환경인증 시험</td></tr>
</table>

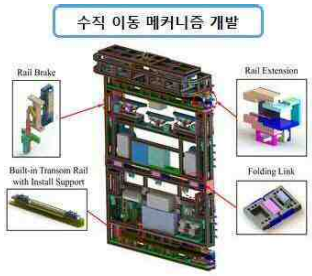
2. 오염도 측정센서 적용 및 필드테스트 (1A. 한양대학교)

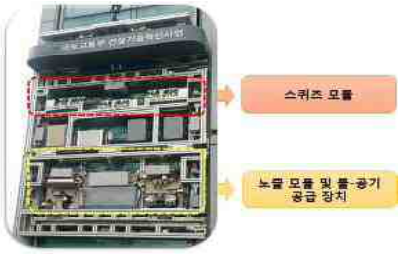
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">청소 성능 및 작업 품질 정량화</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">· 청소 성능 및 작업 품질 정량화를 위한 시인성 판별 센서 시스템
· 센서 모듈을 통해 얻은 객관적인 성능 데이터를 제시함으로 청소 성능 판단
· 시스템의 안정성 향상 및 작업 효율성 증진을 위한 로봇의 지능화 구현</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
· N/A
(개발기술 수준)
· IR센서 모듈조합을 통한 오염도 측적 raw data acquisition 및 분석
· 오염도 상/중/하 판단할 수 있는 알고리즘
(개발기술 수준 설정근거)
· 빌트인 가이드형 로봇시스템 운용 환경을 고려하여 설정
· 빌트인 가이드형 로봇시스템 안정성, 작업 효율성, 경제성 측면의 분석을 기반함</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">· 센서시스템의 경우 해당 시스템 (로봇 및 건축물) 별로 커스터마이즈 되어야 함
· 건설자동화(로봇)시스템의 경우 운용, 작업수행 환경 및 공정 등의 조건이 일치할 경우 본 시스템 활용이 가능하며, 연구종료 후, 관련시장의 약 1~5% M/S가 가능할 것으로 예상됨</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">한창수 (한양대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'11.06. ~'15.02. (45개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td>국내3, 국외2</td><td>2</td><td colspan="2">시제품 3</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· 오염도 측정센서 모듈 개발</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5">시제품, 현장적용</td></tr>
</table>

3. 원격조작 장치 개발 (1A. 한양대학교)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">휴대용 상태표시 장치 및 비상조작 장치 개발</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">· 로봇시스템의 현재 상태표시를 이용하여 작업자에게 로봇제어 편의성 제공
· 휴대용 상태표시 장치와 비상조작 장치를 이용하여 외벽 유지관리 로봇의 안전성 향상</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
· 국내 Built-in Guide형 로봇 시스템 개발된 사례 없음
(개발기술 수준)
· 시스템 상태 표시 항목 - 제어기 온도, 배터리 전압, 로봇 작동부 상태, 로봇 위치, 장애물 감지
· 휴대용 비상조작 장치 - 자동/수동모드, 비상정지, 전/후진 조작 기능
(개발기술 수준 설정근거)
· Built-in Guide형 로봇 시스템 운용 조건 및 작업자 편의성 고려</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">· 제어시스템의 경우 해당 시스템별 커스터마이즈 되어야만 활용이 가능함
· 건설자동화(로봇)시스템의 경우 제어환경, 사양 등의 조건이 일치할 경우 본 시스템 활용이 가능하며, 연구종료 후 약 3년, 관련시장의 약 1~5% M/S가 가능할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">한창수 (한양대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'13.06. ~'15.02. (20개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td>국내2</td><td>1</td><td colspan="2">시제품1</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="6">· 시스템 상태 표시 항목 - 제어기 온도, 잔류 베터리량, 로봇 작동부 상태, 로봇 위치, 장애물 감지
· 휴대용 비상조작 장치 기능 - 자동/수동모드, 비상정지, 전/후진 조작</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="6">시제품, 현장적용</td></tr>
</table>

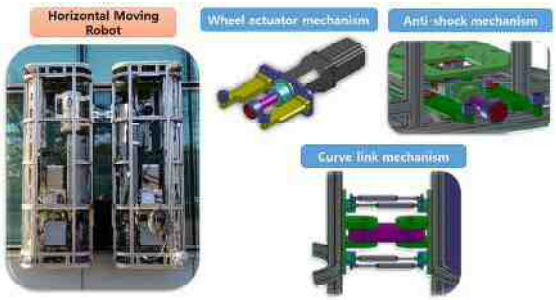
4. 수직로봇 플랫폼 현장적용성 평가 (1B. 고려대학교)

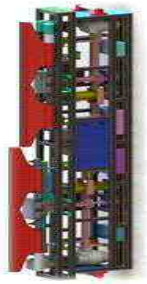
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

수직이동로봇


수직 커튼월 청소 툴</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">· 수직이동로봇의 개발 및 현장적용
· 수직이동로봇의 도킹성능 분석 및 보완
· 수직 커튼월 청소메커니즘 개발 및 현장적용</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">· Built-in guide형 외벽 유지관리 로봇의 안전성 입증
· 작업 효율 개선을 통해, 외벽 유지관리 로봇의 경제성 확보
· 안정적인 도킹 성능을 통해, 특별히 외벽 유지관리 작업이 필요한 층으로 이동하여 청소 작업을 진행할 수 있도록 함</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(개발기술 수준)
· 수직레일을 통한 층간 이동 속도: 3.6m/min 이상
· 수직-수평 시스템 도킹 위치정밀도: +-2mm 이내 오차
· 수직-수평 시스템 도킹 허용 하중: 300kg 이상
· 수직-수평 시스템 도킹 변위 가변량: 10~50mm 가변 이동
· 수직 커튼월 청소메커니즘 작업량: 20L/hour
· 수직 커튼월 청소시 이동속도: 3.6m/min 이상
(개발기술 수준 설정근거)
· 수직이동로봇의 목표 이동성능을 확보하면서, 안전한 시스템 도킹이 이루어질 수 있도록 함.
· BMR 로봇 시스템의 독립적 시스템 운용 시간을 기존 청소 작업 소요 시간인 8시간보다 더 길게 작업할 수 있도록 함</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">· 자동화를 통해 건설기술인력의 수급 부족 문제 해결
· 건설자동화/로봇화로 건설생산비용을 1%만 절감시켜 1조원 이상의 비용 절감</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">홍대희 (고려대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'10.08 ~'15.05 (57개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td>8건</td><td></td><td></td><td>3건</td><td colspan="2">시제품 13건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="6">· 수직로봇 이동/작업 플랫폼 층간 이동속도: 3.6m/min 이상
· 수직로봇 이동/작업 플랫폼 청소시 이동속도: 3.6m/min 이상
· 수직로봇 이동/작업 플랫폼 수직청소성능(작업량): 20L/hour (200m^2/hour)</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="6">시제품, 현장적용, 로봇성능평가(평가업체:큐랩스)</td></tr>
</table>

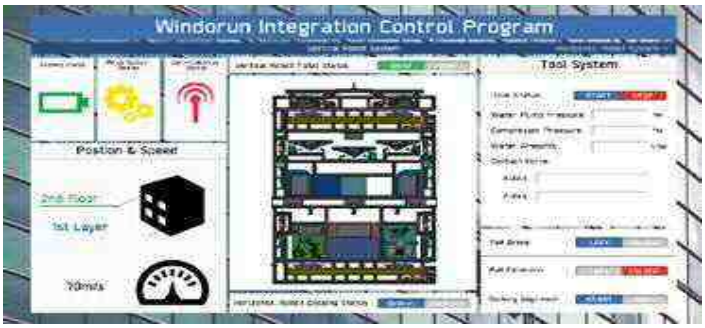
5. 수평로봇 플랫폼 현장적용성 평가 (1B. 고려대학교)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="5"> 

수평이동로봇

수평 커튼월 청소툴</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="5">· 수평이동로봇의 개발 및 현장적용
· 수평이동로봇의 최적 이동성능 확보
· 수평 커튼월 청소메커니즘 개발 및 현장적용</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="5">· Built-in guide형 외벽 유지관리 로봇의 안전성 입증
· 작업 효율 개선을 통해, 외벽 유지관리 로봇의 경제성 확보
· 청소 작업의 자동화를 통해, 외벽 유지관리 작업에서 발생하는 인적 사고의 수를 줄임</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="5">(개발기술 수준)
· 수평이동메커니즘 이동속도(직선구간): 6m/min 이상
· 수평이동메커니즘 이동속도(곡선구간): 4.2m/min 이상
· 수평 커튼월 청소메커니즘 작업량: 20L/hour
· 수평 커튼얼 청소시 이동속도: 4.2m/min 이상
· 수평 커튼월 청소메커니즘 물 흡수량: 30%(유리창에 존재하는 물)
· 수평 커튼월 레일 상태 모니터링시 이동속도: 4.2m/min 이상
(개발기술 수준 설정근거)
· BMR 로봇 시스템의 독립적 시스템 운용 시간을 기존 청소 작업 소요 시간인 8시간보다 더 길게 작업할 수 있도록 함
· 외벽 유지관리 작업 처리량은 150m^2/hour 이상으로 청소할 수 있도록 하여, 기존 외국 로봇 시스템의 청소속도인 120m^2/hour 보다 향상시킬 수 있도록 함.</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">· 자동화를 통해 건설기술인력의 수급 부족 문제 해결
· 건설자동화/로봇화로 건설생산비용을 1%만 절감시켜 1조원 이상의 비용 절감</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">홍대희 (고려대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="5">'10.08 ~'15.05 (57개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td>3건</td><td></td><td>국내 1건</td><td>6건</td><td>시제품 20건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· 수평로봇 이동/작업 플랫폼 회차시 이동속도: 6m/min
· 수평로봇 이동/작업 플랫폼 청소시 이동속도: 4.2m/min
· 수평로봇 이동/작업 플랫폼 수평청소 성능(작업량): 200m^2/hour</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5">시제품, 현장적용, 로봇성능평가(평가업체:큐랩스)</td></tr>
</table>

6. 통합현장 시연 (1B. 고려대학교)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="5"> 

BMR 수평이동메커니즘 및 툴메커니즘 통합 관리 GUI
 

BMR 수직이동메커니즘 및 툴메커니즘 통합 관리 GUI</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의(설명)</td><td colspan="5">· GUI 기반 외벽 유지관리 TASK PLAN 현장적용
· 통합 매뉴얼 작성
· 통합 보고서 작성</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="5">· 외벽 유지관리 작업 공정 자동화
· 로봇을 통한 외벽 유지관리 작업의 효율 개선
· 작업 효율 개선을 통한 외벽 유지관리 로봇의 상품성 향상</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="5">(개발기술 수준)
· Task plan 기반 외벽 유지관리 작업효율: 7.56㎡/min 이상
· 협업 프로토콜을 활용활 GUI 기반 통합 관제 모니터링 기술 개발 1건
(개발기술 수준 설정근거)
· 최적화된 이동 성능을 확보하여, 외벽 유지관리 로봇의 기계적 신뢰성을 확보
· Built-in Guide형 로봇 시스템 운용 조건 시각화하여 사용자의 편의성을 증대</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">· 자동화를 통해 건설기술인력의 수급 부족 문제 해결
· 건설자동화/로봇화로 건설생산비용을 1%만 절감시켜 1조원 이상의 비용 절감</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">홍대희 (고려대학교)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="5">'13.06 ~'15.05(24개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td>4건</td><td>국내 1건</td><td>2건</td><td>현장시험 3건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· GUI 기반 통합 관제 모니터링 현장시연: 1건</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5">시제품, 현장적용, 로봇성능평가(평가업체:큐랩스)</td></tr>
</table>

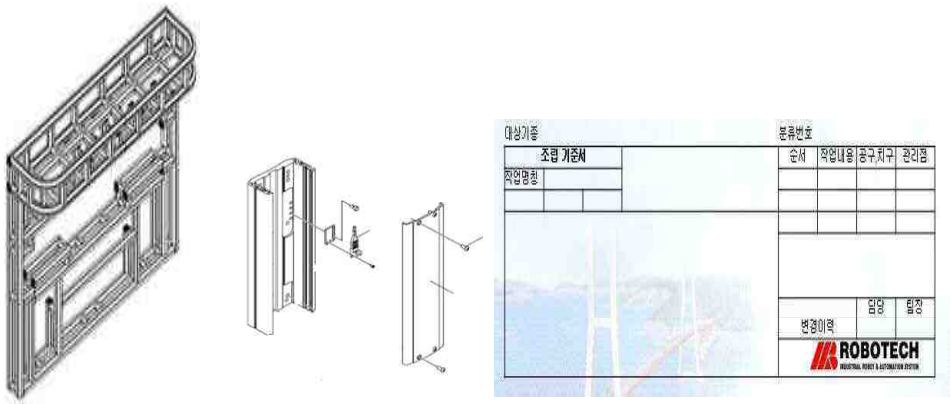
7. 빌트인가이드 벽면유지관리 로봇 제품화 (1C. 로보테크)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">· 빌트인가이드형 벽면유지관리 수평/수직 로봇 플랫폼</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">빌트인가이드형 벽면유지관리 로봇 제품화를 위하여 물리적인 체적 및 에너지 소비율은 최소화하고 청소성능, 이송성능, 제어성능 등은 극대화하여 실제 현장에서 최소시간에 최대효율을 목표로한 운영 및 안전실천</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
· 작업자가 곤돌라를 이용하여 수동으로 작업
(개발기술 수준)
· 빌트인가이드로봇을 이용한 고층건물 무인화 청소는 국내최초 기술임
· 수직이동 플랫폼 이동속도 : 3.6m/min
· 수평이동 플랫폼 이동속도 : 6m/min (4.2m/min)
· 이동 정밀도 : 이동메커니즘의 오차범위 ±50mm 이하
· 청소로봇 중량 : 수평수직로봇플랫폼 500kg 이하
· 로봇 운용시간 : 8시간 이상
· 운전 소음 80db 이하
· 청소 능력 : 150㎡/hour
· 고온 및 저온 : 70℃ -30℃, 65% RH, 48hr IEC 60068-2-1, 2
· 정전기 : 0 ~ ±15KV IEC 61000-4-2
· 진동 : 2G, 10 ~ 55Hz X/Y/Z 각 30분 IEC 60058-2-6
(개발기술 수준 설정근거)
· 일본등 해외 빌트인가이드로봇기준 참조</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">· 자동화를 통해 건설기술인력의 수급 부족 문제 해결
· 건설자동화/로봇화로 건설생산비용을 1%만 절감시켜 1조원 이상의 비용 절감</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">홍영기 (주식회사로보테크)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'12.06. ~'15.05. (36개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">매뉴얼3,
공인시험성적서3</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="6">· 국내최초로 개발된 빌트인가이드형 외벽유지관리로봇의 설계제작과 성능시험 환경시험으로 개발제품의 완성도 극대화</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="6">· 시제품, 현장적용, 성능환경인증 시험</td></tr>
</table>

8. 외장케이스 경량화 및 디자인개발 (1C. 로보테크)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="5">  </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="5">· Built-in Guide형 벽면유지관리로봇 외관디자인 (마천루, 청소용품)
· Built-in Guide형 빌딩외벽유지관리 로봇 수직/수평이동로봇플랫폼의 외장디자인 및 개발
– 수직수평로봇의 외부로 부터의 오염 및 방수를 도모하고 경량화시켜 운전을 원활히 하고 첨단이미지로 고객으로부터 구매 욕구를 유발시킴</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="5">· 외장케이스를 경량화하기 위하여 polycarbonate 프라스틱재질 적용을 검토
· 외벽 유지관리 로봇 시스템의 기계적 신뢰성 개선
· 청소 작업 툴 메커니즘 청소 성능 및 효율 개선</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="5">(기존기술 수준)
· 비철알루미늄 혹은 스틸철판으로 제작하여 중량증대
(개발기술 수준)
· Polycarbonate 의 비중 철판의 1/5 정도로서 경량화시킴
· 도시의 고층건물에 어울리는 첨단이미지의 디자인 개발
(개발기술 수준 설정근거)
· 수직수평로봇의 최대중량 500kg, 스켈레톤 로봇시스템이 500kg 정도로 외장디자인의 경량화가 요구됨.</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">· 고층빌딩의 경우 인력난 작업 위험성등으로 무인자동로봇사용 가능성 증대
· 빌트인 가이드형 외벽청소로봇시스템의 경우 신축건물 설계초기부터 적용필요
· 적용가능시점은 연구종료 후 약 3년, 관련시장의 약 1~5% M/S가 가능할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">홍영기 (주식회사로보테크)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="5">'13.06. ~'15.05. (24개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>매뉴얼2</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="4">· 외장모듈 도장 내구년한 : 실외환경에서 10년보장</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="4">· 시제품, 현장적용, 성능환경인증 시험</td></tr>
</table>

9. 빌트인가이드 로봇 제조기술 (1C. 로보테크)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">· 빌트인가이드형 벽면유지관리로봇 제조기술 확립
– 수직수평로봇의 제작 조립 검사기술을 확립하여 상품화시 안정성 확보</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">· 빌트인가이드로봇의 생산성을 향상시키고 출하시 결함사항을 완전제거하며
고객현장운영시 안정성확보를 목적으로 함.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
· 기존기술 수준 없음
(개발기술 수준)
· 제품검사기준 , 작업공정도, 출하검사기준등의 개발
· 청소로봇 중량 : 수평수직로봇플랫폼 500kg 이하
(개발기술 수준 설정근거)
· 일반적인 산업용로봇의 제조 생산시 관련된 기준서 표준서 참고.</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">· 고층빌딩의 경우 인력난 작업 위험성등으로 무인자동로봇사용 가능성 증대
· 빌트인 가이드형 외벽청소로봇시스템의 경우 신축건물 설계초기부터 적용필요
· 적용가능시점은 연구종료 후 약 3년, 관련시장의 약 1~5% M/S가 가능할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">홍영기 (주식회사로보테크)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'14.06. ~'15.05. (12개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">매뉴얼2,</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="6">· 국내최초로 개발된 빌트인가이드형 외벽유지관리로봇의 제조기술과 검사기준의 확립으로 개발제품의 출하성능 안정화</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="6">· 제조에 관련되 작업공정도, 출하검사기준서, 파트매뉴얼의 개발작성여부를 자료로 확인함.</td></tr>
</table>

10. 수평이동식 곤돌라 행거 및 BMR 플랫폼 (2A. 한국기계연구원)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="5"> 
[조임나사식 행거]
 
[곤돌라 플랫폼]</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="5">곤돌라 플랫폼은 건물 옥상구조에 위치한 행거 시스템에 의해 고정 견인되어 상하로 이동하며 도장/청소작업을 수행하는 장치이고, 조임나사식 행거는 조임핸들과 수평이동 로울러에 의해 설치 및 해체가 용이하고 수평이동이 가능한 장치임</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="5">· 곤돌라 플랫폼은 건물 외벽의 도장/청소 작업을 인력을 대체하여 자동화하기 위해 개발되었음
· 조임나사식 행거는 곤돌라 플랫폼의 고정지지대로써 설치 및 해체가 간단하고 경량화하여 신속한 수평이동이 가능하도록 개발하였음</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="5">(기존기술 수준)
· 기존 인승/화물용 자동곤돌라 플랫폼이 건설현장의 외벽 작업을 위해 사용되고 있음
(개발기술 수준)
· 도장/청소작업 속도 : 15㎡/min / 12㎡/min]
· 수평이동 속도 : 3m이동/10분 이내, 다양한 파라펫 두께 적용이 가능
(개발기술 수준 설정근거)
· 곤돌라용 플랫폼 및 조임나사식 행거의 적용하였을 때 인력 대비 생산성이 높도록 기술 수준을 설정하였음</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">· 고층건물의 수가 지속적으로 증가하는 추세임
· 건물 외벽 유지보수 작업은 인력의존도가 높으나 신규 인력의 유입부족으로 인력 수급 문제가 발생 예상됨
· 건설시공의 열악하고 위험한 작업환경으로 인건비가 상승되고 경제성이 떨어지고 있어 자동화가 요구되고 있음
· 조임나사식 행거로 인한 곤돌라형 시스템의 수평이동 및 작업 시간 단축은 효율성 및 경제성 확보를 위해 필수요소임</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">함영복(한국기계연구원)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="5">'11.06 ~'15.05 (48개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td>등록 7</td><td></td><td>국내1</td><td>3</td><td>학술발표 : 17건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· 도장/청소작업 속도 : 15㎡/min / 12㎡/min
· 수평이동 속도 : 3m이동/10분 이내</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5">· Test-bed : 2회
· 기술실시 : 참여기업 ㈜로보프린트 (예정)</td></tr>
</table>

11. 통합관제 모니터링 시스템 HMI (2B. 전자부품연구원)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="5">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">정의(설명)</td><td colspan="5">곤돌라형 로봇 시스템 운용을 위한 통합 제어와 센싱, 모니터링 설계 및 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="5">· 곤돌라형 외벽유지보수로봇 시스템의 수직위치제어 및 수평자동제어
· 도장툴, 청소툴, 특수작업용 로봇팔, 석션팬 제어
· 외벽형태인식에 기반한 외벽도장 자동제어
· AVM (Around View Monitoring), 풍속센서 등을 이용한 모니터링</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="5">(기존기술 수준)
· 국내 곤돌라형 로봇 시스템 개발된 사례 없음
· 기존 인승형 곤돌라의 경우, 호이스트 컨트롤러 등을 이용하여 상승 하강을 제어하는 수준임
(개발기술 수준)
· 최대하강속도 : 6 m/min
· 수평자동제어 및 수직위치제어
· 제어 : 노즐 8개, 특수작업용 로봇팔, 청소툴
· 센서: ARS센서, 2차원 레이저 스캐너, 레이저 거리측정기, 풍속센서
· 통신 채널 수 : 2개 (정상 시 Ethernet, 비상시 ZigBee)
· 3D reconstruction 기반 외벽형태인식 (2차원 레이져스캐너 + 레이져 거리센서)
(개발기술 수준 설정근거)
· 고층빌딩 외벽 도장작업을 목적으로 개발된 로봇으로 지상에서 원활한 로봇의 제어와 센싱, 모니터링을 위한 시스템이어야 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">곤돌라형 로봇 시스템은 외벽도장 뿐만이 아니라 산업 전반에 있어서 널리 쓰이는 플랫폼임. 이에 따라서, 이를 무인화하는 수요는 건설/건축 뿐만 아니라 조선, 제조현장 등에서 다양하게 요구될 것이라 기대됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">박창우 책임 (전자부품연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="5">'12.03 ~'15.03 (36개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td>7</td><td></td><td>국내1, 국외3</td><td>3</td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· 연속가동시간(무결점) : 100Hr
· 통신유효 개수 - 2개 이상, 센서 개수 : 4개, 툴: 3종
· 엔들리스 와인더 2개 연동 제어
· AVM 모니터링</td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5">G-BMR R2, R3, R5, R6 등의 플랫폼에 시제품을 적용함
5차년도 아파트 현장 2차례 현장시험적용 수행함</td></tr>
</table>

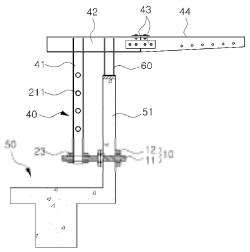
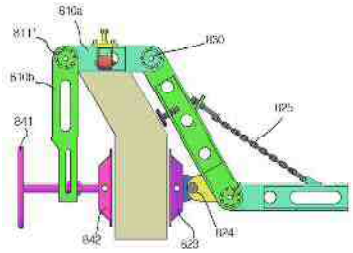
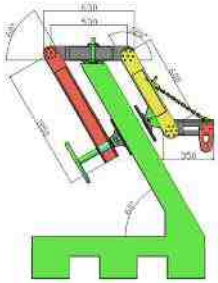
12. 곤돌라형 외벽 유지관리 로봇의 프레임 하중 설계 및 성능분석 (2C. 인하대학교)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">개발로봇의 상용화를 위한 로봇 사용성 확보를 위해 개발로봇의 운용 및 유지관리 매뉴얼을 작성</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">실용화 이후 실 사용자를 위한 개발로봇의 운용 및 유지관리 매뉴얼을 작성하여 개발로봇의 사용성 확보함</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 구버전의 개발로봇에 대한 운용 매뉴얼
(개발기술 수준) 새로이 개발된 Release 5에 대하여 운용 매뉴얼을 최신화 하고 시공 및 유지관리에 대한 내용을 더욱 상세히 작성
(개발기술 수준 설정근거)</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="6">개발로봇의 상용화를 위해 작성된 운용 및 유지관리 매뉴얼은 사용자가 개발로봇을 운영함에 있어 편의성을 제공하기 때문에 잠재적 사용자의 개발로봇에 대한 접근성이 더욱 용이할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김영석(인하대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">’14.06 ~ ’15.05 (1년0개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td>출원 0
등록 0</td><td>국내 0
국외 0</td><td>국내 0
국외 0</td><td></td><td colspan="2">학술회의 발표 2</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td></td><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="6"></td></tr>
</table>

13. 청소/도장용 Tool 로봇팔 및 모니터링 시스템 현장적용 ((주) 대화산기)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="5">    </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="5">연구개발을 통해서 완성된 최종성과물로 곤돌라에 장착되어 건물 외벽에 대해 청소/도장 작업을 수행하는 Tool</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="5">· 건물 외벽의 도장작업을 인력 없이 자동으로 수행
· 도장작업 전 외벽의 먼지 및 이물질 청소용 Tool 개발
· 좁은 벽면이나 모서리 도장용 로봇팔 개발
· 개발 툴의 작업현황 확인을 위한 모니터링 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="5">(기존기술 수준)
· 인력에 의존하여 건물에 로프를 타고 도장 및 청소 작업을 수행함
(개발기술 수준)
· 건물 외벽의 도장작업을 인력 없이 자동으로 수행
· 외벽 물청소가 가능한 시스템
· 운전소음 : 80dB (건물 외부), 60dB (건물 내부)
· 작업면적 : 12 m^2/min
· 청소/도장 작업 상태 확인이 가능한 시스템
(개발기술 수준 설정근거)
· 현장적용 및 시연 결과</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">초고층 건물의 건설 시공 및 유지보수와 같은 대형화, 첨단화된 건설공사에 있어 인력에 의존해서는 고품질 시공 및 균일한 품질의 유지보수 결과를 나타내는데 한계가 있으며 이에 따라 자동화 로봇이 필요함. 본 곤돌라 로봇시스템은 인력이 없이 청소/도장 작업을 할 수 있는 장치로써 국내외 시장전망이 매우 밝음</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">류준홍((주) 대화산기)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="5">'11.06 ~'15.05 (48개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심성과</td><td></td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>양적성과</td><td>특허 출원 : 10 건
특허 등록 : 6 건</td><td></td><td>3 건
(국내외 학술지 게재</td><td>3 건</td><td>시제품 : 30건
국내학술발표 :12건
국외학술발표 :1건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="4">· 도장/청소작업 속도 : 15㎡/min / 12㎡/min
· 로봇팔 사용으로 좁은 벽면이나 모서리 작업 가능
· 작업현황 실시간 확인 가능</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="4">· 현장시험
- Mock-up동
- 신축 아파트 현장 2곳</td></tr>
</table>

14. 로봇시스템 고정방법 개발 ((주)선엔지니어링종합건축사사무소)

관련 그림 / 사진	   (빌트인 가이드형 로봇시스템 고정방법)    (곤돌라형 로봇시스템 고정방법)
정의(설명)	로봇시스템 고정방법은 빌트인 가이드형 로봇시스템과 곤돌라형 로봇시스템의 안전한 지지능력 확보가능한 고정방법을 개발하는 것으로써, 빌트인 가이드형의 경우, 커튼월과 건물간의 고정을 위하여 최적화된 고정철물을 이용한 접합부를 개발하고, 곤돌라형의 경우는 파라펫 각도 90, 60, 45°에 사용할 수 있는 곤돌라 지지용 행거개발과 파라펫을 이용한 지지시스템의 안전성을 확보함
목 적	<빌트인 가이드형 로봇시스템> · 건물과 커튼월 접합부 조립시 불필요한 접합부 부품수를 최소화 · 건물 모서리 기둥부분에서 커튼월 고정시 간섭문제 제거 · 건물과 커튼월 접합시 안전한 접합능력 확보 <곤돌라형 로봇시스템> · 설치, 운영, 해체가 간단하여 시공성 및 편리성 확보 · 옥상 바닥의 방수층의 손상없이 파라펫 구조체를 이용함으로 건물 손상 최소화 · 다양한 파라펫 형상에 적용가능하므로 곤돌라 로봇시스템의 적용대상 확대 · 곤돌라 하중 이상을 지지할 수 있는 고정방법 개발로 안전성 확보
성능목표	<빌트인 가이드형 로봇시스템> (기존기술 수준) · 기존 기술은 선시공 또는 후시공 앵커시스템 · 조립시 사용되는 부속철물 총 18개 (개발기술 수준) · 후시공 접합시스템으로 시공시 오차가 발생하여도 수평이동시켜 접합 가능 · 조립시 사용되는 부속철물 총 10개로 기존대비 44%감소 · 모서리 기둥부분에 간섭없이 커튼월 고정가능 · 접합부 인장력 4.12kN으로 건축물 높이 200m, 30m/s의 풍하중과 로봇 하중에도 안전함 · 슬래브 두께 180mm이상, 앵커매립깊이 75mm 이내로 적용시 로봇하중 10kN이상 지지가능 (개발기술 수준 설정근거)

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="5">· Built-in Guide형 로봇시스템의 커튼월과 건물이 접합할 때, 안전한 접합부 고정방법과 지진하중, 풍하중 및 로봇하중에도 안전한 고정방법 필요

<곤돌라형 로봇시스템>
(기존기술 수준)
· 곤돌라의 사용을 위해 복잡한 행거시스템을 사용하며, 행거자체의 내력이 부족함.
(개발기술 수준)
· 적용가능한 파라펫 : 수직 파라펫, 경사 파라펫(60, 45°)
· 행거 지지능력 : 행거 개소당 최소 10kN 이상의 하중지지 가능
· 파라펫의 지지능력 : 파라펫 두께 150mm 이상, 철근 복근 배근시 최소 10kN 이상의 하중지지 가능
(개발기술 수준 설정근거)
· 현재 개발된 곤돌라의 무게와 운용하중, 충격하중 등을 고려하여 행거 개소당 10kN 이상의 하중을 지지할 수 있는 파라펫 구조체 조건과 행거시스템 필요
· 곤돌라 로봇시스템의 적용대상 확대를 위해 수직 및 경사파라펫에 적용가능한 행거시스템 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">· 현재 첨단화 되어가는 건설 산업을 볼 때, 재래식공법의 경우 추락에 대한 위험이 많으므로 국내외의 청소 및 도장업체가 로봇시스템을 보유하고 운용하고자 함으로써 빌트인 가이드형 및 곤돌라형 로봇시스템의 국내외 시장전망을 매우 밝음
· 본 기술은 유지관리용 로봇시스템의 고정방법에 대한 기술로 빌트인 가이드형 및 곤돌라형 로봇시스템의 시장전망에 따라 좌우됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">김종(선엔지니어링)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="5">'10.06 ~'15.05 (60개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td>등록 : 4</td><td>1</td><td></td><td></td><td>특허출원 : 10건
시제품 : 7건
국내학술발표 : 18건
국외학술발표 : 3건
현장시험적용 : 1건
시방서: 2건
유지관리지침서 :1건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· 접합부 부속철물 : 기존18개에서 10개로 축소(약 44% 절감)
· 커튼월과 건물 접합시 간섭없이 후시공 가능
· 접합부 인장력 4.12kN으로 건축물 높이 200m, 30m/s의 풍하중과 로봇 하중에도 안전함
· 슬래브 두께 180mm이상, 앵커매립깊이 75mm 이내로 적용시 로봇하중 10kN이상 지지가능
· 적용가능한 파라펫 : 수직 파라펫, 경사 파라펫(60, 45°)
· 행거 지지능력 : 행거 개소당 최소 10kN 이상의 하중지지 가능
· 파라펫의 지지능력 : 파라펫 두께 150mm 이상, 철근 복근 배근시 최소 10kN 이상의 하중지지 가능</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5">· 현장적용 (BMR 연구센터 신축공사)</td></tr>
</table>

15. Guide Rail 및 C/W 설계지원 기술개발 ((주)시티월이엔지)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="5">  </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="5">Built-in Guide형 로봇 시스템 운용을 고려한 Guide Rail 및 C/W 모듈 표준안의 설계</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="5">· Alum. 원자재 비용 절감을 위한 C/W 모듈 최적화
· Frame의 축소화를 통한 공사비용 절감
· Frame의 구조검토를 통한 구조성능 확보
· 단열 Simulation을 통한 Frame의 열관류율 성능 개선
· Guide Rail 및 C/W 실용화를 위한 유닛·부품·자재 등의 DB 구축
· 최종모듈 표준안 제시 및 실물모형 제작</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="5">(기존기술 수준)
· 국내 Built-in Guide형 로봇 시스템 운용을 고려한 C/W 설계 및 적용사례 없음
(개발기술 수준)
· 기존대비 초기투입비용 5% 절감
· Guide Rail 및 C/W 실용화를 위한 유닛·부품·자재 등의 DB 구축
(개발기술 수준 설정근거)
· C/W 공사비 중 가장 비중이 높은 원자재 절감 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발 성과의 국내외 시장전망</td><td colspan="5">초고층 커튼월 건물의 증가 추세와 더불어 초고층 건물의 유지보수 시 고소작업환경에서의 안전성 확보와 재해 방지에 대한 요구가 증가함에 따라 C/W 품질의 안정화 및 생산성 향상을 기대할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">이덕용(주)시티월이엔지</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="5">’13.06 ~’15.05 (24개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>설계기준 :3
시방서 1, 시제품 2</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td colspan="5">· M/U 대비 Guide Rail 중량 13.4% 감소, Transom 중량 30.7% 감소
· M/U 대비 Frame의 열관류율 29.2% 개선
· Guide Rail 및 C/W 실용화를 위한 유닛·부품·자재 등의 DB 구축
· 최종모듈 표준안 제시 및 실물모형 제작</td></tr>
<tr><td>기술실시 및 적용사례</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

제4장 연구목표 달성 및 효과

1절 연구개발 최종목표 달성도

1. Built-in Guide형 외벽유지관리 로봇시스템 개발

가. 최종 연구목표 과업 대비 달성도

[표 4-1. 최종 연구목표 과업 대비 달성도]

목표과업 수: 12개, 평균달성도: 100%

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
1-1	이동 메커니즘 개발	①	수직이동 플랫폼 이동속도	3.6m/min	100
1-2		②	수평이동 플랫폼 이동속도	6m/min 4.2m/min	100
		③	이동 정밀도	±50mm 이하	100
		④	청소로봇 중량	500kg 이하	100
		⑤	로봇 운용시간	8시간 이상	100
		⑥	플랫폼 설치 소요시간	15분 이하	100
1-3	로봇 안전 메커니즘 설계	①	풍하중에 관한 메커니즘 내구력	15m/s	100
		②	지진에 대한 메커니즘 내구력	5MM 진도 이상	100
1-4	청소 Tool 개발	①	청소작업량	200m^2/hour	100
		②	물 소비량	20L/hour	100
		③	물 회수 성능	70% 이상	100
1-5	Tool 장/ 탈착 메커니즘	①	Tool 중량	100kg	100
		②	청소가능한 최소 Tool 허용하중	12.25 kgf/m 이하	100
		③	오염도 측정 센서 기반 청소성능 향상 알고리즘	청소 전/후 상태 판단 알고리즘 개발	100
1-6	통합 관제 시스템 개발	①	GUI기반통합 관제 모니터링 시스템 개발	pc기반 모니터링 시스템	100
1-7	임베디드 통합 제어기 개발 및 시스템 안전성 확보	①	제어주기	100ms	100
		②	내진을 고려한 허용가능 진동수	10Hz	100
		③	정격속도 운행 중 정/종진동	0.3m/sec^2	100
		④	보존 내열/내한	55~70℃ -25~3℃	100
		⑤	정전기방전내성	±4 kV	100
		⑥	센서 융합 Fail-safe 알고리즘 ISR	3건	100
1-8	작업환경/상황인지용 센서 시스템 개발	①	작업환경/상황인지용 센서 컴포넌트	5개	100
		②	센싱정보 기반 감지 주기	150ms	100
1-9	로봇 무선통신모듈 개발	①	통신지연 시간	80ms	100
		②	통신거리	500m	100

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
1-10	기술홍보	①	영상 및 브로슈어	홍보영상 및 브로슈어 제작	100
1-11	시제품 제작 및 안정화 시험	①	통합 시스템의 성능/환경시험	공인기관시험 통과	100
1-12	로봇의 제품화 작업	①	외장 디자인 설계제작	2차 외장디자인 제작완료 및 적용	100
		③	매뉴얼 양산 자료 개발	조립공정기준서 파트매뉴얼 운영매뉴얼	100

2. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇시스템 개발

가. 최종 연구목표 과업 대비 달성도

[표 4-2. 최종 연구목표 과업 대비 달성도]

목표과업 수: 12개, 평균달성도: 100%

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
2-1	이동 메커니즘 개발	①	수평이동	3m이동/10분	100
		②	수직이동 청소시	12㎡/min	100
			수직이동 도장시	15㎡/min	100
2-2	상용화를 위한 로봇 사용성 확보	①	최소 요구성능 확보	소음: 55dB이하 비산: 100mg/S㎥ 이하	100
		②	개발로봇의 현장 실험 및 성능 분석을 통한 경제적 타당성 분석	경제적 타당성 분석 보고서	100
		③	개발로봇의 운용 매뉴얼 작성	운용매뉴얼 작성	100
2-3	로봇의 안정성 확보	③	로봇의 성능/환경 시험	제어기 환경시험	100
2-4	기술홍보	①	영상 및 브로슈어	홍보영상 및 브로슈어 제작	100
2-5	Test-bed	①	도장품질/성능 (정밀도) 관리	창틀주위 10Cm 이하	100
		②	Test-bed 현장적용	공동주택 신축 현장 적용 (진천, 원주)	100
		③	개발로봇의 운용비용 분석	현장 적용 후 운용비용 분석 보고서	100
2-6	프레임 하중 설계	①	풍압 부하 설계	풍하중 분석 모델 개발	100
		②	부재설계 (시뮬레이션을 통한 부재의 안정성 해석)	시뮬레이션을 통한 풍압 검토	100
2-7	로봇 구동/운용 및 신뢰성/안정성 시험 규정 및 절차 조사,	①	로봇 구동/운용 및 신뢰성/안정성 시험 규정 및 절차 조사	안전가이드라인 작성	100
		②	로봇 구동/운용	운용 매뉴얼 작성	100

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
	로봇 구동/운용 메커니즘(절차서) 개발		메케니즘 개발		
2-8	개발로봇의 내풍 안정성 검토	①	개발로봇의 풍하중 해석 (풍압분포 분석)	풍압분포 분석	100
		②	개발로봇의 내풍 안정성 해석 (추진팬 출력 검토)	추진팬 출력 검토	100
2-9	개발로봇의 현장 적용성 및 기술적 타당성 분석	①	개발로봇의 현장 적용성 분석	설문조사 40부이상 분석 보고서	100
		②	개발로봇의 기술 개발 타당성 분석	설문조사 40부이상 분석 보고서	100
2-10	통합제어기술 개발	①	수직위치 센싱 정밀도	±30㎜	100
		②	수직위치 제어 정밀도	±50㎜	100
2-11	시스템 안정성 확보	①	센서융합 Fail-safe	센서융합 Fail-safe	100
		②	GUI기반 통합관제 모니터링 시스템 개발	통합관제 모니터링 시스템 개발	100
2-12	통합 시스템 개발	①	통합관제 모니터링 시스템 HM 매뉴얼 작성	통합관제 모니터링 시스템 HM 매뉴얼	100

3. 고층 외벽작업용 Tool 시스템 개발 및 통합유지관리 운용시스템 개발

가. 최종 연구목표 과업 대비 달성도

[표 4-3. 최종 연구목표 과업 대비 달성도]

목표과업 수: 15개, 평균달성도: 100%

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
3-1	Test-bed용 Mock up 건축물 시공	①	기본/상세설계	BIM이용 기본설계	100
		②	시공	목업동 시공	100
		③	안전, 환경성 분석	고층 건축물 위험요소 및 도장시 환경문제	100
3-2	외벽청소 및 도장 작업절차 분석	①	청소, 도장 작업절차분석	습식, 건식 방법별 검토	100
		②	고층 외벽 청소, 도장 현장실험	인천용현아파트 현장실험(청소) 대전금강엑슬루타워(도장)	100
		③	비산방지 및 환경문제 검토	분진 차단용 커튼 제시	100
3-3	고층 건축물 풍압변화 특징 및 현장적용조사	①	풍압이론 및 활용방안	풍하중 산정, 기준 검토 후 작업가능일 산정	100
		②	고층건물풍압 현장적용	부산, 인천지역 현장실험 및 풍동실험실시(서울,인천, 부산 총 15회)	100
3-4	사업모델 개발	①	현장 Needs 분석	성능지표제시, 전문가 및 자문위원단 설문 의견 종합분석	100
		②	시장규모, 운영실태 및 파급효과분석	상용화를 위한 사업모델 제시 (빌트인, 곤돌라)	100

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
3-5	Built-in 커튼월 시스템 고정방법 개발	①	기존 커튼월 시공현황 및 개선점 파악	후시공 앵커, 스터드 앵커, 세트앵커 및 고정방법 파악	100
		②	로봇하중, 풍하중, 지진하중,작용하중 검토	작업한계풍속, 지진하중 로봇 및 작용하중에 따른 검토	100
		③	고정방법 개발	슬래브 측면 고정방법 6개안 제시	100
		④	구조해석 및 파괴실험을 통한 안전성검토	24개 모의부재 파괴실험, 구조검토, 및 비선형 해석	100
		⑤	Mock-up동 현장적용	개발된 고정철물, T볼트 제작 적용	100
		⑥	접합부 상세설계도 및 시공지침서	매립깊이 따른 상세도 커튼월 접합부 시방서	100
3-6	곤돌라 시스템 고정방법개발	①	건물외벽시스템 시공현황 및 개선점 파악	지지방식, 적용범위 및 구조적 검토	100
		②	파라펫 고정방법 분석	홀, 볼트, 앵커, 행거 (45도, 60도)타입	100
		③	곤돌라하중, 풍하중, 지진하중,작용하중 분석	작업한계풍속, 지진하중 로봇 및 작용하중에 따른 검토	100
		④	구조해석 및 파괴실험을 통한 안전성 분석	2ton 이상 (행거1개소당 1ton 이상)	100
		⑥	곤돌라 로봇시스템의 수평이동 적용대상 확대	기존대비 7% 확대 (외부장비, 수직, 경사 파라펫에 적용)	100
		⑦	파라펫 접합부 시방서 및 유지관리지침서	접합부 시방서, 유지관리 지침서 및 안전점검요령 제시	100
3-7	곤돌라 적용을 위한 현장제공	①	10층 이상의 건축물 제공	광혜원 양우 내안愛 아파트, 강원원주 혁신도시 B-2BL 아파트	100
		②	현장적용에 따른 문제점 도출	현장별 곤돌라 로봇 시스템 적용후 문제점 제시	100
3-8	곤돌라형 로봇의 도장 Tool 개발	①	도장 Tool 기안 및 상세 설계	X-Y 이동형형, Tilting형, 일렬분사형 설계	100
		②	도장 Tool 시제품 제작	X-Y 이동형형, Tilting형, 일렬분사형 제작	100
		③	도장 Tool 이동속도	6㎡/min	100
		④	도장 Tool의 실험 검증	토출압력 : 100bar 도료 점도 : 80%	100
		⑤	도장성능 및 품질 최적화	창틀주변 10cm이내	100
3-9	곤돌라형 로봇의 청소 Tool 개발	①	청소 Tool 기안 및 상세 설계	기안도 및 설계도	100
		②	청소 Tool 이동속도	6㎡/min	100
		③	청소 Tool 시제품 제작	세척수 직접분사형 제작	100
		④	청소 Tool 실험검증	브러쉬 회전속도 : Max. 280 rpm 브러쉬 전,후진 : Max. stroke : 250mm	100
		⑤	보완 시제품 제작	낙수방지커버 제작	100
3-10	특수작업용 로봇팔 개발	①	로봇팔 기안	1차, 2차 기안도	100
		②	로봇팔의 상세설계	설계도	100
		③	로봇팔의 시제품 제작	4축 제어 로봇팔 제작	100

번호	세 부 연 구 목 표			달 성 내 용	달성도(%)
3-11	외벽검사 모듈 및 통합유지관리 운용시스템 개발	①	청소 작업용 운용시스템 기안	통합 제어시스템 구축	100
		②	도장 작업용 운용시스템 기안	통합 제어시스템 구축	100
		③	검사 Tool 시제품 제작	수평방향 : 55.44°~4.64° 수직방향 : 42.32°~3.58°	100
		④	작업용 Tool 모니터링 시스템 현장적용	현장적용 검증	100
		⑤	작업용 Tool 및 통합 제어시스템 현장적용	현장적용 검증	100
3-12	LCC분석 모형개발 및 Guide Rail 기준(안) 개발	①	LCC분석 모형 및 단위비용 산정	LCC분석 모델 설정 및 모델 약식 검증 LCC 비용항목 산정	100
		②	Guide Rail 설계, 시공 기준(안) 개발	Guide Rail 커튼월 설계기준, 시공 기준(안) 제시	100
	Built-in Guide형 로봇운용의 제도 개선(안) 개발	①	제도 개선(안) 제안	R&D성과 반영 현황 및 문제점 도출 시공기준 및 현장작업매뉴얼(안) 제안	100
3-13	Guide rail및 커튼월(C/W) 모듈 개발 및 실구조물 적용	①	외벽형식 분석을 통한 Guide rail 기본형상, 모듈, 실물모형 도출	Guide rail 기본형상, 모듈설계안 및 실물모형 도출	100
		②	Guide rail 및 C/W Mock-up동 적용	Guide rail C/W의 BMR센터 현장 적용	100
3-14	다양한 건축물에 적용가능한 Guide rail 및 C/W모듈 표준(안) 개발	①	건축물별 공통요소 및 유형요소 도출	건축물별 C/W 형태, 수평 및 수직 모듈 분석을 통한 공통 및 유형요소 도출	100
		②	외벽유형에 따른 Guide rail표준 모듈 설계	단위 창호와 수평 연창의 Guide rail 표준 모듈 설계	100
		③	Guide rail 및 C/W표준(안)실물 모형제작	개선된 표준 실물모형 제작	100
3-15	설계기술개발	①	Guide rail 소요수량 및 Frame Size의 축소 모듈 개발	기존대비초기투입비용 5% 절감효과	100
		②	Guide rail 및 C/W 실용화를 위한 DB 구축	Guide rail C/W의 유닛, 부품, 자재 등의 기준 및 DB 구축	100
		③	최종모듈 표준안 제시	Guide rail C/W 구성자재 및 부품의 표준을 적용한 최종 표준안 설계, 실물모형의 제작	100

4. 고층 구조물 외벽유지관리용 로봇시스템 마케팅 전략수립 및 기술가치 분석

가. 최종 연구목표 과업 대비 달성도

[표 4-4. 최종 연구목표 과업 대비 달성도]

목표과업 수: 3개, 평균달성도: 100%

번호	세 부 연 구 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
4-1-1	고층구조물 외벽유지관리 로봇 시스템 사업화 모델 개발	- 1단계 실용화 사전준비 작업 수행 - 로봇융합 시스템의 실용화를 위한 로드맵	100

번호	세 부 연 구 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
4-1-2	로봇시스템별 마케팅 전략 수립	- 2단계 실용화 사전준비 작업 수행 - 대외 전문기관 용역사업 수행을 통한 전략 수립으로 신뢰도 향상	100
4-1-3	기술가치 분석	- 3단계 실용화 사전준비 작업 수행 - 개발 기술별(논문,특허, 프로그램) 분석을 통한 경제적 효과 산출 (기술별 경제적 비용효과 산출)	100

2절 연구개발 평가결과 분석

1. 빌트인형 외벽유지관리 로봇시스템 개발

가. 연구개발 성과의 기술적 효과분석

(1) 평가가정 및 상황설정

본 평가의 가치분석 시 다음과 같은 사항을 가정하였다.

- 매출액 추정은 권리성, 기술성, 시장성 분석, 사업성 분석 등을 종합적으로 고려하여 평가기준일 현재 상황을 반영한 가정과 해당 산업의 시장 및 경제동향 등과 현재 유사기술사업 매출액 추이, 마케팅전략, 생산규모 등 객관적인 자료와 분석을 통하여 추정하였다.

- 기술의 사업가치 및 기술가치는 누가 사업을 하느냐에 따라 크게 상이할 수 있는데, 본 기술에 대한 전문지식과 사업경험을 보유한 자가 국내 및 해외시장을 타겟으로 사업을 수행한다고 가정하였다.

- 본 평가대상기술제품은 표준산업분류(SIC)상 한국표준산업분류(KSIC)에서 기타 기계 및 장비제조업(C29) > 특수목적용 기계 제조업(C292) > 산업용 로봇 제조업(C2928)에 해당하는 바, 이에 대한 산업, 유사사업기업 및 해당 기업의 경영 재무 분석 자료 등의 이용 가능한 최선의 객관적인 자료를 토대로 분석하였다.

- 시장예측 및 매출액추정은 합리적인 통계방법을 적용하였으며 추정방법에 대해서는 본문의 해당부분에 기술하였다.

- 사업가치 평가금액에 상당한 영향을 미치는 주요가치변수에 대해서는 검증(경험적)된

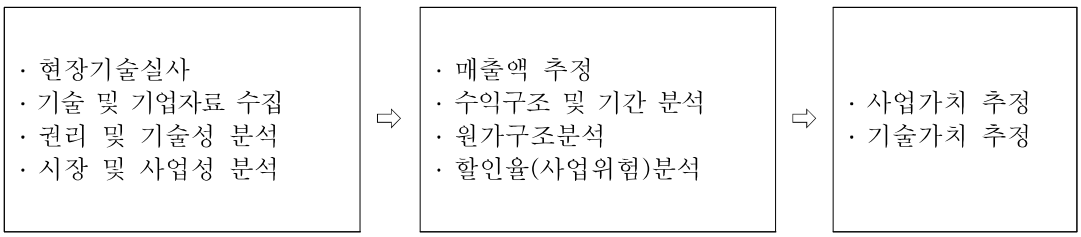
방법, 각 분야 전문가의 의견, 분석적인 방법 등을 이용하였으며, 그 방법에 대해서는 본문의 해당 부분에 기술하였다.

- 본 평가에서 적용한 가치분석은 기술제품의 미래이익흐름을 추정하여 적정 할인율 적용, 현재가치로 환원하는 미래현금흐름할인법을 적용하였다. 본 방법은 기술의 가치분석시 일반적으로 사용하는 접근법이다.

- 위 이외의 가정이나 상황은 본문의 내용에 따른다.

(2) 평가방법, 범위 및 절차

본 평가에서는 일반적인 가치평가방법인 이익접근법(Income Approach)의 미래현금흐름할인법(Discounted Cash Flow Method)을 적용하여 가치분석을 실시하였다. 본 평가에서는 평가대상 기술의 가치 분석을 수행하기 위해 해당 전문가의 현장실사, 평가대상기술의 기술동향, 기술제품의 해당 산업동향, 시장동향, 업체동향, 원가분석, 사업위험 등에 대한 조사·분석을 수행하였다. 또한, 최선의 이용가능한 객관적 정보의 활용, 합리적인 가정 및 일반적으로 인정하는 평가방법을 적용하여 객관적이고 적정한 평가결과를 도출하고자 하였다. 그럼에도 불구하고 평가결과는 미래의 경기변동, 경영환경 등 외부요인, 평가기준일 및 평가 상의 가정이 상이할 경우 다른 결과가 나타날 수 있다.



[그림 4-1 사업 및 기술가치 산정절차]

(3) 평가대상 기술의 사업가치

(가) 사업가치 및 기술가치결과 요약

① 기술사업 개요

평가대상기술사업은 커튼월이 외장 마감재로 사용되는 초고층빌딩의 외벽 청소 및 유지관리에 있어 자동화를 통해 인력절감과 작업자의 안전을 확보할 수 있는 빌트인(bulit-in)형 외벽유지관리 로봇이다.

인구 증가와 도시화가 진행되면서 초고층건물의 수가 점차 증가하고 있으며, 커튼월을 외장 마감재로 사용한 초고층건물의 외벽 청소, 유지보수 작업은 고소작업으로 인한 작업상의 위험 때문에 이를 대체할 만한 빌트인(bulit-in)형 외벽유지관리 로봇의 필요성이 증가하고 있다. 평가대상 기술제품의 적용분야인 고층건물 청소 등 유지관리시장은 인구 증가와 더불어 고층, 초고층 건물의 건설이 증가하는 건설산업 특성을 반영하여 지속적으로 성장할 것으로 전망되고 있다.

② 평가대상 기술의 사업가치 및 기술가치

본 평가에서는 평가대상기술 및 기술제품에 대한 특허 권리성, 기술성, 시장성 및 사업성 등 종합적인 분석결과를 토대로 본 기술의 사업가치 및 기술가치를 산정하였다.

본 기술의 사업가치는 본 기술제품이 수익기간 동안 창출할 미래 순현금흐름액을 추정한 후 현재가치(NPV)로 환산한 것이다. 기술가치는 본 기술사업이 창출한 사업가치 중

기술이 기여한 비율을 추정한 것이다. 본 평가에서 기술기여도를 43.95%로 추정한 바, 기술가치는 2015년 1월 1일 현재 10,024백만원(22,807백만원×43.95%)으로 추정된다.

[표 4-9. 본 기술의 사업가치 및 기술가치 산정표]

(단위: 백만원)

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
매출	2,867	11,875	27,515	49,336	83,717	107,954	128,438	147,902	167,950
매출원가	2,123	8,795	20,377	36,538	62,001	79,951	95,121	109,536	124,384
매출총이익	744	3,080	7,137	12,798	21,716	28,003	33,317	38,366	43,566
판관비	372	1,540	3,569	6,399	10,858	14,002	16,658	19,183	21,783
영업이익	372	1,540	3,569	6,399	10,858	14,002	16,658	19,183	21,783
법인세	60	317	763	1,386	2,367	3,058	3,643	4,198	4,810
세후이익	312	1,223	2,806	5,013	8,491	10,943	13,016	14,985	16,974
순운전자본	(143)	(450)	(782)	(1,091)	(1,719)	(1,212)	(1,024)	(973)	7,395
자본지출	(1,060)	-	-	(1,060)	-	-	(1,060)	-	424
감가상각비	212	212	212	424	424	212	424	424	212
순현금흐름	(679)	985	2,236	3,286	7,196	9,943	11,355	14,435	25,005
할인율	12.32%	12.32%	12.32%	12.32%	12.32%	12.32%	12.32%	12.32%	12.32%
현재가치요소	0.890	0.793	0.706	0.628	0.559	0.498	0.443	0.395	0.351
현재가치	(605)	781	1,578	2,065	4,025	4,952	5,035	5,699	8,788

사업가치(NPV)(2018.01.01)	32,318
사업가치(NPV)(2015.01.01)	22,807
기술기여도	43.95%
기술가치(2015.01.01)	10,024

(나) 주요 가치변수 분석

① 기술의 경제적 내용연수(수익기간추정)

기술의 경제적 내용연수 추정은 평가대상기술의 기술수명주기를 고려하여 기술제품의 경제적 수명주기 추정을 의미한다. 먼저, 기술제품의 수익기간은 법적 수명, 물리적 수명, 기술적 수명, 기능적 수명, 분석적 수명, 경제적 수명 등을 고려하여 결정할 수 있는데, 이 중 하나의 기준만을 선택하여 수익기간을 추정하지는 않는다. 자산의 제품수명주기 및 유사한 자산의 추정내용연수에 관한 정보, 기술적, 공학적 또는 기타 유형의 진부화, 산업의 안정성 및 제품시장의 수요변화 및 자산의 통제가능 기간 및 자산사용에 대한 법적 또는 유사한 제한 등을 분석하여 종합적으로 결정하는 것이다.

본 평가에서는 앞서 분석한 기술성, 권리성 및 시장성 분석결과를 참고로 하되 특허인용수명(TCT) 지수를 이용하여 기술의 경제적 내용연수를 추정하였다. TCT(Technology Cycle Time, 기술수명주기 또는 기술순환주기)는 미국 CHI가 국립과학재단(NSF)의 지원으로 개발한 지표로서 특허인용정보를 활용하여 각종 기술혁신 패턴 분석에 널리 활용되고 있다.

다음과 같은 사항을 종합적으로 고려하여 본 평가대상기술의 경제적 기술수명(수익기간)은 2018년에서 2026년까지 9년간으로 설정하였다.

- 평가대상특허에 부여된 IPC는 E04G, B25J, G01B, G01N, A47L, B08B, B66F 등임.
- 평가대상기술에 비교적 관련성이 높은 IPC는 E04G(건축용 기구, 9년), B25J(매니플레이터, 로봇팔의 일종, 8년), B08B(청소 일반, 9년) 등임.
- 빌트인 타입의 경우 가장 관련성이 높은 IPC는 B08B(청소 일반, 9년)이므로 기술수명은 9년으로 추정하였으며, 기술적 관련성 여부는 기술성 전문가의 의견을 반영하였음. IPC별 기술수명은 '기술가치평가 실무가이드'(산업통상자원부, 2014)를 참고하였음.

평가대상 기술제품은 2015년 연구개발이 마무리 되고, 이후 상용화를 위한 준비를 거쳐 2016년에 시장 진입이 가능할 것으로 추정된다. 하지만 빌트인형 외벽유지관리로봇은 커튼월 구조의 건물 설계단계부터 설치가 고려되어야 하므로 기존 150m 정도의 건물 설계기간(1년)과 건축기간(2년)을 고려했을 때 3년째부터 평가대상 기술제품의 시장진입이 가능할 것으로 판단되어 시장은 2018년부터 추정하였다.

② 매출추정

본 기술에 의한 제품매출은 본 평가대상기술의 권리확보, 기술성분석에 의한 기술의 유용성 및 경쟁성, 시장성분석 결과에 따른 관련시장의 향후 성장성, 및 시장규모 등을 종합적으로 고려하여 추정하였다. 이러한 상황을 종합적으로 반영하여 시장성분석에서

추정한 향후 매출은 다음과 같다.

[표 4-10. 본 기술제품의 매출추정]

(단위: 백만원)

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
국내	2,387	6,365	11,444	17,075	24,847	32,130	38,434	45,533	50,980
해외	480	5,510	16,071	32,261	58,870	75,824	90,004	102,369	116,970
합계	2,867	11,875	27,515	49,336	83,717	107,954	128,438	147,902	167,950

추정상 가정

본 평가에 있어서 매출 추정은 2018년부터 2026년까지 국내 시장규모와 해외시장규모를 고려하여 본 평가기술대상의 목표시장의 전망을 추정한 후 본 평가대상기술이 달성가능하다고 판단되는 목표시장에서의 시장점유율의 증가율을 반영하여 추정하였다. 국내 및 해외시장에 대한 평가대상 기술의 매출추정액은 다음과 같다.

[표 4-11. 국내매출추정]

(단위 : 백만원)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
국내 목표시장규모	3,900	10,400	18,700	27,900	40,600	52,500	62,800	74,400	83,300
국내매출 추정액	2,387	6,365	11,444	17,075	24,847	32,130	38,434	45,533	50,980

- 국내목표 시장규모는 본 보고서 시장성분석에서 언급된 바와 같이 기술의 경제적 내용수명동안 예상되는 국내 고층 및 초고층건물 수에 시장진입 5년 뒤에 고층 및 초고층빌딩의 15%까지 빌트인형 외벽유지관리 로봇이 적용될 것으로 가정하여 국내 목표시장규모를 추정하였다.
- 국내 빌트인형 외벽유지관리로봇시장은 제품 출시 후 강한 특허 포트폴리오를 바탕으로 신시장의 초기진입자로서 기술의 경제적 수명기간 동안 시장지배적사업자 지위를 유지할 것으로 예상된다. 2009년~2011년 특수목적용 기계제조업 상위 3개사의 시장점유율을 가중평균한 산업집중도(한국개발연구원 시장구조조사 (2013.12) 인용)는 61.2%이며, 이를 이용하여 빌트인형 외벽유지관리로봇시장규모에서 본 기술제품의 시장점유율을 추정하였다.

[표 4-12. 해외매출추정]

(단위 : 백만원)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
해외목표 시장규모	21,800	55,100	88,300	122,200	168,200	203,100	226,900	250,700	278,500
해외시장점유율(상황1 발생확률 20%, 상황2 발생확률 40%, 상황3 발생활률 40% 가정)									
상황1 (보수적) (초기 1%, 5년 이내 15%)	1.00%	3.00%	7.00%	11.00%	15.00%	16.00%	17.00%	17.50%	18.00%
상황2 (중간적) (초기 2%, 5년 이내 30%)	2.00%	8.75%	15.50%	22.25%	30.00%	32.00%	34.00%	35.00%	36.00%
상황3 (낙관적) (초기 3%, 5년 이내 50%)	3.00%	14.75%	26.50%	38.25%	50.00%	53.33%	56.67%	58.33%	60.00%
상황별 매출액(상황1 발생확률 20%, 상황2 발생확률 40%, 상황3 발생활률 40% 가정)									
상황1	218	1,653	6,181	13,442	25,230	32,496	38,573	43,873	50,130
상황2	436	4,821	13,687	27,190	50,460	64,992	77,146	87,745	100,260
상황3	654	8,127	23,400	46,742	84,100	108,320	128,577	146,242	167,100
해외매출 추정액	480	5,510	16,071	32,261	58,870	75,824	90,004	102,369	116,970

- 해외목표시장규모는 본 보고서 시장성분석에서 언급된 바와 같이 기술의 경제적 내용수명 동안 예상되는 해외 고층 및 초고층건물 수에 시장진입 5년 뒤에 고층 및 초고층빌딩의 15%까지 빌트인형 외벽유지관리 로봇이 적용될 것으로 가정하여 해외 목표시장규모를 추정하였다.
- 해외시장점유율은 해외시장 후발주자인 점, 해외특허 개수가 적은 점을 고려하여 시장진입 1년차부터 5년차까지 달성가능한 시장점유율까지 점진적으로 증가한다고 가정했다.

③ 매출원가와 판매비 및 일반관리비(판관비) 추정

본 평가에서 매출원가는 본 평가대상기술과 유사한 제품을 생산 및 판매하는 외국의 대용기업(니혼비소)과 국내 잠재수요기업의 2009년 ~ 2013년의 5년간의 평균원가율을 이용하여 추정하였다. 그리고 판관비의 추정은 한국은행 경제통계시스템에서 제공하는 동종업종(C292 특수목적용 기계)의 2009~2013년의 5년간의 매출액대비판관비율을 이용하여 추정하였는바, 그 추정내용은 다음과 같다.

㉮ 매출원가(제조원가)

매출원가 추정은 외국의 대용기업과 국내 잠재수요기업의 매출원가율 감안하여 매출액 대비 매출원가율을 추정하였다.

[표 4-13. 매출(제조)원가]

(단위: 백만원)

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
매출	2,867	11,875	27,515	49,336	83,717	107,954	128,438	147,902	167,950
원가율	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%
매출원가	2,123	8,795	20,377	36,538	62,001	79,951	95,121	109,536	124,384

추정상 가정

- 본 평가대상 기술제품의 매출원가율은 평가기간동안 계속 유지된다고 가정하였다
- 평가대상기술과 유사한 제품을 생산 및 판매하는 업체가 국내에 존재하지 않기 때문에 매출원가율은 외국의 대용기업(니혼비소(일본))의 매출원가율(08~12년 5개년 평균 원가율 74.06%)을 참고하였다.
- 기타 관련 기술분야의 국내 잠재수요기업의 최근 5개년 평균원가율을 고려하였다. (세호로보트(67.8%), 한양로보틱스(71.7%), 케이엔알시스템(63%))

㉯ 판매비와 일반관리비 추정

본 평가에서는 한국은행 경제통계시스템에서 제공하는 동종업종 기업의 2009년 ~ 2013년의 5년간의 매출액 대비 판관비의 평균비율 12.97%를 적용하였다.

④ 법인세비용

법인세비용은 다음과 같은 법인세법상 세율에 주민세를 포함한 세율을 적용하였다. 법인세 등은 세무 조정 시 발생하는 여러 가지 조정사항 등을 반영하여 계산하여야 하나, 본 평가에서는 계산의 단순화를 위해 영업이익을 과세표준으로 보고 아래 표의 과세표준 구간별 세율을 곱하여 계산하였다.

[표 4-14. 법인세 등의 세율]

과세표준	세율(주민세 포함)
2억원 이하	11%
2억원초과 200억원이하	22백만원+2억원초과금액의 22%
200억원 초과	4,378백만원+200억원초과금액의 24.2%

⑤ 자본지출 및 감가상각비

자본적 지출은 사업수행에 요구되는 토지, 건물, 생산설비, 기계 및 공구 등의 취득관련 지출액과 계속사업으로 성장에 필요한 개발비 지출 등을 말한다. 본 분석의 대상은 평가대상기술을 이전받아 사업화하는 것을 전제로 하고 있으며, 기술이전대상기업은 2018년 시장 출시가 가능한 정도의 시설투자가 어느 정도 선행된 기업을 가정하고 있다. 또한 대당 가격이 비교적 고가이고, 판대대수가 비교적 소량이며, 구입한 부품을 조립하여 완성품을 만드는 사업구조인 점, 수작업 비중이 높은 점을 감안하였을 경우 대규모의 시설투자는 필요하지 않은 것으로 판단된다. 제조대수 증가를 고려하여 자본지출은 사업시작 이후 3년을 주기로 자본지출이 되는 것으로 가정하였다. 본 평가대상 기술에 예상되는 자본적지출은 다음과 같다.

[표 4-15. 유형자산 등 자본지출 소요 추정액]

(단위: 백만원)

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
자본적지출	(1,060)	-	-	(1,060)	-	-	(1,060)	-	424

위의 자본적지출에 대한 감가상각비 추정액은 다음과 같다.

[표 4-16. 감가상각비 추정액]

(단위: 백만원)

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
2018년	212	212	212	212	212	-	-	-	-
2019년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021년	-	-	-	212	212	212	212	212	-
2022년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2024년	-	-	-	-	-	-	212	212	212
2025년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2026년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	212	212	212	424	424	212	424	424	212

감가상각비는 정액법을 적용하였으며 경제적 내용연수는 5년을 적용하였다. 또한 추정기간 종료일인 2026년말에 미상각 유형자산 장부금액 424백만원은 전액 회수되는 것으로 가정하였다.

⑥ 순운전자본 추정

운전자본이란 영업활동을 위해 소요되는 자금으로서 매출채권이나 재고자산 등의 유동자산에 사용되는 자금과 매입채무 등의 유동부채로 조달되는 자금을 말한다. 영업활동 과정에서 순운전자본은 단기적으로 필요소요자금이며 원활한 영업활동을 위해서는 일정기간 지속적으로 보유하여야 함으로 현금유출에 해당한다. 본 평가에서 순운전자본은 생산계획, 판매계획 등을 근거로 소요 순운전자본을 추정하였는바, 본 평가에서 추정한 매출액 대비 순운전자본 소요액은 초기매출액(2018년)의 5%, 그 이후는 매출액 증가분의 5%를 적용하였으며 추정기간 2026년말에 전액 회수하는 것으로 가정하였다.

⑦ 할인율 결정

할인율은 미래의 현금흐름을 현재가치로 전환할 때 사용되는 환원율을 의미하는 것이며 평가대상 기술의 사업화에 따른 사업위험을 정량적으로 나타난 것이다. 본 평가에서 할인율 추정은 기술가치 평가실무가이드(지식경제부 2014.12)에서 제시하는 방법에 따른 것이며 추정된 할인율은 12.32%이다. 할인율의 산정식 및 추정치는 다음과 같다.

- 할인율(WACC) 추정식 = 자기자본비용 × 자기자본비율
  + 타인자본비용 × 타인자본비율 × (1 - 법인세율)
- 중소기업 자기자본비용(K_e) = 상장기업 CAPM
  + 기술사업화 위험프리미엄 + 비상장 규모프리미엄
- 중소기업 타인자본비용(K_d) = 상장기업 타인자본비용 + 추가위험 스프레드

[표 4-17. 할인율 추정]

K_e	CAPM	기술사업화 위험프리미엄	규모 프리미엄	합계
	11.48%	0.93%	2.22%	14.63%
K_d	9.06%			
자기자본비율	69.47%			
WACC	12.32% =14.63%×69.47%+9.06%×30.53%×(1-0.22)			

[표 4-18. 평가대상 기술사업화 위험프리미엄 추정]

구 분	평가항목	평점				
		매우미흡	미흡	보통	우수	매우우수
		1~1.5	2~2.5	3~3.5	4~4.5	5
기술위험	기술 우수성					5
	기술 경쟁성				4.5	
	기술 모방 용이성				4.5	
	기술 사업화 환경				4.5	
	권리의 안정성				4.5	
시장 및 사업위험	시장 성장성				4.5	
	시장 경쟁성				4.5	
	시장진입 가능성					5
	생산 용이성				4.5	
	수익성 및 안정성				4.5	
종합평점	46점					
위험프리미엄	0.93%					

[표 4-19. <참고> 제조업 산업별 할인율 산출표(기술가치평가 실무가이드_2014.12)]

산업	자기자본비용						자기자본비율	세전 타인자본비용				
	CAPM	기술사업화 안정성	비상장기업 규모프리미엄									
			대	중	소	창업	상장	상장	대	중	소	창업
중략												
C26	12.06		1.17	2.43	3.89	5.93	65.85	3.60	7.13	8.49	9.93	13.73
C27	12.05		1.27	2.63	4.22	6.42	62.30	3.05	6.58	7.94	9.38	13.18
C28	12.12		1.19	2.45	3.94	6.00	69.47	3.29	6.82	8.18	9.63	13.43
C29	11.48		1.07	2.22	3.57	5.43	69.47	4.17	7.70	9.06	10.50	14.30
중략												

[표 4-20. <참고> 기술사업화 평점과 위험프리미엄]

평점	50	49	48	47	46	45	44
위험프리미엄	0.18%	0.36%	0.54%	0.73%	0.93%	1.13%	1.33%
평점	43	42	41	40	39	38	37
위험프리미엄	1.55%	1.76%	1.99%	2.22%	2.46%	2.71%	2.97%
중략							
평점	22	21	20	20미만			
위험프리미엄	8.72%	9.33%	10.01%	NR			

⑧ 기술기여도

본 평가에서 기술기여도란 기술도입 또는 사용에 따른 경제적 이익(순현금흐름의 증가분)의 창출에 기여한 유무형자산 중 기술무형자산(또는 기술요소)이 이익창출에 공헌한 상대적인 정도라 할 수 있다. 본 평가에서 기술의 사업가치 중 기술이 공헌한 비율을 의미한다.

기술기여도는 평가대상기술제품의 사업가치 중 경영요인, 투자요인 등의 이외의 기술이 공헌정도를 나타내는 비율을 의미하는 것으로, 기술의 사업가치에 기술기여도를 곱하여 기술가치를 산정하게 된다. 기술기여도를 측정하는 방법은 다양하나 본 평가에서는 기술요소법(지식경제부, 2014)을 적용하였다. 본 평가에서 적용한 기술기여도 산정식은 다음과 같다.

기술기여도 = 산업기술요소 × 개별기술강도

㉮ 산업기술요소

산업기술요소는 기술의 공헌도가 산업별로 다르다는 가정 하에 이를 계량적으로 측정하는 요소이며, 다음과 같이 산출된다.

- 산업기술요소 = 산업별 최대실현 무형자산 가치비율 × 산업별 평균 기술자산 비율
- 산업별 평균 기술자산비율 = $\frac{\text{연구개발비}}{(\text{연구개발비} + \text{광고선전비} + \text{교육훈련비})}$

결과적으로 얻어진 업종별 산업기술요소 값을 <표 5-10>에 제시하였으며, 평가 대상기술제품은 기타 기계 및 장비제조업에 해당한다고 보고 54.6%를 적용하였다.

[표 4-21. 산업기술요소]

(단위 : %)

표준산업분류 코드	무형자산 가치비율	기술자산 가치비율	산업 기술요소
C17 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	69.6	94.1	65.5
C20 화학물질 및 화학제품 제조업	62.1	98.1	60.9
C21 의료용 물질 및 의약품 제조업	91.5	73.2	67.0
C24 1차 금속 제조업	59.4	84.6	50.3
C25 금속가공제품 제조업: 기계 및 가구 제외	67.0	92.6	62.1
C29 기타 기계 및 장비 제조업	68.0	80.3	54.6
C31 기타 운송장비 제조업	60.8	85.2	51.9
F41 종합건설업	46.1	96.3	44.4
F42 전문직별 공사업	70.6	91.9	64.9

※ 출처 : 지식경제부, 기술가치평가 실무가이드(2014.12)

㉯ 개별기술강도

기술요소법에 의한 기술기여도 측정방법의 합리성은 대상기술의 산업특성과 개별특성(개별기술강도)에 따라 결정된다고 보고 각각의 특성을 반영한다는데 있다. 여기서 산업특성은 산업기술요소로 측정되며, 개별특성은 일정한 개별기술이 지닌 기술성(권리성 포함) 및 사업성(시장성 포함)에 따라 결정된다.

기술성 10개 항목과 사업성 10개 항목으로 구성되는 개별기술강도 평가지표들은 대상기술의 사업화 과정에서 당면한 상황을 토대로 상업적 생존가능성을 측정하여 사업가치 창출에 어느 정도 기여하는 가를 평가하는 것이다. 기술성 측면과 사업성 측면의 각각의 평가지표 20개를 분석하여 5점 척도를 적용하여 1~5점 범위에서 점수를 부여하고, 이 점수를 토대로 개별기술강도를 측정하였다.

[표 4-22. 기술성 평가지]

구분	평가지표	평가점수	점수
1	혁 신 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5
2	파 급 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
3	활 용 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
4	전 망 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5
5	차별성(독창성)	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
6	대 체 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.0
7	모방용이성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
8	진부화 가능성(기술수명)	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5
9	권리범위	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.0
10	권리 안정성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5

[표 4-23. 사업성(시장성 포함) 평가지표]

구분	평가지표	평가점수	점수
1	수요성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5
2	시장진입성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
3	생산용이성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
4	시장점유율 영향	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
5	경제적 수명	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
6	매출성장성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	5
7	파생적 매출	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
8	상용화 요구시간	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
9	상용화 소요자본	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
10	영업이익성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5

▪ 개별기술강도 결정

- 기술성 평가에 의한 개별기술의 기술성 강도비율 결정
- 사업성 평가에 의한 개별기술의 사업성 강도비율 결정
- 개별기술강도 : 기술성 강도비율 및 사업성 강도비율에 일정 가중치를 적용하여 개별기술강도 비율 결정

▪ 개별기술강도 측정표

[표 4-24. 개별기술강도 측정표]

구 분	기술성	사업성
개별기술특성 점수	40.5점	40점
가중치	1	1
개별기술강도 (기술성 및 사업성 강도의 합산)	80.5%	

▪ 기술 기여도 산출

- 산업기술요소에 개별기술강도 비율을 곱하여 최종적으로 기술기여도를 결정함

[표 4-25. 기술 기여도]

기술기여도 = 산업기술요소 × 개별기술강도

산업기술요소	54.6%
개별기술강도	80.5%
최종 기술기여도	43.95%

나. 연구개발 성과의 경제적 효과분석

(1) 개요

이하에서는 평가대상기술의 사회 경제적 파급효과를 직접적 파급효과와 간접적 파급효과로 구분하여 분석하고자 한다. 일반적으로 편익 산정이 가능한 항목은 다음 표와 같다.

[표 4-26. 주요 편익 항목]

구분	주요 편익 항목		
정(+)의 가치 증가	●부가가치 증대 - 신기술 적용을 통한 생산량 증가 ●기술거래 - 기술이전에 의한 로열티 수입	●과학기술 지식 (논문, 특허 등) ●국민의 과학기술 이해도 향상 ●과학기술자의 교육훈련 ●국가위상의 제고 ●지역개발효과 ●시장권의 확대 ●지역산업구조 개편	●생산유발효과 ●부가가치 유발효과 ●고용유발효과 ●수입유발효과 ●수출유발효과 ●소득분배효과 ●취업유발효과
부(-)의 가치 감소	●비용 절감 - 생산투입 자원 및 시간의 절감 - 연구기간, 출장회수 등의 연구수행 비용 절감 - 물류비용 절감 ●피해 비용 감소 - 자연재해로 인한 피해 감소 ●질병비용절감 ●환경비용절감		

※출처: 연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구

(2) 연구개발에 따른 직접적 파급효과

(가) 비용편익분석(Cost-Benefit analysis)

- 비용편익분석은 총편익과 총비용을 현재가치로 환산하여 이들의 비율로서 사업의 타당성을 판단하는 방법이다.
- 연구개발사업의 직접 편익은 신제품 개발, 생산성 증대, 품질개선, 비용저감 등 여러 가지 형태로 나타날 수 있다. 직접적 편익을 산정하기 위해 동 사업의 목표와 관련된 편익을 직접적인 편익으로 추정가능하다.

(나) 본 연구개발사업의 비용 개요

- 연구개발사업은 연구기반 구축 R&D 사업과 순수 R&D 사업으로 구분할 수 있으나, 동 사업은 순수 R&D 사업으로 총사업비는 연구개발 등에 소요되는 모든 경비로서 인건비, 직접연구비, 간접비 등으로 구성되어 있으며 년차별 집행 및 투자계획은 다음과 같다.
- 빌트인형 고층 건물 외벽 유지관리 로봇시스템 개발을 위한 동 사업의 2015년까지 총 연구비는 47.88억 원이며, 2014년말 기준 현재가치로는 49.89억원에 해당된다.

[표 4-27. 본 연구개발사업에 투입된 총 연구개발비]

(단위:천 원)

	현금	현물	총 연구개발비	현재가치
2011년/1차년도	286,050	71,500	357,550	419,850
2012년/2차년도	641,627	293,650	935,277	1,040,986
2013년/3차년도	1,142,216	376,500	1,518,716	1,602,245
2014년/4차년도	763,445	246,500	1,009,945	1,009,945
2015년/5차년도	732,000	234,500	966,500	916,114
합계	3,565,337	1,222,650	4,787,987	4,989,140

(다) 본 연구개발사업의 직접적 편익

본 보고서에서는 본 연구개발사업의 직접적 편익을 평가대상기술의 가치평가액과 동일하다고 가정한다.

앞서 사업성 분석 및 가치산정 항목에서 검토한 바와 같이, 평가대상기술 및 기술제품에 대한 기술성, 권리성, 시장성 및 사업성 분석결과를 토대로 본 기술의 사업가치 및 기술가치를 산정하였한 결과, 기술가치는 2015년 1월 1일 현재 10,024백만원(22,807백만원×43.95%)으로 추정된다.

[표 4-28. 기술가치 산정표 요약]

(단위: 백만원)

사업가치(NPV)(2018.01.01)	32,318
사업가치(NPV)(2015.01.01)	22,807
기술기여도	43.95%
기술가치(2015.01.01)	**10,024**

(라) 직접적 편익에 대한 경제성 분석결과

- 일반적으로 R&D사업을 통해 창출되는 경제적 편익 또는 효과가 투입된 비용보다 크다면, 즉 비용편익 비율(B/C ratio)이 1보다 크다면 경제적 타당성이 있다고 판단할 수 있다.
- 동 사업의 직접적 편익에 대한 비용편익분석을 수행한 결과, 비용편익 비율(B/C ratio)은 2.01로 분석되어 경제성이 있는 것으로 볼 수 있다.

[표 4-29. 동 사업의 비용편익분석 결과(직접적 편익 관련)]

비용(현재가치)	편익(현재가치)	B/C Ratio
49.89억원	100.24억원	2.01

(3) 연구개발에 따른 간접적 파급효과

(가) 개요

본 보고서에서는 연구개발에 따른 간접적 파급효과를 3가지 관점, 즉 학술 논문의 경제적 효과, 인력양성의 경제적 효과, 산업연관분석을 통한 경제적 파급효과로 구분하여 분석하고자 한다.

(나) 간접적 파급효과의 산출항목

① 학술 논문의 경제적 효과 및 생성 가치[1)]

- 경제적 효과 접근 방식으로는 무형자산의 가치측정방식, 경제적 인센티브 접근법, 지식스톡의 경제성장에서의 영향 분석 등으로 접근 가능하다.
- 무형자산의 가치측정방식에는 원가접근법, 시장가격 접근법, 시장가치 접근법, real option법 등이 있다.
- 연구자에 대한 경제적 인센티브 접근법은 주로 출간논문의 가치를 연구자의 급여에 대한 출간의 한계적 기여도 차원에서 접근하여 직접적 가치를 추정한다. 즉, 연구자의 급여를 논문 출간과 기타 특성의 함수로 간주하여 추정하는 방식이다.
- 지식스톡의 경제성장에의 영향 분석은 총 요소 생산성에 대한 기여도를 분석하여 학술논문의 경제적 가치를 추정한다.
- OECD 회원국을 대상으로 1996~2004년도 SCI논문 출간수를 활용하여 지식스톡을 측정하고 총 요소 생산성의 부가가치규모[2)]와의 관계를 분석하여 학술논문의 평균적인 가치를 추정한 바 있다.
- 연구 결과에 따르면, 추가적인 학술논문 생성을 통한 지식스톡 한 단위 증가는 총요소생산성의 부가가치 규모를 2억6300만 원~18억8950만 원만큼 증가시키는 것으로 나타났다.

② 인력 양성의 경제적 효과

- 인력 양성의 효과는 장진규(2005) 설문결과와 노동부 연봉데이터를 활용하여 추정하였다.
- 2001~2003년 박사 후 해외연수 사업의 지원을 받은 사람을 대상으로 설문조사를 수행하고 평균 임금 수준에 있어 39.6%가 증가함을 확인한 후 노동부의 노동통계연보를 토대로 경제적 성과 추정하였다.
- 정광호(2006)는 학력에 따른 연봉 격차를 학력별 생산성 격차의 지표로 활용하여 경제적 가치를 추정하였다.

1) 한국학술진흥재단, 2008, 2008 학술연구조성사업 투자효과분석
2) 총요소생산성의 부가가치 규모는 전체 GDP 규모에서 노동기여와 자본기여를 뺀 잔여분으로 계산

- 연구 인력이 양성되어 석사나 박사 학위를 받았다고 가정할 경우 이에 따른 경제적 가치를 산정하기 위해 연구인력 양성 효과를 1년간이라는 연봉격차로 한정하여 산출하였다.
- 한국학술진흥재단(2008)은 연구과제의 참여를 통해 학력별 임금격차를 연간 생산성 가치로 산정한 후 인력양성에 따른 경제적 효과를 산출하였다.

③ 산업연관분석을 통한 사회 경제적 파급효과

- 이중만, 조상섭(2011)[3]은 공공부문에서 수행한 정보통신분야 인력양성사업을 평가하기 위해 산업연관분석방법론을 통해 분석하였다.
- 인력양성사업이 유발하는 경제적 파급효과를 IT산업 부분의 직접 효과와 IT이외의 산업 부분에 미치는 간접효과를 합하여 경제적 파급효과를 분석하였다.
- 생산유발효과는 연구개발 사업으로 인해 새로운 생산이 발생함에 따라 연관된 다른 산업들에서 해당 제품을 생산하기 위해 추가적으로 생산하는 중간재 생산과 이러한 중간재를 추가적으로 생산하기 위해 또 다른 산업에서 중간재를 생산하는 것을 의미한다.
- 동 사업으로 인한 최종 산출물의 한 단위 추가 생산을 위해 경제 전체적으로 발생하는 추가적 중간재 생산액을 의미한다고 할 수 있다.
- 고용 및 취업유발효과는 추가적 생산의 증가는 노동 수요를 유발한다는 가정으로부터, 새로운 생산으로 인해 국가 경제적으로 발생하는 신규 노동 수요 창출 효과를 나타낸다고 할 수 있다.
- 지역개발효과, 산업구조 개편효과, 국민들의 과학기술 이해도 증가, 국가 위상 향상, 교육 및 연구인력 양성, 연구능력 향상 등도 편익으로 인정될 수 있으나 계량화가 최대한 가능한 범위 내에서 편익항목을 도출하였다.

3) 이중만, 조상섭, 2011, 정보통신분야 인력양성에 대한 동태적 산업연관분석, 한국산학기술학회논문지

(다) 본 연구개발사업의 간접적 파급효과

① 논문 성과에 대한 경제적 가치

- 한국학술진행재단(2008)의 연구결과를 활용하여 논문 1편당 평균가치인 2억 6,300만원~18억 9,500만원을 적용하여 산출하였다.
- 각 세부과제별로 국내·국외·SCI(E)에 게재된 논문성과를 바탕으로 논문에 대한 경제적 가치를 파악하였다.

[표 4-30. 세부과제별 연차별 논문 성과]

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	국내	-	2	3	1	1	7
	국외	-	-	1	1	1	3
	SCI(E)	-	1	1	2	2	6
2세부	국내	-	-	2	1	1	4
	국외	-	1	1	1	1	4
	SCI(E)	-	-	-	1	2	3
3세부	국내	-	-	-	1	-	1
	국외	-	-	-	-	-	-
	SCI(E)	-	-	-	-	-	-
합계		-	4	8	8	8	28

- 논문의 경제적 가치를 분석한 결과 42.08억 원에서 303.20억 원의 가치를 갖는 것으로 추정된다.

[표 4-31. 1세부과제의 논문 성과의 경제적 가치]

구 분	논문성과 (편수)	평균가치 (백만원)	경제적효과 (백만원)
2차년도	3	263~1,895	789~5,685
3차년도	5	263~1,895	1,315~9,475
4차년도	4	263~1,895	1,052~7,580
5차년도	4	263~1,895	1,052~7,580
합계	16		4,208~30,320

② 인력 양성에 대한 경제적 가치

- 노유진의 연구결과[4]를 활용하여 인력양성 사업의 경제적 효과 분석하였으며, 고용노동부에서 실시한 2011년 고용형태별근로실태조사(임금구조부문)의 평균 인건비를 활용하여 계산하였다.

[표 4-32. 고용 형태별 평균 인건비]

구 분	고 졸	대졸이상	생산성향상
전 체	2,034천원	3,132천원	1,098천원

※출처 : 고용노동부

- 일반적으로 대졸이상에는 전문학사/학사/석사/박사를 포함하고 있어 각각의 임금에 대한 차이는 존재하나 이에 대한 실질적인 데이터를 취함에 있어 어려움으로 인해 학위과정에 있는 경우의 생산성향상금액은 년 급여 차이를 학사 학위기간으로 나누어 1년당 생산성 가치 부여하였다. 그 결과, 1인당 연간 생산성 가치부여액은 3,294천원(1,098천 원*12개월/4년=3,294천원)으로 추정된다. 사업기간 동안의 인력양성의 경제적 효과는 총 296,460천원으로 추정된다.

[표 4-33. 인력양성 경제효과]

구 분		수혜자수(명)	생산성향상(천원)	경제적효과(천원)
2010	박사과정생	4	3,294	13,176
	석사과정생	4		13,176
2011	박사과정생	5	3,294	16,470
	석사과정생	9		29,646
2012	박사과정생	7	3,294	23,058
	석사과정생	14		46,116
2013	박사과정생	8	3,294	26,352
	석사과정생	18		59,292
2014	박사과정생	9	3,294	29,646
	석사과정생	12		39,528
합계	-			296,460

4) 노유진. (2008). “2008 학술연구조성사업 투자효과분석”, 한국학술진흥재단

(라) 산업연관분석을 통한 사회 경제적 파급효과

① 산업연관분석의 정의

- 각 산업의 활동이 다른 산업의 생산에 영향을 미치는 연관관계를 수량적으로 파악하고자 하는 분석방법이다.
- 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등의 각종의 파급효과를 산업부문별로 구분하여 분석할 수 있다.

② 산업연관표의 기본구조

㉮ 투입구조(세로, 열)

- 산업부문의 재화 및 용역을 생산하기 위하여 지출한 생산비용을 의미하며, 중간투입부문과 부가가치부문으로 구분되고 그 합계는 총투입액 이라고 정의한다.

㉯ 배분구조(가로, 행)

- 각 산업부문의 생산물이 어떤 부문에 배분된 수요의 구성을 의미한다.
- 중간수요부문과 최종수요부문으로 구분되며 그 합계를 총수요액(=총공급액)이라 정의한다.

㉰ 총산출액

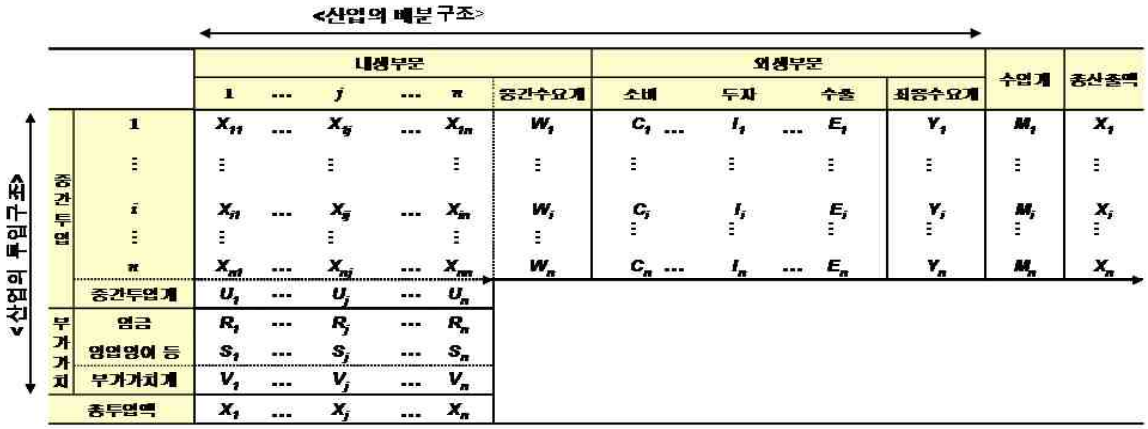
- 총수요액(=총공급액)에서 수입액을 빼면 총산출액이 나오며, 각 산업부문의 총산출액과 총투입액은 항상 일치한다.

  총투입액 = 중간투입액 + 부가가치

  총산출액 = (중간수요액 + 최종수요액) - 수입액

  ↳ 총수요액 (=총공급액)

  총투입액 = 총산출액



※ 출처 : 한국은행 「2008 산업연관표」

[그림 4-2. 산업연관표의 기본 구조]

㉲ 산업연관분석에 사용되는 계수

▪ 투입계수

- 각 산업 부문이 해당 부문의 재화나 서비스 생산에 사용하기 위하여 다른 부문으로부터 구입한 원재료 및 연료 등의 중간투입액과 부가가치를 총투입액으로 나눈 것이다. 투입과 산출의 기술적인 수량관계를 나타낸다.

- 투입계수 : aij = $\frac{x_{ij}}{X_j}$

- 부가치계수 : Vj = $\frac{V_j}{X_j}$

▪ 생산유발계수

- 어떤 산업에서 생산한 제품에 대한 소비, 투자, 수출 등 최종수요가 1단위 증가하였을 경우 이를 충족하기 위해 해당 산업 및 타 산업에서 직·간접으로 유발된 생산효과의 크기를 의미한다..

- 최종수요 항목별 생산유발액 = $(I-A^d)^{-1}Y^d$

- 최종수요 항목별 생산유발계수 = $\frac{(I-A^d)^{-1}Y^d}{\text{항목별최종수요계}}$

※ A^d: 투입계수행렬, $(I-A^d)^{-1}$: 생산유발계수행렬, Y^d: 최종수요(소비, 투자, 수출)벡터

▪ 부가가치유발계수

- 어떤 산업에서 생산한 제품에 대한 소비, 투자, 수출 등 최종수요가 1단위 증가하였을 경우 충족하기 위해 해당 산업 및 타 산업에서 직·간접적으로 유발된 부가가치의 크기를 의미한다.

- 최종수요와 부가가치유발과의 관계는 최종수요가 생산을 유발하고 유발된 생산이 부가가치를 창출한다.
- 최종수요 항목별 부가가치유발액 = $\widehat{A^v}(I-A^d)^{-1}Y^d$
- 최종수요 항목별 부가가치유발계수 = $\frac{A^v(I-A^d)^{-1}Y^d}{\text{항목별최종수요계}}$

※ $\widehat{A^v}$: 부가가치율벡터의 대각행렬, $(I-A^d)^{-1}$: 생산유발계수행렬, Y^d :최종수요(소비, 투 자, 수출)벡터

▪ 수입유발계수

- 최종수요에 의한 수입유발액을 국산 및 수입 최종수요로 나눈 것으로 최종수요 1단위 증가하였을 경우 이를 충족하기 위해 해당 산업 및 타 산업에서 직·간접적으로 유발된 수입액의 크기를 의미한다.
- 최종수요 항목별 수입유발액 = $A^m(I-A^d)^{-1}Y^d+Y^m$
- 최종수요 항목별 수입유발계수 = $\frac{A^m(I-A^d)^{-1}Y^d+Y^m}{\text{항목별최종수요계}}$

※ A^m : 수입투입계수행렬, A^d : 투입계수행렬, $(I-A^{d)^{-1}}$: 생산유발계수행렬, Y^d : 국산최종수요(소비, 투자, 수출)벡터 , Y^m : 수입최종수요(수비, 투자)벡터

▪ 취업유발계수

- 취업유발계수는 생산의 파급과정에서 직·간접적으로 유발되는 취업자수로서 산업부문의 생산물 10억 원 생산에 직접 필요한 취업자수, 즉 취업계수 뿐만 아니라 생산파급과정에서 간접적으로 필요한 취업자수까지를 의미한다.

▪ 고용유발계수

- 고용유발계수는 생산의 파급과정에서의 직·간접적으로 유발되는 피용자수로서 산업부문별 10억 원 생산에 직접 필요한 피고용자수인 고용계수 뿐만 아니라 생산파급과정에서 간접적으로 필요한 피고용자수까지를 포함한다.

③ 산업연관표를 이용한 본 연구개발사업의 사회 경제적 파급효과 분석

▪ 2011년도 산업연관표 기준 통합소분류 168개 부문을 기준으로 산업연관분석을 수행하였다.

▪ 분석대상인 동 사업과 관련된 통합소분류는 95. 기타특수목적용기계, 148. 연구기관, 150. 시장조사 및 경영컨설팅을 포함하는 사업관련 전문서비스, 156 교육서비스를 통합하여 산업연관 분석을 수행하였다.

[표 4-34. 본 연구의 산업 분류]

대분류	중분류	한국은행 통합소분류 기준 168개 부문
농림수산품	농림수산품	1-11
제조업(동사업 관련 제외)	제조업(동사업 관련 제외)	12-94, 96-118
동 사업	기타특수목적용기계 연구기관 교육서비스	95. 기타특수목적용기계 148. 연구기관 150. 시장조사 및 경영컨설팅을 포함하는 사업관련 전문서비스 156. 교육서비스
전력, 가스, 수도 및 건설	전력, 가스, 수도 및 건설	119-128
서비스업(동사업 관련 제외)	기타	129-147, 149-155, 157-168

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 생산유발계수를 보면 고층 건축물의 외벽 유지관리 작업을 위한 로봇 연구개발활동은 최종수요가 한 단위 증가하는 경우 전 산업에서 직·간접적으로 일어나는 생산유발효과는 1.646단위로 나타나고 있다.
- 빌트인형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템의 연구개발활동은 한 단위의 투자가 이루어졌을 경우 제조업에서 0.306단위, 동 사업 관련 기타특수목적기계, 연구기관 및 교육서비스에서 1.054단위, 서비스업에서 0.237단위의 생산이 유발됨을 알 수 있음.

[표 4-35. 본 연구개발사업의 생산유발효과]

생산유발	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	1.059666	0.030442	0.006498	0.012582	0.012893
제조업	0.550426	1.756926	0.306365	0.598493	0.292976
동 사업	0.004467	0.012207	1.053548	0.006065	0.008932
전력 및 건설	0.021411	0.034256	0.042134	1.076135	0.045619
서비스업	0.187145	0.241855	0.237479	0.239235	1.413932
합계	1.823115	2.075687	1.646025	1.932510	1.774353

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 부가가치유발계수를 보면, 빌트인형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템 연구개발활동은 최종수요가 한 단위 증가하는 경우 전 산업에서 직·간접적으로 일어나는 부가가치유발효과는 0.854단위로 나타나고 있다.
- 재화와 서비스에 대한 최종수요의 증가가 국내생산을 유발하고 이러한 생산활동에 의하여 부가가치가 창출되므로 결과적으로 최종수요의 증가가 부가가치 창출의 원천이라 할 수 있다.

[표 4-36. 본 연구개발사업의 부가가치 창출효과]

부가가치	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	0.587550	0.016879	0.003603	0.006976	0.007149
제조업	0.116222	0.370973	0.064689	0.126371	0.061862
동 사업	0.002741	0.007490	0.646399	0.003721	0.005480
전력 및 건설	0.007567	0.012107	0.014891	0.380339	0.016123
서비스업	0.097775	0.126359	0.124072	0.124990	0.738718
합계	0.811854	0.533808	0.853654	0.642397	0.829332

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 취업유발효과를 보면, 빌트인형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템 연구개발활동은 최종수요가 10억 원이 발생할 경우 전체적으로 17.03명의 취업자를 유발하는 것으로 나타나고 있다.

[표 4-37. 본 연구개발사업의 취업유발 효과]

취업유발	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	31.390490	0.901792	0.192502	0.372704	0.381937
제조업	1.115820	3.561629	0.621062	1.213261	0.593920
동 사업	0.057537	0.157239	13.570450	0.078119	0.115054
전력 및 건설	0.132268	0.211622	0.260288	6.647982	0.281820
서비스업	1.877873	2.426858	2.382943	2.400566	14.187861
합계	34.573988	7.259139	17.027245	10.712633	15.560592

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 고용유발효과를 보면, 빌트인형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템 연구개발활동은 최종수요가 10억 원이 발생할 경우 전체적으로 14.86명의 고용을 유발하는 것으로 나타나고 있다.

[표 4-38. 본 연구개발사업의 고용유발 효과]

취업유발	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	3.524547	0.101254	0.021614	0.041848	0.042884
제조업	1.008222	3.218180	0.561173	1.096266	0.536648
동 사업	0.052367	0.143110	12.351054	0.071100	0.104716
전력 및 건설	0.128633	0.205806	0.253135	6.465280	0.274075
서비스업	1.321148	1.707378	1.676483	1.688881	9.981650
합계	6.034916	5.375728	14.863458	9.363375	10.939973

- 총 사업비 47.88억 원에 대한 생산유발효과는 78.81억원, 부가가치유발효과는 40.89억 원, 취업유발효과는 81.5명, 고용유발효과는 71.1명으로 나타나고 있다.

[표 4-39. 본 연구개발사업의 경제적 파급 효과 요약]

구 분	동 사업 투자액	유발효과	경제적 기여도
생산유발효과	47.88억 원	1.6460	78.81억원
부가가치유발효과		0.854	40.89억원
취업유발효과		17.03	81.5명
고용유발효과		14.86	71.1명

(라) 본 연구개발사업에 따른 사회 경제적 파급효과 종합

본 연구개발사업의 추진에 따른 사회 경제적 파급효과는 다음과 같이 정리될 수 있다.

[표 4-40. 본 연구개발사업의 사회 경제적 파급 효과 종합]

경제적 가치 평가항목		경제적 기여도
직접적 파급효과	기술적 파급효과	B/C ratio: 2.01 ▪ 편익(현재가치) : 100.24억원 ▪ 비용(현재가치) : 49.89억원
간접적 파급효과	논문성과에 대한 경제적 가치	42.08~303.20억원
	인력양성에 대한 경제적 가치	3.0억원
	생산유발효과	78.81억원
	부가가치 유발효과	40.89억원
	취업유발효과	81.5명
	고용유발효과	71.1명

2. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇시스템 개발

가. 연구개발 성과의 기술적 효과분석

(1) 평가가정 및 상황설정

본 평가의 가치분석 시 다음과 같은 사항을 가정하였다.

- 매출액 추정은 권리성, 기술성, 시장성 분석, 사업성 분석 등을 종합적으로 고려하여 평가기준일 현재 상황을 반영한 가정과 해당 산업의 시장 및 경제동향 등과 현재 유사기술사업 매출액 추이, 마케팅전략, 생산규모 등 객관적인 자료와 분석을 통하여 추정하였다.

- 기술의 사업가치 및 기술가치는 누가 사업을 하느냐에 따라 크게 상이할 수 있는데, 본 기술에 대한 전문지식과 사업경험을 보유한 자가 국내 및 해외시장을 타겟으로 사업을 수행한다고 가정하였다.

- 본 평가대상기술제품은 표준산업분류(SIC)상 한국표준산업분류(KSIC)에서 기타 기계 및 장비제조업(C29) > 특수목적용 기계 제조업(C292) > 산업용 로봇 제조업(C2928)에 해당하는 바, 이에 대한 산업, 유사사업기업 및 해당 기업의 경영 재무 분석 자료 등의 이용 가능한 최선의 객관적인 자료를 토대로 분석하였다.

- 시장예측 및 매출액추정은 합리적인 통계방법을 적용하였으며 추정방법에 대해서는 본문의 해당부분에 기술하였다.

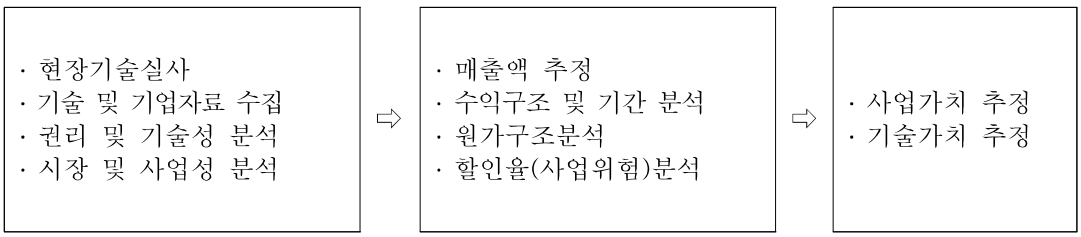
- 사업가치 평가금액에 상당한 영향을 미치는 주요가치변수에 대해서는 검증(경험적)된 방법, 각 분야 전문가의 의견, 분석적인 방법 등을 이용하였으며, 그 방법에 대해서는 본문의 해당 부분에 기술하였다.

- 본 평가에서 적용한 가치분석은 기술제품의 미래이익흐름을 추정하여 적정 할인율 적용, 현재가치로 환원하는 미래현금흐름할인법을 적용하였다. 본 방법은 기술의 가치분석시 일반적으로 사용하는 접근법이다.

- 위 이외의 가정이나 상황은 본문의 내용에 따른다.

(2) 평가방법, 범위 및 절차

본 평가에서는 일반적인 가치평가방법인 이익접근법(Income Approach)의 미래현금흐름할인법(Discounted Cash Flow Method)을 적용하여 가치분석을 실시하였다. 본 평가에서는 평가대상 기술의 가치 분석을 수행하기 위해 해당 전문가의 현장실사, 평가대상기술의 기술동향, 기술제품의 해당 산업동향, 시장동향, 업체동향, 원가분석, 사업위험 등에 대한 조사·분석을 수행하였다. 또한, 최선의 이용가능한 객관적 정보의 활용, 합리적인 가정 및 일반적으로 인정하는 평가방법을 적용하여 객관적이고 적정한 평가결과를 도출하고자 하였다. 그럼에도 불구하고 평가결과는 미래의 경기변동, 경영환경 등 외부요인, 평가기준일 및 평가 상의 가정이 상이할 경우 다른 결과가 나타날 수 있다.



[그림 4-3. 사업 및 기술가치 산정절차]

(3) 평가대상 기술의 사업가치

(가) 사업가치 및 기술가치결과 요약

① 기술사업 개요

평가대상기술사업은 고층건물의 외벽 도장, 청소 등 고소작업에 있어 자동화를 통해 인력 절감과 작업자의 안전을 확보할 수 있는 곤돌라형 외벽유지관리 로봇이다. 고층건물의 외벽 도장, 청소 등 고소작업은 노무자의 의존도가 큰 재래식 작업으로 노무자의 숙련도에 따라 작업 생산성의 차이가 크며 고소 작업으로 인한 작업상의 위험 때문에 숙련공의 확보가 어려운 실정이다. 현재 작업방식의 높은 노무비 비율, 작업자의 안전성 문제 등 고소작업의 문제점 해결을 위해 고층건물의 도장, 청소 등 고소작업 자동화 시스템 도입 필요성이 증대되고 있다. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇은 건물 외벽의 청소 및 도장 기능을 갖추고 있어 건설산업 중에서 건물 외벽 도장에 적용이 가능하다고 할 수 있다.

② 평가대상 기술의 사업가치 및 기술가치

본 평가에서는 평가대상기술 및 기술제품에 대한 특허 권리성, 기술성, 시장성 및 사업성 등 종합적인 분석결과를 토대로 본 기술의 사업가치 및 기술가치를 산정하였다. 본 기술의 사업가치는 본 기술제품이 수익기간 동안 창출할 미래 순현금흐름액을 추정한 후 현재가치(NPV)로 환산한 것이다. 기술가치는 본 기술사업이 창출한 사업가치중 기술이 기여한 비율을 추정한 것이다. 본 평가에서 기술기여도를 40.95%로 추정한 바, 기술가치는 2015년 1월 1일 현재 12,739백만원(31,109백만원×40.95%)으로 추정된다.

[표 4-41. 본 기술의 사업가치 및 기술가치 산정표]

(단위: 백만원)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
매출	1,217	8,727	23,907	48,579	90,598	118,505	150,483	169,780	191,408
매출원가	901	6,463	17,705	35,978	67,097	87,765	111,448	125,739	141,756
매출총이익	316	2,264	6,201	12,601	23,501	30,740	39,035	44,041	49,651
판관비	158	1,132	3,101	6,301	11,751	15,370	19,518	22,021	24,826
영업이익	158	1,132	3,101	6,301	11,751	15,370	19,518	22,021	24,826
법인세	17	227	660	1,364	2,563	3,359	4,272	4,867	5,546
세후이익	140	905	2,441	4,937	9,187	12,011	15,246	17,154	19,280
순운전자본	(61)	(375)	(759)	(1,234)	(2,101)	(1,395)	(1,599)	(965)	8,489
자본지출	(452)	-	-	(452)	-	-	(452)	-	181
감가상각비	90	90	90	181	181	90	181	181	90

순현금흐름	(282)	620	1,772	3,432	7,267	10,706	13,376	16,370	28,040
할인율	12.46%	12.46%	12.46%	12.46%	12.46%	12.46%	12.46%	12.46%	12.46%
현재가치요소	0.889	0.791	0.703	0.625	0.556	0.494	0.440	0.391	0.348
현재가치	(251)	490	1,246	2,145	4,040	5,292	5,879	6,398	9,745
사업가치(NPV)(2016.01.01)					34,985				
사업가치(NPV)(2015.01.01)					31,109				
기술기여도					40.95%				
기술가치(2015.01.01)					12,739				

(나) 주요 가치변수 분석

① 기술의 경제적 내용연수(수익기간추정)

기술의 경제적 내용연수 추정은 평가대상기술의 기술수명주기를 고려하여 기술제품의 경제적 수명주기 추정을 의미한다. 먼저, 기술제품의 수익기간은 법적 수명, 물리적 수명, 기술적 수명, 기능적 수명, 분석적 수명, 경제적 수명 등을 고려하여 결정할 수 있는데, 이 중 하나의 기준만을 선택하여 수익기간을 추정하지는 않는다. 자산의 제품수명주기 및 유사한 자산의 추정내용연수에 관한 정보, 기술적, 공학적 또는 기타 유형의 진부화, 산업의 안정성 및 제품시장의 수요변화 및 자산의 통제가능 기간 및 자산사용에 대한 법적 또는 유사한 제한 등을 분석하여 종합적으로 결정하는 것이다. 본 평가에서는 앞서 분석한 기술성, 권리성 및 시장성 분석결과를 참고로 하되 특허인용수명(TCT) 지수를 이용하여 기술의 경제적 내용연수를 추정하였다. TCT(Technology Cycle Time, 기술수명주기 또는 기술순환주기)는 미국 CHI가 국립과학재단(NSF)의 지원으로 개발한 지표로서 특허인용정보를 활용하여 각종 기술혁신 패턴 분석에 널리 활용되고 있다.

다음과 같은 사항을 종합적으로 고려하여 본 평가대상기술의 경제적 기술수명(수익기간)은 2016년에서 2024년까지 9년간으로 설정하였다.

- 평가대상특허에 부여된 IPC는 G05D, B66B, B25J, F16B, A47L, B05C, B66C, E04G, B08B, B05B 등임.
- 평가대상기술에 비교적 관련성이 높은 IPC는 B66B(엘리베이터 등, 8년), B25J(매니플레이터,로봇팔의 일종, 8년), B05C(액체를 표면에 적용하는 장치, 9년), B66C(크레인, 윈치, 12년), E04G(건축용 기구, 9년) 등임.
- 곤돌라 타입의 경우 가장 관련성이 높은 IPC는 B05C(액체를 표면에 적용하는 장치, 9년)이므로 기술수명은 9년으로 추정하였으며, 기술적 관련성 여부는 기술성 전문가의 의견을 반영하였음. IPC별 기술수명은 '기술가치평가 실무가이드'(산업통상자원부, 2014)를 참고하였음.

평가대상 기술제품은 2015년 연구개발이 마무리 되고, 이후 상용화를 위한 준비를 거쳐 2016년에 시장 진입이 가능할 것으로 판단되므로 평가대상 기술제품의 시장은 2016년부터 추정하였다.

② 매출추정

본 기술에 의한 제품매출은 본 평가대상기술의 권리확보, 기술성분석에 의한 기술의 유용성 및 경쟁성, 시장성분석 결과에 따른 관련시장의 향후 성장성, 및 시장규모 등을 종합적으로 고려하여 추정하였다. 이러한 상황을 종합적으로 반영하여 시장성분석에서 추정한 향후 매출은 다음과 같다.

[표 4-42. 본 기술제품의 매출추정]

(단위: 백만원)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
국내	679	1,940	3,201	4,656	6,693	8,245	9,895	10,865	11,932
해외	538	6,787	20,706	43,923	83,905	110,260	140,588	158,915	179,476
합계	1,217	8,727	23,907	48,579	90,598	118,505	150,483	169,780	191,408

추정상 가정

본 평가에 있어서 매출 추정은 2016년부터 2024년까지 국내 시장규모와 해외시장규모를 고려하여 본 평가기술대상의 목표시장의 전망을 추정한 후 본 평가대상기술이 달성가능하다고 판단되는 목표시장에서의 시장점유율의 증가율을 반영하여 추정하였다. 국내 및 해외시장에 대한 평가대상 기술의 매출추정액은 다음과 같다.

[표 4-43. 국내매출추정]

(단위 : 백만원)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
국내 목표시장규모	1,110	3,170	5,231	7,608	10,937	13,473	16,168	17,753	19,496
국내매출 추정액	679	1,940	3,201	4,656	6,693	8,245	9,895	10,865	11,932

- 국내목표시장규모는 본 보고서 시장성분석에서 언급된 바와 같이 곤돌라형 외벽유지관리로봇이 기존에 형성되어 있는 인력에 의한 건물도장시장을 점차적으로 침투하여 로봇에 의한 건물도장시장을 형성하는 것으로 가정하였다. 건물 도장시장은 건설산업 특성을 반영하여 장기간에 걸쳐 큰 변화 없이 2016년 이후에도 2000년 ~ 2009년 성장률이 유지될 것으로 추정하였다.
- 인력에 의한 기존 건물도장시장에 대한 곤돌라형 외벽유지관리로봇의 침투율과 관련하여, 시장침투율 데이터를 확보할 수 있을 정도로 사업화단계에 도달한 유사 기술제품이 없는 관계로 부득이하게 로봇산업의 대표적인 제품인 로봇청소기의 시장침투율을 검토하였다. 로봇청소기는 2001년 상용화되어 전기청소기 대체재로 시장에 침투하여 10년 후인 2010년에 전기청소기와 로봇청소기를 합한 전체 전기청소기 시장의

12.3%까지 시장규모가 증가하였다. 따라서 곤돌라형 외벽유지관리로봇은 시장진입 5년 뒤에 도장시장의 10%까지 곤돌라형 외벽유지관리 로봇이 적용될 것으로 가정하였다.

- 국내 곤돌라형 외벽유지관리로봇시장은 제품 출시 후 강한 특허 포트폴리오를 바탕으로 신시장의 초기진입자로서 기술의 경제적 수명기간 동안 시장지배적사업자 지위를 유지할 것으로 예상된다. 2009년~2011년 특수목적용 기계제조업 상위 3개사의 시장점유율을 가중평균한 산업집중도(한국개발연구원 시장구조조사 (2013.12) 인용)는 61.2%이며, 이를 이용하여 곤돌라형 외벽유지관리로봇시장규모에서 본 기술제품의 시장점유율을 추정하였다.
- 해외목표시장규모는 본 보고서 시장성분석에서 언급된 바와 같이 세계 시장에서도 자동화된 곤돌라형 외벽유지관리 로봇의 시장이 주목할 만큼 형성되어 있지 않으므로 도장면적과 직접적으로 연관된 건축시장을 기준으로 세계 건축시장과 국내 건축시장의 비율을 기준으로 추정하였다.

[표 4-44. 해외매출추정]

(단위 : 백만원)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
해외목표 시장규모	26,890	76,830	126,769	184,292	264,963	326,427	391,732	430,147	472,304
해외시장점유율(상황별 발생확률은 동일 가정)									
상황1 (초기 1%, 5년 이내 15%)	1.00%	3.00%	7.00%	11.00%	15.00%	16.00%	17.00%	17.50%	18.00%
상황2 (초기 2%, 5년 이내 30%)	2.00%	8.75%	15.50%	22.25%	30.00%	32.00%	34.00%	35.00%	36.00%
상황3 (초기 3%, 5년 이내 50%)	3.00%	14.75%	26.50%	38.25%	50.00%	53.33%	56.67%	58.33%	60.00%
상황별 매출액 (상황별 발생확률은 동일 가정)									
상황1	269	2,305	8,874	20,272	39,744	52,228	66,594	75,276	85,015
상황2	538	6,723	19,649	41,005	79,489	104,457	133,189	150,551	170,029
상황3	807	11,332	33,594	70,492	132,482	174,094	221,981	250,919	283,382
해외매출 추정액	538	6,787	20,706	43,923	83,905	110,260	140,588	158,915	179,476

- 해외시장점유율의 경우, 해외시장 후발주자인 점, 평가대상특허 중에서 해외특허는 없으나 연구개발과정에서 축적된 기술노하우, 설계기술, 각종 연구데이터 등에 의하여 기술적 우위를 점할 수 있는 점 등을 종합적으로 고려하여 시장진입 1년차부터 5년차까지 달성가능한 시장점유율까지 점진적으로 증가하고 상황별 발생확률은 동일

하다고 가정하였다.

③ 매출원가와 판매비 및 일반관리비(판관비) 추정

본 평가에서 매출원가는 본 평가대상기술과 유사한 제품을 생산 및 판매하는 외국의 대용기업(니혼비소(일본))과 국내 잠재수요기업의 2009년 ~ 2013년의 5년간의 평균원가율을 이용하여 추정하였다. 그리고 판관비의 추정은 한국은행 경제통계시스템에서 제공하는 동종업종(C292 특수목적용 기계)의 2009~2013년의 5년간의 매출액대비판관비율을 이용하여 추정하였는바, 그 추정내용은 다음과 같다.

㉮ 매출원가(제조원가)

매출원가 추정은 외국의 대용기업과 국내 잠재수요기업의 매출원가율 감안하여 매출액 대비 매출원가율을 추정하였다.

[표 4-45. 매출(제조)원가]

(단위: 백만원)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
매출	1,217	8,727	23,907	48,579	90,598	118,505	150,483	169,780	191,408
원가율	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%	74.06%
매출원가	901	6,463	17,705	35,978	67,097	87,765	111,448	125,739	141,756

추정상 가정

- 본 평가대상 기술제품의 매출원가율은 평가기간동안 계속 유지된다고 가정함.
- 평가대상기술과 유사한 제품을 생산 및 판매하는 업체가 국내에 존재하지 않기 때문에 매출원가율은 외국의 대용기업(니혼비소(일본))의 매출원가율(08~12년 5개년 평균 원가율 74.06%)을 참고하였음.
- 기타 관련 기술분야의 국내 잠재수요기업의 최근 5개년 평균원가율을 고려하였음(세호로보트(67.8%), 한양로보틱스(71.7%), 케이엔알시스템(63%))

㉯ 판매비와 일반관리비 추정

본 평가에서는 한국은행 경제통계시스템에서 제공하는 동종업종 기업의 2009년 ~ 2013년의 5년간의 매출액 대비 판관비의 평균비율 12.97%를 적용하였다.

④ 법인세비용

법인세비용은 다음과 같은 법인세법상 세율에 주민세를 포함한 세율을 적용하였다. 법인세 등은 세무 조정 시 발생하는 여러 가지 조정사항 등을 반영하여 계산하여야 하나, 본 평가에서는 계산의 단순화를 위해 영업이익을 과세표준으로 보고 아래 표의 과세표준 구간별 세율을 곱하여 계산하였다.

[표 4-46. 법인세 등의 세율]

과세표준	세율(주민세 포함)
2억원 이하	11%
2억원초과 200억원이하	22백만원+2억원초과금액의 22%
200억원 초과	4,378백만원+200억원초과금액의 24.2%

⑤ 자본지출 및 감가상각비

자본적 지출은 사업수행에 요구되는 토지, 건물, 생산설비, 기계 및 공구 등의 취득관련 지출액과 계속사업으로 성장에 필요한 개발비 지출 등을 말한다. 본 분석의 대상은 평가대상기술을 이전받아 사업화하는 것을 전제로 하고 있으며, 기술이전대상기업은 2016년 시장 출시가 가능한 정도의 시설투자가 어느 정도 선행된 기업을 가정하고 있다. 또한 대당 가격이 비교적 고가이고, 판대대수가 비교적 소량이며, 구입한 부품을 조립하여 완성품을 만드는 사업구조인 점, 수작업 비중이 높은 점을 감안하였을 경우 대규모의 시설투자는 필요하지 않은 것으로 판단된다. 제조대수 증가를 고려하여 자본지출은 사업시작 이후 3년을 주기로 자본지출이 되는 것으로 가정하였다. 본 평가대상 기술에 예상되는 자본적지출은 다음과 같다.

[표 4-47. 유형자산 등 자본지출 소요 추정액]

(단위: 백만원)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
자본적지출	(452)	-	-	(452)	-	-	(452)	-	181

위의 자본적지출에 대한 감가상각비 추정액은 다음과 같다.

[표 4-48. 감가상각비 추정액]

(단위: 백만원)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2016년	90	90	90	90	90	-	-	-	-
2017년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019년	-	-	-	90	90	90	90	90	-
2020년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022년	-	-	-	-	-	-	90	90	90
2023년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2024년	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	90	90	90	181	181	90	181	181	90

감가상각비는 정액법을 적용하였으며 경제적 내용연수는 5년을 적용하였다. 또한 추정기간 종료일인 2024년말에 미상각 유형자산 장부금액 180백만원은 전액 회수되는 것으로 가정하였다.

⑥ 순운전자본 추정

운전자본이란 영업활동을 위해 소요되는 자금으로서 매출채권이나 재고자산 등의 유동자산에 사용되는 자금과 매입채무 등의 유동부채로 조달되는 자금을 말한다. 영업활동 과정에서 순운전자본은 단기적으로 필요소요자금이며 원활한 영업활동을 위해서는 일정기간 지속적으로 보유하여야 함으로 현금유출에 해당한다. 본 평가에서 순운전자본은 생산계획, 판매계획 등을 근거로 소요 순운전자본을 추정하였는바, 본 평가에서 추정한 매출액 대비 순운전자본 소요액은 초기매출액(2016년)의 5%, 그 이후는 매출액 증가분의 5%를 적용하였으며 추정기간 2024년말에 전액 회수하는 것으로 가정하였다.

⑦ 할인율 결정

할인율은 미래의 현금흐름을 현재가치로 전환할 때 사용되는 환원율을 의미하는 것이며 평가대상 기술의 사업화에 따른 사업위험을 정량적으로 나타난 것이다. 본 평가에서 할인율 추정은 기술가치 평가실무가이드(지식경제부 2014.12)에서 제시하는 방법에 따른 것이며 추정된 할인율은 12.46%이다. 할인율의 산정식 및 추정치는 다음과 같다.

▪ 할인율(WACC) 추정식 = 자기자본비용 × 자기자본비율
+ 타인자본비용 × 타인자본비율 × (1 - 법인세율)

▪ 중소기업 자기자본비용(K_e) = 상장기업 CAPM
+ 기술사업화 위험프리미엄 + 비상장 규모프리미엄

▪ 중소기업 타인자본비용(K_d) = 상장기업 타인자본비용 + 추가위험 스프레드

[표 4-49. 할인율 추정]

K_e	CAPM	기술사업화 위험프리미엄	규모 프리미엄	합계
	11.48%	1.13%	2.22%	14.83%
K_d	9.06%			
자기자본비율	69.47%			
WACC	12.46% =14.83%×69.47%+9.06%×30.53%×(1-0.22)			

[표 4-50. 평가대상 기술사업화 위험프리미엄 추정]

구 분	평가항목	평점				
		매우미흡	미흡	보통	우수	매우우수
		1~1.5	2~2.5	3~3.5	4~4.5	5
기술위험	기술 우수성				4.5	
	기술 경쟁성				4.5	
	기술 모방 용이성			3.5		
	기술 사업화 환경				4.5	
	권리의 안정성				4.5	
시장 및 사업위험	시장 성장성				4.5	
	시장 경쟁성				4.5	
	시장진입 가능성					5
	생산 용이성				4.5	
	수익성 및 안정성				4.5	
종합평점	44.5점					
위험프리미엄	1.13%					

[표 4-51. <참고> 제조업 산업별 할인율 산출표(기술가치평가 실무가이드_2014.12)]

산업	자기자본비용						자기자본비율	세전 타인자본비용				
	CAPM	기술사업화 안정성	비상장기업 규모프리미엄									
			대	중	소	창업	상장	상장	대	중	소	창업
중략												
C26	12.06		1.17	2.43	3.89	5.93	65.85	3.60	7.13	8.49	9.93	13.73
C27	12.05		1.27	2.63	4.22	6.42	62.30	3.05	6.58	7.94	9.38	13.18
C28	12.12		1.19	2.45	3.94	6.00	69.47	3.29	6.82	8.18	9.63	13.43
C29	11.48		1.07	2.22	3.57	5.43	69.47	4.17	7.70	9.06	10.50	14.30
중략												

[표 4-52. <참고> 기술사업화 평점과 위험프리미엄]

평점	50	49	48	47	46	45	44
위험프리미엄	0.18%	0.36%	0.54%	0.73%	0.93%	1.13%	1.33%
평점	43	42	41	40	39	38	37
위험프리미엄	1.55%	1.76%	1.99%	2.22%	2.46%	2.71%	2.97%
중략							
평점	22	21	20	20미만			
위험프리미엄	8.72%	9.33%	10.01%	NR			

⑧ 기술기여도

본 평가에서 기술기여도란 기술도입 또는 사용에 따른 경제적 이익(순현금흐름의 증가분)의 창출에 기여한 유무형자산 중 기술무형자산(또는 기술요소)이 이익창출에 공헌한 상대적인 정도라 할 수 있다. 본 평가에서 기술의 사업가치 중 기술이 공헌한 비율을 의미한다.

기술기여도는 평가대상기술제품의 사업가치 중 경영요인, 투자요인 등의 이외의 기술이 공헌정도를 나타내는 비율을 의미하는 것으로, 기술의 사업가치에 기술기여도를 곱하여 기술가치를 산정하게 된다. 기술기여도를 측정하는 방법은 다양하나 본 평가에서는 기술요소법(지식경제부, 2014)을 적용하였다. 본 평가에서 적용한 기술기여도 산정식은 다

음과 같다.

기술기여도 = 산업기술요소 × 개별기술강도

㉮ 산업기술요소

산업기술요소는 기술의 공헌도가 산업별로 다르다는 가정 하에 이를 계량적으로 측정하는 요소이며, 다음과 같이 산출된다.

- 산업기술요소 = 산업별 최대실현 무형자산 가치비율 × 산업별 평균 기술자산 비율
- 산업별 평균 기술자산비율 = $\frac{\text{연구개발비}}{\text{(연구개발비 + 광고선전비 + 교육훈련비)}}$

결과적으로 얻어진 업종별 산업기술요소 값을 <표 5-10>에 제시하였으며, 평가 대상기술제품은 기타 기계 및 장비제조업에 해당한다고 보고 54.6%를 적용하였다.

[표 4-53. 산업기술요소]

(단위 : %)

표준산업분류 코드	무형자산 가치비율	기술자산 가치비율	산업 기술요소
C17 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	69.6	94.1	65.5
C20 화학물질 및 화학제품 제조업	62.1	98.1	60.9
C21 의료용 물질 및 의약품 제조업	91.5	73.2	67.0
C24 1차 금속 제조업	59.4	84.6	50.3
C25 금속가공제품 제조업: 기계 및 가구 제외	67.0	92.6	62.1
C29 기타 기계 및 장비 제조업	68.0	80.3	54.6
C31 기타 운송장비 제조업	60.8	85.2	51.9
F41 종합건설업	46.1	96.3	44.4
F42 전문직별 공사업	70.6	91.9	64.9

※ 출처 : 지식경제부, 기술가치평가 실무가이드(2014.12)

㉯ 개별기술강도

기술요소법에 의한 기술기여도 측정방법의 합리성은 대상기술의 산업특성과 개별특성(개별기술강도)에 따라 결정된다고 보고 각각의 특성을 반영한다는데 있다. 여기서 산업특성은 산업기술요소로 측정되며, 개별특성은 일정한 개별기술이 지닌 기술성(권리성 포함) 및 사업성(시장성 포함)에 따라 결정된다.

기술성 10개 항목과 사업성 10개 항목으로 구성되는 개별기술강도 평가지표들은 대상

기술의 사업화 과정에서 당면한 상황을 토대로 상업적 생존가능성을 측정하여 사업가치 창출에 어느 정도 기여하는 가를 평가하는 것이다. 기술성 측면과 사업성 측면의 각각의 평가지표 20개를 분석하여 5점 척도를 적용하여 1~5점 범위에서 점수를 부여하고, 이 점수를 토대로 개별기술강도를 측정하였다.

[표 4-54. 기술성 평가지표]

구분	평가지표	평가점수	점수
1	혁 신 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
2	파 급 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
3	활 용 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
4	전 망 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5
5	차별성(독창성)	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
6	대 체 성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3
7	모방용이성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
8	진부화 가능성(기술수명)	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
9	권리범위	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
10	권리 안정성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4.5

[표 4-55. 사업성(시장성 포함) 평가지표]

구분	평가지표	평가점수	점수
1	수요성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
2	시장진입성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
3	생산용이성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3.5
4	시장점유율 영향	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
5	경제적 수명	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
6	매출성장성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	5
7	파생적 매출	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	4
8	상용화 요구시간	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	2.5
9	상용화 소요자본	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	2.5
10	영업이익성	1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 ⓔ ⓓ ⓒ ⓑ ⓐ	3

▪ 개별기술강도 결정

- 기술성 평가에 의한 개별기술의 기술성 강도비율 결정
- 사업성 평가에 의한 개별기술의 사업성 강도비율 결정
- 개별기술강도 : 기술성 강도비율 및 사업성 강도비율에 일정 가중치를 적용하여 개별기술강도 비율 결정

[표 4-56. 개별기술강도 측정표]

구 분	기술성	사업성
개별기술특성 점수	38.5점	36.5점
가중치	1	1
개별기술강도 (기술성 및 사업성 강도의 합산)	75.0%	

▪ 기술 기여도 산출

- 산업기술요소에 개별기술강도 비율을 곱하여 최종적으로 기술기여도를 결정함

[표 4-57. 기술 기여도]

기술기여도 = 산업기술요소 × 개별기술강도

산업기술요소	54.60%
개별기술강도	75.00%
최종 기술기여도	40.95%

나. 연구개발 성과의 경제적 효과분석

(1) 개요

이하에서는 평가대상기술의 사회 경제적 파급효과를 직접적 파급효과와 간접적 파급효과로 구분하여 분석하고자 한다. 일반적으로 편익 산정이 가능한 항목은 다음 표와 같다.

[표 4-58. 주요 편익 항목]

구분	주요 편익 항목		
정(+)의 가치 증가	●부가가치 증대 - 신기술 적용을 통한 생산량 증가 ●기술거래 - 기술이전에 의한 로열티 수입	●과학기술 지식 (논문, 특허 등) ●국민의 과학기술 이해도 향상 ●과학기술자의 교육훈련 ●국가위상의 제고 ●지역개발효과 ●시장권의 확대 ●지역산업구조 개편	●생산유발효과 ●부가가치 유발효과 ●고용유발효과 ●수입유발효과 ●수출유발효과 ●소득분배효과 ●취업유발효과
부(-)의 가치 감소	●비용 절감 - 생산투입 자원 및 시간의 절감 - 연구기간, 출장회수 등의 연구수행 비용 절감 - 물류비용 절감 ●피해 비용 감소 - 자연재해로 인한 피해 감소 ●질병비용절감 ●환경비용절감		

※출처: 연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구

(2) 연구개발에 따른 직접적 파급효과

(가) 비용편익분석(Cost-Benefit analysis)

- 비용편익분석은 총편익과 총비용을 현재가치로 환산하여 이들의 비율로서 사업의 타당성을 판단하는 방법이다.
- 연구개발사업의 직접 편익은 신제품 개발, 생산성 증대, 품질개선, 비용저감 등 여러 가지 형태로 나타날 수 있다. 직접적 편익을 산정하기 위해 동 사업의 목표와 관련된 편익을 직접적인 편익으로 추정가능하다.

(나) 본 연구개발사업의 비용 개요

- 연구개발사업은 연구기반 구축 R&D 사업과 순수 R&D 사업으로 구분할 수 있으나, 동 사업은 순수 R&D 사업으로 총사업비는 연구개발 등에 소요되는 모든 경비로서 인건비, 직접연구비, 간접비 등으로 구성되어 있으며 년차별 집행 및 투자계획은 다음과 같다.
- 곤돌라형 고층 건물 외벽 유지관리 로봇시스템 개발을 위한 동 사업의 2015년까지 총 연구비는 45.16억 원이며, 2014년말 기준 현재가치로는 47.40억원에 해당된다.

[표 4-59. 본 연구개발사업에 투입된 총 연구개발비]

(단위:천 원)

	현금	현물	총 연구개발비	현재가치
2011년/1차년도	262,250	56,500	318,750	374,289
2012년/2차년도	875,232	353,950	1,229,182	1,368,110
2013년/3차년도	895,555	360,200	1,255,755	1,324,821
2014년/4차년도	727,255	222,834	950,089	950,089
2015년/5차년도	571,800	190,200	762,000	722,275
합계	3,332,091	1,183,684	4,515,775	4,739,584

(다) 본 연구개발사업의 직접적 편익

본 보고서에서는 본 연구개발사업의 직접적 편익을 평가대상기술의 가치평가액과 동일하다고 가정한다.

앞서 사업성 분석 및 가치산정 항목에서 검토한 바와 같이, 평가대상기술 및 기술제품에 대한 기술성, 권리성, 시장성 및 사업성 분석결과를 토대로 본 기술의 사업가치 및 기술가치를 산정하였한 결과, 기술가치는 2015년 1월 1일 현재 12,739백만원(31,109백만원 ×40.95%)으로 추정된다.

[표 4-60. 기술가치 산정표 요약]

(단위: 백만원)

사업가치(NPV)(2018.01.01)	34,985
사업가치(NPV)(2015.01.01)	31,109
기술기여도	40.95%
기술가치(2015.01.01)	**12,739**

(라) 직접적 편익에 대한 경제성 분석결과

- 일반적으로 R&D사업을 통해 창출되는 경제적 편익 또는 효과가 투입된 비용보다 크다면, 즉 비용편익 비율(B/C ratio)이 1보다 크다면 경제적 타당성이 있다고 판단할 수 있다.
- 동 사업의 직접적 편익에 대한 비용편익분석을 수행한 결과, 비용편익 비율(B/C ratio)은 2.01로 분석되어 경제성이 있는 것으로 볼 수 있다.

[표 4-61. 동 사업의 비용편익분석 결과(직접적 편익 관련)]

비용(현재가치)	편익(현재가치)	B/C Ratio
47.40억원	127.39억원	**2.69**

(3) 연구개발에 따른 간접적 파급효과

(가) 개요

본 보고서에서는 연구개발에 따른 간접적 파급효과를 3가지 관점, 즉 학술 논문의 경제적 효과, 인력양성의 경제적 효과, 산업연관분석을 통한 경제적 파급효과로 구분하여 분석하고자 한다.

(나) 간접적 파급효과의 산출항목

① 학술 논문의 경제적 효과 및 생성 가치[5)]

- 경제적 효과 접근 방식으로는 무형자산의 가치측정방식, 경제적 인센티브 접근법, 지식스톡의 경제성장에서의 영향 분석 등으로 접근 가능하다.
- 무형자산의 가치측정방식에는 원가접근법, 시장가격 접근법, 시장가치 접근법, real option법 등이 있다.
- 연구자에 대한 경제적 인센티브 접근법은 주로 출간논문의 가치를 연구자의 급여에 대한 출간의 한계적 기여도 차원에서 접근하여 직접적 가치를 추정한다. 즉, 연구자의 급여를 논문 출간과 기타 특성의 함수로 간주하여 추정하는 방식이다.
- 지식스톡의 경제성장에의 영향 분석은 총 요소 생산성에 대한 기여도를 분석하여 학술논문의 경제적 가치를 추정한다.
- OECD 회원국을 대상으로 1996~2004년도 SCI논문 출간수를 활용하여 지식스톡을 측정하고 총 요소 생산성의 부가가치규모[6)]와의 관계를 분석하여 학술논문의 평균적인 가치를 추정한 바 있다.
- 연구 결과에 따르면, 추가적인 학술논문 생성을 통한 지식스톡 한 단위 증가는 총요소생산성의 부가가치 규모를 2억6300만 원~18억8950만 원만큼 증가시키는 것으로 나타났다.

② 인력 양성의 경제적 효과

- 인력 양성의 효과는 장진규(2005) 설문결과와 노동부 연봉데이터를 활용하여 추정하였다.
- 2001~2003년 박사 후 해외연수 사업의 지원을 받은 사람을 대상으로 설문조사를 수행하고 평균 임금 수준에 있어 39.6%가 증가함을 확인한 후 노동부의 노동통계연보를 토대로 경제적 성과 추정하였다.
- 정광호(2006)는 학력에 따른 연봉 격차를 학력별 생산성 격차의 지표로 활용하여 경제적 가치를 추정하였다.

5) 한국학술진흥재단, 2008, 2008 학술연구조성사업 투자효과분석
6) 총요소생산성의 부가가치 규모는 전체 GDP 규모에서 노동기여와 자본기여를 뺀 잔여분으로 계산

- 연구 인력이 양성되어 석사나 박사 학위를 받았다고 가정할 경우 이에 따른 경제적 가치를 산정하기 위해 연구인력 양성 효과를 1년간이라는 연봉격차로 한정하여 산출하였다.
- 한국학술진흥재단(2008)은 연구과제의 참여를 통해 학력별 임금격차를 연간 생산성 가치로 산정한 후 인력양성에 따른 경제적 효과를 산출하였다.

③ 산업연관분석을 통한 사회 경제적 파급효과

- 이중만, 조상섭(2011)[7]은 공공부문에서 수행한 정보통신분야 인력양성사업을 평가하기 위해 산업연관분석방법론을 통해 분석하였다.
- 인력양성사업이 유발하는 경제적 파급효과를 IT산업 부분의 직접 효과와 IT이외의 산업 부분에 미치는 간접효과를 합하여 경제적 파급효과를 분석하였다.
- 생산유발효과는 연구개발 사업으로 인해 새로운 생산이 발생함에 따라 연관된 다른 산업들에서 해당 제품을 생산하기 위해 추가적으로 생산하는 중간재 생산과 이러한 중간재를 추가적으로 생산하기 위해 또 다른 산업에서 중간재를 생산하는 것을 의미한다.
- 동 사업으로 인한 최종 산출물의 한 단위 추가 생산을 위해 경제 전체적으로 발생하는 추가적 중간재 생산액을 의미한다고 할 수 있다.
- 고용 및 취업유발효과는 추가적 생산의 증가는 노동 수요를 유발한다는 가정으로부터, 새로운 생산으로 인해 국가 경제적으로 발생하는 신규 노동 수요 창출 효과를 나타낸다고 할 수 있다.
- 지역개발효과, 산업구조 개편효과, 국민들의 과학기술 이해도 증가, 국가 위상 향상, 교육 및 연구인력 양성, 연구능력 향상 등도 편익으로 인정될 수 있으나 계량화가 최대한 가능한 범위 내에서 편익항목을 도출하였다.

7) 이중만, 조상섭, 2011, 정보통신분야 인력양성에 대한 동태적 산업연관분석, 한국산학기술학회논문지

(다) 본 연구개발사업의 간접적 파급효과

① 논문 성과에 대한 경제적 가치

- 한국학술진행재단(2008)의 연구결과를 활용하여 논문 1편당 평균가치인 2억 6,300만원~18억 9,500만원을 적용하여 산출하였다.
- 각 세부과제별로 국내·국외·SCI(E)에 게재된 논문성과를 바탕으로 논문에 대한 경제적 가치를 파악하였다.

[표 4-62. 세부과제별 연차별 논문 성과]

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	국내	-	2	3	1	1	7
	국외	-	-	1	1	1	3
	SCI(E)	-	1	1	2	2	6
2세부	국내	-	-	2	1	1	4
	국외	-	1	1	1	1	4
	SCI(E)	-	-	-	1	2	3
3세부	국내	-	-	-	1	-	1
	국외	-	-	-	-	-	-
	SCI(E)	-	-	-	-	-	-
합계		-	4	8	8	8	28

- 논문의 경제적 가치를 분석한 결과 28.93억 원에서 208.45억 원의 가치를 갖는 것으로 추정된다.

[표 4-63. 2세부과제의 논문 성과의 경제적 가치]

구 분	논문성과 (편수)	평균가치 (백만원)	경제적효과 (백만원)
2차년도	1	263~1,895	263~1,895
3차년도	3	263~1,895	789~5,685
4차년도	3	263~1,895	789~5,685
5차년도	4	263~1,895	1,052~7,580
합계	11		2,893~20,845

(라) 산업연관분석을 통한 사회 경제적 파급효과

① 산업연관분석의 정의

- 각 산업의 활동이 다른 산업의 생산에 영향을 미치는 연관관계를 수량적으로 파악하고자 하는 분석방법이다.
- 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등의 각종의 파급효과를 산업부문별로 구분하여 분석할 수 있다.

② 산업연관표의 기본구조

㉮ 투입구조(세로, 열)

- 산업부문의 재화 및 용역을 생산하기 위하여 지출한 생산비용을 의미하며, 중간투입부문과 부가가치부문으로 구분되고 그 합계는 총투입액 이라고 정의한다.

㉯ 배분구조(가로, 행)

- 각 산업부문의 생산물이 어떤 부문에 배분된 수요의 구성을 의미한다.
- 중간수요부문과 최종수요부문으로 구분되며 그 합계를 총수요액(=총공급액)이라 정의한다.

㉰ 총산출액

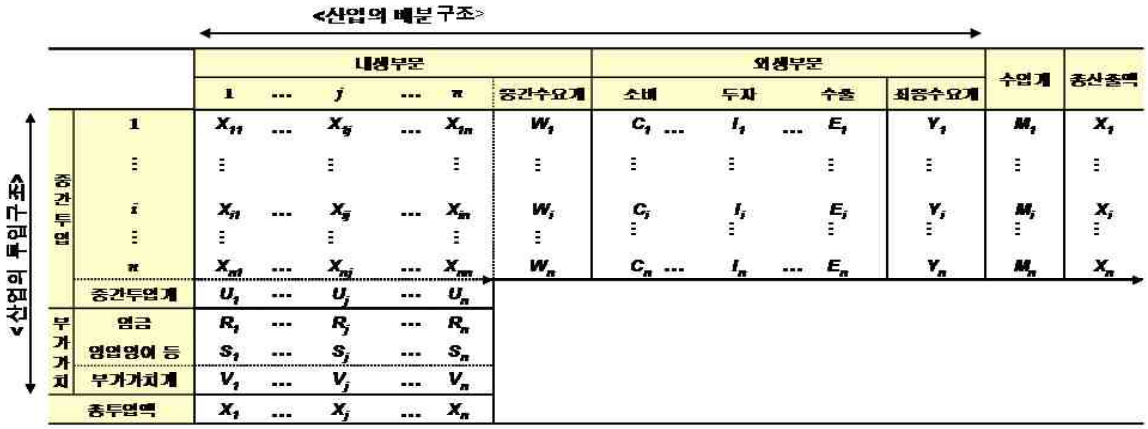
- 총수요액(=총공급액)에서 수입액을 빼면 총산출액이 나오며, 각 산업부문의 총산출액과 총투입액은 항상 일치한다.

총투입액 = 중간투입액 + 부가가치

총산출액 = (중간수요액 + 최종수요액) - 수입액

↳ 총수요액 (=총공급액)

총투입액 = 총산출액



※ 출처 : 한국은행 「2008 산업연관표」

[그림 4-4. 산업연관표의 기본 구조]

㉲ 산업연관분석에 사용되는 계수

▪ 투입계수

- 각 산업 부문이 해당 부문의 재화나 서비스 생산에 사용하기 위하여 다른 부문으로부터 구입한 원재료 및 연료 등의 중간투입액과 부가가치를 총투입액으로 나눈 것이다. 투입과 산출의 기술적인 수량관계를 나타낸다.

- 투입계수 : aij = $\frac{x_{ij}}{X_j}$

- 부가치계수 : Vj = $\frac{V_j}{X_j}$

▪ 생산유발계수

- 어떤 산업에서 생산한 제품에 대한 소비, 투자, 수출 등 최종수요가 1단위 증가하였을 경우 이를 충족하기 위해 해당 산업 및 타 산업에서 직·간접으로 유발된 생산효과의 크기를 의미한다..
- 최종수요 항목별 생산유발액 = $(I-A^d)^{-1}Y^d$
- 최종수요 항목별 생산유발계수 = $\frac{(I-A^d)^{-1}Y^d}{\text{항목별최종수요계}}$

※ A^d: 투입계수행렬, $(I-A^d)^{-1}$: 생산유발계수행렬, Y^d: 최종수요(소비, 투자, 수출)벡터

▪ 부가가치유발계수

- 어떤 산업에서 생산한 제품에 대한 소비, 투자, 수출 등 최종수요가 1단위 증가하였을 경우 충족하기 위해 해당 산업 및 타 산업에서 직·간접적으로 유발된 부가가치의 크기를 의미한다.

- 최종수요와 부가가치유발과의 관계는 최종수요가 생산을 유발하고 유발된 생산이 부가가치를 창출한다.
- 최종수요 항목별 부가가치유발액 = $\widehat{A^v}(I-A^d)^{-1}Y^d$
- 최종수요 항목별 부가가치유발계수 = $\frac{A^v(I-A^d)^{-1}Y^d}{\text{항목별 최종수요계}}$

※ $\widehat{A^v}$: 부가가치율벡터의 대각행렬, $(I-A^d)^{-1}$: 생산유발계수행렬, Y^d :최종수요(소비, 투 자, 수출)벡터

▪ 수입유발계수

- 최종수요에 의한 수입유발액을 국산 및 수입 최종수요로 나눈 것으로 최종수요 1단위 증가하였을 경우 이를 충족하기 위해 해당 산업 및 타 산업에서 직·간접적으로 유발된 수입액의 크기를 의미한다.
- 최종수요 항목별 수입유발액 = $A^m(I-A^d)^{-1}Y^d+Y^m$
- 최종수요 항목별 수입유발계수 = $\frac{A^m(I-A^d)^{-1}Y^d+Y^m}{\text{항목별 최종수요계}}$

※ A^m : 수입투입계수행렬, A^d : 투입계수행렬, $(I-A^d)^{-1}$: 생산유발계수행렬, Y^d : 국산최종수요(소비, 투자, 수출)벡터 , Y^m : 수입최종수요(수비, 투자)벡터

▪ 취업유발계수

- 취업유발계수는 생산의 파급과정에서 직·간접적으로 유발되는 취업자수로서 산업부문의 생산물 10억 원 생산에 직접 필요한 취업자수, 즉 취업계수 뿐만 아니라 생산파급과정에서 간접적으로 필요한 취업자수까지를 의미한다.

▪ 고용유발계수

- 고용유발계수는 생산의 파급과정에서의 직·간접적으로 유발되는 피용자수로서 산업부문별 10억 원 생산에 직접 필요한 피고용자수인 고용계수 뿐만 아니라 생산파급과정에서 간접적으로 필요한 피고용자수까지를 포함한다.

③ 산업연관표를 이용한 본 연구개발사업의 사회 경제적 파급효과 분석

▪ 2011년도 산업연관표 기준 통합소분류 168개 부문을 기준으로 산업연관분석을 수행하였다.

▪ 분석대상인 동 사업과 관련된 통합소분류는 95. 기타특수목적용기계, 148. 연구기관, 150. 시장조사 및 경영컨설팅을 포함하는 사업관련 전문서비스를 통합하여 산업연관분석을 수행하였다.

[표 4-64. 본 연구의 산업 분류]

대분류	중분류	한국은행 통합소분류 기준 168개 부문
농림수산품	농림수산품	1-11
제조업(동사업 관련 제외)	제조업(동사업 관련 제외)	12-94, 96-118
동 사업	기타특수목적용기계 연구기관 교육서비스	95. 기타특수목적용기계 148. 연구기관 150. 시장조사 및 경영컨설팅을 포함하는 사업관련 전문서비스 156. 교육서비스
전력, 가스, 수도 및 건설	전력, 가스, 수도 및 건설	119-128
서비스업(동사업 관련 제외)	기타	129-147, 149-155, 157-168

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 생산유발계수를 보면 고층 건축물의 외벽 유지관리 작업을 위한 로봇 연구개발활동은 최종수요가 한 단위 증가하는 경우 전 산업에서 직·간접적으로 일어나는 생산유발효과는 2.155단위로 나타나고 있다.
- 곤돌라형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템의 연구개발활동은 한 단위의 투자가 이루어졌을 경우 제조업에서 0.660단위, 동 사업 관련 기타특수목적기계 및 연구기관에서 1.160단위, 서비스업에서 0.286단위의 생산이 유발됨을 알 수 있다.

[표 4-65. 본 연구개발사업의 생산유발효과]

생산유발	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	1.059577	0.030364	0.012518	0.012469	0.012073
제조업	0.549940	1.758379	0.659898	0.597943	0.281448
동 사업	0.004495	0.012615	1.160013	0.005990	0.008251
전력 및 건설	0.021377	0.034184	0.037019	1.076092	0.045476
서비스업	0.185217	0.239948	0.285962	0.236929	1.396586
합계	1.820605	2.075490	2.155410	1.929422	1.743834

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 부가가치유발계수를 보면, 곤돌라형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템 연구개발활동은 최종수요가 한 단위 증가하는 경우 전 산업에서 직·간접적으로 일어나는 부가가치유발효과는 0.694단위로 나타나고 있다.
- 재화와 서비스에 대한 최종수요의 증가가 국내생산을 유발하고 이러한 생산활동에 의하여 부가가치가 창출되므로 결과적으로 최종수요의 증가가 부가가치 창출의 원천이라 할 수 있다.

[표 4-66. 본 연구개발사업의 부가가치 창출효과]

부가가치	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	0.587500	0.016836	0.006941	0.006914	0.006694
제조업	0.116119	0.371280	0.139337	0.126255	0.059427
동 사업	0.001476	0.004142	0.380839	0.001967	0.002709
전력 및 건설	0.007555	0.012082	0.013084	0.380323	0.016073
서비스업	0.099796	0.129285	0.154077	0.127658	0.752487
합계	0.812446	0.533624	0.694278	0.643117	0.837390

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 취업유발효과를 보면, 곤돌라형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템 연구개발활동은 최종수요가 10억 원이 발생할 경우 전체적으로 13.14명의 취업자를 유발하는 것으로 나타나고 있다.

[표 4-67. 본 연구개발사업의 취업유발 효과]

취업유발	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	31.387841	0.899480	0.370827	0.369378	0.357637
제조업	1.114834	3.564574	1.337742	1.212146	0.570549
동 사업	0.031857	0.089411	8.221965	0.042456	0.058484
전력 및 건설	0.132062	0.211176	0.228689	6.647715	0.280935
서비스업	1.932513	2.503571	2.983668	2.472067	14.571699
합계	34.599107	7.268213	13.142891	10.743761	15.839304

- 동 연구에서 분류된 산업 기준으로 고용유발효과를 보면, 곤돌라형 고층건물 외벽유지관리 로봇시스템 연구개발활동은 최종수요가 10억 원이 발생할 경우 전체적으로 11.48명의 고용을 유발하는 것으로 나타나고 있다.

[표 4-68. 본 연구개발사업의 고용유발 효과]

취업유발	농림수산품	제조업	동 사업	전력 및 건설	서비스업
농림수산업	3.524249	0.100994	0.041637	0.041474	0.040156
제조업	1.007330	3.220842	1.208743	1.095258	0.515531
동 사업	0.030408	0.085346	7.848095	0.040526	0.055824
전력 및 건설	0.128433	0.205373	0.222405	6.465021	0.273214
서비스업	1.398793	1.812137	2.159641	1.789333	10.547300
합계	6.089214	5.424691	11.480520	9.431612	11.432025

▪ 총 사업비 45.16억 원에 대한 생산유발효과는 99.5억원, 부가가치유발효과는 32.0억원, 취업유발효과는 60.7명, 고용유발효과는 53.0명으로 나타나고 있다.

[표 4-69. 본 연구개발사업의 경제적 파급 효과 요약]

구 분	동 사업 투자액	유발효과	경제적 기여도
생산유발효과	45.16억 원	2.155	99.5억원
부가가치유발효과		0.694	32.0억원
취업유발효과		13.14	60.7명
고용유발효과		11.48	53.0명

(라) 본 연구개발사업에 따른 사회 경제적 파급효과 종합

본 연구개발사업의 추진에 따른 사회 경제적 파급효과는 다음과 같이 정리될 수 있다.

[표 4-70. 본 연구개발사업의 사회 경제적 파급 효과 종합]

경제적 가치 평가항목		경제적 기여도
직접적 파급효과	기술적 파급효과	B/C ratio: 2.69 ▪ 편익(현재가치) : 127.39억원 ▪ 비용(현재가치) : 47.40억원
간접적 파급효과	논문성과에 대한 경제적 가치	28.93~208.45억원
	생산유발효과	99.5억원
	부가가치 유발효과	32.0억원
	취업유발효과	60.7명
	고용유발효과	53.0명

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

1절 R&D 사업성과

1. Built-in-rail Guide형 로봇시스템 개발

○ 고층 구조물의 외벽유지관리 작업 (청소, 모니터링) 효율성 및 안전성 향상을 위한 센서융합 지능형 로봇 시스템 및 레일, 접합부 건설기술 개발
- 수직/수평 이동형, 무인자동화 청소로봇 시스템 개발



<그림 1. Built-in-rail Guide형 외벽유지관리 로봇 시스템>

<표 1. Built-in-rail Guide형 외벽유지관리 로봇 시스템 주요 연구개발 현황>

구분	담당	연구내용
기계	고려대학교	• 빌트인 가이드형 로봇 이동 메커니즘 • 고층 구조물 외벽유지관리용 작업용 Tool 메커니즘 – 청소용 Tool 모듈 – 검사용 Tool 모듈
로봇/ ICT	한양대학교	• 통합 시스템 센서/제어/통신 시스템 개발
	로보테크	• 상용화를 위한 통합 시스템 엔지니어링 디자인
건설(축)	선엔지니어링	• 빌트인 가이드 레일 고정 메커니즘 개발
	씨티월 ENG.	• 빌트인 가이드 레일 설계 기술 개발

<표 2. Built-in-rail Guide형 외벽유지관리 로봇 시스템 주요 성능비교>

구분		재래식 (인력)	BMR* 시스템	비고
청소성능 (3층 목업동 테스트베드 기준)	수행시간	2	1.3시간	35% 절감
	소비량 (물, 청소용재 등)	27.5	10 L/hour	64% 절감
	청소면적	156.6	234.9 m^2/hour	50% 증대
특이사항 (200m 이상 초고층 빌딩 기준)	비산	존재	없음	오염수 회수
	청소 회수 (연간)	1-2 회	연중상시 가능	
	1회 수행비용	4,000 ~ 8,000만원	약 100만원 이하	건축물 면적에 따름

* (BMR) Building Maintenance Robot

○ **(LCC 분석 - 제한요건)** 건축물 외벽에 레일 설비가 요구되는 Built-in Guide형 시스템의 특성을 고려하여 시스템이 적용된 신축 건축물의 건축주가 건물의 내구연한동안 시스템을 적용하였을 때의 경제성을 분석함. 분석을 위한 제한요건은 아래와 같음.

제한요건
① 시스템의 경제성 분석을 위해 현가액법, 편익/비용(B/C) 비율 분석, 손익분기점 분석, 수익률(ROR) 분석, 외벽 청소비용 절감 효과 분석, 민감도 분석 등을 수행
② 경제성 분석 대상은 초고층 업무시설인 도곡동 소재의 타워펠리스 1차 B동으로 설정
③ 법인세법 시행규칙에 따라 철골철근콘크리트조 건축물인 대상 건축물의 내용연수를 40년으로 하고, 대상 건축물의 부속설비인 레일의 내용연수 또한 40년으로 설정
④ 로봇의 내구연한은 10년으로 하고 10년을 주기로 새 로봇으로 교체하는 것으로 가정. 로봇의 내구연한(10년) 이후 폐기처분 비용은 고려치 않음
⑤ 다수의 건축물 외벽 청소업체 방문 및 실무자 인터뷰 결과를 토대로 고층 건축물 외벽 청소 주기를 연간 1회에서 2회로 설정
⑥ Built-in Guide형 시스템의 제작비용(초기 투자비용 및 10년 주기 교체비용) 및 로봇 내구연한(10년) 동안의 시스템 내 세부 부품별 유지보수비용(각 세부 부품별 교체비용 및 연간 시스템 점검비용)은 각 세부 부품의 내구연한을 고려하여 설정
⑦ 레일비용은 레일커튼월과 일반커튼월의 가격 차이를 반영
⑧ 자동화 방식과의 경제성 비교를 위한 재래식 방식의 외벽 청소 소요비용은 외벽청소 전문업체 견적 의뢰를 통해 실제 비용을 반영
⑨ 경제성 분석을 위한 할인율로는 최근 10년(2004~2013)간의 물가상승률 평균치인 2.9%를 반영하고 추후 민감도(0%~4%) 분석을 수행
⑩ 청소에 소요되는 수도세 및 전기세는 건물 자체 자원을 활용하고 자동화방식과 재래식 방식이 큰 차이를 보이지 않을 것이므로 경제성 비교분석을 위한 변수에서 제외

○ **(LCC 분석 - 결과)** 건축물의 내구연한 40년을 기준으로 초기투자비용은 로봇원가 127,500,000원, 레일비용 834,445,770원을 적용하고, 위와 같은 제한요건 하에서의 경제성 분석결과는 아래와 같음.

<표 5. Built-in-rail Guide형 외벽청소 로봇 시스템 LCC 분석결과>

연간 외벽청소 작업횟수	편익/비용 비율 (B/C Ratio)	손익분기점	수익률 (ROR)	재래식 방식 대비 연간 외벽 청소비용 절감률
1회	1.50	21.11년	6.45%	33.51%
2회	3.01	8.98년	15.30%	66.75%
4회	6.02	4.20년	31.80%	83.38%

○ 건축주가 연간 1회의 외벽 청소작업을 수행할 경우, 편익/비용 비율은 1.50, 연간 외벽 청소 소요비용 절감률은 33.51%, 수익률은 6.45%, 손익 분기점은 21.11년이며, 연간 2회의 외벽 청소작업을 수행할 경우, 편익/비용 비율은 3.01, 연간 외벽 청소 소요비용 절감률은 66.75%, 수익률은 15.30%, 손익 분기점은 8.98년으로 Built-in Guide형 시스템은 기존 재래식 외벽 청소 방식 대비 우수한 경제성을 가진 것으로 도출되었음.

2. 곤돌라형 로봇시스템 개발

○ 고층 구조물의 외벽유지관리 작업 (청소, 도장) 효율성 및 안전성 향상을 위한 센서융합 지능형 로봇 시스템 및 건축물 고정 메커니즘 개발



<그림 2. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇 시스템>

<표 3. 곤돌라형 외벽유지관리 로봇 시스템 주요 연구개발 현황>

구분	담당	연구내용
기계	한국기계연구원	• 곤돌라형 로봇 이동/부착 메커니즘
	㈜ 대화산기	• 곤돌라형 외벽유지관리 시스템 작업용 Tool 메커니즘 – 청소 / 도장용 Tool 모듈
로봇/ ICT	전자부품연구원	• 센서 융합 통합 제어 시스템 개발
건설(축)	선엔지니어링	• 곤돌라형 고정 메커니즘 개발 및 구조 해석
	인하대학교	• 로봇 시스템 풍하중 해석 및 LCC 분석

<표 4. 곤돌라형 외벽도장 로봇 시스템 주요 성능비교>

	구 분	재래식	곤돌라형 로봇3*	재래식-곤돌라형 로봇3 비교
생산성	투입인력	15	11 명/일	26% 절감
	작업비용	3,898,312	2,369,828 원/일	39% 절감
	도장면적	880.4 m^2/hour	1031.7 m^2/hour	17% 증대
시스템 성능	승/하강 속도	N/A	6.3 m/min	
	비산 여부	존재	없음	비산방지막, 흡입장치

* (곤돌라형 로봇3) 분사면적(가로기준) 을 3배로 상향 조정한 경우

○ (LCC 분석 – 제한요건) 분석 대상 건축물(판상형 공동주택)을 설정하고, 이에 대한 재래식 및 자동화 방식의 생산성을 도출함. 또한 도출된 생산성 분석 결과와 재래식 및 자동화 방식의 일일작업비용, 장비구입비용, 기타 변수 등을 고려하여 경제성(LCC) 분석을 수행함. 분석을 위한 제한요건은 아래와 같음.

제한요건
① 시스템의 경제성 분석을 위해 현가액법, 편익/비용(B/C) 비율 분석, 손익분기점 분석, 수익률(ROR) 분석, 외벽 청소비용 절감 효과 분석, 민감도 분석 등을 수행
② 재래식 방식의 외벽도장 작업 1개 팀은 평균 15명의 노무인력으로 구성되며, 시간 당 880.4㎡의 생산성(일일 8시간을 기준으로 7043.2㎡)을 지님
③ 자동화 방식의 외벽도장 작업에는 로봇의 투입대수에 따라 적합한 작업팀(로봇 1대 투입: 5명, 로봇 2대 투입: 8명, 로봇 3대 투입: 11명)을 구성
④ 연간 동일 작업물량을 대상으로 곤돌라형 외벽도장 자동화 시스템은 2대 투입 시 재래식 방식 대비 78.14%의 생산성을, 3대 투입 시 117.21%의 생산성(공기 경쟁력)을 지님
⑤ 최근 10년간 서울지역 기상청 자료, 외벽도장 작업 관련 각종 시방기준(예: 일 평균기온 5℃ 이하, 일 최대풍속 10m/s 등) 분석을 통해 외벽도장 작업의 연간 최소 작업가능일수를 157일로 설정
⑥ 한국은행 경제통계 시스템 및 통계청 국가주요지표 분석을 통해 최근 10년(2003~2012)

간 물가상승률의 평균치인 3.13%를 경제성 분석을 위한 할인율로 적용하고 추후 민감도(0.5%~5%) 분석을 수행

⑦ 재래식 방식에 투입되는 외벽 도장작업 1개 팀의 일일 생산성인 7043.2㎡와 연간 작업가능 일수인 157일을 연동하여 외벽 도장작업 1개 팀의 연간 작업물량(1,105,792.4㎡)을 설정

⑧ 로봇의 세부 부품 종류, 부품별 비용, 부품별 내구연한, 교체주기 및 정기 점검비용 등을 고려하여 로봇의 생애주기(10년)에 걸친 유지보수비용을 산정

○ **(LCC 분석 - 결과)** 자동화 방식의 초기투자비용으로 곤돌라형 외벽도장 자동화 로봇은 대당 68,180,000원을 적용하였고, 외벽 도장작업 1개 팀의 연간 작업물량(이하, 연간 작업물량) 1,105,792.4㎡를 대상으로 LCC 분석을 수행함. 또한 상기의 제한요건 하에서 외벽 도장 자동화 로봇 2대와 3대를 각각 대상 공동주택에 투입하였을 경우 재래식 방식과의 경제성을 비교 분석한 결과는 아래와 같음.

<표 6. 곤돌라형 외벽도장 로봇 시스템 LCC 분석결과>

투입로봇 대수	작업소요 일수	노무인력 절감률	편익/비용 비율	손익분기점	수익률	연간 공사비 절감률
2대	209일	46.7%	5.49	1.61년	109.74%	16.95%
3대	150일	26.7%	4.11	2.16년	78.01%	18.36%

○ 로봇 2대를 투입하였을 경우 재래식 방식에 비해 연간 동일 작업물량을 수행하기 위한 공기 경쟁력(209일)은 다소 떨어지나, 연간 공사비용 절감 등의 원가 경쟁력(경제성) 확보가 가능하며 최종 사용자(예: 공동주택 외벽도장 전문건설업체)는 약 1.61년(손익분기점)에 투입비용을 모두 회수하고 순 수익을 얻는 등 경제성 분석의 결과는 매우 우수한 것으로 분석됨. 또한 로봇 3대를 투입하였을 경우에는 연간 동일 작업물량을 대상으로 재래식 방식(157일) 대비 공기 경쟁력(150일) 확보는 물론 원가절감 측면 모두 재래식 방식에 비해 우수하고 손익분기점 또한 로봇의 내구연한 10년 대비 2.16년으로 매우 경쟁력 있는 것으로 분석됨.

3. 상용화 사업모델 개발

○ BMU 수요고객 분석 및 핵심성공요소(KSF) 도출

- 건축주(시행사), 설계사, 시공사, 전문컨설팅사(CM사) 등이 각각 중요시하는 5가지 핵심성공요소(KSF)

  : 초기투자비, 유지관리비, 시간당 작업량, 설계자유도, 안전성

○ 핵심성공요소 기준으로 경쟁우위분석 및 경쟁우위전략

핵심성공요소	경쟁우위분석 및 경쟁우위전략
초기투자비	건물 높이가 낮을수록 경쟁자 대비 열위 → 경쟁사 벤치마킹을 통한 경쟁자 모방전략으로 출발하는 것이 바람직 ex) 상하방향 청소방식의 부분적 적용, 커튼월 부담하중 감소시키도록 별도 특수요소 도입, 복수개 zone 설정하고, 각 zone에 최적화된 복수개 시스템 운영방식 등
설계 자유도	'역량개발전략 영역'에 속함 → 경쟁사 벤치마킹을 통한 경쟁자 모방전략으로 출발하고 그 이후에 '차별화를 통한 집중화전략'을 추구 ex) 무인 곤돌라 방식, 자유이동식 청소로봇 시스템(흡착이동 방식)을 벤치마킹
유지관리비	'진입장벽전략 영역' 및 '경쟁수용전략 영역'의 중간에 속함
시간당 작업량	'경쟁수용전략 영역'에 속함 → 상대적 경쟁우위에 있으므로 지속적인 개선을 통하여 진입장벽을 강화
안전성	

○ 성공적 시장진입을 위한 수요자 선정전략

구분	세분류	구체적 전략
segmentation, Targeting & Positioning	건물규모 측면	300미터 이상(약 70~80층 이상) 시장의 시장매력도 중위
		200~300미터 건물의 시장매력도는 중상위 → 집중공략
		100~200미터 이하 건물(약 30~50층) 시장의 시장매력도는 중상위로 평가됨→ 집중공략
	수요고객 분류 측면	(시행사, 시공사 등) 초기 투자비의 단점을 상쇄할 수 있는 유지관리비의 저렴함, 안정성을 강조, 유무형적 가치를 강조하여 ROI 우수성 positioning
		(설계사무소) 설계자유도의 단점을 상쇄할 수 있는 다른 가치(value)를 강조 → 상징성, 랜드마크적 성격, 하이테크놀러지 이미지 positioning

○ 세부 사업전략 수립

❶ 수요기업에 기술이전 위한 기술마케팅 추진	❺ 관련분야업체와 전략적 업무제휴 전략
❷ 레일만 설치하고 BMU 임대전략	❻ 상징적/랜드마크 건물 적용실적 홍보전략
❸ 인센티브/설치의무화 제도개선 추진	❼ 건설신기술 제도 등의 지원제도 활용
❹ 인증제도(ex:시설관리 KS인증) 도입검토	❽ 초기 OEM으로 글로벌기업 유통망 활용

4. 기술마케팅 전략수립

○ 기술이전을 위한 잠재수요기업 검색 결과, 잠재수요기업 51개 도출

* 도출기준 : 사업화 역량, 기술 관련성 등

○ 5대 장애요인의 해결방안 도출

❶ 기술소개서 제공(시장/기술정보 제공)	❷ 사업화 전략 제안
- (시장) 잠재시장규모 정보 제시→신뢰확보 - (기술) 성능/효과 강조, 동영상 제작	- BMR 분야는 공백영역 → 진입장벽 낮음 - 다양한 고객니즈(건물조건)에 대응하기 위해 Total Access Service 방식 접근 필요
❸ 효과적인 기술이전방법론 검토	❹ 맞춤형 기술사업화 지원사업 안내
기술분야에 적합한 기술이전 방식 활용 (IP양도,라이센싱,기술지도,조인트벤처 등)	미래부, 산업부 등의 산하기관의 기술사업화 지원사업, 사업화지원 펀드, IP금융제도 소개

- 5대 장애요인 : 시장수요 불확실, 성능·안전성·사용편의성 불확실, 기존 사업분야와 기술적으로 상이, 상용화 자금부족, 다양한 건물형태에 적용가능성

○ 구체적 Action plan 도출

❶ 잠재수요기업 대상 Target Marketing 추진	❸ 관련 지원사업 활용
❷ 기술설명회 개최/참가	❹ 온라인/오프라인 기술시장 활용

5. 추진경과

○ 특허동향 분석 및 획득전략 수립 용역수행('10.12~'11.6)

○ 로봇시스템 통합테스트용 실 건축물 시공('12.4~'12.10)

- Built-in-rail Guide형 로봇시스템 Test-bed

○ 로봇시스템 1, 2차 시제품 제작('11.7)

○ 상용화를 위한 사업모델 개발 완료('12.12~'13.3)

○ 기술마케팅 전략수립 완료('13.12~'14.4)

○ 개발기술의 가치분석 수행 중('14.8~'15.2)

2절 추가연구의 필요성

1. 후속연구의 필요성 증대

○ **(기술 수준 분석1 - 빌트인형 시스템)** 현재까지 빌딩 청소 작업은 인력에 의해 대부분 이루어지고 있으나, 작업자의 추락위험 등 안전상의 문제를 해결하기 위해 일부 국가, 예컨대 **독일, 프랑스, 일본, 호주, 중동** 등지에서 빌딩 외벽 청소 장비에 대한 개발과 건축물 적용사례를 보이고 있음.

<표 13. Built-in-rail Guide형 시스템 경쟁우위 분석>

	구분 (공급업체)		BMR 연구단	경 쟁 업 체				
				iku	Nihon Bisoh	manntech	skypro	Cox Gomyl
시스템 사양 정보	대표적용사례 (건축물)		테스트베드 (향후 적용)		요코하마 랜드마크 타워			버즈 두바이, 유레카타워
	유형		빌트인레일	빌트인 기어+체인	빌트인레일 (유인곤돌라)	와이어윈치 (무인곤돌라)	와이어윈치 (무인곤돌라)	크레인 (유인곤돌라)
	인력투입 여부		X	X	○	△	△	○
	제품							
성능 비교 항목	초기 투자비	super-talls	다소 고가	다소 고가	다소 고가	보통	보통	보통
		200m+ talls	다소 고가	고가	다소 고가	다소 저가	다소 저가	다소 저가
		100m+ talls	고가	고가	고가	저가	저가	저가
	시간당 작업량	super-talls	높음	높음	보통	낮음	낮음	낮음
		200m+ talls	다소 높음	높음	다소 높음	보통	보통	다소 낮음
		100m+ talls	보통	보통	보통	높음	높음	보통
	유지관리 (청소)비	super-talls	저가	저가	다소 저가	다소 고가	다소 고가	고가
		200m+ talls	다소 저가	다소 저가	저가	보통	보통	다소 고가
		100m+ talls	보통	보통	보통	다소 저가	다소 저가	보통
	안전성		안전	안전	다소 위험	보통	보통	다소 위험
	설계 자유도		다소 자유로움	다소 제한	다소 제한	보통	보통	다소 자유로움

※구체적인 수치는 추정치이며 내외부환경에 따라 다소 유동적임

출처: 한국발명진흥회, "상용화를 위한 사업모델 개발보고서", 2013.

○ **(기술 수준 분석2 - 곤돌라형 시스템)** 도장 작업의 경우, 현재 개발기술과 비교대상으로 삼을 수 있는 최근 개발기술은 많지 않음. 현재 개발기술은 고층건물에 적용할수록 '초기투자비', '시간당 작업량', '유지관리(도장)비' 측면에서 유리함.

- 특히, 50층 이상(약 200미터)의 고층 건물에는 외장재료로 페인트 마감을 채택하는 경우가 많지 않으나, 해당 조건일 때 가장 경쟁우위에 있다고 판단됨.

<표 14. 곤돌라형 시스템 경쟁우위 분석>

	구분 (공급업체)		BMR 연구단	경쟁업체		
				Taisei	Kumagai	Shimizu
시스템 사양 정보	대표적용사례 (건축물)		테스트베드 (향후 적용)	N/A	N/A	N/A
	유형		무인 곤돌라	레일곤돌라	무인 곤돌라	곤돌라 레일
	인력투입 여부		△	○	X	△
	제품					
성능 비교 항목	초기 투자비	200m이상	저가	고가	다소 저가	보통
		100~200m	저가	고가	다소 저가	보통
		100m이하	보통	고가	보통	다소 고가
	시간당 작업량	200m이상	다소 높음	높음	다소 높음	보통
		100~200m	다소 높음	높음	다소 높음	보통
		100m이하	보통	다소 높음	보통	다소 낮음
	유지관리 (도장)비	200m이상	저가	저가	저가	다소 저가
		100~200m	다소 저가	다소 저가	다소 저가	보통
		100m이하	보통	보통	보통	보통
	안전성		안전	안전	안전	안전
	조작용이성		다소 제한적	다소 제한적	다소 제한적	다소 제한적

※구체적인 수치는 추정치이며 내외부환경에 따라 다소 유동적임

출처: 한국발명진흥회, "상용화를 위한 사업모델 개발보고서", 2013.

○ **(기술성숙도)** 핵심기술별 최고기술 보유국과 한국의 기술성숙도(TRL)를 조사한 결과 TRL 6~7단계 중간으로 실용화 초기 단계인 것으로 평가됨



<그림 7. R&D 성과 TRL 단계 분석 결과>

○ **(기술 경쟁력 강화를 위한 연구주제 심화)** 2010~2015년 (5년간)의 연구단 과제 수행을 통해 BMU의 핵심 유형인 Built-in-rail Guide형과 곤돌라형, 두가지 형태의 시스템을 개발하였음.

- 다양한 입면 형상의 건축물 access를 대응하기 위한 핵심 원천기술을 확보하였으며, 국내외 시장 진입 시 경쟁우위를 확보할 수 있는 심화된 연구주제의 수행이 불가피함.

<표 15. 기술 및 가격 경쟁력 강화를 위한 시스템 성능 개선 사항>

시스템 분야	경쟁력 강화를 위한 성능 개선 사항
수직형 청소로봇	- 다양한 건물의 형상을 극복하여 청소 할 수 있는 로봇 메커니즘 및 제어 시스템 개선
수평형 청소로봇	- 다양한 형상의 건물에 적용 가능한 로봇 센서, 청소 모듈, 검사 도구 시스템의 개선 작업으로 범용성 확대 및 기술 경쟁력 강화
멀리언 설계 (Guide Rail 설계)	- LCC에 근거한 가장 경제성 있는 시스템 모델 제시 및 개발 - 다양한 건물에 적용 가능한 행거 및 Rail 시스템의 개발로 시스템의 범용성 확대
행거 및 Rail 시스템 개발	- Guide Rail 커튼월 표준상세도 및 시방서를 건축설계 및 시공기준에 반영 될 수 있도록 건설공사기준(안)을 기준정비 협의회를 거쳐 중앙건설기술심의위원회에 상정하여 제도적으로 개선

2. 가격경쟁력

○ 본 연구단에서 개발한 '빌트인레일형 빌딩외벽유지관리로봇'의 **생애주기비용** (LCC)을 분석하였으며, 수익비용을 제외한 LCC 총 발생비용은 아래와 같이 산출됨.

<표 3> 로봇 시스템의 LCC 분석결과 (총발생비용, 단위: 원)

구분	로봇 시스템	빌트인 레일	LCC 소계	비율
초기비용	88,885,000	884,512,517	973,397,517	70.02%
수선비용	98,966,609	-	98,966,609	7.12%
교체비용	145,841,185	107,482,133	262,323,318	18.87%
로봇운영 인력비용	-	-	64,560,299	4.64%
에너지비용	-	-	-	0.00%
폐기비용	112,764	2,879,115	2,931,879	0.21%
정기점검비용	5,537,427	-	5,537,427	0.40%
잔존가치	472,789	17,073,268	17,546,057	1.26%
합계	347,870,195	977,740,497	1,390,170,991	100%

* (도곡동 타워팰리스 1차B동 기준) 건축면적: 17,114m2, 높이: 239m, 분석기간: 40년

○ **(추정판매가격)** 시스템의 생산원가는 상기 LCC 분석의 **초기비용**을 기준으로 하였고, **1차 프로토타입**의 시스템 사양을 반영하여 예상가격을 산출함.

<표 4> 빌트인레일형 빌딩외벽유지관리 로봇의 추정판매가 산정

운영 기간	구분	생산원가	제조원가*	추정판매가*	비율
40년	로봇 시스템	88,885,000 원	82,663,050 원	165,160,939 원	9.13%
	빌트인 레일	884,512,517 원	822,596,641 원	1,643,549,732 원	90.87%
	계	973,397,517 원	905,259,691 원	1,808,710,671 원	100%

* (제조원가) 2011년 C292 특수 목적용 기계, 한국은행 통계 기준 생산성 향상에 따른 제조원가 감소율 7% 적용
* (추정판매가) 제조비대매출액 비율 50.05% 적용

○ **(가격 비교)** 추정판매가를 바탕으로 빌트인레일 형태의 시스템의 대표적 사례로 꼽히는 **요코하마 랜드마크타워**에 적용된 **니혼비소社**의 로봇 시스템과 가격을 비교함. **대상 제품가격의 43.8% 수준**인 것으로 나타나 **높은 가격경쟁력**을 갖고 있음.

○ **(가격 적정성) 건축비용 대비 유지관리 시스템의 가격 비율**은 1.5 ~ 1.8%로서 경쟁대상 제품 3.4 ~ 4.1% 비율과 비교할 때에도 산술적으로 **약 2배 이상의 가격 적정성과 경쟁력이 있다**고 추산되며, 이는 **건축주 및 시공사에게 제품 판매 시 큰 설득력**을 갖게 할 것으로 판단됨.

<표 5> 초고층빌딩 건축비용과 유지관리시스템의 가격 비교 및 적정성

구분	BMR 연구단	니혼비소
대상	도곡동 타워팰리스 1차 B동	요코하마 랜드마크타워
건축면적 (높이)	17,114m^2 (239m)	23,208m^2 (296m)
건축비용*	1,000 ~ 1,200 억원	(1,356 ~ 1,627 억원)
유지관리 시스템 가격*	18.1 억원	(56 억원)
건축비용대비 유지관리시스템 가격비율*	1.5 ~ 1.8 %	3.4 ~ 4.1 %
건축물 규모대비 시스템 가격*	(24.5 억원)	-
비교	43.8%	-

* (건축비용) 타워팰리스 커튼월 시공비 100 억원 소요. 해당사항은 총시공비의 약 10~12%임을 역산하여 타워팰리스의 총 공사비용을 산출하고, 이를 건축면적 규모를 적용하여 요코하마 랜드마크타워의 건축비용을 역산출함.
* (니혼비소 제품가격) 1993년 완공 기준 판매가격 약 30억원을 기준으로 공산제 가격상승률 188%를 적용하여 현재가치로 산출함.
* (건축비용대비 유지관리시스템 가격비율) 총 건축비용중 유지관리시스템의 가격 비율을 나타내며, 이는 제품의 가격 적정성을 간접적으로 판단하는 데에 활용함.
* (건축물 규모대비 시스템 가격) 요코하마 랜드마크타워 건축물 규모를 기준으로 BMR 시스템의 가격을 산출함.

○ **(시사점) 빌딩외벽유지관리 로봇**의 **확대 보급**을 위해서는 **총 발생비용의 70% 이상을 차지하는 '빌트인 레일'** 의 설계개선·부품사양 변경 및 시스템 운용방법 최적화 등의 **경쟁력 확보**를 위한 노력이 요구됨. 아울러, **후속과제 및 시범사업의 출범**과 **정부 정책·제도적인 지원**이 뒷받침 된다면 상용화가 보다 원활히 진행될 것임.

3. 시스템 상용화를 위한 국내외 인증 현황 및 필요성

○ **(조사범위)** 전세계적으로 지능형 빌딩외벽유지관리 로봇 시스템을 개발·판매하는 업체가 존재하지 않기 때문에, **유/무인으로 운용되는 BMU (Building Maintenance Unit) 혹은 관련 자동화 설비를 개발, 판매중인 해외 기업을 대상**으로 조사함. 아울러 **주요국가**들에서 기준으로 하고 있는 **인증**을 검색함.

○ **(공인인증)** 버즈 두바이에 BMU 시스템을 공급한 업체인 호주의 Cox Comyl社는 아래와 같은 국제 혹은 국가별표준 및 인증을 득하고 있으며, 주로 곤돌라 **시스템의 설계, 안전성, 건설 및 품질 규정** 등과 관련한 내용임.

○ **북미지역의 경우** 『**직무안전보건 기준**』의 엄격한 기준을 통과하여야만 해당 제품을 판매·유통할 수 있으며, 특히 **미국**의 경우 IWCA (International Window Cleaning Association)**를 설립**하여 美 국립표준원에서 승인하는 **빌딩외벽청소안전표준**을 제정하는 데에 역할을

하고 있음.



<그림 8 국가별 외벽유지관리 시스템 관련 인증>

○ **(시사점) 국내에서는** 산업안전관리공단에서 제시하는 가설곤돌라에 대한 **모호한 기준 만이 존재**하고 있으며, 본 연구단에서 개발하는 **지능형 빌딩외벽유지관리 로봇 시스템이 시장에 도입되기 위해서**는 해당 시스템을 **분류하는 체계를 구축**하고, **관련 안전규정** 및 **설계·시공 기준의 마련이 시급한 실정**임.

4. 시장진입 장벽 완화를 위한 제도/법령 도입 현황 및 필요성

○ **(해외 관련법 현황)** 미국, 독일, 일본, 호주, 뉴질랜드 등에서 건축물 유지관리와 관련된 규정들을 제정·시행중에 있으며, 시스템의 설치, 운영에 관한 법뿐만 아니라 장비의 세부사양과 관련된 안전기준, 작업시 오폐수 처리 등과 같은 광범위하고, 구체적인 기준들을 제시하고 있는 것이 특징임.

- **(해외 정부지원 사례)** 건축물 유지관리에 관한 유사 정부지원 사례를 조사할 수 있었으며, 건축비용에 대한 무이자 대출, 감세, 무상 컨설팅, 등 다양한 형태로 지원하여, 산업안전보건 복지증진과 환경 친화적 건축 · 도시 환경구축 및 도시재생을 위한 다면적 대응방향을 모색함 (별첨1 참조).

○ **(국내 관련법 현황)** 산업안전보건법의 『건축물 곤돌라/리프트』에 관한 기준들이 존재하나, 건축허가를 위한 시스템의 정의 수준임.

- **(국내 정부지원 사례1)** 산업안전보건법 시행규칙 일부 개정안 중, 『안전·보건과 관련된 시설을 개선하는 사업장에 대한 자금융자 및 금융·세제상의 혜택 부쳐』에 관한 내용을 검토하여 수요자 지원을 위한 효율적 적용방안 마련이 요구됨.

- **(국내 정부지원 사례2)** 『지능형건축물 인증기준[1)]』의 사례와 같이 "지능형 빌딩외벽유지관리 시스템 적용 법안"의 도입을 통해 용적률 및 건축물 높이제한 기준 상향조정, 조경면적 기준완화 등과 같은 합리 · 실질적인 경제적 지원이 가능할 것으로 보임.

5. Built-in Guide형 시스템을 적용한 건축물이 지능형 건축물 인증기준 등과 유사한 혜택 群에 포함될 경우 건축주의 수익성 분석

1) 지능형건축물 인증기준: 국토해양부고시 제2011-716호 (2011.11.30. 고시), 2011.12.01.일로 現 시행중

○ **(예: 現 지능형건축물 인증의 혜택)** 현재 특정 건축물이 지능형 건축물 인증을 취득할 경우 건축주에게는 인증 등급에 따라 용적률 증가, 조경면적 감소, 층수제한 증가 등의 혜택이 주어짐. 인증 등급에 따른 심사점수 및 건축기준 완화 비율은 아래와 같음.

등급	심사점수	건축기준 완화 비율		
		용적률	조경면적	층수제한
1등급	90% 이상 득점	15% ▲	15% ▼	15% ▲
2등급	85%이상 90%미만 득점	12% ▲	12% ▼	12% ▲
3등급	80%이상 85%미만 득점	9% ▲	9% ▼	9% ▲
4등급	75%이상 80%미만 득점	6% ▲	6% ▼	6% ▲
5등급	70%이상 75%미만 득점	0% ▲	0% ▼	0% ▲

○ **(Built-in Guide형 시스템 적용 건축물에 인증혜택이 주어질 경우의 수익성 변화 예측)** 위와 동일한 인증 혜택에 따른 건축주의 수익성 변화를 예측하기 위해 건축주로서 인증 혜택 이전에 얻을 수 있는 건축사업의 수익성과 인증 취득 이후 판정 등급에 따라 얻을 수 있는 수익성의 변화(차이)를 비교 분석함. 수익성 변화를 예측하기 위한 제한요건은 아래와 같음.

제한요건
① 인증에 따른 혜택은 지능형 건축물 인증기준 혜택과 동일하게 1)용적률 증가, 2)조경면적 감소, 3)층수 제한 완화로 제한함.
② 경제성 분석 대상은 초고층 업무시설인 도곡동 소재의 타워펠리스 1차 B동으로 설정
③ 건축사업비는 일반적으로 대지비, 건축비, 금융비의 합으로 반영되어야 하나, 분석 시점의 명확한 적용 할인율 및 소요 금융비용 산정의 한계성으로 인해 건축사업비를 금융비를 제외한 대지비와 건축비의 합으로 설정
④ 건축주의 건축사업 시행에 따른 수익은 건축사업비와 분양가의 차액으로 설정
⑤ 분석 대상인 타워펠리스 1차 B동의 대지비는 총 4개(A, B, C, D)동으로 구성된 타워펠리스 1차 총 대지면적의 1/4로 반영하였으며, 1998년 착공 당시 해당 지번의 공시지가와 현업에서 건축사업의 타당성(FS) 분석을 위해 적용되는 지수를 고려하여 설정
⑥ 타워펠리스 1차 B동의 건축비는 타워펠리스 1차 공사가 수행되었던 1999년~2001년 동안 대형 건축물의 연도별 표준건축비 현황 자료의 평균치를 적용
⑦ 타워펠리스 1차 B동의 수익 산정을 위한 분양가는 2002년 분양 당시의 실제 적용 평당 분양가를 적용
⑧ 조경공사비는 당시 유사 초고층 빌딩 사례에서 사용된 조경공사비를 적용
⑨ 층수제한 증가는 용적률 제한 이상으로 증가할 수 없으므로 수익성 변화 예측에는 용적률의 증가, 조경면적의 감소만을 반영

○ **(건축주 관점에서의 수익성 변화 예측 결과)** 용적률 완화 등의 혜택에 따른 수익성 변화의 예측을 위해 건물의 개요정보, 표준공시지가, 대형건축물 표준건축비, 유사 사례의 조경공사비 등이 사용되었으며, 혜택 전후의 건축사업비와 분양가의 차이에 대한 비교를 통해 수익성의 변화를 예측하였으며 그 결과는 아래와 같음.

구분	인증의 혜택	혜택에 따른 허용 연면적	총건축사업비		조경 공사비 감소분 (천원)	수익금액 (천원)	수익률
			대지비 (천원)	건축 공사비 (천원)			
1등급	15% (용적률/층수제한 완화, 조경면적 감소)	80,246 ㎡	97,044,768	86,584,677	440,508	35,661,875	198%
2등급	12% (용적률/층수제한 완화, 조경면적 감소)	78,152 ㎡		84,325,946	352,406	32,123,354	179%
3등급	9% (용적률/층수제한 완화, 조경면적 감소)	76,059 ㎡		82,067,216	264,305	28,584,831	159%
4등급	6% (용적률/층수제한 완화, 조경면적 감소)	73,966 ㎡		79,808,485	176,203	25,046,309	139%
5등급 미인증 (기존)	-	69,779 ㎡		75,291,024	-	17,969,264	100%

○ 용적률 완화 등 혜택에 따른 수익성 변화를 예측한 결과, 판정 등급에 따라 그 결과는 상이하나 1등급의 경우 미인증 시에 비해 최대 2배 정도의 수익성 제고 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석됨. 따라서 위 예측 결과를 고려해 볼 때 지능형 건축물 인증제도와 유사한 혜택이 Built-in Guide형 시스템에 적용될 경우, Built-in Guide형 시스템을 적용하고자 하는 국내외 건축주의 수요는 크게 증가할 것으로 기대됨.

6. 시범사업 출범을 통한 국내외 홍보 및 시장성 확대 지원

○ 빌딩 외벽유지관리로봇의 상용화 및 국내 신시장 창출과 시장성 확대를 위해서는 시범사업 출범이 절실히 요구됨. 아래는 대표적인 시범사업 성공사례 및 공공건축물 적용사례를 소개함.

○ **(국내 시범사업 성공사례1)** 해수담수화 시스템 시범플랜트 설치[2)]

- 역삼투막 방식(RO) 연구개발을 통해 2001년 이후 10년 동안 75억 달러 수출 실적을 올림
- 2000년 이후 담수플랜트 시장은 빠르게 상승 중이며 특히 2005년에서 2010년에 큰 폭으로 상승 중

2) 해수담수화 시스템 시범플랜트: 1997년 국토부 주관으로 전남 신안군 흑산면 홍도에 100㎥/일 용량의 해수담수화 시범플랜트 설치 (출처: 2013 로봇산업실태조사 결과 보고서)

- 역삼투막 방식 연구 개발에 참여한 두산중공업은 중동지역 해수 담수화 플랜트 수주 및 전 세계 해수담수화 플랜트 수주 1위를 차지함

○ **(국내 시범사업 성공사례2)** 서비스로봇 시장검증 시범사업[3)]
- 시범사업 이후 서비스로봇 시장은 총 출하현황을 기준으로 2007년도 대비 2012년도는 743% 증가를 보임.

○ **(해외 공공건축물 BMR 적용사례1)** 독일의 Fraunhofer IFF 연구소는 1996년 외벽청소 로봇을 라이프찌히 전시센터 신관에 적용하였으며, 당시 25,000m^2에 달하는 외벽 유리 면적을 2대의 청소로봇을 활용하여 작업을 수행하였음.
- 독일 베를린 중앙역사의 외벽 유리면을 Filius Cleaning System을 적용하여 시범운영함. 외벽 면적은 28,000m^2이며, 작업성능은 150m^2/hour.
- 뮌헨에 위치한 Fraunhofer 중앙연구소 사옥에 $SIRIUS_{ZV}$를 설치 운용함. 해당 시스템은 오염수를 회수하고, 진공흡착 장치를 이용하여 돌풍의 영향을 최소화 하였음.



Leipzig's New Exhibition Center　Berlin Central Station　Fraunhofer headquarter, Munich

<그림 9. 독일 Fraunhofer IFF 공공건축물 적용사례>

○ **(해외 공공건축물 BMR 적용사례2)** 프랑스 Robosoft社는 2002년 루브르박물관 앞의 피라미드 외벽유리면 청소를 현장시연 하였으며, 미국의 ARVI (Advanced Robotic Vehicle) 社와 계약을 체결하여 2003년부터 핵심 부품 구성과 판매실시를 하였음.



<그림 10. 프랑스 Robosoft社의 공공건축물 적용사례>

3) 서비스로봇 시장검증 시범사업: 2007년 산업자원부 주관으로 진행된 서비스로봇 시장검증 시범사업은 서비스 로봇의 실용화 촉진 및 시장 창출을 위해 실시 (출처: 2013 로봇산업실태조사 결과 보고서)

7. 국내외 법・제도 및 정부지원 사례

국내외 법 · 제도 및 정부지원 사례 1

해외 사례 – 일본

- 1970년 『빌딩위생유지관리법』, 1982년 『빌딩유지관리협회』 시행중
  - ✓ 1970년, 일본의 정의부, 보건복지부, 노동건설부처 장관의 공동 발의로 시행중
  - ✓ 『빌딩위생엔지니어』 와 『빌딩유지관리엔지니어』 를 각각 두고 있음
  - ✓ 유지관리 용수 및 유지관리 후, 오폐수 처리 등에 대한 엄격한 감독/관리를 시행하고 있음.
  - ✓ 1982년, 일본 인력개발진흥법을 기반으로 한 빌딩유지관리 전문인력의 시험평가 제도 시행중
  - ✓ 『빌딩청소기능사』 자격시험을 시행 중이며, 『건축물청소사업관리자』가 되기 위한 필수 자격 요건으로 규정

〈표〉 일본. 건축기준법의 유지보전 관련 규정

규 정	내 용
제8조	건축물 구조와 건축 설비를 상시 적법한 상태로 유지하도록 노력
제8조의2	제12조 제1항에서 규정한 건축물은 필요에 따라 유지보전에 관한 준칙과 계획을 작성하여 적절한 조치를 강구
고시 제1006조	유지보전에 관한 준칙과 계획의 지침
폐지(하위 제17호	유지보전에 관한 준칙과 계획의 추진
제12조 제1항 제1호	제6조 제1항 제1호의 특수건축물과 제6에서 정한 건축물은 정기적으로 건축물의 구조와 건축설비를 조사하여 보고하여야 함

건축물의 안전/위생 →
- ✓ 기존 건축물의 개선, 성능확보, 에너지절약, 자원절약 등 패러다임 전환
- ✓ 도시재생 및 경관형성의 도시계획에 대한 배려 등 다면적 대응 방향 모색으로 시각 전환

국내외 법 · 제도 및 정부지원 사례 2

해외 사례 – 호주, 뉴질랜드

- [호주] 2009년 Safe Work Australia (정부산하기관), 세계적으로 가장 체계적인 법/제도
  - ✓ 1990년대 초반부터 BMU와 관련 작업안전 장치 등에 대하여 상세히 정의
  - ✓ 다양한 조건과 기준으로 엄격한 규제를 시행중 (Australian Standards and Australian/New Zealand Standards)
  - ✓ 특히, AS 1418.13 Cranes (including Hoists and Winches) – Building Maintenance Units 를 주목할 만함
  - ✓ BMU의 메커니즘 (설치, 브레이크, 리밋 디바이스, 부하조건 등), 제어/통신, 평가 등 다분야의 관련 법규가 존재

- [뉴질랜드] 정부차원의 BMU 사용에 대한 의무/권고사항 및 지침 시행 중
  - ✓ 초고층 건축물의 안전을 위하여 BMU를 사용하도록 하는 권고를 (일부는 의무사항임) 하고 있음
  - ✓ 하지만, 기존 초고층 건물의 유지보수 시, BMU를 활용한 인력에 의존하고 있는 점을 인식, 작업자 혹은 시스템의 안전을 위한 (Safety factor) 제도의 의무사항과 권고사항 등을 명시함
  - ✓ 작우안전보건청 (Occupational Safety and Health, the Department of Labour)의 BMU 기준 (법령, 제도 등)
    - → NZS 5802 (빌딩외벽청소 기준),
    - → BS 6037 (BMU 설계지침),
    - → NZS 4203 (BMU의 하중설계 기준),
    - → BS 2573 (BMU 크레인 설계지침),
    - → BS 5974 (Powered stage 설계지침) 등 많은 안전설계관리 기준 및 작업지침을 제정한 상태임.

국내외 법 · 제도 및 정부지원 사례

3

해외 사례 – 유럽

- [독일] 『공법적 건축법 – 건축물 유지관리 규정』
  - ✓ 공법적 건축법은 건축계획법 (토지상의 건축 규율)과 건축절서법 (건축물 설치/변경, 철거/허가 등)이 있음
  - ✓ 공법적 건축법에서는 도시건축 개발규정, 건축물의 보존과 지역특성, 라모델링 및 수선규약 등이 있음
  - ✓ 연방법인 독일건축법령에서는 건축물의 유지관리에 대한 기본 방향을 제시, 매우 세부적인 규정을 정함
    - → 도시건축개발규정
    - → 라모델링수선규약
    - → 주거결함제거법
    - → 주택감독법실행규정 등

- [프랑스 – 정부지원 유사사례] 2008년 『에코정책』
  - ✓ 프랑스 정부는 2020년까지 주택에너지 38% 절감 목표 설정, 이를 위해 『무이자 에코융자정책』을 시행
  - ✓ 열효율 향상을 위한 공사시, 정부가 3만 유로 한도 내 무이자로 비용을 대출, 시설 공사비 50% 감세함
  - ✓ 감세와 투자방향은 단순히 에너지를 절약하기 위한 것뿐만 아니라 오래 실업률을 변화시키기 위한 노력임

- [영국 – 정부지원 유사사례] 2012년 『웨일즈 주택환경표준화정책』
  - ✓ 건축물 유지관리를 위한 BMU 역시 속함
  - ✓ 주택 내부, 에건대 주방, 욕실, 전기전자시설 설비 등을 포함한 건축물의 전반적인 환경개선을 위한 재원과 전문 컨설팅을 지원함.

국내외 법 · 제도 및 정부지원 사례

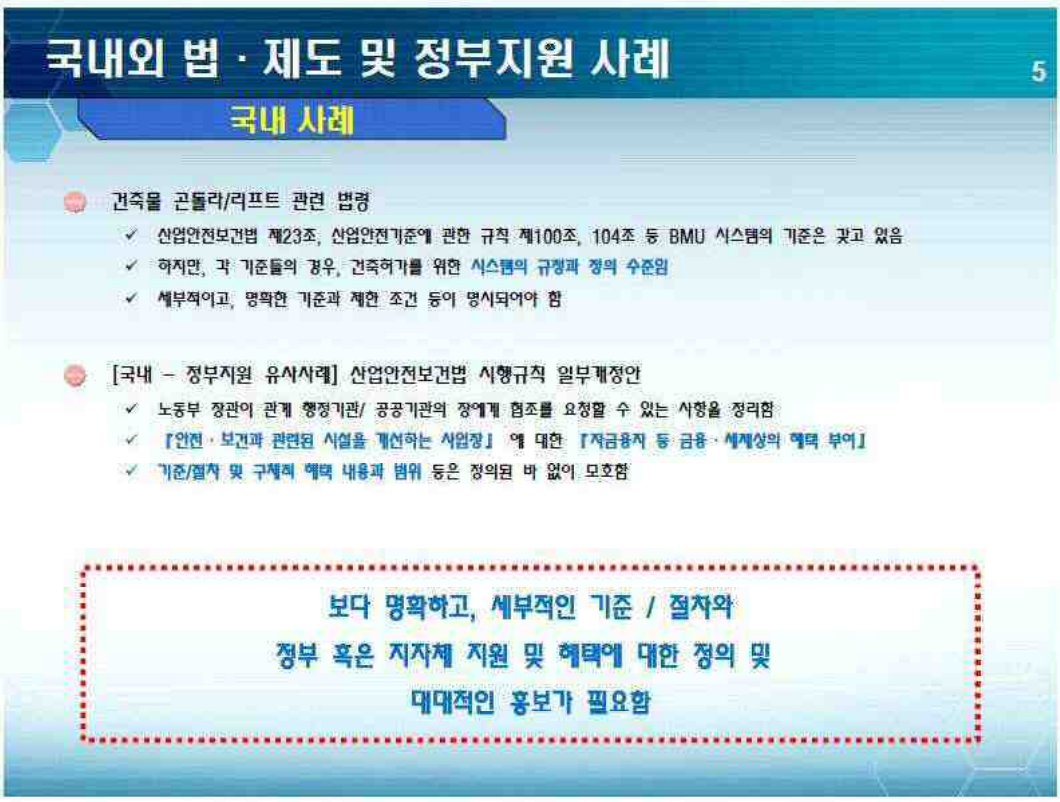
4

해외 사례 – 미국

- 2013년 개정, 노동부 산업안전보건청 『유지관리 장치에 관한 법』
  - ✓ 영구설치 플랫폼, 파워 플랫폼 등 BMU에 해당하는 시스템의 설치, 구조 요구조건, 유지보수, 검사 등의 사항을 규정함
  - ✓ 통합 시스템 뿐만 아니라, 각 구성품의 인증/검사서를 필요로 하는 등 엄격한 기준을 갖고 있음

- [미국 – 정부지원 유사사례] 2013년 『수리 및 유지관리 규정』
  - ✓ 미국 국세청 (IRS: Internal Revenue Service)에서 시행한 규정
  - ✓ 건축물의 수선유지관리 등을 위한 비용을 정부가 지원하는 제도
  - ✓ IRS에서는 건축물의 수선유지관리 등을 위한 품목을 매우 구체적으로 정의
  - ✓ 이들 품목의 구매 시 곧바로 세금감면의 혜택을 주고 있음. 정의된 품목을 요약하면 아래와 같음
    - → 건물의 구조 및 구조 부품 및 에스컬레이터, 엘리베이터
    - → 난방/환기 및 공조 시스템 (모터, 압축기, 보일러, 용광로, 냉각 장치, 파이프 및 라디에이터 포함)
    - → 전기 (배선 포함, 조명기구, 배전 장비) 시스템 및 센서, 컴퓨터 제어 장치
    - → 보안 시스템 (장호 잠금장치, 보안 카메라, 레코더, 모니터, 동작 감지기, 보안 조명, 경보 시스템) 등.

별첨 1



8. 법제도 정비 및 경제성, 활용성 향상과 관련된 후속연구 필요성

○ **(법제도 정비)** 개발 중인 BMU(Building Maintenance Unit)가 건축물에 설치·운영될 수 있도록 설계·시공기준 및 안전규정 등 마련 필요

- 곤돌라・호이스트 등과 같은 산업안전기준 부합 여부 검토 및 관련부처(고용노동부) 협의가 필요하고, '지능형 건축물 인증제도(녹색건축과)'에 포함시키는 방안 검토

○ **(실용화 연구) 다양한 형상 적용**이 가능한 시스템 개발, 장비・건설원가 절감 통한 **경제성 제고** 등 **후속 실용화연구 지원 검토** 필요

- 해외 사업화 사례분석, 건물・댐・발전소 등 적용대상 다양화, 빌트인레일・곤돌라 등 타입별 실용화 별도 추진 등 다각적 검토

참고문헌

1) 2015년 서울… 63빌딩은 차라리 아담했다, 조선일보, 2009.04.02
2) 산업안전보건법 제26조제4항
3) 산업안전보건업무담당근로감독관집무규정 (노동부 훈령 제634호)
4) 한국산업안전보건공단 산업재해통계, 2009
5) 일본 산업용 로봇공업회 설문조사, 2009
6) 시민환경 기술센터 조사자료, 2009
7) Wips, http://search.wips.co.kr
8) Kipris, http://www.kipris.or.kr
9) 델피온 특허검색 엔진, http://www.delphion.com
10) 한국은행 경제통계국 통계자료, 2007
11) 건설교통부, 건설기술 분야별 기술수준 측정, 건설교통부(한국건설기술연구원), 2004. 8
12) 통계청, kosis.nso.go.kr, 2005
13) 박은규, 임베디드 DBMS 시장 전망, 임베디드월드(http://www.embeddedworld.co.kr), 2002
14) 규제개혁위원회, http://www.rrc.go.kr/
15) 과학기술 통합검색 시스템, http://www.yeskisti.net/
16) ETRI 사이버 테크노 마트, http://technomart.etri.re.kr
17) RD2000, 평화엔지니어링, http://www.phe21.com/data/rd2000.asp
18) 서종원, 김영환, 정평기. (2004a). "프로세스 시뮬레이션을 연계한 건설공정 시각화", 한국건설관리학회 논문집
19) 서종원, 김영환, 정평기. (2004b). "건설 그래픽 시뮬레이션 시스템의 기능 개선을 위한 물리적 모델링", 한국건설관리학회 논문집
20) ~Seo, J., Haas, C., Sreenivasan, S., and Saidi, S. (2000). "Graphical Control Interface for Construction and Maintenance Equipment", May/Jun., Vol. 126. ASCE Journal of Construction Engrg. and Management.
21) Seo, J., Saidi, K., Haas, C., Sreenivasan, S., Traver, A., and Frank, R. (1999). "A Tele-robotic System with Dynamic Graphical Interfacing for Electrical Power Plant Maintenance," Field and Service Robotics Conference, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, Aug. 29-31, 1999.
22) 정보통신부 지능형 서비스 로봇 기술개발 전략 수립을 위한 기획연구 2003
23) TP중심의지역기술혁신체제구축방안연구, 한국산업기술평가원, 2005. 1.
24) 산업기술지원사업 Annual Report, 산업자원부, 2004. 4.
25) 산업판도를 바꿀 미래기술, 삼성경제연구소, 2003. 6.
26) T. B . Sheridan, "Telerobotics," Automatica, vol. 25, no. 4, pp. 487-507, 1989.
27) J. Vertut and P. Coiffet, Teleoperation and Robotics, Robot Technology, vol. 3, Kogan Page Ltd., 1985.
28) C. B. Grigore, Force and Touch Feedback for Virtual Reality, John Wiley & Sons, Inc., 1996
29) Robot Assisted Microsurgery, NASA's Jet Propulsion Laboratory, http://robotics.jpl.nasa.gov/tasks/rams/hompage.html.
30) Asakawa N. and Takeuchi, Y., "Teachingless Spray-Painting of Sculptured Surface by an Industrial

Robot," Proc. of 1997 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 1875-1879.
31) Santos, C., Monteiro, N., Fonseca, J., Garrido, P., and others, "Control of a robot painting system using the multi-resolution architectural principle-a summary," Proceedings of the '97 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (Cat. No.97TH8280), pp. 672-6.
32) 김영석 외, "국내 건설 산업의 건설 자동화 및 로보틱스 도입방안에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 17권2호, 대한건축학회, 2001
33) 심규범, "건설기능인력의 수급실태 및 대응방안", 건설산업동향, pp.12, 한국건설산업연구원, 2002
34) 장현승 외, "건설공사의 기계화·자동화의 효과 및 확대 방안", 건설산업동향, pp.3, 한국건설산업연구원, 2003
35) 실무자를 위한 건설로봇의 시공노하우, 탐구문화사, 2002
36) Cusack, M, "Automation and robotics the interdependence of design and construction systems", Industrial robot, Vol.21, No.4, pp.10, 1994
37) Phillip John Mackerrow, "Introduction to robotics", Addison-Wesley, pp.348, 1991
38) Manfred Hiller, "Robotics and autonomous systems : modeling, simulation and control design for large and heavy manipulators", Robotics and autonomous systems, Vol.19, Issue2, pp.167, 1996
39) 2015년 서울… 63빌딩은 차라리 아담했다, 조선일보, 2009.04.02
40) 산업안전보건법 제26조제4항
41) 산업안전보건업무담당근로감독관집무규정 (노동부 훈령 제634호)
42) 한국산업안전보건공단 산업재해통계, 2009
43) 일본 산업용 로봇공업회 설문조사, 2009
44) 시민환경 기술센터 조사자료, 2009
45) Wips, http://search.wips.co.kr
46) Kipris, http://www.kipris.or.kr
47) 델피온 특허검색 엔진, http://www.delphion.com
48) 한국은행 경제통계국 통계자료, 2007
49) 2015년 서울… 63빌딩은 차라리 아담했다, 조선일보, 2009.04.02
50) 산업안전보건법 제26조제4항
51) 산업안전보건업무담당근로감독관집무규정 (노동부 훈령 제634호)
52) 한국산업안전보건공단 산업재해통계, 2009
53) 일본 산업용 로봇공업회 설문조사, 2009
54) 시민환경 기술센터 조사자료, 2009
55) Wips, http://search.wips.co.kr
56) Kipris, http://www.kipris.or.kr
57) 델피온 특허검색 엔진, http://www.delphion.com
58) 한국은행 경제통계국 통계자료, 2007

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 건설기술연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.