

SWOT분석을 통한 한국 마이크로 로봇의 발전방안

이상윤* · 윤홍주**

The Study of SWOT(Strength-Weakness-Opportunity-Threat) Analysis for Micro-robot Technology Development and Trend of S. Korea

Sang-Yun Lee* · Hong-Joo Yoon**

요약

마이크로 로봇은 인간의 다양한 질병과 진단에 있어 유용한 도구로서 활용이 가능한데, 이러한 이유로 현재 세계의 많은 국가들은 마이크로 로봇의 제작과 개발에 관심을 기울이고 있다. 한국정부 역시 이러한 세계적인 추세 속에서, 마이크로 로봇 개발에 대한 기술정책을 만들고 많은 노력을 하고 있다. 따라서 본고는 SWOT분석을 통해, 한국의 마이크로 로봇 기술동향과 개발현황을 분석하여 미래 한국의 마이크로 로봇에 대한 가장 합당한 발전방안을 모색한다. 연구결과, ‘박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)’과 ‘무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)’과 같은, 한국에서 관련 최신 특허로 등록된 마이크로 로봇에 대한 보다 집중적인 지원이 필요하며, 이 양 분야 모두 현재 세계적인 수준으로 성장하고 있으므로 지원 중인 마이크로 로봇 개발에 관한 예산을 더욱 늘리는 한편 보다 적극적으로 관련 기술개발을 추진해야 한다.

ABSTRACT

Micro-robots are utilized as useful tools in diagnosis and treatment of various human diseases. At present, lots of countries are developing and making many micro-robots. Government of S. Korea are trying to push ahead with the plan as technology policy, for the same reason. So this study examined about micro-robot technology development and trend of S. Korea, by using the method of SWOT(Strength-Weakness-Opportunity-Threat) analysis. As a result, the future policy for micro-robot of S. Korea is to further spur the development of new micro-robot technology and more improvement of the technology level of micro-robots registered by patent as ‘micro-robot of bacterium base for lesion treatment’ and ‘micro-robot moved by compressive fluid’. Finally, It was already confirmed as high level, technology of ‘micro-robot of bacterium base for lesion treatment’ and ‘micro-robot moved by compressive fluid’ invented at S. Korea.

키워드

SWOT analysis, Micro-robot, Technology policy, strategy
SWOT분석, 마이크로 로봇, 기술정책, 전략

1. 서론

현재 전 세계적으로 많은 국가들이 마이크로로봇(Micro-robot)의 개발과 연구에 많은 노력을 하고 있

다. 특히 사람의 혈관을 따라 이동가능한 극소형 로봇은 현재 연구초기단계로 에너지원, 구동, 제어에 있어 해결할 문제가 많이 있지만 미래시장을 선점한다는 목적에서 각국은 총력을 기울이고 있다. 한국 역시 이

* 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과(waw1313@paran.com)

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

접수일자 : 2012. 07. 27

심사(수정)일자 : 2012. 08. 06

게재확정일자 : 2012. 08. 09

러한 상황에서 지식경제부 주관으로 신산업·정보통신산업 분야에 있어 산업융합원천기술개발사업을 통해 2012년에만 1천 437억 원을 투입하고 있다. 이 중 로봇분야 기술력을 제고하기 위해 2012년에만 685억 원을 투자하며 로봇산업에 있어 융합 원천기술 개발 사업에 적극 나서고 있으며 정부 각 부처가 진행하는 R&D 사업의 연계성을 높여 관련 핵심특허를 취득할 수 있도록 지원하고 있다[1]. 한편 본고에서 주목하는 의료용 마이크로로봇은 지식경제부의 로봇 분류체계에 따르면, 서비스로봇 중에서 전문서비스용에 해당하는 것으로 향후 유망산업으로 전망됨에도 불구하고, 아직 세계시장이 초기형성단계인 점과 함께, 국내의 체계적인 연구는 부족한 실정이며, 지능형로봇 중에서 전문서비스용 로봇분야에서 포괄적으로 다루어지고 있다. 반면 그럼에도 불구하고 전문서비스용 로봇분야의 2015년 예상 세계시장규모는 651.9억 달러로 전망되는데, 향후 전문서비스용 로봇의 비중은 이 서비스로봇 분야에서 앞으로 더욱 확대될 전망이다. 특히 수술로봇, 수술보조로봇, 재활로봇과 같은 의료용 로봇은 원거리에서 실시하는 로봇 원격수술용 측면의 개발이 활발한데, 그 중 미국 Medtronix사의 Stealthstation과 프랑스 Praxim사의 Surgetics 등은 상용화되었다[2].

이에 본고는 한국 의료용 로봇의 세계 경쟁력을 강화하는 발전방안을 모색하고자 특히 이 분야 가장 유망한 기술로 주목받는 한국의 마이크로로봇 기술동향과 개발현황을 고찰하여, 그 동안 전문서비스 로봇분야에서 포괄적으로 다루어온 범위를 벗어나 보다 한정된 범위에서 마이크로로봇에 중점을 두고, 향후 정책추진에 있어 보다 바람직하고 미래지향적인 한국정부의 마이크로 로봇정책을 도출하고자 한다.

II. 연구 방법 및 범위

연구의 방법은 강점(Strength)과 약점(Weakness), 기회(Opportunity)와 위협(Threat)요인으로 구분하여 내·외부 환경을 분석하고, 이를 바탕으로 전략적 계획을 수립하는데 있어, 유용하다고 알려진 SWOT (Strength-Weakness-Opportunity-Threat) 분석을 사용하며, 한국특허등록 검색은 검색키워드를 ‘마이크로

로봇’과 ‘마이크로로봇’ 이 두 가지로 설정하여 한국특허정보원의 특허정보검색서비스(www.kipris.or.kr)를 활용하였다. 연구범위는 최근까지 알려진 주목할 만한 국내외 관련 기술동향과 개발현황을 살펴보고, SWOT 분석의 대상은 심사결과 신규성, 진보성, 산업상 이용가능성이 인정되어 공식적으로 공인된 기술로 수용되는 한국의 특허청에 특허 등록된 마이크로로봇에 한정하여 가장 최근인 2012년 7월까지의 국내에 등록된 현황과 기술 중심에서 전반적으로 파악한다.

III. SWOT분석의 의의와 전략요인

표 1. SWOT분석에 근거한 전략
Table 1. SWOT analysis and strategy

	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
기회 (Opportunity)	O/S 전략	O/W 전략
위협 (Threat)	T/S 전략	T/W 전략

표 1처럼, SWOT 분석은 대상의 내부 환경을 분석한 뒤 강점과 약점을 발견하고, 외부환경을 분석하여 기회와 위협을 찾아내어 이를 바탕으로 강점은 살리고 약점은 줄이며, 기회는 활용하고 위협은 억제하는 경영전략 기법이다[3]. 곧 SWOT 분석은 내부역량 분석으로 강점(Strength)과 약점(Weakness), 외부환경 분석으로 기회(Opportunity)와 위협(Threat)요인으로 구분하여 내·외부환경을 분석하고, 이를 바탕으로 전략적 계획을 수립하려는 분석이라 할 수 있다[4].

먼저 O/S(Opportunity/Strength) 전략은 모든 대상들이 추구하는 상황으로서 외부적으로는 주변상황에 많은 기회요인이 있고 내부적으로는 기회요인을 전략적으로 활용할 수 있는 강점이 많은 상황인데, 연구의 과제와 관련시키면 향후 한국정부의 마이크로로봇 기술개발정책의 바람직한 추진에 있어 가능한 기회와 강점이 무엇이며 이를 강화하는 방안이 무엇인가 분석하는 전략이다.

O/W(Opportunity/Weakness) 전략은 주변상황이 대상에 있어 유리하나 이 기회를 활용할 만한 핵심역량이 부족한 경우로서 이때는 이 기회를 활용하기 위해 역량을 강화시키거나 단기간 내에 이 기회를 활용

하는 것이 가능하도록 전략적 제휴를 통해 기회를 포착하고 내부적으로 서서히 핵심역량을 보완하는 전략을 선택하는 것이다. 연구의 과제와 관련시키면 국내 마이크로로봇 기술개발환경이 유리하게 조성되어 있어 좋은 환경이지만 약점 역시 존재하여 이를 극복하기 위한 목적 아래에서 보완을 통해 서서히 기회로 활용할 수 있는 방안이 무엇인가를 분석하는 전략이 된다.

T/S(Threat/Strength) 전략은 역량이 내부에 축적되어 있기 때문에 주변에 상대적으로 많은 위협요인이 존재하더라도 이를 극복할 수 있는 경우로서 강점을 더욱 적극적으로 활용하는 방식을 통해 위협요인에서 발생 가능한 다양한 위협을 사전에 방지하는 전략을 택할 수 있다. 연구의 과제와 관련시키면, 한국의 마이크로 로봇 기술개발 환경에 있어 주변의 다양한 위협요인을 극복할 역량이 내부에 있는지 또한 그 역량이 무엇인지를 분석하는 것이다.

T/W(Threat/Weakness) 전략은 가장 회피하고자 하는 상황으로서 주변에 불리한 위협요인이 존재함에도 불구하고 그것을 극복할 만한 역량이 없는 경우인데, 이를 탈출하기 위해서 남은 역량을 더욱 집중하여 명맥을 이어나가거나 그럼에도 불구하고 더욱 상황이 악화될 것으로 예상된다면 생존을 위해서 철수하는 전략이 선택될 수 있다. 연구의 과제와 관련시키면 국내 마이크로 로봇에 있어 불리한 상황을 극복할 역량이 부재하거나 불가피한 상황을 벗어나기 위해 다른 전략을 세우는 전략이 된다.

표 2. SWOT 매트릭스
Table 2. SWOT matrix

	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
기회 (Opportunity)	기회활용을 위한 목적에서 강점사용이 가능한 상황	기회활용을 위한 목적에서 약점을 보완해야 하는 상황
위협 (Threat)	위협을 극복하기 위한 목적에서 강점을 사용할 수 있는 상황	위협을 극복하기 위한 목적에서 약점을 보완해야 하는 상황

이상에서 전략목표 달성과정에 있어 네 가지의 전략적 상황을 제시했는데 SWOT분석에는 표 2처럼,

SWOT 매트릭스(matrix)가 이용되며, 아래 표 3은 SWOT 매트릭스(matrix)가 적용된 한국 정부의 향후 마이크로 로봇에 관한 전략이다.

표 3. 마이크로 로봇 전략과 SWOT 매트릭스
Table 3. SWOT matrix and strategy of micro-robot

	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
기회 (Opportunity)	한국정부의 마이크로로봇 기술개발정책의 바람직한 추진에 있어 가능한 기회와 강점이 무엇이며 이를 강화하는 방안이 무엇인가 분석하는 전략	국내 마이크로로봇 기술개발환경이 유리하게 조성되어 있어 좋은 환경이지만 약점 역시 존재하여 이를 극복하기 위한 목적 아래에서 보완을 통해 서서히 기회로 활용할 수 있는 방안이 무엇인가를 분석하는 전략
위협 (Threat)	한국의 마이크로로봇 기술개발 환경에 있어 주변의 다양한 위협요인을 극복할 역량이 내부에 있는지 또한 그 역량이 무엇인지를 분석하는 전략	국내 마이크로 로봇에 있어 불리한 상황을 극복할 역량이 부재하거나 불가피한 상황을 벗어나기 위해 다른 전략을 세우는 전략

곧 향후 정책추진에 있어 보다 바람직하고 미래지향적인 한국정부의 마이크로 로봇정책은 이러한 전략적 차원에서 진행되어야 하는데, 현재 이 분야가 초기형성단계인 점에서 한국정부의 이러한 정책적 준비와 추진은 의료용 마이크로 로봇분야에서 세계 주도국이 되게 하며 선점자 효과(first mover's advantage)를 극대화할 수 있게 한다.

즉 한국정부의 이러한 SWOT분석을 통한 전략적 접근은 한국 마이크로 로봇의 기술역량을 강화하여 세계 경쟁력을 갖추게 하며, 첫째, 한국 정부가 무엇을 할 수 있는가? 둘째, 한국정부는 무엇을 하고자 하는가? 셋째, 한국정부는 무엇을 하게 될 것인가? 넷째, 한국정부가 무엇을 하기를 기대하는가? 와 같은 전략적 사고에 대한 보다 명확한 답변을 제공하여 한국 마이크로 로봇기술이 경쟁국에 비해 상대적인 우위를 선점하게 하고, 정책적 시사점을 제공하여 미래지향적인 발전방안을 제공한다.

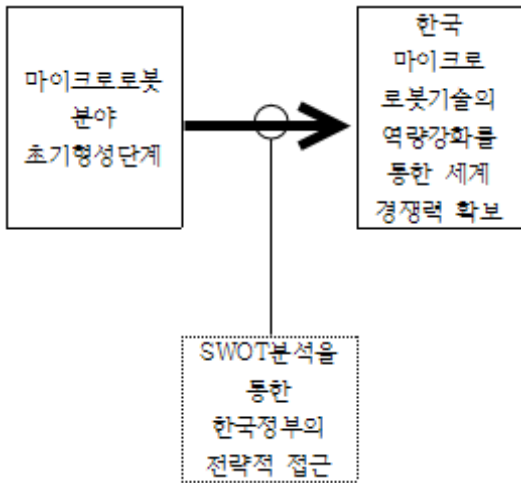


그림 1. 한국 마이크로 로봇 기술정책과 SWOT분석 효과

Fig. 1 Technology policy of Korean Micro-robot and SWOT analysis

IV. 마이크로 로봇 기술동향

최근 전 세계적으로 다양하게 시도되고 있는 마이크로 로봇의 개발은 MEMS 기술, Nano 기술, Bio 기술 등의 요소기술들에 기반을 두고, 치료 (Therapeutic) 및 검사용 (Diagnostic) 의료용 (Biomedical) 마이크로 로봇개발에 방점을 두고 있다. 마이크로 로봇은 크게 구동부, 센싱부, 동력원부, 무선송수신부로 구성되며, 특히 구동부, 센싱부, 동력원부가 기본적으로 매우 주요한 구성 요소가 되는데, 가장 어려운 기술해결과제는 역시 마이크로 크기로 작은 구동부와 동력부를 제작하기에 상당히 어려운 단점이 존재한다는 것이다[5].

현재 이러한 기술적 과제를 해결하기 위해 크게 다음의 두 가지 방법이 사용된다. 첫 번째 방법은 외부 자기장을 통해 전자적인 마이크로 로봇을 구동하는 방법이다. H. Choi *et al.*은 Maxwell 코일과 Helmholtz 코일을 접목한 two-pair coil system 자기장으로 인한 마이크로 로봇의 이동성을 보였다[6]. L. Zhang *et al.*은 3D 전자기장 코일 시스템을 이용하여 인공 편모(Artificial bacterial flagell, ABF)로 이루어진 마이크로 로봇제어에 성공했는데 이 인공편모는

박테리아의 편모를 모사한 것이었다[7]. C. Pawashe *et al.*은 외부의 자기장을 통해 neodymium-iron-boron 자성체로 이루어진 마이크로 로봇(250 μm x 130 μm x 10 μm)을 10mm/s의 이상의 속도로 이동을 보였다[8].

두 번째 방법은 미생물을 이용하여 마이크로 로봇을 구동하는 방법이다. 곧 편모(flagella)를 가진 박테리아를 이용하여 마이크로 로봇의 구동부 요소로 쓰는데, 박테리아 중에 flagellar을 가진 박테리아는 대략 20-100μm/s의 속도로 빠른 유영 운동을 한다는 점에서, 이는 약 100Hz 속도로 회전하는 강력한 biomolecular motor가 된다. 이때 편모는 각각 basal body, hook, filament로 이루어져 있으며, filament는 길이가 약 10μm, 20nm 원통의 helix 구조(2.5μm pitch, 0.5μm 지름)로 이루어져 있다[8,9].

표 4. 의료용 마이크로 로봇 핵심원천기술
Table 4. The core technology point of micro-robot

핵심 원천기술 명 (요구 성능 및 기능/제품 및 서비스/기대효과)	주요 내용
캡슐 형 포함한 무 절개 수술을 위한 인체 삽입형 초소형 수술로봇 기술 (고 신뢰성 및 고 기능성/인체삽입형 로봇시스템/신체손상 최소화로 수술 후 삶의 질 개선)	<ul style="list-style-type: none"> - 내시경과 함께 투입되어 환부의 처치가 가능한 내시경타입 로봇과 기존의 알약형태의 검사로봇에 소형의 기술이 가능한 기구를 장착하여 환부로 직접 접근하게 하고 처리하는 기술 등의 수요가 발생하고 있음 - 상기 기술을 위해서는 소형 유연관절 로봇기술과 초소형말단장치, 비구조환경내 위치인식 및 이동기술이 동시에 필요함

한편 표 4는 의료용 마이크로 로봇의 핵심원천기술을 정리한 것이다[10]. 표에서 보면, 현재 의료용 마이크로 로봇의 핵심원천기술 동향은 캡슐형을 포함한 무절개수술을 위한 인체삽입형 초소형 수술로봇 기술

로서, 기술에 있어서의 요구성능과 기능은 신뢰성이 높고 기능이 높아야 하며, 그 기대효과는 신체손상의 최소화로 수술 후 삶의 질을 개선하는 것에 초점이 맞춰져 있다. 그 주요 내용은 내시경과 함께 투입되어 환부의 처치가 가능한 내시경타입 로봇과 기존의 알약형태의 검사로봇에 소형의 시술이 가능한 기구를 장착하여 환부로 직접 접근하게 하여 처리하는 기술 등의 수요가 발생하고 있다는 점과 함께, 이 기술을 위해서는 소형 유연관절 로봇기술과 초소형말단장치, 비구조환경내 위치인식 및 이동기술이 동시에 필요하다는 것을 담고 있다.

V. 한국 마이크로 로봇 기술개발 현황

다음은 2012년 7월 현재 특허 등록(등록 후 소멸된 것 포함)된 것을 정리한 표이다. 표 5에서 보면, 지금까지의 기술개발현황은 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 대장이나 소장과 같은 장기(臟器) 내 이동 혹은 정지에 관한 로봇(A형)과 둘째, 원관과 같은 관탐사용 마이크로 로봇(B형), 셋째, 이상의 두 가지보다 훨씬 미세한 공간인 인체혈관 내의 이동 혹은 정지에 관한 로봇(C형)이다. 이 세 가지 중 마지막인 인체의 혈관 내의 이동 혹은 정지에 관한 마이크로 로봇이 사실상 최첨단기술로서 현재 이 로봇 중심으로 연구개발이 중점적으로 진행되고 있다.

표 5. 마이크로 로봇에 대한 한국 특허 현황
Table 3. Patent for micro-robot

명칭	번호	출원일자	출원인	초록 및 기술분야 (특징)
마이크로 로봇(A형)	1020010027494	2001. 5. 19	한국과학기술연구원	다수 개 다리 캠작동방식
마이크로 로봇(A형)	1020010032798	2001. 6. 12	한국과학기술연구원	편심축 회전 타원운동
마이크로 캡슐형 로봇(A형)	1020010070191	2001. 11. 12	한국과학기술연구원	장기검사
모터 구동방식의 대장검사용 마이크로 로봇(A형)	1020010022141	2001. 4. 24	한국과학기술연구원	대장검사
마이크로 로봇	1020010027496	2001. 5. 19	한국과학기술연구원	회전력 원기어구동

구동시스템(A형)				장기검사
마이크로 캡슐형 로봇(A형)	1020020047097	2002. 8. 9	한국과학기술연구원	장기내부 이동과 지연
마이크로로봇 그리퍼 장치(A형)	1020020063311	2002. 10. 16	한국과학기술연구원	전자기력 압전구동방식
마이크로 조립용 다자유도 원격조종 로봇시스템(A형)	1020020015679	2002. 3. 22	한국과학기술연구원	조작자 다자유도추출
마이크로 로봇(A형)	1020030039919	2003. 6. 19	한국과학기술연구원	장기이동
마이크로 로봇(A형)	1020030039200	2003. 6. 17	한국과학기술연구원	장기이동과 정지
마이크로 로봇(A형)	1020040029178	2004. 4. 27	한국과학기술연구원	선형 액츄에이터 이용
캡슐형 로봇(A형)	1020050039884	2005. 5. 12	한국과학기술연구원	장기벽면이동
마이크로 로봇(B형)	2020050016423	2005. 6. 7	주식회사 비즈탑	육내 급수관 진단 및 세척용
마이크로 로봇(B형)	1020050087544	2005. 9. 16	주식회사 비즈탑	육내 급수관 진단 및 세척용
관탐사 마이크로 로봇(B형)	1020060069888	2006. 7. 25	주식회사 티에스	크롤링 방식을 이용
마이크로 로봇(B형)	1020060046914	2006. 5. 22	(주)월엔텍	배관 내부 진단용
마이크로 로봇(C형-1)	1020080076149	2008. 8. 4	전남대학교 산학협력단	혈관 치료용 유지와 이동
마이크로 로봇(C형-1)	1020080085443	2008. 8. 29	전남대학교 산학협력단	혈관 치료용 유지와 이동
마이크로 로봇 스템(C형-1)	1020080048572	2008. 5. 26	전남대학교 산학협력단	치료부 구비 혈관 치료용 유지와 이동
2차원 평면 전자기구동(C형-1)	1020080105108	2008. 10. 27	전남대학교 산학협력단	코일 시스템 구조
마이크로 로봇(C형-2)	1020080108011	2008. 10. 31	전남대학교 산학협력단	병변 치료용 박테리아 기반
마이크로 로봇 구동모듈 및 시스템(C형-1)	1020080035236	2008. 4. 16	전남대학교 산학협력단	3차원 전자기구동
3차원 전자기구동장치(C형-1)	1020090058049	2009. 6. 29	전남대학교 산학협력단	새들(saddle)형태 코일형성
드릴링 마이크로 로봇(C형-1)	1020090091121	2009. 9. 25	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링

3차원 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090054447	2009. 6. 18	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링	2차원 평면 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090022959	2009. 3. 18	전남대학교 산학협력단	2차원 평면 전자기 구동장치
3차원 입체 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090022961	2009. 3. 18	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링	드릴링 마이크로 로봇시스템(C형-1)	1020100003347	2010. 1. 14	전남대학교 산학협력단	회전자계와 경사자계이용
2차원 평면 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090022959	2009. 3. 18	전남대학교 산학협력단	2차원 평면 전자기 구동장치	혈관탐사 마이크로 로봇 (C형-3)	1020110014831	2011. 2. 19	이상윤 (부경대 공간정보시스템공학과)	유체가압추진 방식
드릴링 마이크로 로봇시스템(C형-1)	1020100003347	2010. 1. 14	전남대학교 산학협력단	회전자계와 경사자계이용	관탐사 마이크로 로봇(B형)	1020060069888	2006. 7. 25	주식회사 티에스	크롤링 방식을 이용
혈관탐사 마이크로 로봇 (C형-3)	1020110014831	2011. 2. 19	이상윤 (부경대 공간정보시스템공학과)	유체가압추진 방식	마이크로 로봇(B형)	1020060046914	2006. 5. 22	(주)월엔텍	배관 내부 진단용
관탐사 마이크로 로봇(B형)	1020060069888	2006. 7. 25	주식회사 티에스	크롤링 방식을 이용	마이크로 로봇(C형-1)	1020080076149	2008. 8. 4	전남대학교 산학협력단	혈관 치료용 유지와 이동
마이크로 로봇(B형)	1020060046914	2006. 5. 22	(주)월엔텍	배관 내부 진단용	마이크로 로봇(C형-1)	1020080085443	2008. 8. 29	전남대학교 산학협력단	혈관 치료용 유지와 이동
마이크로 로봇(C형-1)	1020080076149	2008. 8. 4	전남대학교 산학협력단	혈관 치료용 유지와 이동	마이크로 로봇 스템 (C형-1)	1020080048572	2008. 5. 26	전남대학교 산학협력단	치료부 구비 혈관 치료용 유지와 이동
마이크로 로봇(C형-1)	1020080085443	2008. 8. 29	전남대학교 산학협력단	혈관 치료용 유지와 이동	2차원 평면 전자기구동 (C형-1)	1020080105108	2008. 10. 27	전남대학교 산학협력단	코일 시스템 구조
마이크로 로봇 스템 (C형-1)	1020080048572	2008. 5. 26	전남대학교 산학협력단	치료부 구비 혈관 치료용 유지와 이동	마이크로 로봇(C형-2)	1020080108011	2008. 10. 31	전남대학교 산학협력단	병변 치료용 박테리아 기반
2차원 평면 전자기구동 (C형-1)	1020080105108	2008. 10. 27	전남대학교 산학협력단	코일 시스템 구조	마이크로 로봇 구동모듈 및 시스템 (C형-1)	1020080035236	2008. 4. 16	전남대학교 산학협력단	3차원 전자기구동
마이크로 로봇(C형-2)	1020080108011	2008. 10. 31	전남대학교 산학협력단	병변 치료용 박테리아 기반	3차원 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090058049	2009. 6. 29	전남대학교 산학협력단	새들(saddle)형태 코일형성
마이크로 로봇 구동모듈 및 시스템 (C형-1)	1020080035236	2008. 4. 16	전남대학교 산학협력단	3차원 전자기구동	드릴링 마이크로 로봇(C형-1)	1020090091121	2009. 9. 25	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링
3차원 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090058049	2009. 6. 29	전남대학교 산학협력단	새들(saddle)형태 코일형성	3차원 입체 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090022961	2009. 3. 18	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링
드릴링 마이크로 로봇(C형-1)	1020090091121	2009. 9. 25	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링	2차원 평면 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090022959	2009. 3. 18	전남대학교 산학협력단	2차원 평면 전자기 구동장치
3차원 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090054447	2009. 6. 18	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링	드릴링 마이크로 로봇시스템(C형-1)	1020100003347	2010. 1. 14	전남대학교 산학협력단	회전자계와 경사자계이용
3차원 입체 전자기 구동장치 (C형-1)	1020090022961	2009. 3. 18	전남대학교 산학협력단	3차원 위치제어 드릴링					

혈관탐사 마이크로 로봇 (C형-3)	10201100 14831	2011. 2. 19	이상윤 (부경대 공간정보시 스템공학과)	유체가압추진 방식
---------------------	-------------------	----------------	--------------------------------	--------------

곧 그 동안 한국의 특허청에 특허 등록된 기술진보를 보면, 먼저 자체 구동장치를 갖추었지만 인체의 장기와 같은 비교적 큰 공간에서 이동 가능한 내시경 형태의 로봇(A형)이 개발되었고, 비슷한 시기 인체 외의 관에서 이동이 가능한 -역시 비교적 큰 공간에서 이동 가능한- 관탐사 형태의 로봇(B형)이 개발되었다. 이후 인체의 혈관에서 이동 가능한 마이크로 로봇(C형-1)으로 기술진보가 있었지만 미세한 혈관에서 이동하기 위해서 로봇의 몸체는 매우 미세해졌는데 사실상 이러한 이유로 자체 동력장치를 구비하기는 어려운 기술적 과제가 있었고, 외부의 전자기장을 활용하여 이동이나 제어를 추구하였다.

따라서 이후의 기술적 진보는 미생물을 이용하여 마이크로 로봇을 구동하는 방법(C형-2)으로 발전하였으며, 최근에서야 -기존의 외부의 전자기장을 이용하는 방식에서 기술진보를 이루어- 자체 동력장치를 갖추고 미세한 혈관 내에서 혈관에 대한 지지 없이도 상하좌우 자율이동이 가능한 마이크로 로봇이 특허 등록(C형-3)되었다.

다음에서 산업상 이용 가능한 것으로 인정받은 현재까지 출원 후 특허등록된 것 중 이상의 기술과 관련해서 대표적인 것 중심으로 내용을 각각 살펴본다.

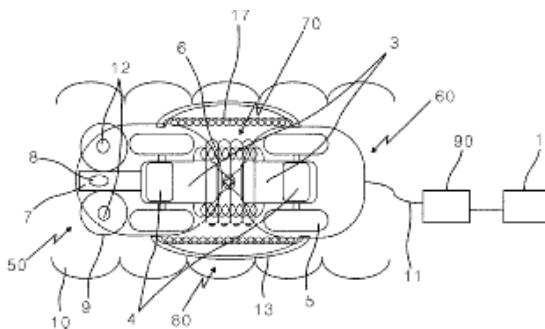


그림 2. 대장검사용 마이크로 로봇
Fig. 2 Micro-robot for screening of colon cancer

먼저 대장이나 소장과 같은 장기(臟器) 내 이동 혹은 정지에 관한 로봇에서 특허 등록은 그림 2처럼, 한국과학기술연구원의 모터 구동방식의 대장검사용 마

이크로 로봇(A형)으로서 2003년12월 15일에 특허 등록되었다. 명세서를 보면, 이 로봇은 대장 내에서 스스로 이동할 수 있게 하는 메커니즘에 의하여 환자에게 고통을 주지 않으면서 환자의 장을 검사하는 모터 구동방식의 대장 내부 검사용 마이크로 로봇에 관한 것이며 조명장치, 촬영장치, 구동수단 및 바퀴들을 갖는 전반구동부, 이 전반구동부와 일정한 거리를 두고 떨어져 배치되고 다른 구동수단과 바퀴들을 갖는 후반구동부, 또한 전반구동부와 후반구동부를 연결하여 전/후진 및 방향전환을 하게 하는 조향부, 전반구동부와 후반구동부의 외각을 연결하여 지지하며, 마이크로 로봇을 장벽에 고정시키는 몸체 고정부(13), 전반구동부(50), 후반구동부(60), 조향부(70) 및 몸체 고정부를 제어하는 제어부(90)를 포함하는 것을 그 특징으로 하였다.

당시 이 로봇은 기존의 기술이 이동을 위해 장벽을 잡아 당겨 이동하기 때문에 장벽에 상처를 주거나 또는 흔적을 남겨 이러한 장벽의 상처나 흔적이 실제 질병으로 인하여 생긴 부분과 쉽게 구분되지 못한 문제가 있었기에, 이 기술과제를 해결하기 위해 대장에서 마이크로 모터에 의하여 봉 형태의 바퀴가 구동되어 전진/후진 이동하고, 선형구동기에 의하여 그 이동 방향이 조절되어 대장의 루프를 스스로 유연하게 통과하여 대장 내부를 검사하는 모터 구동방식의 대장 검사용 마이크로 로봇을 구현하고자 했다.

다음은 한국과학기술원의 2004년 2월 14일자 특허 등록된 그림 3의, 마이크로 캡슐형 로봇(A형)이다. 명세서를 보면, 이는 마이크로 캡슐형 로봇이 장기 등의 내부에서 이동 또는 이동 지연에 관한 것으로 창출된 것인데, 몸체부, 선형구동장치, 이 선형구동장치의 구동에 의하여 몸체부의 외주면으로부터 펼쳐져 장기의 내벽과 접촉하여 몸체부의 이동을 지연 또는 정지시키기 위한 날개(220), 이 날개로 구성되어 이 몸체부의 외주면에 설치된 몸체이동지연부, 이 몸체부 내에 설치되어 이 몸체이동지연부를 제어하기 위한 제어부로 구성되는 것을 특징으로 한 것이다.

당시 해결하고자 했던 기술과제는 다음과 같다. 곧 마이크로 캡슐의 장기(臟器) 내 이동은 장기(臟器)의 자연스러운 연동 운동에만 의존하기 때문에 작동자가 특정한 위치를 자세히 관찰하고자 할 경우에는 마이크로 캡슐을 정지시킬 수 없는 문제가 있었고, 이는

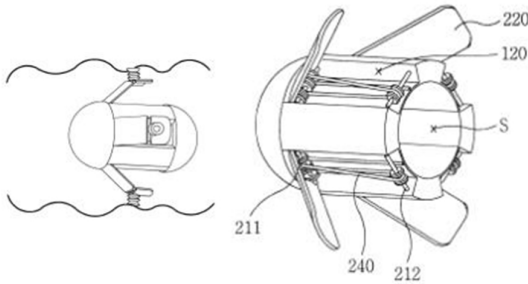


그림 3. 마이크로 캡슐형 로봇
Fig. 3 Micro-robot like capsule

정지하기 위한 기능을 포함하지 않았기 때문이기에 장기내부에서 마이크로 로봇 몸체의 이동을 지연 또는 정지할 수 있게 하려는 목적에서였다.

다음은 그림 4에서 보듯이, 2004년 3월 29일자로 특허 등록된 한국과학기술연구원의 마이크로 로봇 구동시스템(B형)이다. 명세서를 보면, 이는 구동수단에 의해 발생된 회전력을 원에 의해 원기어 또는 기어형 벨트에 전달함으로써 마이크로 로봇을 전진, 후진 또는 방향전환 등으로 이동시킬 수 있는 마이크로 로봇의 구동시스템을 구현하고자 했는데, 마이크로 로봇 몸체, 이 몸체 내에 장착되고 구동수단에 의해 발생되는 회전력을 전달하는 회전력전달수단, 이 회전력전달수단과 맞물리면서, 상기 몸체 외부로 돌출되어 상기 몸체에 장착되어 이 회전력전달수단에 의해 전달되는 회전력에 의해 상기 몸체를 이동시키는 이동수단을 포함하는 것을 그 특징으로 하였다.

당시 이 로봇에 대한 특허명세서에는 기존의 내시경용 마이크로 로봇에 대한 상세한 설명이 있다. 곧 종래의 내시경용 마이크로 로봇에 대한 기술 및 개발 현황을 보면, 당시까지 상용화된 상태에 이른 것은 없으며 대부분 연구가 진행되고 있는 상황임을 밝히고, 그중 알려진 마이크로 로봇 중의 하나인 자가구동 내시경인 자벌레(inch worm) 형태는 구동방식에 있어 공기에 의해 부풀려지는 집게(clamper)로 소장이나 대장(12) 등의 벽에 지지하여 이동하는 방식인데 이러한 형태의 원리를 이용하여 로봇이 이동하기 위해서는 반드시 로봇의 몸체(6)와 이동하고자 하는 주변과 밀착되는 부분이 반드시 필요한 점에서, 이 부분이 고정되어 있다는 가정 아래에서 로봇 몸체의 일부분을 앞

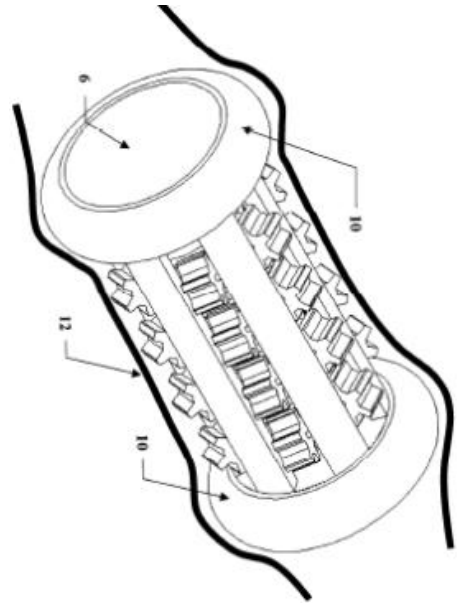


그림 4. 마이크로 로봇 구동 시스템
Fig. 4 Moving system of micro-robot

으로 내밀어 다시 앞부분에서 밀착하는 방식을 반복하여 이동하게 된다고 선행기술을 언급하고 있다.

다만 이 방식은 원관과 같이 단단한 특성을 지닌 환경에서는 그 특성이 보장될 수 있지만, 인체 내의 대장과 같은 유연한 환경에서는 밀착된 부분이 고정되어 있지 못하기 때문에 그 이동특성이 매우 나쁠 수밖에 없고, 심하게 지지력을 높여야 할 경우 연약한 장벽에 손상을 입힐 수 있는 문제점이 있기에 마이크로 로봇이 이동 중 검사, 조직채취 등의 작업수행을 위해 -제자리에 정지해야 할 경우 마이크로 로봇이 흔들리게 되는 것을 방지하기 위한- 몸체고정수단을 추가적으로 포함하는 마이크로 로봇 구동시스템을 구현함으로써 기존의 기술적 문제점을 해결하고자 했다.

다음은 그림 5에서 보듯이, 원관과 같은 관탐사용 마이크로 로봇(B형)으로서 주식회사 티에스의 2008년 3월 5일자 특허 등록된 크롤링 방식을 이용한 관탐사 마이크로 로봇이다.

명세서를 보면, 이는 구동수단에 의해 발생된 선형 구동력을 사용하여 기구적인 구조를 통해 캡슐내부에 있는 다리가 작동되어 한 방향으로 이동가능한 캡슐형 마이크로 로봇의 구동 시스템구현에 관한 것인데,

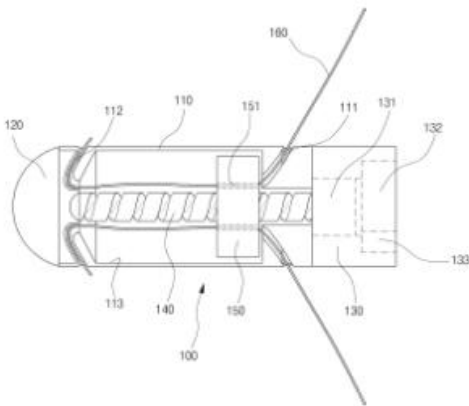


그림 5. 크롤링 방식의 관탐사 마이크로 로봇
Fig. 5 Micro-robot of crawling technology

머리부(120)를 가지는 몸체(110), 이 몸체 내부에 형성된 공간에서 직선운동을 하는 이동부재(150), 이 몸체에 설치되어 이 이동부재를 직선왕복으로 구동시키는 구동수단, 이 이동부재에 일체로 설치되어, 이 몸체의 상부와 하부에 각각 형성된 상부안내홈(112)과 하부안내홈(111)을 통해 양단부가 이 몸체의 외부로 돌출되어 있는 복수의 다리(160)를 포함하며, 이 상부안내홈과 하부안내홈은 이 다리가 상기 몸체의 머리부의 반대방향을 향하여 경사지도록 형성된다고 하였다. 또한 이 로봇은 기존의 로봇보다 간단하면서도 효율적인 구조를 이용하여 기존의 이동 기능이 없는 것에 비해 빠르게 넓은 범위의 검사가 가능할 수 있고, 관내의 청소에도 활용될 수 있으며 제작이 용이하고 비용 절감의 효과가 있으며 전체적인 크기의 소형화 측면에서도 장점이 있다고 밝히고 있다.

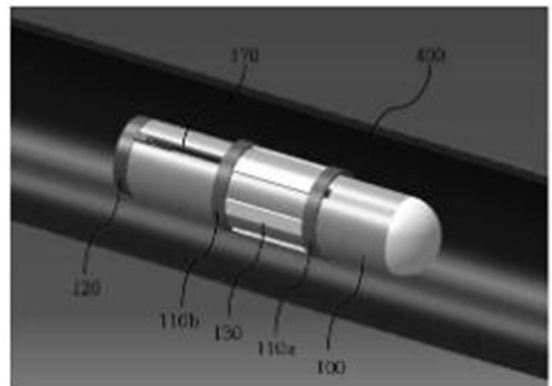
또한 기존의 관탐사용 마이크로 로봇에 대한 기술 및 개발 현황에 대해 당시까지 상용화된 상태에 이른 것이 없고 대부분의 연구가 진행되고 있는 상황임을 밝히고, 구조적으로 캡슐 형태의 원통형의 외관인 이유로 관내부와와의 마찰이 작게 설계되어 있으며, 캡슐의 앞뒤에 존재하는 다수의 다리들이 이동할 때 번갈아서 돌출되어 관의 벽면을 항상 지지하며 이동하는 구조를 가지는 관탐사 마이크로 로봇을 구현함으로써 기술적 문제를 해결하고자 했다.

마지막으로 이상의 두 가지보다 훨씬 미세한 공간인 인체혈관 내의 이동 혹은 정지에 관한 로봇에 대한 것이다.

먼저 전남대학교산학협력단의 박종오 교수팀의 2010년 12월 02일자 특허 등록된 그림 6에서 보듯이, 혈관 치료용 마이크로 로봇의 유지 및 이동 시스템에 대한 것(차세대신기술, 국가연구개발사업, 지식경제부, 연구기간 2007년 9월 1일 ~ 2014년 6월 30일)이다.

명세서를 보면 이 로봇(C형-1)은 혈관 치료를 위해 혈관 내부를 이동하는 마이크로 로봇으로서 혈액의 흐름에 따라 치료부위를 벗어나지 않도록 유지하는 시스템을 구비하여, 혈관 내부 중 치료를 요하는 환부로 정확하게 중심을 유지하며, 이동하기 위한 이동 시스템에 관한 것인데, 혈관 내부를 이동하는 본체(100), 이동하는 복수개의 이동수단(110, 형상기억합금), 고정수단(120), 유지수단(130), 구동수단(140) 및 시스템 제어부를 구비하였고, 동력원은 외부의 전자기장을 이용하였다.

해결할 기술과제는 마이크로 로봇에 구비된 마이크로 드릴 장비 등을 이용하여 환부를 제거할 때 제거하기보다는 마이크로 로봇 자체가 회전하거나 중심을 벗어나는 문제가 있었고, 마이크로 로봇의 외경이 혈관의 내경 보다 크게 혹은 동일하게 제작된 경우 마이크로 로봇이 혈관 내에서의 움직임이 제약받았고, 혈액의 흐름을 막아 산소공급 부족 내지 혈관벽이 파열되는 등 심각한부작용을 초래할 수 있었다. 따라서 치료를 위해 혈액의 흐름에 영향을 받지 않고 마이크로 로봇이 독자적으로 중심을 유지하면서 이동할 수 있는 이동 시스템을 구현하고자 했다.



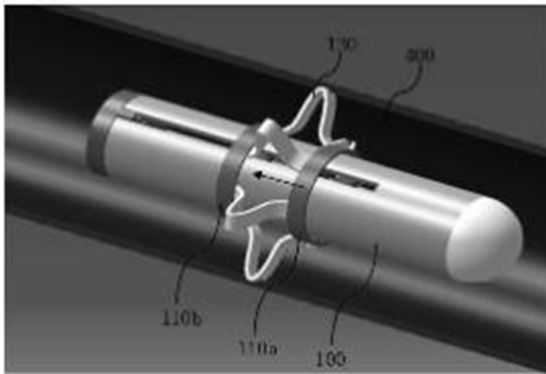


그림 6. 혈관 치료용 마이크로 로봇
Fig. 6 Maintenance and movement system of micro-robot for intravascular therapy

다음으로 마이크로 크기의 로봇 몸체로 인해 자체 동력장치 구비가 어려운 점에서, 또한 외부의 전자장치를 이용하면 정밀한 제어가 쉽지 않은 점 때문에 2010년 12월 15일자로 특허 등록된 그림 7의, 전남대학교산학협력단의 박종오 교수팀의 병변 치료용 박테리아 기반으로 마이크로로봇의 기술진보를 이룬 미생물을 이용한 마이크로 로봇을 구동하는 방법(C형-2)이다.

명세서를 보면, 이 병변 치료용 박테리아 기반의 마이크로로봇은 환경 혹은 질병을 인식하는 박테리아를 이용하여 병변을 표적화해서 이동하고, 나아가 박테리아의 자체 형광 발현성을 이용하여 병변에 마이크로로봇이 얼마나 표적화 되었는지를 분석할 수 있는 장점과 함께, 인체 내 면역반응에 둔감하고 자가 분열 및 증식이 가능한 이유로 질병에 대한 자체적이거나 간접적인 치료능력을 가지고 있는 박테리아를 이용한 마이크로로봇을 구현하고자 했다.

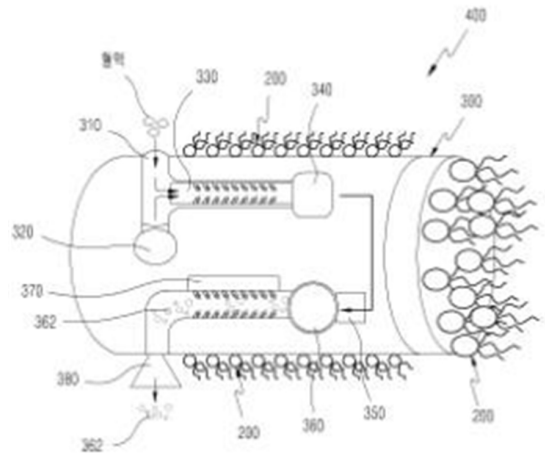


그림 7. 병변 치료용 박테리아 기반의 마이크로 로봇
Fig. 7 Micro-robot of bacterium base for lesion treatment

기술적 해결과제는 다음과 같다. 마이크로 로봇의 구성요소들 중에서도 구동부와 센싱부, 동력원부는 마이크로로봇에서 가장 중요한 구성요소인데, 그림에도 불구하고 마이크로로봇의 크기제한으로 인하여 구동부와 센싱부, 동력원부의 크기는 매우 제한적인 문제가 있다.

일반적으로 구동부로, 많은 경우 마이크로모터를 사용하게 되는데 마이크로모터의 경우에는 대개 지름이 1-2mm인 경우가 최소인 경우가 많은 점에서, 이를 소형화하기 위해 지능성재료로 형상기억합금이나 EAP(Electro-Active Polymer) 등이 사용되는 기술적 진보가 있었지만은 사실상 이러한 지능성재료도 적용에 있어 한계를 가지고 있고, 동력원부가 배터리를 많이 소모함에도 마이크로로봇의 부피제한으로 인하여 충분한 용량의 배터리를 마이크로 로봇 내에 탑재하기 어려운 현실적 문제가 있었다.

따라서 이러한 문제를 해결하고자 생체 세포를 이용하는 연구가 진행되었고, 특히 자발적으로 수축하는 심근세포를 이용하는 연구까지 진행되었다. 즉 이 심근세포를 이용하는 경우, 마이크로 구조체를 만든 뒤 이 심근세포를 마이크로 구조체에 배양하여 그 수축력을 얻는 방법인 점에서, 심근세포의 수축력을 이용하여 다양한 기능을 구현할 수 있는 장점은 있었다. 하지만 심근세포를 이용한 마이크로시스템은 그 제어



가 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 심근세포의 수축력을 유지하기 위하여 환경을 조성하기가 쉽지 않고 특히 인체 내에 적용될 경우에는 면역반응으로 인해 적용이 용이하지 않다는 단점이 있었다.

그런 점에서 병변 치료용 박테리아 기반의 마이크로로봇은 박테리아의 특성중 하나인 편모의 운동으로 인한 이동성을 이용하여, 환경이나 질병을 인식하는 인지성을 활용하여 병변을 표적으로 삼아 병변 부분으로 이동한 뒤 자체 형광 발현성을 이용하여 병변에 마이크로로봇이 얼마나 표적화 되었는지의 여부에 대한 분석이 가능하도록 또한 인체 내 면역반응에 둔감하고 자가 분열하여 증식 가능하며 질병에 대한 자체적이거나 간접적인 치료능력을 가진 박테리아를 이용한 마이크로로봇을 구현하고자 했다.

그럼에도 불구하고 사실상 박테리아 기반 기술은 역시 오로지 박테리아가 자체적으로 표적을 찾아간다는 점에서 사실상 조작자가 자율적으로 제어하기에는 아직 상당한 기술적 단점이 있다.

따라서 질병이나 병변으로의 인간 조작자가 원하는 방향으로 제어되어 마이크로 크기라는 미세한 로봇의 크기 문제 때문에 배터리를 장착 않고서도 자율이동이 가능한 마이크로로봇에 대한 기술진보는 사실상 필요한 실정이다.

다음은 이 같은 기술적 문제를 해결하여 2012년 7월 6일자로 특허 등록된 부경대 공간정보시스템공학과 이상운 교수의 유체가압추진방식을 이용한 혈관탐사 마이크로 로봇(C형-3)이다.

명세서를 보면, 이 로봇은 지금까지 한국의 특허청에 특허 등록된 종래 기술에서의 문제점을 개선하기 위해 개발된 것으로서, 기존의 인체 내부의 장기연동을 이용하는 수동적이거나, 스크류 프로펠러를 이용한 유체 추진장치와 달리, 혈관탐사 마이크로 로봇 내부에 유체를 가압하여 분출시키는 추진장치를 제공함으로써 배터리 장착이 불필요하고, 로봇의 추진체로서 프로펠러를 사용하지 않아 기존의 모터장착 프로펠러 이동 수단을 가진 마이크로 로봇의 문제점이었던 캐비테이션의 발생을 막고, 혈관탐사 마이크로 로봇이 혈관과 같은 아주 좁은 행동반경을 가진 유체 속에서도 전후좌우 원하는 방향으로 쉽게 이동토록 하여 조향성능을 향상시키는 것을 구현하고자 했다.

특히 다수의 추진장치를 이용하여 마이크로 로봇의

운행 및 방향전환이 이루어지므로 마이크로 로봇이 인체 내부를 운행 중 일부 추진장치에 문제가 발생하더라도 정상구동되는 추진장치에 의해 지체 없이 운행을 계속할 수 있어, 인체내부에서 안전성을 도모했으며, 운행의 효율성을 극대화할 수 있는 효과가 있고, 제자리에서 360° 방향전환이 가능하여 좁은 혈관속에서 정지 혹은 제자리에서 마이크로 로봇의 방향을 상하좌우로 전환시킬 수 있으므로 마이크로 로봇의 조종 효율성을 증진시킬 수 있는 효과가 있고, 조작자가 특정한 부분을 자세히 관찰하고자 할 경우 이를 위해 마이크로 로봇을 정지시키거나 속도를 조절하거나 특히 배가할 수 없었던 한계를 벗어나 자체 추진장치를 사용하여 그 운동성을 조절하여 정밀한 관찰과 치료행위를 가능하게 하는 효과를 구현했다.

VI. SWOT분석과 정책적 시사점

본고는 지금까지 한국 특허청에 특허 등록되어 공식적으로 인정되는 마이크로 로봇에 대한 기술동향과 개발현황을 고찰하였다. 특허등록기준에 대해 특허법 제24조 특허요건에는 모든 발명이 다 특허의 대상이 되는 것은 아니며 특허로 등록 받기 위해서는 출원당시에 일반인에게 알려지지 않아야 하며(신규성), 과거의 기술로부터의 발전성이 인정되어야 하며(진보성), 산업상 이용 가능성이 있어야 한다고 엄격한 심사 및 등록기준을 정하고 있다.

본고는 그러한 점에서 한국의 마이크로 로봇의 기술동향과 개발현황을 살펴보고자 특허청에 특허 등록된 것을 기준으로 삼아 가장 최신의 기술 중심으로 고찰하였다. 그 결과 한국의 마이크로 로봇의 기술진보 현황은 크게 세 단계로서 장기내부에서 이동성을 가진 내시경형 마이크로 로봇에서, 관탐사 마이크로 로봇, 그리고 혈관 내부 이동의 마이크로 로봇으로 기술이 개발되어왔음을 확인하였다. 또한 기술동향으로는 개발초기 장기와 같은 넓은 공간에서 점차 혈관과 같은 좁은 공간에서 이동이 가능한 방향으로 기술진보가 이루어져 왔고, 나아가 혈관과 같은 미세한 공간에서 이동과 제어가 가능해야 된다는 점에서 배터리를 갖춘 모터장착과 자체 추진기를 가진 마이크로 로봇이 연구되었지만, 개발의 현실적인 어려움 때문에

혈관벽을 지지하는 지지부를 구비하여 외부의 자기장에 따라 이동과 제어를 하는 로봇으로 발전하였음을 확인했다.

하지만 이는 안전이 우선되는 인체내부에서 로봇의 일부분이 혈관벽에 지탱하여 정지한다는 것은 혈관을 파열시킬 위험이 상존하고, 나아가 자기장 방식은 전후좌우 자율이동이 어렵다는 점에서 기술적 해결과제로 여전히 남아있었다. 이후 이 문제는 박테리아를 마이크로 로봇에 장착하여 박테리아 스스로가 병변과 질병으로 이동하여 치료를 하는 방식으로 기술진보가 있었지만 이는 여전히 배터리 같은 자체 동력 추진기가 없는 이유로 조작자에 의한 자율적인 이동과 제어가 어렵다는 문제점이 있었다.

그리고 최근인 2012년 7월에 이상의 문제를 해결하여 배터리를 장착하지 않고서도 자체의 동력을 생산하여, 혈관 내부에서 혈관의 벽을 지탱하지 않고서도 정지가 가능하고 상하좌우 자율이동이 가능하며, 안전이 우선인 인체에서 추진장치가 고장 나더라도 구비된 다른 추진장치를 이용하여 이동과 정지가 가능한 마이크로 로봇의 특허등록으로 기술진보를 이루었다. 다음 그림 8은 이상의 내용을 정리한 것이다.

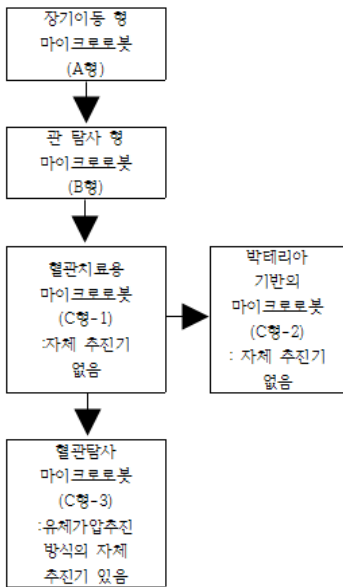


그림 8. 한국 마이크로 로봇의 기술동향과 개발현황
Fig. 8 Technology development and trend
of Korean micro-robot

다음은 이상의 내용을 바탕으로 향후 정책추진에 있어, 한국 마이크로 로봇의 세계경쟁력을 강화하는 미래전략을 도출하기 위한 목적에서, SWOT분석을 통해서 확인된 한국의 마이크로 로봇에 대한 정책적 시사점이다.

먼저 기회활용을 위한 목적에서 강점사용이 가능한 상황인 O/S 전략은 다음과 같다. 첫째, 한국 정부는 차세대신기술의 국가연구개발사업으로 마이크로로봇 연구개발을 지원 중에 있다. 둘째, 세계 최신훈인 박테리아 기반의 마이크로 로봇(C형-2)이 특허 등록되어 있다. 셋째, 나아가 최대의 기술적 과제였던 무(無)배터리방식의 자체 추진기를 갖춘 자율이동 가능한 마이크로 로봇(C형-3)이 특허 등록되었다.

기회활용을 위한 목적에서 약점을 보완해야 하는 상황인 O/W 전략은 다음과 같다. 첫째, 박테리아 기반 기술의 마이크로 로봇(C형-2)이 조작자에 의해서 제어가 가능해야 한다. 둘째, 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)이 박테리아 기반 기술보다 효용이 높아야 한다.

위협을 극복하기 위한 목적에서 강점을 사용할 수 있는 상황인 T/S 전략은 다음과 같다. 첫째, 국제 경쟁력을 강화하기 위해 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)의 자체 제어위한 더 많은 연구개발비의 투여가 필요하다. 둘째, 최근에 기술진보를 이룬 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)이 박테리아 기반 기술보다 우위선점 위해 보다 적극적인 연구개발비의 투여가 필요하다. 셋째, 그러나 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)이 양 분야 출혈경쟁이 되거나 연구비가 분산되어 어느 한 곳도 제대로 된 기술진보를 못해서는 안 된다.

위협을 극복하기 위한 목적에서 약점을 보완해야 하는 상황인 T/W 전략은 다음과 같다. 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3), 이 양 분야가 기술진보에 실패하여 국가적으로 경쟁력을 상실하여 이 분야 후발주자가 된다.

표 6. 한국의 마이크로 로봇에 대한 정책적 시사점
Table 6. SWOT analysis and Korean micro-robot strategy

	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
기회 (Opportunity)	한국 정부는 차세대신기술의 국가연구개발사업으로 마이크로로봇연구개발을 지원 중에 있다. 세계 최신킨기술인 박테리아 기반의 마이크로 로봇(C형-2)이 특허 등록되어 있다. 나아가 최대의 기술적 과제였던 무배터리 방식의 자체 추진기를 갖춘 자율이동 가능한 마이크로 로봇(C형-3)이 특허 등록되었다.	박테리아 기반 기술의 마이크로 로봇(C형-2)이 조작자에 의해서 제어가 가능해야 한다. 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)이 박테리아 기반 기술보다 효용이 높아야 한다.
위협 (Threat)	박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)의 자체 제어위험 더 많은 연구개발비의 투여가 필요하다. 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)이 박테리아 기반 기술보다 우위선점 위해 보다 적극적인 연구개발비의 투여가 필요하다. 그러나 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇이 양 분야 출혈경쟁이 되거나 연구비가 분산되어 어느 한 곳도 제대로 된 기술진보를 못해서는 안 된다.	박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3), 양 분야가 기술진보에 실패하여 국가적으로 경쟁력을 상실하여 이 분야 후발주자가 된다.

VII. 결론

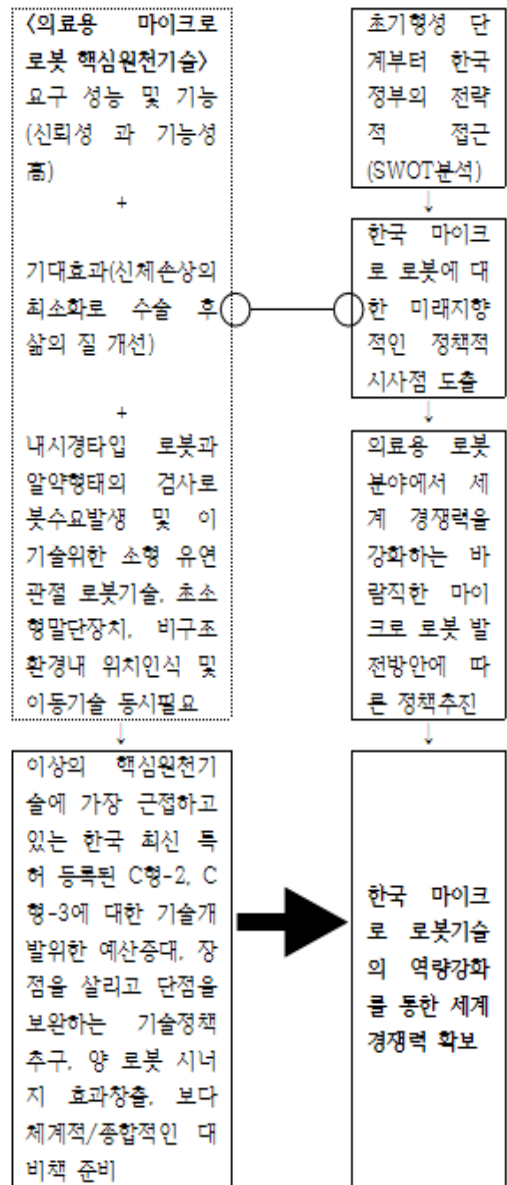


그림 9. 한국 마이크로 로봇의 향후 정책추진과 세계 경쟁력 확보

Fig. 9 Technology policy and strategy of Korean micro-robot

향후 한국 정부의 의료용 로봇분야에서 세계 경쟁력을 강화하는 바람직한 마이크로 로봇 발전방안은

다음과 같다. 첫째, 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3), 이 양 분야 모두 현재 세계적인 수준으로 성장하고 있으므로 지원 중인 마이크로 로봇 개발에 관한 예산을 더욱 늘리고 보다 적극적으로 관련 기술개발을 추진해야 한다. 둘째, 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3), 이 양 분야의 각기 지닌 장점을 더욱 살리고 단점을 보완하는 기술정책을 추진해야 한다. 셋째, 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3), 이 양 분야가 서로 출혈경쟁이 되어서는 안 되고 함께 시너지효과를 극대화하는 방향으로 정책을 추진해야 한다. 넷째, 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3), 이 양 분야가 시장경쟁력을 상실할 경우까지 고려한 보다 체계적이고 종합적인 대비책 마련도 필요하다.

곧 이러한 발전방안은 한국의 의료용 마이크로 로봇의 핵심원천기술을 강화하는데, 현재 이 로봇에 있어 요구되는 성능 및 기능에 있어서의 신뢰성과 기능성을 높이고, 신체 손상을 최소화하여 수술 후의 삶의 질을 개선하며, 소형 유연관절 로봇기술, 초소형 말단장치, 비구조환경내 위치인식 및 이동기술력을 향상시키고, 더욱 발전시킬 수 있는 지향점을 제공함으로써 현재 한국에 최신 특허 등록된 박테리아 기반기술의 마이크로 로봇(C형-2)과 무배터리 자체추진기 자율이동 마이크로 로봇(C형-3)의 향후 세계 경쟁력을 강화하는 전략이 된다.

한편 본 연구는 한국특허정보원의 특허정보검색서비스(www.kipris.or.kr/)를 활용하여[11], 그 동안의 특허 등록된 마이크로 로봇을 대상으로 삼아 공신력 있는 기준을 가지고 기술동향과 개발현황을 살펴보았음에도, 분석구간을 명확히 설정하지 않았으며, 관련 특허 등록된 모든 것을 고찰하지 못한 한계가 있고, 각 년 도별 특허등록 건수의 증감과 여러 마이크로 로봇을 구현하는 다양한 기술 분야의 세부적인 비교를 하지 못했으며, 비공개 특허들에 대한 조사를 진행하지 못했기에 아쉬움이 남는다.

참고 문헌

- [1] 지식경제부, "www.mke.go.kr".
- [2] 이용래, "지능형로봇산업의 활성화방안에 관한 연구", pp. 3-29, 2008.
- [3] 이병기, "학교도서관 경영통론", 경기 좋은글터, pp. 252-500, 2008.
- [4] 김성철, "SWOT분석을 통한 지역문화산업 클러스터의 발전전략", p. 50, 2009.
- [5] Sitti, M., "Miniature devices: Voyage of the microrobots", Nature, pp. 1121-1122, 2009.
- [6] Choi, H.C., J.H. Choi, G.H. Jang, J.O. Park, S.H. Park, "Two-dimensional actuation of a microrobot with a stationary two-pair coil system", Smart Materials and Structures, Vol. 18, No. 5, pp. 1-9, 2009.
- [7] Zhang, L., J.J. Abbott, L. Dong, B.E. Kratochvil, D. Bell, B.J. Nelson, "Artificial bacterial flagella: Fabrication and magnetic control", Applied Physics Letters, Vol. 94, No. 6, pp. 1-3, 2009.
- [8] Pawashe, C., S. Floyd, M. Sitti, "Modeling and Experimental Characterization of an Untethered Magnetic Micro-Robot", The International Journal of Robotics Research, Vol. 28, No. 8, pp. 1077-1094, 2009.
- [9] Sowa, Y. and R.M. Berry, "Bacterial flagellar motor", Quarterly Reviews of Biophysics, Vol. 41, No. 2, pp. 103-132, 2008.
- [10] 한국산업기술진흥원, "2010 산업원천기술로드맵 요약보고서 : 로봇", p. 47, 2010.
- [11] 특허정보검색서비스, "www.kipris.or.kr".
- [12] 김광진, 고낙용, 박세승, "시뮬레이션을 이용한 이동 로봇의 충돌회피 알고리즘 연구", 한국전자통신학회논문지, 7권, 1호, pp. 187-194, 2012.
- [13] 노성우, 김태균, 고낙용, 배영철, "이동로봇의 GPS위치 정보 보정을 위한 파티클 필터 방법", 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 381-390, 2012.
- [14] 문용선, 노상현, 조광훈, 배영철, "다수의 모터를 활용한 로봇관절 구조 설계" 한국전자통신학회 논문지, 7권, 2호, pp. 417-424, 2012.

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 : 원격탐사 & GIS, 공간정책학