

최소침습수술용 의료로봇 기술개발연구 - 시나리오플래닝을 적용하여 -

이상윤* · 윤홍주**

A Study on Development of Technology System
for MIS(Minimally Invasive Surgery) robot of S. Korea
analysed by the Application of Scenario Planning

Sang-Yun Lee* · Hong-Joo Yoon**

요 약

본 연구는 미래예측방법으로 많이 활용되고 있는 시나리오플래닝 방법론을 적용하여 한국에 있어, 최소침습수술용 의료로봇의 바람직한 미래상을 도출하였다. 최소침습수술용 의료로봇산업은 한국에 있어 미래를 주도할 신성장동력으로 주목받고 있으며, 한국뿐만이 아니라 전 세계적으로도 새로운 신성장산업으로 주목받고 있다. 따라서 본 연구는 이러한 최소침습수술용 의료로봇의 기술적 특징과 그 구성기술요소를 고찰하여, 해외의 최소침습수술용 의료로봇기술 중 특히 미국을 중심으로, 한국의 최소침습수술용 의료로봇기술의 상대적 미래우위전략을 찾고자, 미래지향적인 방안을 모색하였으며, 그 결과 한국의 최소침습수술용 의료로봇에 있어, 증강현실(Augmented Reality) Display기술에 대한 ‘집중전략’이 한국정부가 추진할 바람직한 정책이었다.

ABSTRACT

This study is about development of technology system for MIS(Minimally Invasive Surgery) robot of S. Korea analysed by the application of scenario planning. MIS robot industry receive attention as a new growth industry for national and international and is noticeable for the leading industry of future era in Korea. In this paper was examined the characteristics of an MIS robot technology and its components. It was investigated about the technology of an overseas MIS robot(especially U.S.A) and Korean domestic MIS robot and understood such as the country's policy propulsion issues then, was searched about development direction of the future. As a result, the future policy for MIS robot of S. Korea is to further spur the development of new MIS robot technology and more improvement of the technology level of MIS robot with AR(Augmented Reality) display.

키워드

MIS(Minimally Invasive Surgery) Robot, Technology policy, Scenario planning, Augmented reality
최소침습수술용 의료로봇, 기술정책, 시나리오플래닝, 증강현실

1. 서 론

의료용 로봇의 연구개발 분야는 크게 네 분야로 나눌 수 있다. 먼저 수술실에서 집도의사의 명령에 따라

수술을 보조하는 수술보조 로봇, 의사를 대신하여 수술과정의 전체 혹은 일부를 의사를 대신하거나 의사와 함께 수술 작업을 진행하는 수술 로봇, MRI나 CT 등을 이용하여 가상의 환자와 촉감장치를 이용한 수

* 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과(waw1313@hanmail.net)

** 부경대학교 공간정보시스템공학과(yoonhj@pknu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 09. 21

심사(수정)일자 : 2013. 01. 15

게재확정일자 : 2013. 01. 21

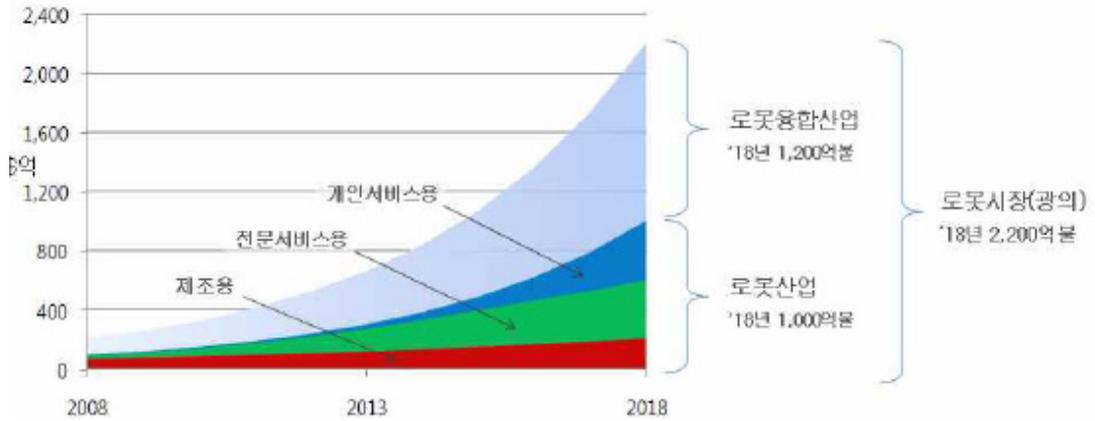


그림 1. 세계 로봇시장 전망[4]
Fig. 1 Prospect of global robot market

술 시뮬레이터, 장애인과 노인층의 독립적인 활동을 가능하게 해 주는 재활 로봇의 분야로 구분할 수 있다. 수술보조 로봇으로서 대표적인 것은 미국의 Computer Motion사의 AESOP와 영국 Armstrong Healthcare사의 Assist, 영국 Imperial대학의 ROBO-SCOPE, 원격수술 로봇으로서 대표적인 것은 미국의 NASA JPL의 RAMS, Computer Motion사의 ZEUS 시스템, Intuitive Surgical System사의 da Vinci 시스템이 있고, 현재 세계 각국의 대학에서 원격수술 로봇 시스템의 연구개발이 활발히 진행되고 있다[1].

이러한 세계적인 경쟁 속에서 한국 역시 발 빠르게 대응하고 있다. 2012년도 지식경제부의 기술혁신사업 시행계획 공고의 산업융합원천기술개발사업에는 로봇과 바이오 및 의료기기 분야에 대해, 2,788억 원을 지원하는 신산업 분야로 정하고 이 중 로봇에 684억 원과 바이오·의료기기에 851억 원을 각각 지원하며 관련 분야에 대한 국제적 경쟁력을 강화하고 있다[2].

특히 로봇분야에는 손상된 상하지 근골격계 복귀 수술의 정확도와 안전성 향상을 위한 2mm 오차급 뼈포지셔닝 및 터널링 수술 로봇 시스템 개발과 함께, 방사선 피폭 저감 및 시술 정확도 향상을 위한 복부 및 흉부 1cm급 병소 생검 및 치료용 바늘 삽입형 영상중재기술 로봇시스템 개발을 중점지원대상과제로 정하고 있다.

본고는 이러한 점에서, 한국 의료용 로봇의 세계 경

쟁력을 강화하는 전략을 찾기 위한 목적에서, 지식경제부 기술혁신사업 시행계획공고의 산업융합원천기술개발사업에서의 로봇분야 중 수술로봇시스템 분야에 대한 연구를 진행한다. 또한 이를 위해 현재 미래예측도구로서 활용되고 있는 시나리오플래닝 기법을 도입하며, 연구의 범위는 의료용 로봇분야의 핵심기술인 최소침습용 수술로봇에 한정하여, 수술 후 환자에게 있어 만족도를 높이는 최소침습용 수술로봇 기술 분야에 대한 국제 경쟁력을 강화하는 정책적 시사점을 모색한다.

II. 의료용 로봇기술과 동향

국제로봇연맹(IFR: International Federation of Robotics)의 정의에 따르면, 넓은 의미에서 로봇은 외부의 환경을 자체적으로 인식(Perception)하고 스스로 그 상황을 판단(Cognition)하여 자율적으로 동작(Mobility & Manipulation)하며 주어진 임무를 수행하는 것을 말한다.

표 1. 지능형 로봇분류[3]
Table 1. Sort of intelligent robot

구분	대분류	중분류	소분류
		가사로봇 (가정용 로봇)	청소/정비/심부름/조리 로봇 등

지능형 로봇	서비스 로봇	여가지원 로봇 (가정용 로봇)	완구/게임/가정 교사/놀이친구/ 육아 로봇 등
		생활지원 로봇 (사회복지용 로봇)	실내아동보호/보 행훈련보호/생활 보호 로봇 등
		공공복지 로봇 (사회복지용 로봇)	복지시설용(빌딩 청소)/안내/경비/ 의료용/빌딩도우 미 로봇 등
	산업용 로봇	제조업 로봇	용접/조립/도장 로봇 등
		비제조업 로봇	수중작업/과일수 확 로봇 등

한편, 표 1에서 보듯이, 의료용 로봇은 산업용 로봇과 서비스 로봇 분야 중 서비스 로봇에서 사회복지용 로봇 중 공공복지로봇 분야에 속한다.

또한 산업용 로봇이 주요 기술로 제어(Control)에 중점을 둔다면, 이 의료용 로봇이 속하는 서비스 로봇의 중점기술은 운동(Mobility)이다. 또한 산업용 로봇이 사용처에 따라 3축 이상의 축을 가지고 생산현장에서 산업 자동화용으로 적용되는 제조용 로봇이라면, 서비스 로봇은 제조용 이외의 분야에서 인간과 설비

에 유용한 서비스를 제공하거나 인간의 일정부분 임무를 대체할 수 있는 로봇을 말한다.

의료용 로봇이 속한 서비스로봇분야에서, 전문서비스용 로봇 시장의 성장률은 현재 가파르게 상승하고 있다. 특히 미국의 경우, 서비스로봇 분야에서 기술력, 상품기획, 마케팅 능력을 앞세우며, 크게 성장하고 있다. Intuitive Surgical사는 다빈치시스템의 판매를 통해 2007년부터 본격적으로 세계 수술로봇시장을 선도하고 있다. 일본 역시 산업용 로봇기술의 경쟁력우성성을 바탕으로 서비스로봇 기술 분야에서도 세계적으로 주도하고 있다. 액추에이터와 센서 등 부품분야에서 최고의 기술력을 보유하여 휴머노이드 등 보행로봇기술 개발에 집중하고 있으며, Honda, Toyota, Fujitsu 등 대기업과 AIST, 동경대, 와세다대 등에서 폭넓은 연구가 진행되고 있다. 이미 로봇사용 및 설치대수에서 세계 2위권 수준의 로봇강국인 EU는 KUKA(독일), 지멘스(독일), 일렉트로룩스(스웨덴), ABB(스웨덴)등의 대기업이 나서 최근 서비스로봇 개발에 집중적으로 투자하고 있다.

그림 1에서 보듯이, 의료용 로봇이 속한 서비스 로봇 분야는 2018년 경우, 개인서비스용 분야는 800억 불에 육박할 것으로 전망되며, 전문서비스용 분야는 400억 불을 넘어설 것으로 전망된다. 의료서비스 로봇은 2010년 기준 지난 5년간 세계적으로 평균 40%이상 성장하고 있는 분야로서, 특히 로봇시장에서 의료



※ 상대수준(%) : 최고기술보유국의 점수를 100점으로 하여 환산(표준화)

격차기간(년) : 최고기술보유국의 기술격차를 0으로 하여 환산(표준화)

그림 2. 주요국 로봇기술격차[5]
Fig. 2 Gap of global robot technology

서비스 로봇 분야는 고부가가치 산업으로 특화되고 있다. 전 세계적으로 의료서비스 로봇의 2007년 말 보유량은 6,200대 정도로 추산되며, 이중 surgical robot이 5,100여대, robot-assisted surgery이 500여대로 집계된다. 미국 Intuitive Surgical사의 다빈치 로봇관련 2008년 매출만 8.75억불(1조원)에 이르고, 2014년에는 140억불의 시장을 이룰 것으로 예상된다[5]. 특히 의료용 로봇이 속하는 서비스 로봇분야 최선도 국가라 할 수 있는 미국의 기술개발 동향을 좀 더 상세히 살펴보면[5], 미국의 경우, ‘삶의 질 향상을 위한 로봇 기술’의 개발에 초점을 맞추어 추진하고 있다. 미국은 CMU의 Robotics Institute 산하에 QoLT (Quality-of-Life Technology) ERC를 설립하여, 이를 모태로 4개의 중점 연구 분야를 선정하고 연구개발을 추진 중에 있으며, 현장에서 사용할 수 있는 필드 로봇에 대한 연구를 집중적으로 진행하고 있다.

특히 CMU의 Robotics Institute 산하 National Robotics Engineering Center, Field Robotics Center를 중심으로 연구개발 및 기업화를 위한 시도가 진행되고 있는데, ‘병원에서 수술을 위해 의료용 로봇의 사용이 가능하다’는 미국 FDA의 승인에 따라 기업들은 의료용 로봇의 개발에 집중하고 있으며, 미국 NIH를 중심으로 재활로봇과 의료로봇의 개발에 대한 지원이 진행 중에 있다.

한편 한국의 경우, 의료용 로봇 및 서비스 로봇이 속하는 지능형 로봇 분야에 대한 기술개발에 더욱 집중하고 있다. 곧 ‘지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법’(‘08) 제정하고, 지역 로봇산업 육성을 위한 기반구축, 전문 인력양성 및 국제표준화 역량강화 등을 통한 범국가 차원의 체계적이고 일관성 있는 로봇산업 발전체계 및 육성 지원을 추진하고 있다. 2009년까지 제1차 지능형 로봇 기본계획에서 로봇산업과 다른 산업 및 기술과의 융합을 본격적으로 강조하였고, 2013년까지 국내 시장 4조원, 수출 10억 달러 달성을 목표로 2009년부터 2013년까지 약 1조원의 정부예산을 투입할 예정이다[5]. 이상의 노력에도 불구하고, 사실상 현재 한국의 경우, 아직 미국 등의 관련 주요국에 비해, 이 분야 시장에 있어, 형성초기단계이다. 따라서 한국의 대기업인 삼성전자, LG전자, KT, SKT 등의 통신기업 및 한국의 로봇 벤처기업들인 한울로보틱스, 유진로봇, 이노메탈이지로봇(現하이드로젠파워), G텍

(前 내쇼날헬스가드)등이 다양한 형태의 로봇을 개발하여 상용화에 노력하고 있으며, 의료용 로봇에

관련 한국생산기술연구원은 재활로봇에 대한 연구개발을 진행 중에 있다. 그림 2에서 보면, 현재 미국의 관련 기술수준을 100으로 두면, 한국의 경우 81.7%의 수준이며, 일본이 96.1%, EU가 92.5% 수준이다.

표 2. 분류별 주요국 기술격차[5]
Table 2. Gap of global robot technology by sort

중분류	소분류	한국	미국	일본	유럽	중국
이동	주행	80.5	100	93.7	90	65.7
	보행	78.3	85	100	79.9	53.5
	위치인식/지도작성	79.7	100	85.8	85.1	64.6
작업	작업지능	77.7	100	91.2	90.8	60.4
	이동-조작	78.2	97.8	100	94.5	56.2
	파지	80.7	98.6	100	94	61.1
HRI	사용자인식	83.5	100	90.7	89.8	76.7
	음성인터페이스	81.0	100	91.8	92.1	72.5
	지능	80.2	100	87.2	91.9	70.8
센서/구동기	센서	78.4	100	95.5	93.7	65.3
	구동기	74.9	96.8	100	96	58.6
시스템 통합	SW 통합	79.9	100	88.6	86.5	59.5
	HW 통합	84.2	98.4	100	93.2	66.3
	NW 기반	97.4	100	97.7	94.9	73.9

표 2에서 보면, 의료용 로봇기술과 밀접한 관련이 있는 센서 및 구동기 분야에서 미국을 100으로 기준하였을 경우, 센서에서 78.4%, 구동기에서 74.9%의 수준이며, 작업분야에 있어서도 작업지능은 77.7%, 이동 및 조작은 78.2%수준에 불과하다.

III. 최소침습수술용 초소형 고자유도 다관절 수술로봇 기술

현재 ‘최소침습수술용 초소형 고자유도 다관절 수술로봇(이하 최소침습수술용 로봇)’은 의료용 로봇분야에서 차세대 핵심개발기술로서 전 세계적으로 이 분야 선도국이 되기 위해서 치열한 경쟁 중에 있다.

특히 미국은 이 분야에서 세계 시장을 선점하며, 다른 국가들에 비해 압도적인 경쟁력을 갖추고 있다. 미국특허 대비 미국은 공개 17%, 등록 58%의 비율을 차지하고 있으며, 유럽이 12%, 일본 9%, 한국이 4% 수준이다. 또한 한국과 유럽특허 측면에서도 미국인에 의한 출원비율은 각각 70%와 97%를 차지하며 압도적인 우위를 보이고 있다[6].

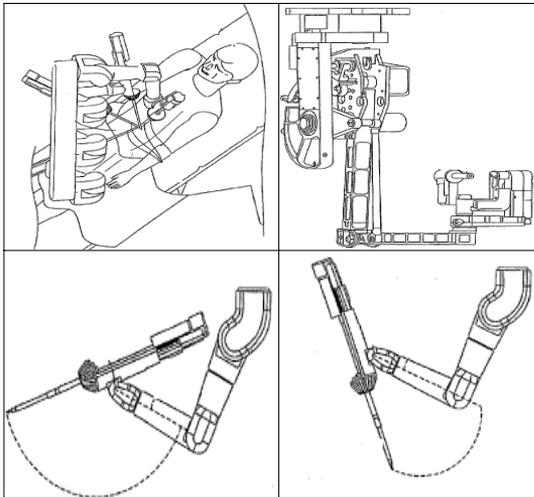


그림 3. (고자유도) 다관절의 최소침습수술용 로봇암
Fig. 3 MIS robot with lots of arms

한편 최소침습수술용로봇은 환자신체의 손상을 최소화하여 시술의 정확성과 성공률을 높이며 회복시간을 단축함으로써 시술 후의 삶의 질을 높이고자 하는 목적에서, 기존의 외과수술시 개복 또는 복강경, 내시경 등을 이용하던 수술과정을 대신해서 배꼽, 절경 등의 자연개구부 또는 작은 구멍 하나 혹은 두개를 통해 삽입하는 수술용 로봇이다.

좀 더 상세히 최소침습수술용로봇에 대해 살펴보면, 그림 3과 4와 같이, 이 로봇의 핵심기술은 최소침습을 목적으로 수술시 초소형의 고자유도 다관절을 구현하는 것이며, 크게 ‘최소침습을 위한 단일경로 다관 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇

의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’로 세부 구분한다[6].

먼저 ‘최소침습을 위한 단일경로 다관 플랫폼 및 End-effector 기술’은 고자유도의 다관 End-Effector의 고집적 구동 및 제어기술이 가능해야 하고, 고집적으로 구동력에 대한 전달접합부 설계 및 제작기술이 구현되며, 파지/절개/절단/봉합을 위한 전용 수술도구로서의 기능이 높을 때 그 기술력이 높다.

‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’은 햅틱 피드백이 가능한 마스터 인터페이스 기술이 가능하고, Ergonomic 환경을 제공하는 마스터 설계기술이 구현되며, 단일경로 전용 3D 영상 시스템 응용 기술과 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 및 수술도구 전역 위치인식 기술력이 높을수록 경쟁력을 갖춘다.

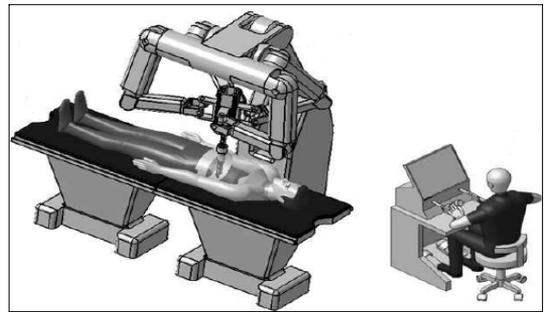


그림 4. 최소침습수술용 로봇을 활용한 수술장면
Fig. 4 Surgery view by MIS robot system

곧 이상의 기술력과 완성도가 높을수록 최소침습수술용로봇은 적어도 하나의 작은 절개부를 통하여 환자의 신체 내에 수술 도구를 삽입하여 수술을 수행하여 수술로 인한 절개를 최소화하는 수술을 구현할 수 있게 된다. 이러한 최소침습수술용로봇이 사용되는 최소침습수술의 일반적인 형태는 내시경 수술로서, 가장 일반적으로는 복강 내에서 최소침습 조사와 수술을 하는 복강경 수술을 의미한다. 표준 복강경 수술의 경우에는 적어도 하나의 작은 절개부를 만든 후 이것을 복강경 수술 도구의 입구로 사용하여 트로카(trocar)를 삽입하는 과정으로 수술을 한다. 그리고 의사 등의 시술자는 이 트로카를 통해 수술 부위 등에 복강경 수술 도구를 들여보내어 복강 외부에서 그것을 조작한다. 따라서 복강경 수술도구는 수술부위 등에 대한

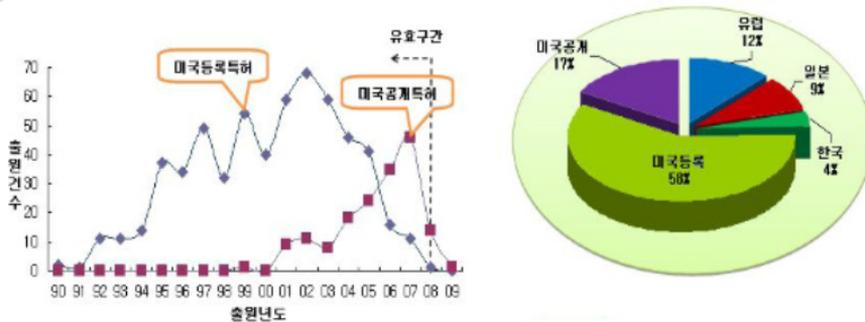


그림 5. 최소침습수술용 로봇기술 분야의 전세계 특허출원 등록 건수 추이[6]
 Fig. 5 The world patent status of MIS robot

관찰용의 복강경과 함께, 부가되는 작업도구가 있다. 그리고 이 작업 도구는 절개 수술(open surgery)에서 사용되는 클램프, 그라스퍼, 가위, 스테이플러, 바늘 잡게 등과 함께, 의사 등의 시술자는 그림 4처럼, 복강경에 의하여 찍히는 수술 부위 등의 영상을 표시하는 모니터를 보면서 수술 작업을 진행한다. 한편 이러한 최소침습수술용로봇의 최소침습수술방식은 수술 부위 등에 수술 도구를 들여보내는 통로의 개수에 따라, 단일 통로 수술(single port surgery) 방식과 다통로 수술(multi-port surgery)방식으로 구분되며, 다통로 수술 방식으로 수술이 진행될 경우는 절개부의 개수가 많아지는 단점이 있는 반면 수술은 용이한 편이며, 단일 통로 수술 방식으로 수술이 진행될 경우는 절개부의 개수가 적어져 덜 침습적이라는 장점이 있지만 수술 도구 간의 충돌 등의 문제로 인하여 수술의 난이도가 다소 높아지는 단점이 있다.

따라서 앞에서 기술한 ‘다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’은 이러한 문제점을 보완하거나 해결하는 기술력이라 할 수 있다.

한편 그림 5는 최소침습수술용 로봇기술 분야의 전세계 특허출원 등록 건수 추이를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이, 미국이 압도적이며, 뒤를 이어 유럽과 일본이 맹추격중이며 한국은 4%수준에 불과한 실정이다. 특히 미국의 경우 2000년대 중반부터 등록특허는 감소하고 있지만 공개특허는 증가하고 있는데, 이는 관련 분야 특허를 선점하기 위한 목적에서 특허공개신청을 많이 하여 특허등록을 추진 중인 것으로 보인다.

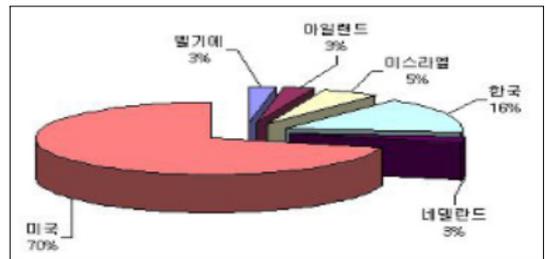


그림 6. 한국의 연도별 최소침습수술용 로봇기술 내외국인 특허출원[6]
 Fig. 6 The patent status of MIS robot registered at S. Korea

그림 6은 한국의 연도별 최소침습수술용 로봇기술 내외국인 특허출원 동향이다. 그림에서 보면, 미국에 의한 출원은 70%에 이르러 역시 압도적이며, 한국인에 의한 출원비율은 16%수준에 불과하다.

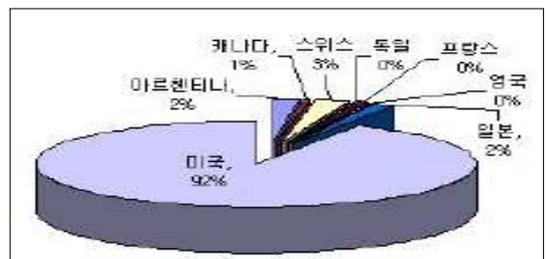


그림 7. 미국의 연도별 최소침습수술용 로봇기술 내외국인 특허출원[6]
 Fig. 7 The patent status of MIS robot registered at U.S.A

표 3. 미국 특허에서 MIS로봇국가별 기술수준[6]
Table 3. The technology status of MIS robot registered at U.S.A

특허등록건수				영향력 지수(PII)				기술력 지수(TS)			
'90~' 99		'00~' 07		'90~' 99		'00~' 07		'90~' 99		'00~' 07	
미국	121	미국	258	캐나다	3.5	스위스	1.6	미국	278.3	미국	51.6
아르헨티나	10	일본	10	미국	2.3	일본	0.5	캐나다	7	일본	5
캐나다	2	아르헨티나	3	벨기에	2.2	미국	0.2	싱가포르	0.3	스위스	1.6
독일	1	캐나다	2	싱가포르	0.3	캐나다	0.1	독일	0.1	캐나다	0.2
덴마크	1	영국	2	독일	0.1	영국	0.1	-	-	영국	0.2

그림 7은 미국의 연도별 최소침습수술용 로봇기술 내외국인 특허출원 동향이다. 그림에서 보면, 미국은 자국 내에서 자국인에 의한 비율이 92%에 이르고 있으며, 일본이 2% 수준인 반면, 한국은 눈에 띄지 않는다.

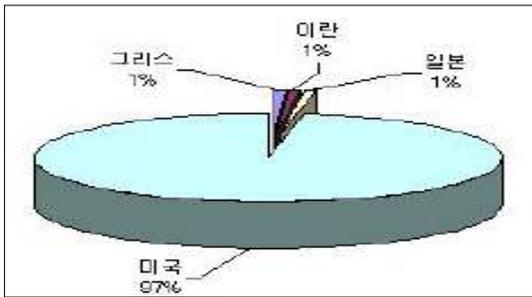


그림 8. 유럽의 연도별 최소침습수술용 로봇기술 내외국인 특허출원[6]
Fig. 8 The patent status of MIS robot registered at EU

그림 8은 유럽의 최소침습수술용 로봇기술 연도별 내외국인 특허출원 동향이다. 그림에서 보듯이, 미국은 유럽에서의 경우 97%의 수준으로서 오히려 자국 내에서의 비율인 92%를 넘어서고 있으며, 일본은 1%의 점유를 보이고 한국은 0%수준이다.

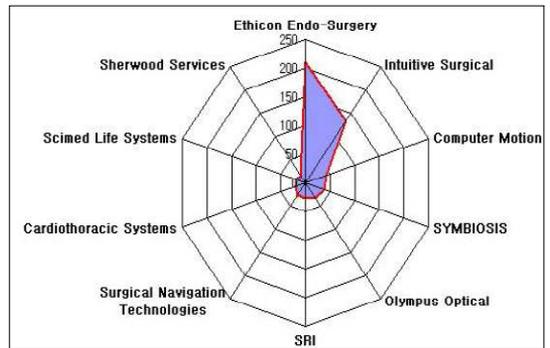


그림 9. 최소 침습 수술용 로봇의 기술혁신리더 세계기업[6]
Fig. 9 The world high-top company status of MIS robot

한편 이러한 최소침습수술용 로봇기술 분야의 연구 주체로는 그림 9에서 보듯이, 210건을 출원 중인 미국의 Ethicon Endo-Surgery이며, 그 뒤를 133건의 Intuitive Surgical, 43건의 Computer Motion이 추격하고 있다. 결국 국가를 불문하고, 미국기업들인 Ethicon Endo-Surgery, Intuitive Surgical, Computer Motion 등이 압도적인 비율로 특허출원하고 있는데, 한국에서도 미국기업인 Ethicon Endo-Surgery가 1위로서 가장 많은 특허출원을 하며 시장을 선점하고 있다. 다음 표 3은 미국 특허에서 국가별 기술수준 순위를 나타낸 것이다. 표를 보면, 가장 최근인 2000년대부터 2007년까지의 기술력 지수는 미국이 51.6%이며

일본은 5%수준이고 한국은 순위권에 없다. 핵심 특허 측면에서도 미국은 45건인 반면, 일본은 13건, 한국은 1건에 불과한 실정이다[6]. 또한 표 4는 핵심기술별 기술수준을 분석한 것으로 한국의 경우 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’에서 선도국인 미국의 Intuitive Surgical의 70-80% 수준이며, ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’에서도 Intuitive Surgical의 70-80% 수준이다.

표 4. MIS로봇 핵심기술별 기술수준[6]
Table 4. The core technology status of MIS robot

관련 기술명	기술 선도국 및 기업/연구소	상대적 수준(%)	기술격차 (년)
최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술	Intuitive Surgical(us)	70-80%	2-4년
최소침습 수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술	Intuitive Surgical(us)	70-80%	2-4년

IV. 최소침습수술용 초소형 고자유도 다관절 수술로봇 기술의 전략방향 설정

일반적으로 시장에서 경쟁력이 취약한 작은 기업이 택하는 전략은 ‘집중전략’밖에 없다. 산업 전체에 영향력을 미치기 위한 목적에서 나오는 대량의 투자를 요구하는 원가우위전략이나 차별화 전략을 취할 수 있는 여력이 부족하기 때문이다.

특히 산업에 있어 각 환경에 맞는 전략을 택할 때, 첨단산업의 경우는 - 예상하기 어렵다는 불확실성 속에서- 경험이나 육감보다는 오로지 ‘완전전략지향의 세계’라는 점에서, 이러한 첨단산업의 분석에서 중요한 것은 ‘시나리오’라는 사고방식이다[7].

최소침습수술용 로봇기술 역시 첨단산업의 분야로서 이러한 ‘시나리오’ 사고방식이 중요한데, 기술선도국으로부터 선진기술을 습득하거나 흡수해야하는 기

술흡수형 국가인 한국[8]의 기술수준은 이 분야 기술 선도국인 미국에 비해 매우 미약하다는 점에서 한국 정부가 택하는 전략은 역시 유리한 분야에 대한 선택적인 ‘집중전략’이 가장 유리하다고 할 수 있다.

따라서 본고에서는 미래의 불확실성을 제한적으로 보다 잘 이해할 수 있는 방법론[9]으로서, 통계적 예측도 아니고 단일한 예측도 아니지만 미래를 알 수 있는 방법[10]으로, 가장 많이 사용되는 기법인 시나리오플래닝을 적용하여[11], 한국의 최소침습수술용 로봇기술에 대한 바람직한 미래상을 도출한다. 본 연구에서는 기존 시나리오플래닝 방법론에 따라 다음의 순서로 최소침습수술용 로봇기술의 미래상을 도출하고 향후 전략방안을 도출한다. 전략의 방향성 탐색을 위한 가장 적합한 방법은 역시 시나리오에 기반을 둔 전략설정이기 때문이다[12].

따라서 다음 그림 10의 순서로 최소침습수술용 로봇기술의 미래상을 도출하고 전략방향 및 전략실행방안을 컨설팅한다.

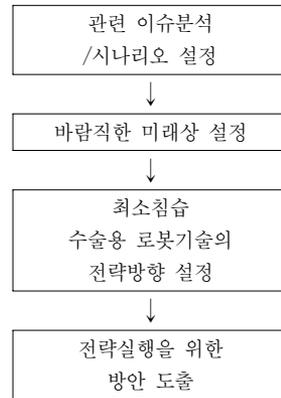


그림 10. 시나리오플래닝을 통한 최소침습수술용 로봇의 전략방향 설정 프로세스
Fig. 10 Strategy process for MIS robot of S. Korea by the application of scenario planning

현재 의료용 로봇분야에서 전 세계적으로 각국은 치열하게 경쟁하며, 관련 시장 선점을 위해 최선을 다하고 있다. 특히 본고가 주목하고 있는 최소침습 수술용 로봇기술은 이 분야 첨단기술로서 특허기술 및 시장장악력에서 미국기업들이 확실한 선점을 하며 주도 중에 있다. 따라서 매우 열세인 한국의 입장에서 기술 선도국인 미국을 추격하기 위해서는 이 분야 체계적

인 추진이 되도록 전략방향을 설정해야 한다. 곧 무조건적인 이 분야 최신기술개발에 나서기 보다는 유리한 한 분야를 선정하여 시장경쟁력을 갖도록 집중해야 한다. 이러한 관점에서 최소침습수술용 로봇기술의 바람직한 발전을 위한 방안을 분석하기 위해서는 다음의 주요이슈를 도출할 수 있다.

즉 최소침습수술용 로봇기술의 양 분야, ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 중에서 한 분야를 선별한 뒤 먼저 시장경쟁력을 갖도록 집중적인 지원이 필요하다.

이러한 이슈 등을 고려한 시나리오플래닝을 위하여 크게 한국의 최소침습수술용 로봇기술의 전략방향은 그림 11과 같이, ‘시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 역량 부문과 한국정부의 선택적인 ‘집중전략’ 부문으로 2x2 Matrix를 그려서 바람직한 미래상을 설정한다. 또한 미래예측의 시간축은 ‘2020년 중단기’로 설정하였다.

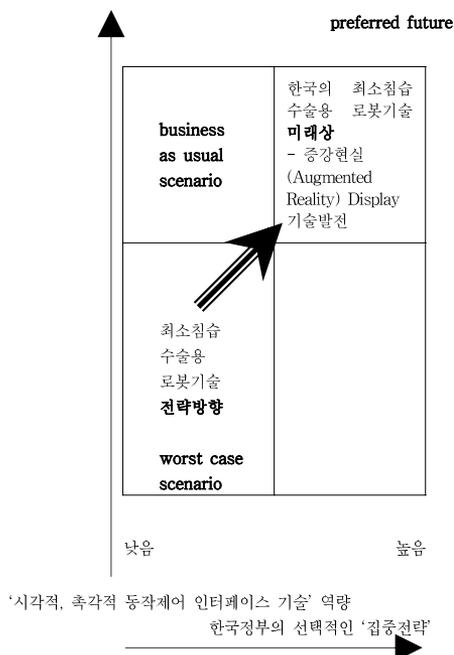


그림 11. 시나리오플래닝을 통한 전략방향 도출
Fig. 11 Strategy for MIS robot of S. Korea by the application of scenario planning

즉 최소침습수술용 로봇기술의 양 분야, ‘최소침습

을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 중에서 한 분야를 선별한 뒤 먼저 시장경쟁력을 갖도록 집중적인 지원이 필요하다.

이러한 이슈 등을 고려한 시나리오플래닝을 위하여 크게 한국의 최소침습수술용 로봇기술의 전략방향은 그림 11과 같이, ‘시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 역량 부문과 한국정부의 선택적인 ‘집중전략’ 부문으로 2x2 Matrix를 그려서 바람직한 미래상을 설정한다. 또한 미래예측의 시간축은 ‘2020년 중단기’로 설정하였다.

이러한 시나리오플래닝을 통하여 최소침습수술용 로봇기술이 지향해야할 미래상(preferred future)을 도출할 수 있다.

최소침습수술용 로봇기술의 미래상은 이 로봇의 핵심기술로서 최소침습을 목적으로 수술시 초소형의 고자유도 다관절이 구현되는 것이며, 크게 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’이 구현되어야 한다. 나아가 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’은 고자유도의 다완 End-Effector의 고집적 구동 및 제어 기술이 가능해야 하고, 고집적으로 구동력에 대한 전달접합부 설계 및 제작기술이 구현되어야 하며, 파지/절개/절단/봉합을 위한 전용 수술도구로서의 기능이 높아야 하고, ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’은 햅틱 피드백이 가능한 마스터 인터페이스 기술이 가능하고, Ergonomic 환경을 제공하는 마스터 설계기술이 구현되며, 단일경로 전용 3D 영상 시스템 응용 기술과 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 및 수술도구 전역 위치인식 기술력의 실현도가 높아야 한다는 점에서, 이상의 기술력을 강화하는 분야에서 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 및 수술도구 전역 위치인식 기술력 강화를 제안한다.

곧 제안된 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 강화를 통해 한국의 최소침습수술용 로봇기술은 더욱 발전된다.

이러한 시나리오 도출 로직을 통해 가장 바람직한 미래방향(preferred future)인 시나리오1을 도출하였

다. 시나리오 1 전개(writing)의 주요내용은 다음과 같다.

시나리오 1(바람직한 미래상) : 2020년 한국의 최소 침습수술용 로봇기술은 이 분야 핵심기술인 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 구현에서 선도국인 미국을 앞서고 이 분야 세계 최고 수준의 경쟁력을 갖추고 있다. 2010년대 초반 이후 한국정부는 선도국인 미국에 비해 적은 자본력과 특허등록 등의 미미한 기술수준 문제를 극복하기 위해, 전략분야에 대한 선택과 집중방식을 택했다. 곧 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’분야 중 햅틱 피드백이 가능한 마스터 인터페이스 기술, Ergonomic 환경을 제공하는 마스터 설계기술, 단일 경로 전용 3D 영상 시스템 응용 기술과 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 및 수술도구 전역 위치인식 기술 분야에서, 특히 증강현실(Augmented Reality) Display 기술에 집중적인 지원과 연구개발을 하고자 했고, 이를 체계적으로 추진하며, 전략적 방향에서 접근하였다. 이러한 전략적 사고 아래에서의 한국정부의 성공적인 추진은 이제 세계 최고 수준인 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 경쟁력을 기반으로 하여 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’의 나머지 분야까지 경쟁력을 갖추게 하는 원동력이 되고 있으며, 나아가 다른 한축인 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’ 강화에 대한 여력까지 남아 이제 한국은 미국을 넘어서는 최고 수준의 기술력을 보유하며, 세계 의료로봇시장을 선도하고 있다.

이와 대조적인 최악의 시나리오(worst case scenario) 4의 전개(writing)의 주요내용은 다음과 같다.

시나리오 4(최악의 상황) : 2020년 한국의 최소침습수술용 로봇기술은 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 양 분야에서 국제 경쟁력을 완전히 상실하였다. 기술개발초기단계에서 보다 집중적인 지원과 연구개발을 통해, ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’ 분야인 고자유의 다완 End-Effector의 고집적 구동 및 제어기술, 고집적으로 구동력에 대한 전달접합부 설계 및 제작기술, 파지/절개/절단/봉합을 위한 전용 수술도구로서의 기능, ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각

적 동작제어 인터페이스 기술’ 부문의 햅틱 피드백이 가능한 마스터 인터페이스 기술, Ergonomic 환경을 제공하는 마스터 설계기술, 단일경로 전용 3D 영상 시스템 응용 기술과 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 및 수술도구 전역 위치인식 기술 등의 관련 하위 기술에서부터 -적은 자본력과 미미한 기술에서 출발하는 한계를 극복하기 위한 목적에서의- 국제 경쟁력을 갖추며, 한 단계씩 기술력 강화를 통한 체계적이고 전략적인 접근을 하지 못한 결과 때문이다. 한국정부의 이러한 기술개발 초기단계부터 제대로 된 전략적 사고 없는 추진으로 인해 이제 한국의 최소침습수술용 로봇 기술은 국제경쟁력을 완전히 상실하였다.

별다른 정책적 개입 없이 현재의 상황으로만 유지되는 일상적 상황(business as usual scenario)은 다음과 같다.

시나리오 3(일상적 상황) : 2020년 한국의 최소침습 수술용 로봇기술은 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 등과 그 하위기술에 있어서 어느 한 분야도 세계적인 경쟁력을 갖추고 있지 못하다. 개발초기 기술선도국인 미국의 압도적인 자본력과 기술력 수준에도 불구하고 한국정부는 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’의 여러 하위기술에 대한 지원과 연구개발을 하였지만, 열세를 만회하는 선택과 집중을 하지 못해 일정부분 발전을 하였지만 여전히 미국 등의 기술선도국에 비해 그 기술수준은 미미한 실정이며, 개발초기에 여러 하위기술들에 대한 무분별한 동시다발적인 지원과 연구개발을 추진하여 이제 하위 기술 어떤 부문조차도 국제적인 경쟁력을 갖추지 못했다.

따라서 한국의 최소침습수술용 로봇기술의 바람직한 미래상인 시나리오1을 달성하기 위해서 주요한 전략도출은 다음과 같다.

곧 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’에서 증강현실(Augmented Reality) Display 기술을 실현하는 관련된 다양한 기술의 제안이다.

구체적인 내용은 다음과 같다. 수술을 실행했을 때 실시간으로 실제장면과 정합시킨 수술 전 데이터를 제공하면 시선 바깥 영상을 참조할 필요도 없어지고

관련 영상을 실제 조직에 정합시키는데 도움이 된다는 점에 착안하여, 수술 전/수술 중 영상 또는 컴퓨터 출력 그래픽으로 시야를 강화시키는데 이상적인 플랫폼이 제공되도록 실사 화면에 증강현실화면을 겹침으로써 수술부위 등의 주제의 대상물을 시각화하는 과정에서 AR이 제공하는 ‘시스루(see through)’를 통하는 것이 가능하게 하는 관련 여러 기술의 개발이다.

최근 의료로봇이 최소침습수술(Minimally Invasive Surgery : MIS)에 이용되면서, 이러한 로봇보조MIS를 이용하면 마이크로프로세서 제어 기계손에 의해 섬세 조작술이 더욱 강화되고, 수술 손의 총 동작을 비율축소하여 재현하는 모션 스케일링(motion scaling)과, - 그림 12처럼, 의사 등의 손이 들어가기 어려운 좁은 공간에 대한 로봇암의 조작으로 기존의 불가능하거나 힘들었던- 마이크로 스케일 임무가 가능해진다.

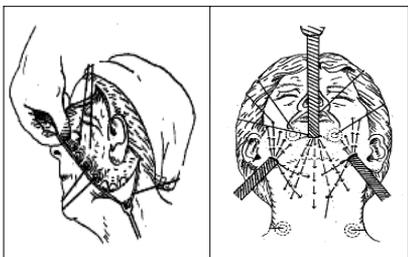


그림 12. 최소 침습 수술용 로봇의 장단점 I
Fig. 12 Merit and demerit with MIS robot I

예를 들어, 그림 12에서 보면, 기존의 수술방법(좌)은 시술자의 손이 들어가기 어려운 이유로 피부를 절개하여 뼈 부위를 적출하여 수술했다면, 최소침습 수술로봇의 사용(우)으로 로봇암을 이용하여 보다 간단하고 안전한 방법으로 수술이 가능해진다.



그림 13. 최소 침습 수술용 로봇의 장단점 II
Fig. 13 Merit and demerit with MIS robot II

한편 이상과 같은 기술의 진보가 있었음에도 불구하고 사실상 얼굴 내부 안쪽(특히 입천장과 안구사이 등의 상악동 부위) 등은 -공간이 너무 협소한 이유로- 의사 등이 시각적으로 정확하게 환부를 확인하기 힘들다는 문제가 있어, 육안으로 확인하기 위해서는 그림 13(좌)처럼, 입천장방향에서 접근해야 했다.

이러한 문제점 아래에서, 로봇암을 접근하여, 카메라촬영을 하고 AR (Augmented reality)로 표시되는 증강현실을 통해 실시간으로 실제장면과 정합시킨 수술 전 데이터를 제공하면, 의사 등의 입장에서 관련 영상을 실제 조직에 정합시키는데 도움이 되며, 환부 등의 대상물을 시각화하는 과정에서 AR이 제공하는 ‘시스루(see through)’를 통하는 것이 가능해진다.

예를 들어, 그림 14처럼, 암환자인 경우 종양의 CT 또는 MRI 영상 같은 의료영상 데이터를 통해 먼저 가상객체를 유도해 내어 이를 실제 촬영된 장면(좌)과 중첩(우)되게 한다.

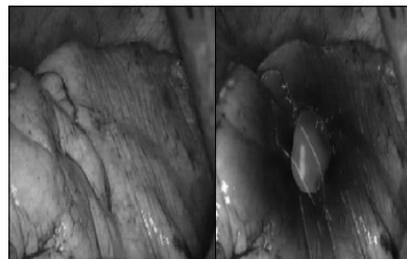


그림 14. 렌더링한 AR 광경(우)
Fig. 14 Augmented reality display by rendering

이러한 증강현실(Augmented Reality) Display기술 구현은 그림에서 보듯이, 수술로봇의 작동에 따라 수술 전/수술 중 영상 또는 컴퓨터 출력 그래픽으로 의사 등과 같은 수술자의 시야를 강화시키는데 이상적인 플랫폼으로서 제공된다.

좀 더 상세히 살펴보면, 이러한 플랫폼을 제공하는 AR의 기술에 있어 중요한 것은 역시 매끄러운 합성을 통해 실제로 가상객체들을 제대로 보이도록 하는 것이며, 이는 실장면과 시각적으로 상호작용하는 방식에 관계된 많은 요소에 의해 좌우된다.

따라서 AR기술에서 주요문제 중 하나는 겹침 또는 폐색(occlusion)의 정확한 처리인데, 가상 및 실장면의 부분 겹침의 처리는 AR 적용 수술에 있어, 대부분 노

출된 조직면 이면의 해부학적 구조를 중첩하는 과정에 대한 기술구현을 말하는 것이며, 본고의 제안은 이 기술에서 더욱 진보한 기술인 실시간 3D 조직변형 복구기술 등도 함께 포함한다.

실제로 의사 등의 사용자 입장에서, 영상객체들이 인체조직 안에 매립된 것으로 인식되기 위해서는 그 사용자의 뇌가 일정한 겹침 정도를 제대로 인식할 경우이다. 결국 AR에서 이러한 깊이지각의 문제를 실제로 해결해야만 증강현실(Augmented Reality) Display 기술구현이 더욱 정교해질 수 있다.

따라서 본고의 제안처럼, 이 분야에서의 체계적이고 전략적인 접근은 앞으로 많은 렌더링 기술과 디스플레이 방식을 개발하여 노출된 조직표면에 대해 가상 구조물들의 3D 깊이를 정확히 지각할 수 있게 할 것이다.

곧 캡처된 영상 자체에 근거하여 대응하는 비사실적 렌더링(non-photorealistically rendered: NPR) 영상의 투명도 값을 더욱 향상시키고, 그 영상의 구조 일부를 보전하는 부분투명 창을 형성하여 깊이지각이 가능(영상의 2차원 렌더링 경우) 또는 지원(영상의 3차원 렌더링 경우)되도록 중첩하는 기술의 진보는 이 분야 최신기술이 될 수 있다. 또한 NPR 영상이 2차원 광경(view)으로 제대로 렌더링되거나, 제2의 영상을 캡처하여 입체 광경을 형성하는 방식을 통하면, AR등의 가상객체는 캡처 영상의 뒤에 렌더링되어, 의사 등의 사용자의 시야는 더욱 강화되고 수술의 정확도 및 안전도는 높아진다.

다음 그림 15는 이상의 내용을 설명하는 NPR 영상과 AR 객체의 2D 또는 3D 렌더링을 하는 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다.



그림 15. 렌더링을 하는 알고리즘의 흐름도
Fig. 15 Schematic diagram showing augmented reality display by rendering

V. 결론

그림 16에서 보듯이, 신기술기반형의 경우, 후발국 기업은 선도기업에 대해 신기술개발 방식으로 탈주격형 기술혁신을 달성할 수 있다.

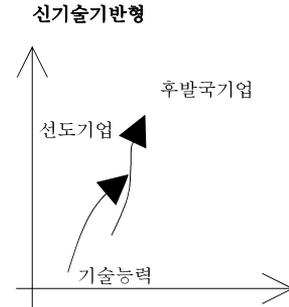


그림 16. 기업의 기술혁신[13]
Fig. 16 Technology innovation of corp.

본고에서 주목한 증강현실은 가트너에 의해 2011년의 신기술(emerging technology)로 발표되었다[14]. 따라서 본고는 최소침습수술용 로봇기술의 양 분야인 ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’과 ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 중에서 증강현실에 관련된 ‘증강현실(Augmented Reality) Display기술’에 중점을 두고 -현재 미국이 이 분야 세계 시장과 기술을 주도하고 있는 상황에서- 미국 대비 상대적으로 매우 열세인 한국의 시장경쟁력을 강화하기 위한 목적에서, 한국의 향후 추진할 미래상에 대해 시나리오플래닝을 통해 고찰하고, 이 ‘증강현실(Augmented Reality) Display기술’에 대한 ‘집중전략’을 제안하였다.

최근 증강현실기술이 신기술로 각광받는 점에서 이는 한국에 있어 최소침습수술용 로봇기술 분야에서, 경쟁이 무의미한 비경쟁시장공간을 창출하는 블루오션(Blue ocean)[15]이 될 가능성이 높기 때문인데, 또한 기술혁신과정에서 미래 유망영역에 대한 탐색과 선제적 대응의 중요성이 더욱 강조되면서[16], 한국이 증강현실기술의 초기단계에서부터 제대로 된 전략을 가지고 이 최소침습 수술용 로봇기술 분야에 대한 체계적인 추진을 한다면, 이 분야에서 기술 특화되어 시장경쟁력을 가지게 된다.

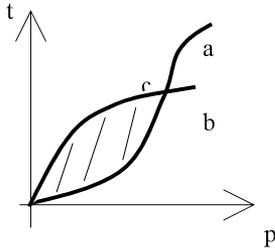


그림 17. 국가들 사이의 기술역전
Fig. 17 Technology reverse of nations(a, b)

곧 그림 17(a : 기술후발국, b : 기술선도국, c : 교차점으로서 기술역전지점, t : 시간, p : 기술진보, 사선영역 : 기술격차)에서 보듯이, 초기에는 기술선도국(b)과 기술후발국(a)사이에는 상당한 차이의 기술격차가 있지만, 성공적인 ‘집중전략’의 실행은 시간이 경과하면서, 양 국가사이에서 기술역전지점인 교차점(c)에서, 급진기술의 발전[17]을 통해 기술진보(p) 역전이 일어나게 한다.

시장에서 공급자와 구매자의 관계는 기본적으로 공급자가 이득을 취하면, 구매자는 손해를 보고, 구매자가 이득을 보면, 공급자가 손해를 보게 된다. 또한 일반적으로 공급자가 이득을 극대화하는 전략은 원가우위전략, 차별화전략, 집중전략의 세 가지인데[7], 이중 ‘집중전략’에 있어, 기술에 대한 집중은 곧 기술 특화를 의미하기 때문이다.

한편 본고는 최소침습수술용 로봇기술의 ‘집중전략’을 추진할 기술 특화부문을 선정하는데 있어, ‘최소침습을 위한 단일경로 다완 플랫폼 및 End-effector 기술’ 분야인 고자유도의 다완 End-Effector의 고집적 구동 및 제어기술, 고집적으로 구동력에 대한 전달접합부 설계 및 제작기술, 파지/절개/절단/봉합을 위한 전용 수술도구로서의 기능, ‘최소침습수술로봇의 시각적, 촉각적 동작제어 인터페이스 기술’ 부문의 햅틱 피드백이 가능한 마스터 인터페이스 기술, Ergonomic 환경을 제공하는 마스터 설계기술, 단일경로 전용 3D 영상 시스템 응용 기술과 증강현실(Augmented Reality) Display 기술 및 수술도구 전역 위치인식 기술의 모든 부문을 보다 상세히 상호비교하지 못했다는 점에서 한계가 있다.

참고 문헌

- [1] 이순요, “의료용 로봇의 기술개발 동향”, pp. 80-85, 2005.
- [2] 지식경제부, “2012년도 지식경제부의 기술혁신 사업 시행계획 공고”, pp. 1-11, 2012.
- [3] 산업자원부, “Technology Roadmap 로봇”, pp. 5, 2001.
- [4] 지식경제부, “제1차 지능형로봇 기본계획-10개 로봇전문기관 예측치 종합검토 결과”, pp. 1-20, 2008.
- [5] 한국산업기술진흥원, “2010 산업원천기술로드맵 요약보고서-로봇”, pp. 1-65, 2010.
- [6] 특허청, “최소침습수술용 초소형 고자유도 다관절 수술로봇기술 특허동향”, 2009년 특허동향조사, pp. 1-63, 2009.
- [7] 마이클포터, “경쟁전략입문”, 나무한그루, pp. 1-308, 2008.
- [8] 이상윤, 윤홍주, “한국의 글로벌 과학기술협력 연구-한국 중소기업의 R&D 국제화 가속방안과 중소기업코디네이터”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 4호, pp. 693-705, 2012.
- [9] 이상윤, 윤홍주, “한국 전자정부와 클라우드 컴퓨팅 기술개발 연구-시나리오플래닝을 적용하여”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 6호, pp. 1245-1258, 2012.
- [10] 이상윤, 윤홍주, “공공데이터를 활용한 국가정보화 전략연구-시나리오플래닝을 적용하여”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 6호, pp. 1259-1273, 2012.
- [11] 권기현, “미래예측학”, 법문사, pp. 228-275, 2008.
- [12] 이원일, 임덕순, 이연희, 정의정, “기술혁신 클러스터 구축의 전략방향 설정에 관한 연구-판교 테크노벨리 시나리오플래닝을 중심으로”, 기술혁신학회지, 14권, 2호, pp. 301-319, 2011.
- [13] 송위진, “창조와 통합을 지향하는 과학기술혁신정책”, 한울아카데미, pp. 74-90, 2010.
- [14] 이영호, 이상돈, “임베디드 증강현실 기술 동향 및 전망”, 한국멀티미디어학회지, 15권, 4호 pp. 33-37, 2011.
- [15] 시진욱, “블루오션전략의 이해와 적용”, 울산대학교 경영대학원 pp. 8-19. 2006.
- [16] 안세정, 김도현, 권오진, 배영철, 이준영, “유망영역 탐지를 위한 키워드 매핑의 동태적 분석: 그래핀 사례연구”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 6호, pp. 1393-1401, 2012.
- [17] 이상윤, “과학기술과 국제정치-한국의 글로벌 해양 전략”, 높은새출판사, pp. 55-59, 2011.

저자 소개



이상윤(Sang-Yun Lee)

2002년 부산대학교 조선해양공학과 졸업(공학사)

2009년 부산대학교 대학원 정치외교학과 졸업(정치학석사)

2011년 부산대학교 대학원 융합기술정책 박사수료

2012년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학과 겸임교수

※ 관심분야 : R&D기술개발, 과학기술정책



윤홍주(Hong-Joo Yoon)

1983년 부경대학교 해양공학과 졸업(공학사)

1985년 부경대학교 대학원 해양학과 졸업(공학석사)

1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격탐사전공 졸업(공학박사)

1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수

2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수

※ 관심분야 : 해양 원격탐사 & GIS