

BA 421

2005 미래유망 사업화아이템 이슈분석

바이오센서

시장성장 및 기술개발 방향

구영덕 · 권영일 · 김민곤



한국과학기술정보연구원

머 리 말

21세기는 지식과 정보가 그 국가의 경쟁력을 좌우하는 지식기반 산업사회로 나아가고 있으며, 최고가 아니면 살아남을 수 없는 무한 경쟁시대가 되어가고 있습니다. 우리나라가 이러한 변화 속에서 생존하기 위해서는 국가경쟁력 강화가 필수 불가결한 것으로 인식되고 있으며, 이를 위해서는 선진국형 고부가가치 산업의 육성이 절실히 요구되고 있습니다.

이러한 시대적 요구 속에서 한국과학기술정보연구원에서는 우리나라가 지식기반 산업사회를 선도해 나갈 수 있도록, 미래유망 사업화 아이템을 도출·선정하고 이에 대한 심층분석정보를 제공하고 있습니다. 이를 통해, 국가 과학기술 확산은 물론 국제경쟁력을 극대화시키기 위해 노력하고 있습니다.

미래유망 사업화아이템 이슈분석사업의 일환으로 출간되는 본 보고서는 바이오센서 산업 발전에 많은 기여를 할 것으로 전망되고 있어, 많은 주목을 받고 있습니다. 바이오센서는 학문분야에서는 연구의 수단으로, 산업분야에서는 기술개발의 도구로 점차 그 활용 폭을 확대해나가고 있습니다. 이와 같이 바이오센서는 여러 산업들에 파급 효과가 매우 커서, 국가 산업 측면에서 중요성이 부각되고 있습니다.

본 보고서는 미래유망 사업화아이템의 도출과정 및 선정경위와 바이오센서에 대한 기술·시장의 분석, 이슈분석을 통해 체계적이고 심도 있는 분석정보를 제공하고자 하였습니다. 본 연구의 결과가 관련 과학기술정보를 국내에 확산시키고, 이와 아울러, 관련 산업의 국제

경쟁력 증대에 작으나마 도움이 되었으면 합니다.

끝으로 본 보고서는 구영덕 선임연구원, 권영일 책임연구원, 한국생명공학연구원 김민곤 선임연구원이 공동 집필한 것으로서, 이 분들의 노고에 감사드리며, 수록된 내용은 한국과학기술정보연구원의 공식의견이 아님을 밝혀두고자 합니다.

2005. 11.

한국과학기술정보연구원

원장 조영화

목 차

I. 서 론	1
1. 바이오센서의 개념 및 필요성	1
2. 연구 방법	2
II. 선정 과정	5
1. 유망아이템 발굴/평가 프로세스	5
가. 프로세스 설계의 배경	5
나. 정성적 프로세스	7
다. 정량-정성적 프로세스	10
2. 바이오센서의 선정과정	14
가. 유망아이템 후보군의 도출	14
(1) IT 산업의 미래사업·기술 리스트	14
(2) 환경분석을 통한 유망아이템 후보군 도출	15
나. 바이오센서의 유망성 평가	17
III. 산업 시장 분석	21
1. 개요 및 특성	21
가. 시장의 개요	21
나. 산업의 특성	22
2. 동향 및 전망	23

가. 해외 시장동향	23
(1) 의료용 바이오센서의 시장동향	25
(2) 식품 테스트용 바이오센서의 시장동향	27
(3) 제약 연구용 바이오센서의 시장동향	29
(4) 환경용 바이오센서의 시장동향	31
나. 국내 시장동향	33
다. 시장 전망	34
(1) 해외 시장 전망	34
(2) 국내 시장 전망	36
IV. 이슈 분석	39
1. 이슈 제기	39
2. 혈당바이오센서의 시장환경 및 시장성장 방향	39
3. 바이오센서의 시장확대를 위한 기술개발 방향	41
가. 바이오리셉터의 다변화	41
나. 민감도(sensitivity) 향상	42
다. 다성분 측정	42
라. 실시간 생체 측정	43
마. 비표지 측정 기술	43
V. 결 론	45
참고 문헌	47

표 목차

<표 2-1> 정량-정성적 유망아이템 발굴 프로세스	12
<표 2-2> 유망성 평가지표별 평가기준	13
<표 2-3> 미래 유망사업 아이템 후보군의 도출	16
<표 2-4> 미래 유망사업 아이템의 선정	17
<표 2-5> 바이오센서의 평가내용	19
<표 3-1> 바이오센서의 세계 시장규모	24
<표 3-2> 의료용 바이오센서의 시장규모	25
<표 3-3> 의료용 바이오센서의 지역별 시장현황	26
<표 3-4> 식품 테스트용 바이오센서의 시장규모	27
<표 3-5> 식품용 바이오센서의 지역별 시장현황	29
<표 3-6> 제약 연구용 바이오센서의 시장규모	30
<표 3-7> 제약 연구용 바이오센서의 지역별 시장현황	31
<표 3-8> 환경용 바이오센서의 시장규모	32
<표 3-9> 환경용 바이오센서의 지역별 시장현황	32
<표 3-10> 바이오센서의 국내 시장규모	33
<표 3-11> 바이오센서의 세계 시장 전망	35
<표 3-12> 바이오센서의 국내 시장 전망	37
<표 4-1> 비표지 바이오센서의 비교	44

그림 목차

<그림 1-1> 바이오센서의 기본원리	2
<그림 2-1> 정성적 프로세스 개발 방법	8
<그림 2-2> 정성적 유망아이템 프로세스	9
<그림 2-3> 선정단계에서의 유망성 평가기준	10

I. 서 론

1. 바이오센서의 개념 및 필요성

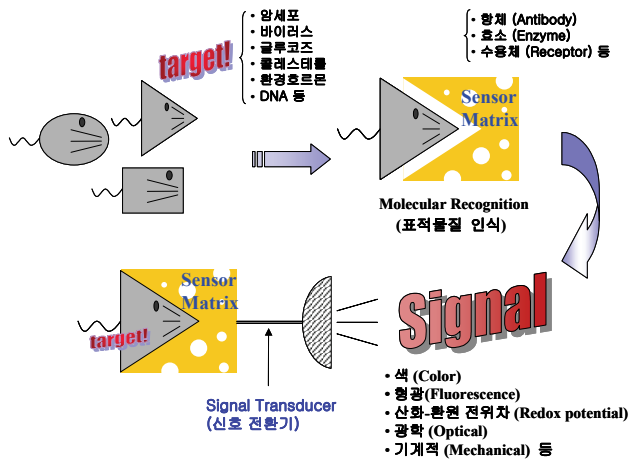
- 바이오센서란 특정한 물질에 대한 인식기능을 갖는 생물학적 수용체를 전기, 광학적 변환기(transducer)와 결합시켜, 생물학적 상호작용 및 반응을 전기적 또는 광학적 신호로 바꾸어 줌으로써 의료진단, 환경감시, 식음료, 산업생산공정 등 여러 분야에 적용할 수 있는 계측센서임.
- 바이오센서란 생체감지물질(bioreceptor)과 신호 변환기(signal transducer)로 구성되어 분석하고자 하는 물질을 선택적으로 감지할 수 있는 제품임(<그림 1-1>).
 - 생체감지물질은 분석물질을 인식하여 신호변환기가 측정할 수 있는 신호로 전환시킬 수 있는 생체분자로서, 특정 물질과 선택적으로 반응 및 결합할 수 있는 효소, 항체, 항원, 락톤, 호르몬 리셉터(homonereceptor) 등이 있음.
 - 신호변환방법으로는 전기화학(electrochemical), 전기, 형광, 발색, SPR(surface plasmon resonance), OCM(quartz crystal microbalance), 열센서 등 다양한 물리화학적 방법을 사용하

2 바이오센서

고 있음.

- 바이오센서의 장점은 다른 분석방법과는 달리 측정하고자 하는 시료와 반응하여 신속하게 물질을 분석할 수 있다는 것임. 따라서 측정의 간단성, 신속성 및 민감성 등이 장점이라고 할 수 있음.

<그림 1-1> 바이오센서의 기본원리



자료 : 손종구의 2인, 바이오센서, 한국과학기술정보연구원, 2002, p.7.

2. 연구 방법

- 본 연구에서는 자연과학, 생물공학, 화학공학, 전자공학, 생명공학 및 컴퓨터공학 등 여러분야에서 미래를 주도할 산업으로 각

광받고 있는 바이오센서를 중심으로 분석하였음.

- “Ⅱ. 선정과정”에서는 미래 유망 사업 아이템으로서 바이오센서가 선정된 경위에 대하여 기술하였음. 사용된 주요 방법론은 미래 유망 사업의 선정과 관련한 국내외 각종 기관 및 컨설팅사의 방법론을 참고로 하여 KISTI-SERI가 공동으로 개발한, 통합 프로세스 측면의 정성적인 방법론이었으며, IT 및 관련산업을 대상으로 하였음.
- “Ⅲ. 산업 시장 분석”에서는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 보유문헌 분석, 국내외 조사전문기관의 발표자료 분석, 전문가 자문 및 업계실태조사 등의 방법을 통해 산업·시장의 동향을 파악하고 전망하였음.
- “Ⅳ. 이슈분석”에서는 전문가 자문 및 업계실태조사 등의 방법을 통해 혈당바이오센서의 시장성장, 바이오센서의 시장확대에 있어서 기술적 또는 산업적으로 이슈가 되는 것에 대해 분석하였음.

4 바이오센서

II. 선정 과정

1. 유망아이템 발굴/평가 프로세스

가. 프로세스 설계의 배경

- 미래 유망 사업아이템(이하 아이템으로 칭함) 발굴 프로세스는 연구기관별 채택하는 방법론에 따라 상이하게 나타나고 있지만, 기본적으로 ① 환경분석(메가트렌드 분석), ② 유망 아이템 후보군 발굴, ③ 평가/우선순위결정으로 구성됨.
- 국내 주요 연구기관의 미래 유망아이템 발굴 방법론은 해외에 측기관의 발표자료를 종합하는 방법 또는 전문가 위원회의 구성을 통한 정성적 접근방법 등이 매우 중요시되고 있음.
 - 해외의 경우는, 전문가 위원회의 활용이 매우 체계적인 것으로 파악되지만, 정성적 접근이 중요시되는 점은 국내의 경우와 크게 다르지 않음.
- 이러한 정성적인 전문가 위원회의 활용은 각종 의사결정에 있어서 장점이 많은 방법이지만 절차의 복잡성과 과도한 시간 및 비용 소요, 소수 전문가의 과도한 영향력 발휘에 의한 왜곡 등

6 바이오센서

의 단점이 있음.

- 따라서 최근에는 전형적인 전문가 위원회 구성 방식 이외에 설문통계분석, 기술연관분석(고병열, 2003), KDD(Knowledge discovery in database)/KM(Knowledge Mapping), Bibliometrics 등 보다 정량적이고 객관적인 방법이 주요 의사 결정 시스템에 많이 도입되고 있음.
 - 이중에서 최근 주목받고 있는 방법은 방대한 과학기술정보를 수록한 과학기술 DB 데이터를 대상으로, Bibliometrics, Text mining, Mapping기법을 활용하여 보다 객관적인 사실을 도출하고자 하는 KDD방법임(Porter, 2004; 윤문섭, 2004, Yoon, 2005; 윤병운, 2005; NISTEP, 2003).
- 그러나, “미래 유망아이템”의 경우, 다양한 사회현상과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 시스템화된 정량적 발굴 프로세스를 100% 적용하기란 사실상 어려운 점이 있음.
 - 따라서, 효과적으로 미래유망 아이টে을 발굴하기 위해서는 정성적 프로세스(주지한 바와 같은 단점이 존재하지만) 및 정량적 프로세스와 병행하여 사용할 필요가 있음.
- 이에 따라, 본 보고서에서는 유망아이টে 발굴에 대한 정성적 프로세스와 정량적 프로세스를 모두 적용하였음.

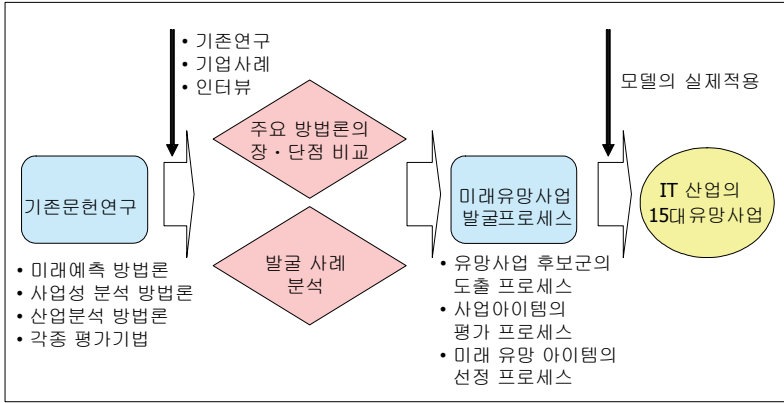
- 한편, KDD/KM 등의 활용을 통한 정량적 프로세스의 적용은 기술분석 및 기술기획 관련 정책제언에 주로 적용되어 왔으나, 유망아이템 발굴과 같은 산업/시장분석¹⁾ 측면으로의 활용은 현재까지 전무함.
 - 따라서, 본 보고서에서의 정량적 프로세스는 이에 대한 최초의 시도로 볼 수 있음.
- 종합하면, 본 보고서에서 개발한 미래유망 아이템 발굴 프로세스는 정성적 프로세스 및 정량-정성적 프로세스로 나뉘어짐.
 - 정성적 프로세스를 통하여 IT 및 관련 산업분야 15대 유망아이템을 발굴하였고, 정량-정성적 프로세스를 통하여 화학-금속-바이오 산업분야 15대 유망아이템을 발굴하였음.

나. 정성적 프로세스

- 정성적 프로세스는 미래 유망사업의 선정과 관련한 국내외 각종 기관 및 컨설팅사의 방법론을 분석·비교하여 장단점을 파악한 후, 통합 프로세스를 고안하는 형식으로 개발하였음(<그림 2-1>).

1) 예를 들어, 산업구조분석, 시장수요예측, 시장기회/위협요인 분석, 메가트렌드 분석 등이 해당되며 “유망아이템의 발굴”은 이러한 다양한 산업/시장분석 방법론이 종합된 형태로 볼 수 있음.

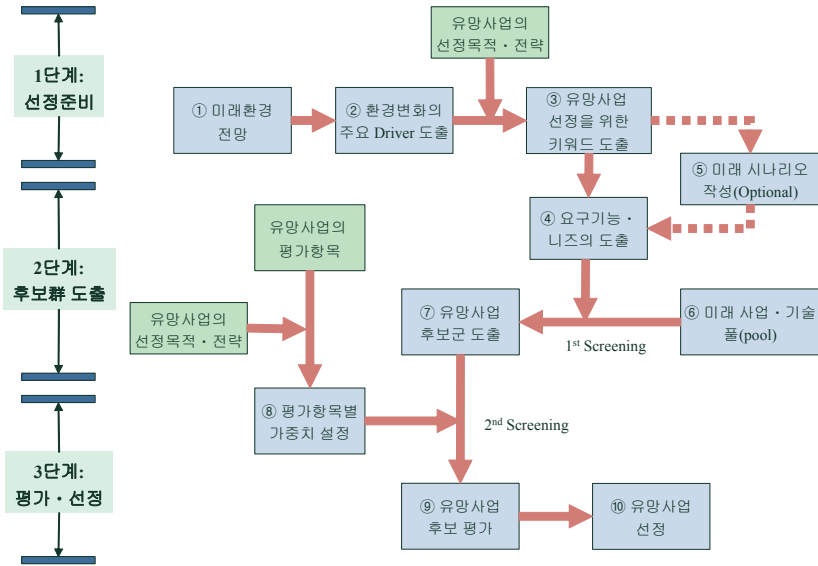
<그림 2-1> 정성적 프로세스 개발 방법



- 개발된 프로세스를 IT 및 관련산업에 적용하여 15대 미래유망 사업 아이템을 도출하였음.
- 문헌고찰, 사례연구, 전문가 브레인스토밍, 과거 시장자료 DB 분석 등의 연구방법을 주로 사용하였음.
- 정성적 유망아이템 발굴 프로세스는 1) 선정준비, 2) 후보발굴, 3) 평가·선정의 3 단계에 걸쳐 총 10개의 세부모듈로 구성됨.2)

2) 한국과학기술정보연구원과 삼성경제연구소가 공동으로 개발하였음.

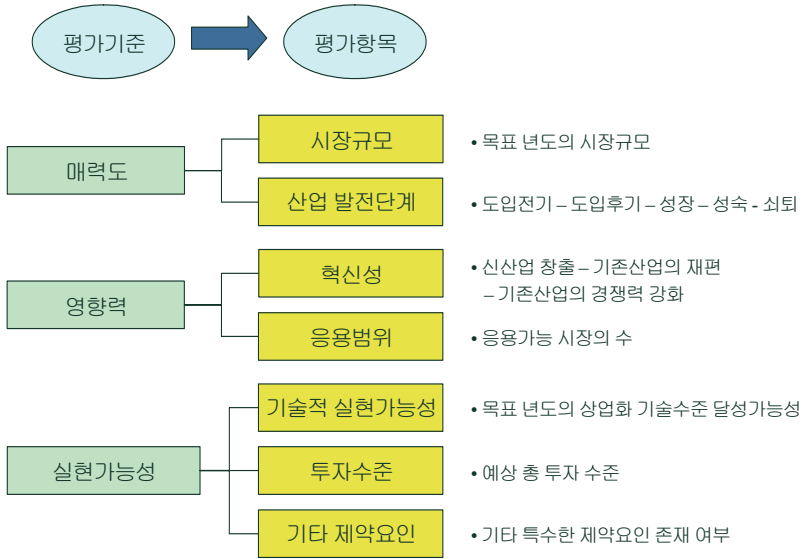
<그림 2-2> 정성적 유망아이템 프로세스



- 선정준비 단계 : 미래환경전망, 환경변화의 주요 動因 도출, 유망사업 선정을 위한 키워드 도출
- 후보발굴 단계 : 미래 시나리오 작성, 요구기능니즈 도출, 대 상산업의 미래 사업기술목록 작성, 유망사업 후보군 도출
- 평가선정 단계 : 평가항목별 가중치 설정, 후보사업 평가, 유 망사업 선정.

○ 선정단계에서 유망성 평가기준은 매력도(시장규모 및 산업발전 단계), 영향력(신사업 창출 가능성, 사업응용 범위), 실현가능성 (국내 기술수준, 투자수준, 기타 제약요인)으로 설정하였음(<그림 2-3> 참조).

<그림 2-3> 선정단계에서의 유망성 평가기준



다. 정량-정성적 프로세스

○ 동 프로세스의 개발은, 상용화에 근접한 기술을 파악할 수 있는 특허 DB에 미래 유망아이템의 후보군이 존재한다는 기본 개념에서 출발함.

- 대상 특허 DB는 미국특허이며, 이 중 IPC C 코드로 한정하였음. 즉, 산업분야로 볼 경우, 화학, 금속, 바이오 산업의 영역으로 볼 수 있음.

○ 특허는 IPC라는 기술분류 체계를 따르고 있기 때문에, 이를 산

업/제품 분류 체계와 연관 지을 경우 매우 유용한 결과를 도출할 수 있음.

- 즉, 최근 들어 급격히 부상하고 있는 특허 분류코드 및 키워드들을 파악하고 이들을 산업/제품 분류체계에 대응시킬 경우 미래 유망아이템 후보군을 도출할 수 있고, 해당 기술/산업 분야의 메가트렌드를 파악할 수 있게 된다는 의미임.
- 이는, “현 시점에서 기술혁신 활동이 활발한 기술분야와 연관된 산업/제품이 미래 유망산업/제품이 될 가능성이 높다”³⁾는 의미와 상통함.
- 이상과 같이 후보군이 도출되면 간단한 평가지표를 사용하여 우선순위를 결정하였음.

○ 이상의 기본 개념을 바탕으로 <표 2-1>과 같이 유망아이템 발굴 프로세스를 설계하였음⁴⁾.

- 기술-산업 연계구조 및 특허 키워드 분석 등 KDD/KM 측면의 접근을 시도한 것을 특징으로 함.

3) 가능성이 높다는 측면에서 유망아이템 후보군이라는 표현을 사용하였으며, 이후의 선정 단계에서 유망아이템을 최종 발굴한다.

4) 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망 아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, 863-887.

<표 2-1> 정량·정성적 유망아이템 발굴 프로세스

단계	내용	방법론	
① 분석대상 선정	최근 10년간 출원빈도가 급증하는 IPC 분류코드 (부상코드)와 정채되어 있는 분류코드(정채코드)의 선정	· 특허추세분석	정 량 적
② 메가트렌드 분석	부상코드와 정채코드의 IOM/SOU 분석을 통하여 기술혁신 추세변화가 산업에 미치는 영향을 분석	· IOM/SOU* 분석 (기술-산업연계구조 분석)	
③ 유망아이템 후보군 도출	부상코드 내에서, 1990년 대비 2000년에 새로이 출현한 키워드(부상키워드) 및 이들간의 동시발생분석 분석결과를 대상으로 하여 산업적으로 의미있는 아이템화하여 도출	· 키워드 분석 · 키워드 동시발생분석	
④ 유망아이템 선정	유망아이템 후보군을 대상으로 메가트렌드 부합도, 시장규모, 시장성숙단계, 기술의 혁신성 등의 평가지표를 사용하여 스크리닝	· 주요 평가지표를 사용한 평점모형	정 성 적

주* : 캐나다 지적재산권 관리국에서는 1972년부터 1995년까지 출원된 30만건 이상의 특허에 대해서 각 기술의 IPC 분류 코드를 해당 기술이 개발된 산업(Industry of Manufacture : IOM)과 그 기술이 활용되어지는 산업(Sector of Use : SOU)으로 분류하였음. Yale 대학에서는 이를 차용하여 IPC 분류 코드가 특정 IOM-SOU 조합으로 분류될 확률을 계산하였고, IPC 분류에 따른 특허자료를 연관된 IOU-SOU 행렬로 변환하는 공정을 최종 완성하였음(Johnson, 2002).

자료: 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, p.873.

- 발굴된 유망아이템 후보군으로부터 평가과정을 거쳐서 최종적으로 유망아이템의 우선순위를 결정하는 과정(④)은, 아이템의 매력도 및 영향력 등을 객관적으로 가늠할 수 있는 평가 지표를 도출한 후 이에 따라 후보아이템별로 평점을 부여하고 합산하는, 평점모형 방식으로 수행하였음.
- 이 단계에서는 DB의 정량적 활용이 어려워 기존의 모형(김은선 외, 2004; 삼성경제연구소, 2005)을 간략한 형태로 적용하였음(<표 2-2>).

<표 2-2> 유망성 평가지표별 평가기준

평가지표		평가 기준					
		5점	4점	3점	2점	1점	0점
세계 시장규모 (단위: 억달러)		300 이상	100 ~ 299	10 ~ 99	1 ~ 9	1 미만	
발전단계		성장기	도입후기	도입전기	성숙기		쇠퇴기
					현시점이 도입기인 경우	현시점이 성장기인 경우	
혁신성 ⁵⁾		Radical (신산업창출)		Disruptive (기존산업 재편)		Sustaining (기존산업의 경쟁력강화)	
메가트랜드 부합도	B2C화					부합	비부합
	바이오화					부합	비부합
	서비스화					부합	비부합

5) 기술의 혁신성이 높을수록 미래의 신산업 창출로 연결가능성이 높을 것으로 판단하여 높은 점수를 부여

2. 바이오센서의 선정과정

- 바이오센서는 IT 및 관련 산업에 속하는 아이템으로서, 앞서 제시된 프로세스 중 정성적 프로세스를 통하여 발굴되었음.

가. 유망아이템 후보군의 도출

(1) IT 산업의 미래사업·기술 리스트

- 국가과학기술지도 및 중·장기 과학기술예측 자료를 IT 산업의 미래사업·기술 리스트로 활용함.
 - 국가과학기술지도(과학기술부, 2002)의 “정보-지식-기능화 사회구현” 비전에 따른 IT 관련 부문의 미래기술·사업을 기본 목록으로 사용. 국가과학기술지도의 IT 관련 세부기술은 총 214개임.
 - 국가과학기술지도의 목표 년도가 2012년으로 본 보고서의 목표 년도인 2015년과 비교적 근거리이므로 큰 차이는 나지 않을 것으로 판단하여 이를 후보군에 포함하였음.
 - 최근 발표된 『제3회 국가과학기술예측』의 정보·지식 분야의 중·장기 미래기술 목록 중 국가과학기술지도와 중복되지 않는 기술들을 포함(과학기술부, 2005). 이 중 실현 예측시기가 2015년 경 이내인 70개 기술들만 대상에 포함하였음.
 - 일본 문부과학성이 실시한 제7회 기술예측보고서의 「정보·통신」 및 「일렉트로닉스」 분야 중 국가과학기술지도 및

제 3회 국가과학기술예측과 중복되지 않는 기술을 포함(일본 문부과학성, 2002). 이 중 실현 예측시기가 2015년 경 이내인 107개 기술들만 대상에 포함하였음.

(2) 환경분석을 통한 유망아이템 후보군 도출

○ 2015년의 유비쿼터스 환경에 필요한 요구기능·니즈 및 제약요인을 기준으로 IT 산업의 미래사업·기술 리스트로부터 유망사업 후보군을 도출하였음.

- 요구기능·니즈로부터 내용상 중복되는 것을 제외하고 총 8가지의 선별기준을 정함.

< 유비쿼터스 미래의 핵심 니즈·기능 >

- | | |
|-----------------------|------------|
| ① 실시간·대용량 통신 네트워크 | ② 대용량 컴퓨팅 |
| ③ 정보 보안 | ④ 실시간 위치확인 |
| ⑤ 원격·상시 건강상태 확인·진료 | ⑥ 소형화·휴대성 |
| ⑦ 주택용·차량용 각종 기기의 지능화 | |
| ⑧ 기타 유비쿼터스 활용 서비스·솔루션 | |

○ 상기 8가지의 니즈를 기준으로 미래사업·기술의 관련성 여부를 평가하여 총 22가지의 유비쿼터스 관련 유망기술 후보군을 <표 2-3>과 같이 도출하였음.

<표 2-3> 미래 유망사업 아이템 후보군의 도출

기능	미래사업·기술	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
표시	Flexible 디스플레이						○		
	전자종이						○		
저장	차세대 메모리		○				○		
통신	4G 이동통신	○				○			
	UWB(Ultra Wideband)	○					○	○	
프로세싱	SoC					○	○	○	
	Grid 컴퓨팅		○						
전원	2차전지					○	○		
	마이크로 연료전지						○		
감지	바이오센서					○			
컨텐츠	가상현실 시스템								○
	전자화폐·금융 시스템								○
	오감형 미디어 콘텐츠								○
	S/W Agent							○	
	광·양자 암호			○					
응용	착용형컴퓨터						○		
	Telematics							○	
	U헬스					○			
	가정용 서비스로봇					○		○	
	biometrics			○					
	Interactive TV							○	
	RFID				○		○		

주 : 1) 표의 번호는 본문 박스 내에 있는 8가지 미래의 핵심니즈·기능의 번호임.

2) 상기 표에서 미래사업·기술 별로 8가지 핵심 니즈·기능을 실현하는 것과 관련이 있는 항목에 ○ 표시를 함

나. 바이오센서의 유망성 평가

- 이러한, 22개 유비쿼터스 관련 후보 사업·기술에 대해 기존 자료 및 연구진의 토의를 통해 평가항목별로 평점을 부여(<표 2-4>)하였음.

<표 2-4> 미래 유망사업 아이템의 선정

유망아이템 후보군	총점	시장 규모	발전 단계	혁신성	응용 범위
가중치	1.00	0.1	0.2	0.2	0.2
Telematics	4.60	5	5	5	5
RFID	4.40	3	5	5	5
SoC	4.30	5	5	3	5
Flexible 디스플레이	4.20	2	4	5	5
마이크로 연료전지	4.20	3	5	3	5
바이오센서	4.20	3	3	5	5
S/W Agent	4.20	3	5	3	5
4G 이동통신	4.10	5	5	4	5
U헬스	4.10	5	3	5	5
차세대 메모리	4.00	4	5	2	5
Grid 컴퓨팅	3.80	3	5	4	2
오감형 미디어 콘텐츠	3.70	4	4	3	5
가정용서비스로봇	3.70	5	4	5	4
가상현실 시스템	3.60	2	3	3	5
Interactive TV	3.60	5	5	2	2
전자종이	3.20	2	4	4	2
2차전지	3.10	4	1	1	5
착용형컴퓨터	3.00	3	3	3	3
biometrics	3.00	5	5	2	1
UWB(Ultra Wideband)	2.70	2	4	2	3
전자화폐, 금융시스템	2.60	5	1	1	1
광·양자 암호	2.30	1	3	4	1

(계속)

18 바이오센서

유망아이템 후보군	기술실현 가능성	투자 요인	제약 요인	제약요인 내용
가중치	0.2	0.1		
Telematics	5	1		
RFID	5	4	-0.3	개인정보유출
SoC	5	2		
Flexible 디스플레이	5	2		
마이크로 연료전지	5	3		
바이오센서	5	3		
S/W Agent	4	5		
4G 이동통신	5	1	-0.3	정책, 시장의 불확실성
U헬스	5	3	-0.3	법률, 제도 정비 필요
차세대 메모리	5	2		
Grid 컴퓨팅	4	5		
오감형 미디어 콘텐츠	2	5		
가정용서비스로봇	3	3	-0.3	안정성 문제
가상현실 시스템	4	4		
Interactive TV	5	3		
전자종이	4	2		
2차전지	5	3		
착용형컴퓨터	3	3		
biometrics	4	4	-0.3	윤리적 문제
UWB(Ultra Wideband)	3	4	-0.3	정책 불확실성
전자화폐, 금융시스템	5	5		
광촬양자 암호	1	4		

○ 이 중, 바이오센서는 다음과 같이 평점을 부여받아 2015년 유망아이템으로 선정(<표 2-5>)되었음.

<표 2-5> 바이오센서의 평가내용

평가항목	평점	가중치	가중평점	평가내용
시장규모	3	0.1	0.3	2015년 세계시장 수십억 달러
발전단계	3	0.2	0.6	2015년 도입전기에 접어듦
혁신성	5	0.2	1.0	Radical technology, 신사업 창출
응용범위	5	0.2	1.0	다양한 응용시장 창출
기술실현가능성	5	0.2	1.0	선진국대비 90%의 기술수준
투자요인	3	0.1	0.3	적정수준의 투자규모
제약요인	-			
합계			4.2	

Ⅲ. 산업 시장 분석

1. 개요 및 특성

가. 시장의 개요

- 산업이 고도화, 다양화됨에 따라 일반 가정으로부터 산업의 각 분야에서 바이오센서에 대한 수요가 크게 증가하고 있음. 특히, 소형화, 집적화되는 전자부품의 기능 향상으로 수요의 지속적인 증가가 예상되고 있어, 각종 센서 관련 기술도 지속적으로 발전되어 왔음.
- 바이오센서 시장의 80%를 차지하는 혈당 바이오센서의 경우 세계적으로 현재 제품화하여 판매하고 있는 회사는 약 40여개 정도이며, 대부분 피부를 통하여 혈액 및 체액을 채취하여 혈당을 측정하는 방식임.
- 세계 시장 점유율은 미국 37%, 유럽 42%, 일본 11%로 나타나고 있으며, 산업체의 수는 계속 늘어날 것으로 예상됨.
- 최소 침습적인 제품도 다소 판매가 되고 있긴 하지만, 아직 시장은 크지 않음.

22 바이오센서

- 최근에 들어와서 최소 침습적 혈당기 개발에 초점이 맞춰져 있기 때문에, 머지않아 비침습적 방법을 사용한 제품을 개발하여 판매하는 회사가 늘어날 것으로 전망됨.

나. 산업의 특성

- 바이오센서의 응용분야는 크게 의료(임상적 진단), 환경, 식품, 산업, 군사 및 연구용으로 나눌 수 있으며, 바이오센서 산업의 특성은 그 응용분야에 따라 조금씩 다르다고 할 수 있음.
- 바이오센서에 대한 수요가 가장 많은 분야는 의료부문에, 의료용 바이오센서는 향후에도 바이오센서 산업 성장의 견인차 역할을 수행해 줄 것으로 예상되고 있음.
 - 바이오센서는 자유로운 이동이 가능하고 즉각적인 감지가 가능하여 의료분야에서 위험도가 높은 약품의 사용을 용이하게 해 주고 중환자에 대한 신속한 진료도 가능하게 하여, 특히 의료분야에서의 수요확대가 예상되고 있음.
 - 과거에는 진료 결과를 얻기 위한 검사처리 시간이 많이 걸리거나 환자상태 감지 데이터를 실험실에서 분석할 필요가 있을 경우, 진찰시점이나 데이터 취득 시간과 진료결과가 나오는 시간의 차이가 많아 그 동안에 질병의 상태가 변화할 수 있기 때문에 정확한 진단이나 적시 치료에 어려움이 있었음.
- 식품용은 식품의 품질에 대한 규제가 강화되어 가고 있고, 값

싸고 신뢰도가 높으며 사용하기 편리한 바이오센서가 개발됨에 따라 시장규모도 확대되어 가고 있음.

- 식품산업은 범위가 매우 다양하기 때문에 미생물, 설탕, 식품 변질표시, 잔류물, 오염물질 등 너무 세부적이지 않고 일반적인 부문이 주요 바이오센서의 마케팅 타겟이 될 것으로 보임.
- 환경오염분야는 그 범위가 넓어 이를 신속하고 비용측면에서 효율적으로 측정하는 방법의 필요성이 대두되고 있어, 환경분야에서 바이오센서가 상당히 중요한 기능을 할 가능성이 높음.
- 기존 실험실에서의 분석작업은 많은 시간을 필요로 하였지만 바이오센서를 사용할 경우 비슷한 분석을 단 몇초 또는 몇분만에 수행할 수 있음.
- 연구용 바이오센서는 기존의 실험 분석시간을 단축하는 대체 기술이 될 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 분석기능을 제공할 수 있어, 연구용 분야에서의 시장확대 가능성이 높음.

2. 동향 및 전망

가. 해외 시장동향

24 바이오센서

- 세계 바이오센서의 총 시장규모는 2002년에 65.7억달러 규모였으며, 이 규모는 연평균 11.6% 성장으로 2004년도에는 약 82억달러 정도의 규모가 되었음.
- 이 가운데 의료용 바이오센서는 2002년도에 약 57.6억달러의 규모로 전체시장의 약 87.7%의 점유율을 차지하였으나, 그 후 성장률(9.4%)이 다른 바이오센서에 비해 낮아 2004년도에는 약 69억달러로 전체시장의 약 84.2%로 점유율이 낮아졌음.

<표 3-1> 바이오센서의 세계 시장규모

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004	CAGR (2002-2004)
의료용	5,759.8	6,428.1	6,898.5	9.4%
제약 연구용	480.4	521.2	576.9	9.6%
군사용	160.7	190.2	505.5	77.4%
식품용	112.2	126.7	142.4	12.7%
환경용	57.1	61.5	65.9	7.4%
합계	6,570.3	7,327.8	8,189.2	11.6%

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.169.

- 제약 연구용 바이오센서의 경우 의료용 바이오센서와 비슷한 수준의 성장률(9.6%)을 나타내어 2002년도에 4억 8,000만달러의 시장규모가 2004년도에는 약 5억 7,700만달러로 전체시장의 약 7% 정도를 차지하였음.

- 군사용 바이오센서는 연평균 77.4%의 성장으로 2002년도에 1억 6,000만달러 규모였으나, 2004년도에는 급격한 성장으로 5억달러 규모의 시장이 형성되어 전체시장의 6.2% 정도를 차지한 것으로 나타났음.
- 그 이외에 식품용과 환경용 바이오센서의 경우 2004년도에 각각 1억 4,200만달러, 6,600만달러 정도의 시장규모로 전체시장의 1.7 및 0.8% 정도를 차지한 것으로 나타났음.

(1) 의료용 바이오센서의 시장동향

- 바이오센서 시장에 있어서 의료용 바이오센서의 점유율은 약 85% 수준으로 2002년도에 약 57.6억달러에서 2004년도에는 약 69억달러 정도가 되는 것으로 추정되고 있음.

<표 3-2> 의료용 바이오센서의 시장규모

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
Glucose Mentors	3,651.1	3,973.8	4,296.5
Glucose Test Strips	1,096.8	1,215.4	1,334.0
기타(lactose, urea, blood gases 등)	1,012.0	1,088.1	1,164.2
합계	5,759.8	6,428.1	6,898.5

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.27.

- 의료용 바이오센서에 있어서 혈당치 미터(Glucose Meters) 분

26 바이오센서

야는 2002년도에 약 36.5억달러에서 2004년도에는 약 42.9억달러로 증가하였으며, 이는 의료용 바이오센서 시장의 약 60% 이상을 차지하는 규모임. 한편, 혈당치 테스트 스트립(Glucose test strips)은 2002년도에 약 10억달러에서 2004년도에 약 13억달러 정도로 증가하였음.

- 의료용 바이오센서의 지역별 시장규모는 <표 3-3>에 나타낸 바와 같이 북미지역이 2004년 현재 약 36.5억달러로 전체 시장의 약 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 유럽지역이 약 15.8억달러로 약 23%, 일본/아시아 지역이 약 6.7억달러 수준인 것으로 나타났음.

<표 3-3> 의료용 바이오센서의 지역별 시장현황

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
북아메리카	3,165.6	3,470.4	3,657.3
유럽	1,281.0	1,446.3	1,579.7
일본/아시아 태평양	541.4	617.1	676.4
기타	771.8	894.3	985.1
합계	5,759.8	6,428.1	6,898.5

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.28.

- 지역별 성장률에서는 북미지역이 2002년 이후 연평균 7.5% 정도의 성장을 보인 반면, 유럽과 일본/아시아 지역은 연평균

11% 이상의 성장으로 북미지역을 추격하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 식품 테스트용 바이오센서의 시장동향

- 식품 테스트용 바이오센서의 시장은 2002년도에 약 1억 1,220만달러 규모였으며, 이 시장은 2004년까지 연평균 12.7%의 성장으로 약 1억 4,250만달러 정도가 되는 것으로 추정되고 있음.
- 한편, 식품용 바이오센서는 오염물질 테스트용 센서 시장이 2002년도에 약 4,170만달러에서 2004년도에 5,340만달러로 전체 시장에서 약 37.5%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 3-4> 식품 테스트용 바이오센서의 시장규모

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
Chemical Contaminants	41.7	47.3	53.4
Food Pathogens	19.4	22.4	25.6
GMO Testing	9.7	10.6	11.4
Chemical Tests of Food Compounds	12.2	13.5	15.0
Spoilage Microbes	20.6	23.7	27.1
기타	8.6	9.3	10.0
합계	112.2	126.8	142.5

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.72.

28 바이오센서

- 세균이나 미생물에 의한 부패(spoilage microbes) 분야가 2002년도에 약 2,060만달러에서 2004년도에 약 2,710만달러 정도가 되었으며, 식품에 함유된 세균체 검사 분야는 2002년도에 약 1,940만달러에서 2004년도에는 약 2,920만달러 정도가 되는 것으로 나타났음.
- 식품의 화학시험(Chemical tests of food compounds) 분야는 2002년도에 1,220만달러에서 2004년도에는 약 1,500만달러 정도가 되는 것으로 나타났음.
- GMO 테스트 분야는 2002년도에 970만달러에서 2004년도에는 1,140만달러 정도의 시장규모를 형성한 것으로 나타났음.
- 식품용 바이오센서의 지역별 시장은 크게 미국, 유럽, 일본, 기타 지역으로 구분할 수 있음. 기타지역은 남미, 아시아태평양지역, 오스트리아/뉴질랜드, 그리고 중동/아프리카 등을 포함함.
- 지역별 시장규모를 보면 미국 시장이 2002년도 약 4,460만달러에서 2004년도에 5,700만달러로 전체 시장의 약 40%를 차지하고 있음.
- 유럽 시장은 2002년도에 2,940만달러에서 2004년도에는 3,700만달러 정도가 되는 것으로 나타났으며, 일본 시장은 2002년도에 약 1,410만달러에서 2004년도에 1,690만달러 정도가 된 것으로 나타났음.

- 그 이외에 기타지역은 2002년도에 2,410만달러였던 것이 2004년까지 연평균 14.3%의 성장으로 약 3,150만달러 정도가 된 것으로 나타났음.

<표 3-5> 식품용 바이오센서의 지역별 시장현황

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
미국	44.6	50.4	57.0
유럽	29.4	33.2	37.0
일본	14.1	15.4	16.9
기타	24.1	27.7	31.5
합계	112.2	126.7	142.4

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.73.

(3) 제약 연구용 바이오센서의 시장동향

- 제약용 바이오센서의 시장규모는 2002년도에 약 4.8억달러 규모였으며, 이 시장규모는 연평균 9.8%의 성장으로 2004년도에는 약 5.7억달러 규모가 된 것으로 나타났음.
- 이 가운데, Lab-on-a-Chip/Microfluidic 바이오칩 분야는 2002년도에 약 1.4억달러 규모였으며, 이 시장규모는 2004년도에 약 1.8억달러의 규모가 된 것으로 나타났음.

30 바이오센서

- 프로틴 바이오칩 분야는 2002년도에 8,420만달러에 그쳤으나, 2004년도에는 그 동안 연평균 13.1%의 성장으로 약 1억달러 정도의 시장규모를 형성한 것으로 나타났음.
- 프로틴 바이오칩 제작기기 분야는 2002년도에 1.6억달러에서 2004년도에 1.7억달러로 나타났으며, 특수한 바이오칩은 2002년도에 8,900만달러에서 2004년도에 약 1.1억달러 정도의 시장이 형성된 것으로 나타났음.

<표 3-6> 제약 연구용 바이오센서의 시장규모

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
Lab-on-a-Chip/ Microfluidic Biochip Biosensor	146.0	157.2	180.7
Protein Biochip Biosensors	84.2	95.3	107.8
Protein Biochip Making Equipment	161.2	166.4	170.8
Special Biochip Biosensors (Nano, SNP, Beads, and Equipment)	89.0	102.3	117.5
합계	480.4	521.2	576.8

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.93.

- 한편, 지역별 시장규모는 북미지역이 2002년도에 약 2.7억달러 정도에서 2004년도에 3.1억달러 정도로 전체시장의 약 50% 정도를 차지한 것으로 나타났음.
- 유럽지역은 2004년도 시장규모는 약 1.5억달러 정도로 세계시장에서 27% 정도를 차지하였으며, 일본/아시아 태평양 지역은

2004년도에 8,000만달러 정도에 그친 것으로 나타나, 아직까지 세계시장에 크게 못 미치는 것으로 나타났음.

- 유럽지역과 일본/아시아 지역의 경우 북미지역에 비해 성장률이 높기 때문에 향후에는 시장이 확대될 것으로 예상됨.

<표 3-7> 제약 연구용 바이오센서의 지역별 시장현황

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
북아메리카	276.4	292.2	314.8
유럽	120.1	135.5	155.8
일본/아시아 태평양	63.9	70.9	80.2
기타	20.0	22.6	26.0
합계	480.4	521.2	576.8

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.94.

(4) 환경용 바이오센서의 시장동향

- 환경용 바이오센서의 시장규모는 2002년도에 약 5,710만달러 정도였으며, 이 시장규모는 2004년도에 약 6,590만달러의 시장 규모로 성장하였음.
- 환경용 바이오센서에서 가장 성장률이 좋은 센서인 BOD 센서는 2002년 이후 연평균 8.8%의 성장으로 2002년도에 4,180만달

32 바이오센서

러 규모였던 것이, 2004년도에는 4,950만달러에 이른 것으로 나타났음.

- 한편, 독성물질 계측 센서는 2002년도에 1,190만달러에서 2004년도에 1,280만달러의 시장규모로 확대되었음.

<표 3-8> 환경용 바이오센서의 시장규모

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
BOD Sensors	41.8	45.7	49.5
Toxicity Measurement Sensors	11.9	12.3	12.8
기타	3.4	3.5	3.6
합계	57.1	61.5	65.9

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.126.

<표 3-9> 환경용 바이오센서의 지역별 시장현황

(단위 : 백만달러)

구 분	2002	2003	2004
미국	32.8	34.4	35.9
유럽	14.3	16.0	17.8
일본	7.6	8.4	9.2
기타	2.4	2.7	3.0
합계	57.1	61.5	65.9

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.127.

- 환경용 바이오센서의 지역별 시장규모는 미국 시장이 2004년도에 약 3,590만달러로 전체시장의 약 55% 정도를 차지하였음.
- 유럽과 일본 지역은 2002년도에 각각 1,430만달러, 760만달러 정도의 시장규모를 형성하였으며, 이러한 시장규모는 연평균 10% 이상의 성장으로 2004년도에 각각 1,600만달러, 840만달러 정도의 시장규모로 확대되었음.

나. 국내 시장동향

- 우리나라의 바이오센서 시장은 2~3군테의 벤처기업에서 제품을 출시하는 상태로 최근 매출이 상승하고 있음.
- 현재 국내 바이오센서 기업들이 주로 관심을 가지고 있는 분야는 90%이상이 의료용 바이오센서로, 아직 식품분석용 및 환경용은 관심 정도가 상대적으로 낮은 상태임.

<표 3-10> 바이오센서의 국내 시장규모

(단위 : 억원)

구분	2001년	2002년	2003년	연평균 성장률
금액	50	70	100	56%

자료 : 손종구 외, 바이오센서, 한국과학기술정보연구원, 2002, p.121.

- 한편, 국내 바이오센서의 시장규모는 2001년에 약 50억원 정도

34 바이오센서

로 추정되었으며, 2003년도에는 약 100억원 정도의 시장이 형성된 것으로 추정되고 있음.

다. 시장 전망

(1) 해외 시장 전망

- 세계 시장에서 바이오센서는 의료용으로 85~90% 정도 사용되고 있으며, 의료용 중에서도 혈당센서가 80% 정도를 차지하고 있음.
 - 의료용 바이오센서는 진료, 중환자 직접 감식, 약품투여 시스템 등에 있어서 자유로운 이동과 즉각적인 감지를 할 수 있으며, 위험도가 높은 약품을 편리하게 사용할 수 있게 함으로써 수요가 늘어날 것으로 전망됨.
- 바이오센서에 대한 수요가 가장 많은 분야는 의료분야로 의료용 바이오센서는 향후에도 바이오센서 산업 성장의 견인차 역할을 수행해 줄 것으로 예상됨.
- 1995년에 1억 3천 5백만명이었던 당뇨병 환자가 2025년에는 3억명으로 늘어날 것으로 예상되고 있어, 혈당 바이오센서의 수요가 계속 늘어날 것으로 예상됨.
 - 세계적으로 연간 10억~20억회의 혈당 측정이 이루어지고 있

는 것으로 예측되며, 영국 자료에 의하면 해마다 6만명의 신규 당뇨 환자가 발생하고, 그 중 70% 이상이 혈당 센서를 사용하고 있다고 보고되고 있기 때문임.

- 혈액을 투석해야 하는 환자수가 세계적으로 약 60만명(1990년 기준) 정도인 점을 감안할 때, 투석시간 단축기술 개발에 따른 혈액 모니터링 센서의 수요는 폭증할 것으로 예상됨.

- 바이오센서의 세계시장은 2005년도에 약 90억달러 규모로 추정되며, 향후에는 연평균 10.4% 정도의 성장으로 2007년도에 약 108억달러, 2010년에는 145.5억달러 정도의 시장이 형성될 것으로 예상됨.

<표 3-11> 바이오센서의 세계 시장 전망

(단위 : 백만달러)

구 분	2005	2006	2007	2010	CAGR
의료용	7,370.5	7,846.1	8,348.1	10,000.0	7.7%
제약연구용	863.0	1,170.7	1,479.5	2,700.0	25.2%
군사용	545.9	663.1	688.6	1,500.0	33.8%
식품용	159.4	177.8	197.9	260.0	12.0%
환경용	70.3	74.7	79.1	90.0	6.7%
합계	9,009.1	9,932.5	10,793.3	14,550.0	10.4%

자료 : Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場-R&Dと常用化動向, 2004, p.169.

- 이 가운데, 의료용 바이오센서는 과거와 마찬가지로 연평균

7.7% 정도 성장하여 2005년도에 73억달러 정도로 추정되며, 2007년도에 약 83억달러, 2010년에 약 100억달러 정도의 시장이 형성될 것으로 예상됨.

- 그 이외에 제약 연구용과 군사용 바이오센서의 경우 각각 연평균 25.2%, 33.8% 정도의 높은 성장률을 나타내어 2007년도에 각각 15억달러, 6.9억달러 정도 될 것으로 예상되며, 2010년에 각각 27억달러, 15억달러 정도가 될 것으로 예상됨.
- 환경용 바이오센서는 2005년도에 약 7,000만달러 정도의 시장 규모가 예상되며, 2007년도에는 약 8,000만달러, 2010년에는 9,000만달러 정도가 될 것으로 예상됨.

(2) 국내 시장 전망

- 국내의 경우 바이오센서가 국산화되어 있으나, 아직 외국 제품 의존성이 높음. 최근 상처를 최소화하는 최소 침습식 바이오센서가 미국 FDA로부터 허가가 된 상태임. 이 제품이 상용화되면 국내 수요가 늘어날 가능성이 높으므로 외국 제품에 대한 의존성은 더욱더 높아질 것으로 예상됨.
- 국내에서는 혈당 바이오센서 제품 외에는 시장이 매우 미미하나, 건강에 대한 관심이 고조되고 있으므로 혈당 바이오센서뿐만 아니라 젖산, 요소, 콜레스테롤 등 다양한 바이오센서관련 수요가 커질 것으로 전망됨.

- 우리나라의 바이오센서 시장은 초기 단계에 있으나 전망은 밝을 것으로 예측됨. 이는 최근 건강에 대한 관심이 높아지고 있고, 향후 수요가 증가할 것으로 예상되기 때문임.
- 국내시장 성장률이 향후 세계시장의 연평균 성장률(CAGR 10.4%)과 비슷하다고 할 때 2005년도에 약 300억원 정도로 추정되며, 2007년도에 500억원 정도, 2010년에 약 700억원 정도가 될 것으로 예상됨.

<표 3-12> 바이오센서의 국내 시장 전망

(단위 : 억원)

구분	2004	2005	2007	2010	CAGR
금액(억원)	190	300	500	700	10.4%

자료 : 관련 업체 전문가의 의견을 종합하여 저자 작성

- 이러한 예상은 세계 시장의 연평균 성장률로부터 추정된 것으로, 국내 시장이 아직 초기 단계에 있으며, 포스트 게놈 연구와 나노기술 연구의 활성화에 따라 연구용 바이오센서의 수요가 증가할 수 있으므로 시장성장률은 세계시장 성장률 보다 더 클 수 있을 것으로 예상됨.

IV. 이슈 분석

1. 이슈 제기

- 바이오센서는 바이오리셉터와 신호변환기로 구성된 것으로 이 두 가지의 조합에 의해 다양한 형태의 측정 기기가 될 수 있음.
- 전체 바이오센서 시장의 80%를 점유하고 있는 혈당센서는 향후 지속적으로 성장할 것이나, 바이오센서 시장의 더 큰 성장을 위해서 바이오리셉터와 신호변환기의 적절한 조합에 의한 성능 향상과 응용 확대가 중요한 관건이라 할 수 있음.
- 따라서 여기에서는 혈당바이오센서의 시장성장, 바이오센서 시장 확대에 있어서 기술적 또는 산업적으로 이슈가 되는 것을 중심으로 다루고자 함.

2. 혈당바이오센서의 시장환경 및 시장성장 방향

- WHO에 따르면 당뇨병 환자는 현재 약 1억 5천만명에서 2025년 3억만명이 될 것으로 추정되고 있음. 이는 앞으로도 향후

40 바이오센서

혈당 바이오센서가 지속적으로 시장성이 높음을 시사함.

- 그러나 최근 혈당바이오센서 시장과 관련된 부정적인 요인들이 나타나고 있음(Newman et al. 2004).
 - 혈당센서의 연평균 성장률이 줄어드는 추세에 있음. 1999년 10%인데 반해 2004년도에 5% 정도임. 더욱이 미국의 시장성장률은 2.7% 정도로 줄어들고 있음.
 - Type 1 : 환자가 혈당 테스트를 하는 회수가 평형선에 도달하여, 감소할 수도 있음이 예측되고 있음.
 - Type 2 : 일주일에 1~2번 검사하던 환자가 최근에는 거의 테스트를 하지 않는다는 보고가 있음.
 - 최근 바이오센서 시장의 낮은 성장은 광도법에서 전기화학적 바이오센서의 대체에 의한 것이라는 보고가 있음.
- 이에 대해 주요 기업들은 합병이나 새로운 형태의 기기 개발을 통하여 대응하고 있음.
- Roche와 Boehringer Mannheim은 1998년에 Roche Diagnostics로 합병하여 성공을 거두었으며, Abbott는 Therasense를 12억 불에, i-STAT를 392백만불에 매입하였음.
- 향후 혈당센서 시장의 성장은 새로운 형태의 기기 개발이 큰 영향을 미칠 것으로 예측되고 있음. 예를 들어 혈당센서와 인슐린 펌프가 결합된 시스템, 2003년 12월 미국 FDA 승인을 획

특한 Cygnus사의 Glucowatch 등을 들 수 있음.

3. 바이오센서의 시장확대를 위한 기술개발 방향

- 혈당바이오센서 이외에 다른 분야의 시장 확대는 현재 기술의 발전과 신기술 개발에 의해 가능할 것임. 아래에 몇 가지 중요한 개발 분야를 서술하고자 함.

가. 바이오리셉터의 다변화

- 혈당센서에 활용되는 바이오리셉터는 포도당 산화효소 및 탈수소화효소로서 비교적 개발이 완료된 분야라 할 수 있음. 산화환원 효소는 생화학적 반응에 의해 전자 이동이 일어나므로 전기화학적 측정 방식에 의해 측정이 용이함.
- 혈당센서 이외에 바이오센서의 상업적 성공을 거두기 위해서 효소반응이 아닌 선택적 생화학적 결합 반응을 측정하는 바이오센서의 개발이 필요함.
- 이와 관련된 대표적 바이오리셉터인 항체는 안정성이 가장 큰 문제점이 될 수 있음. 대안이 될 수 있는 기술은 핵산으로 이루어진 압타머(aptamer)를 사용하는 것으로 최근 많은 연구가 이루어지고 있음. 압타머는 약, 단백질, 유무기 물질 등 다양한 생체분자를 선택적으로 결합시키는 올리고뉴클레오타이드(DNA

42 바이오센서

또는 RNA)를 일컫는 것임(Tombelli et al. 2005).

- 또한 DNA 올리고뉴클레오타이드 대신에 펩타이드 올리고뉴클레오타이드도 좋은 DNA, RNA 측정용 바이오리셉터가 될 수 있음. 이것은 안정성이 높으며 salt 농도에 영향을 받지 않는 장점이 있음(Brandt and Hoheisel, 2004).

나. 민감도(sensitivity) 향상

- 전기화학적 방법의 경우 H_2O_2 의 LOD(limit of detection)는 10nM, glucose의 LOD는 100nM 정도로 혈액 내 혈당이 40~600 μ M, 콜레스테롤이 8~22 μ M, 젖산 0.5~2.2mM 정도이므로 현재의 민감도로 대부분의 물질 분석이 가능할 것으로 예상됨.
- 그러나 생체분자 결합 분석의 경우 형광표지의 LOD는 단백질 10pg/mL, 비표지 방법인 SPR의 LOD는 단백질 1ng/mL 정도임. 혈액 내 극미량의 단백질을 측정하는 것이 향후 바이오센서 시장 확대의 중요한 관건이 될 수 있으므로 민감도의 향상이 필요함.

다. 다성분 측정

- 혈당측정과 함께 다양한 물질을 측정하거나, 다성분의 단백질을 측정하는 것과 같이 한 번에 다성분 시료를 측정하는 것이 바이오센서 시장 확대에 중요할 수 있음. 이 경우 바이오리셉

터의 선택성 확보가 매우 중요함.

- 또한 실제 시료내에 존재하는 다양한 물질들에 의한 교란(interference)이 최소화되어야 함.
- 그리고 다성분 측정에 의한 다중 전극 및 측정으로 인한 센서 크기 및 가격 문제가 제품화에 장애로 작용할 수 있음.

라. 실시간 생체 측정

- 실시간 생체 측정(real time in vivo 측정)이 가능한 바이오센서가 실현되기 위해서는 생체적합성(biocompatibility)을 만족하여야 함. In vivo 측정을 할 경우, 삽입된 소자는 주위 환경을 교란하여 정확성을 방해하게 됨. 또한 생체발열, 생리적 반응, 바이오센서의 손상과 같은 문제점이 있음.
- 또한 연속적인 센서 사용이 가능하여야 함. 이 분야에 수백만 달러의 많은 연구비가 투여되었음에도 아직 성공적인 결과가 나오지 않고 있음(Wilson and Gifford, 2005).

마. 비표지 측정 기술

- 생체분자 결합용 바이오센서의 경우 비표지 측정기술은 빠른 분석시간, 시스템 단순화와 같은 장점과 함께, 실시간 측정이 가능하므로 반드시 필요한 기술임(Luppa, 2001).

44 바이오센서

- 최근 비표지 방식의 바이오센서가 많은 연구자들에 의해 개발되고 있으나 민감도, 재현성과 같은 해결되어야 할 문제점이 많음.
- <표 4-1>에 대표적인 비표지 바이오센서의 장단점을 비교하였음.

<표 4-1> 비표지 바이오센서의 비교

측정기술	장점	단점
SPR	- 측정 재현성 - 비특이적 반응 최소화 - 측정범위 넓음 - 다성분 측정이 용이	- 소형화가 어려움
LSPR	- SPR에 비해 소형화 유리 - 다성분 측정이 용이	- 표면으로부터 센싱 거리가 짧음
Piezoelectric	- 소형화 용이	- 감도 떨어짐(SPR의 1/10)
Nano-FET	- 소형화 용이	- 비특이적 반응 - 측정 물질의 성질에 영향을 받음 - 표면으로부터 센싱 거리가 짧음
Amperometric	- 소형화 용이	- 범용적 사용이 어려움 - 선택성이 떨어질 수 있음
Impedence	- 소형화 용이 - 감도 높음	- 재현성이 떨어짐 - 비특이적 반응

V. 결 론

- 바이오센서는 혈당 바이오센서가 전체 바이오센서 시장의 80%를 차지하고 있는데, 앞으로도 당뇨병 치료기술이 개발되지 않는 한, 자가 혈당 측정은 계속적으로 시장성이 높을 것이며, 이에 대한 연구가 활발할 것으로 예측됨.
- 바이오센서 시장의 성장은 크게 두 가지 관점에서 찾아볼 수 있음.
 - 첫째, 혈당 바이오센서의 기능 향상임. 정확성 및 재현성, 응답속도, 신뢰성 및 자가 진단 능력, 물리적 견고성, 기계 가격, 작동 가격, 수명, 사용자 편의성, 제품 안전성 등과 같은 일반적인 요구와 더불어 인슐린 펌프와의 결합, 최소 침습 방법, 다성분 측정 등과 같은 복합적 기능을 수행할 수 있는 바이오센서 개발이 시장 선점의 관건이 될 수 있음.
 - 둘째, 혈당 측정을 탈피한 응용 다변화임. 이를 위해서 감도 향상, 측정범위 향상, 신규 바이오리셉터 발굴, 생체분자 결합의 신속한 측정 방법 등의 개발이 필수적임.
- 따라서 향후 바이오센서 연구개발 방향은 다음과 같을 것으로 결론지을 수 있음.

46 바이오센서

- 혈당 측정과 더불어 다성분 분석, 혈액 채취, 치료 등이 결합된 시스템 연구가 활발할 것임.
- 혈당과 같이 한 성분을 분석하기 위해서는 전기화학적 방법이 절대적으로 우세하나, 다성분을 동시에 분석할 경우 광학적 방법이 경쟁할 것이며, 이에 대한 연구가 활발할 것임.
- 혈당 바이오센서의 연구방향은 비침습적 혈당 측정과 이식용 바이오센서에 많은 연구가 진행될 것임.
- 의료용 바이오센서와 더불어 다양한 분야에서 바이오센서 활용이 진행될 것임.
- 바이오센서 기술은 나노기술과의 접목을 통하여 감도가 크게 향상하거나 소형화를 이루는 방식으로 나노-바이오센서 연구가 제품화 연구로 발전할 것임.

참고 문헌

1. 과학기술부, 국가과학기술지도, 2002.
2. 과학기술부, 제3회 과학기술예측조사, 2005.
3. 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망 아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, pp.863-887.
4. 고병열, 홍정진, 손종구, 박영서, “기술연관분석을 통한 중소기업형 전략적 기술개발과제의 우선순위 도출,” 기술혁신학회지, 6(3), 2003, pp.373-390.
5. 김은선, 고병열, 박창걸, 황규희, “기업의 성공적 사업다각화를 위한 유망사업군 발굴 프로세스의 설계”, 기술혁신학회 춘계학술대회, 2004, pp.174-191.
6. 삼성경제연구소, 유망아이템 발굴 프로세스 개발, 한국과학기술정보연구원, 2005.
7. 손종구 외, 바이오센서, 한국과학기술정보연구원, 2002.
8. 윤문섭 외, 국가연구개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발 : 기술로드맵(TRM)과 지식맵(KM)의 통합적 접근, 과학기술정책연구원, 2004.
9. 윤병운, 특허 분석을 통한 기술 지식의 관리와 신기술 개발 방법론, 공학박사학위논문, 서울대학교, 2005.
10. 일본 문부과학성 과학기술정책연구소·미래공학연구소, 한국과학기술정보연구원(역), 2030년의 과학기술, 2002.
11. Brandt, O. and Hoheisel, J. D., *Peptide nucleic acids on*

- microarrays and other biosensors*, Trends in Biotechnology, 22, 2004, pp.617-622.
12. Fuji-Keizai USA inc., 바이오센서市場 — R&Dと常用化動向, 2004. 4.
 13. Johnson, Daniel K.N., *The OECD Technology Concordance (OTC), Patents by Industry of Manufacturer and Sector of USE*, OECD STI Working Paper, 2002.
 14. Lippa, P. B., Sokoll, L. J., Chan. D. W., *Immusensors -principles and applications to clinical chemistry*, Clinica Chimica Acta, 314, 2001, pp.1-26.
 15. Newman, J. D., Warner, P. J., Turner, A. P. F., Tigwell, L. J., *Biosensors: a clearer view*, Proceeding of the 8th World Congress on Biosensors, 2004, pp.17-20.
 16. NISTEP, 科學技術の中長期發展に係る俯瞰圖的 豫測調査, 急速に發展しつつある研究領域調査, 2003年 調査報告書, NO.82., 2003.
 17. Porter, A., *Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods*, Technological Forecasting & Social Change, 71, 2004, pp.287-303.
 18. Ricci, F. and Palleschi, G., *Sensor and biosensor preparation, optimisation and applications of Prussian Blue modified electrodes*, Biosensors and Bioelectronics, 21, 2005, pp.389-407.
 19. Tombelli, S., Minunni, M., Mascini, M., *Analytical applications of aptamers*, Biosensors and Bioelectronics, 20, 2005, pp.2424-2434.
 20. Wilson, G. S. and Gifford, R., *Biosensors for real-time in vivo measurements*, 20, 2005, pp.2388-2403.

21. Yoon, B. and Park, Y., *A systematic approach for identifying technology opportunities: Keyword-based morphology analysis*, *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 2005, pp.145-160.

저자 소개

구 영 덕

- 공학 박사
- 산업기술정보원 책임연구원
- 현, 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 저서 : 홈네트워크, 정밀금형, MEMS 등

권 영 일

- 공학 박사
- 산업기술정보원 책임연구원
- 현, 한국과학기술정보연구원 책임연구원
- 저서 : 지능형 로봇, 텔레매틱스, ITS 등

김 민 곤

- 공학 박사
- 한국전자통신연구원 선임연구원
- 현, 한국생명공학연구원 선임연구원