

2016 JUNE
vol.26

26

융합

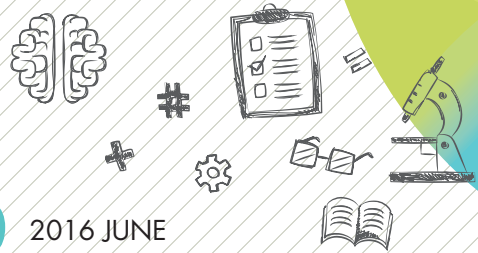
WeeklyTIP

Technology • Industry • Policy

바이오센서 글로벌 연구 동향 및 전망

안주명 | 융합연구정책센터





바이오센서 글로벌 연구 동향 및 전망

안주명 | 융합연구정책센터

선정 배경

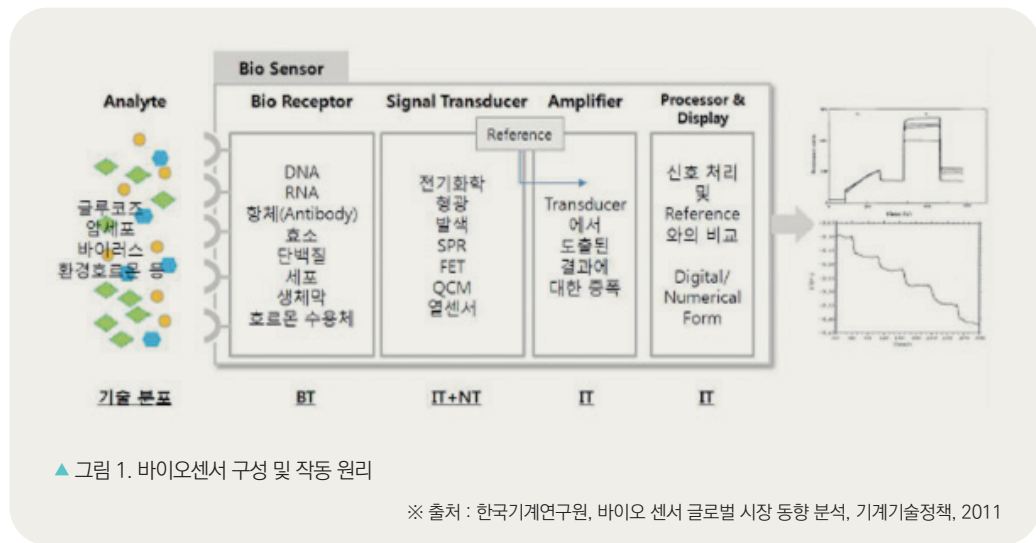
- 최근 신호변환 방식의 변화, 극미소량 검출 등 센싱 기술의 발전과 더불어 생체감지를 통한 의료, 환경, 식품 등의 바이오센서 분야 확장 추세
- 바이오센서는 인간과 기기간의 상호작용(HCI: Human-Computer Interface)기술이 증가하게 되면서 기기의 첨단화·스마트화를 촉진하는 필수 요소로 자리 잡음
 - 바이오센서를 통해 분석대상 물질을 보다 간편하고 신속 정밀한 측정할 수 있어 의료·환경 분야에서 예방과 통제를 위한 목적으로 크게 주목받고 있음
- NT-BT-IT-CS의 융합기술인 바이오센서의 기술적 트렌드를 살펴보고 우리나라 바이오센서기술의 발전방향에 대해 살펴보고자 함

개요

- **(정의)** 바이오센서는 분석물질*(analyte)의 감지를 위해 효소, 항체, 항원, 단백질 수용체, DNA 등 여러 종류의 생체감지 물질(bio receptor)를 이용하여 분자 수준에서 물질을 검출하고, 물리화학적 신호변환기**(Signal Transducer)를 통해 상호작용을 신호처리를 통해 인식하는 장치

* 분석 대상이 되는 물질을 말하며, 응용분야에 따라 암세포, 바이러스, 환경호르몬 등의 다양한 화학물질을 포함

** 전기화학(Electrochemical), 형광, 발광, SPR(Surface Plasmon Resonance), FET(Field Effect Transistor), QCM(Quartz Crystal Microbalance), 열센서 등을 활용하여, 생체감지물질과 분석물질간의 상호작용 및 반응을 신호로 변환하는 장치



● (응용분야) 의료관련 진단 분야부터 모바일플랫폼 및 자동차의 스마트화까지 지속적인 확장 추세

표1. 바이오 센서 응용분야

구 분	활동사례
Point of Care	콜레스테롤, 심장병 바이오마커, 전염병, 임신, 약물중독, 혈당검사, 젖산, 요소 등 분석에 활용되는 바이오센서
재택진단	POC와 비슷하지만 개인이 가정내에서 간단하게 진단할 수 있는 바이오센서로 혈당, 응고, 콜레스테롤 분석 등에 활용
환경모니터링	독성물질 검출, 생물학적 독성물질 검출, 환경 통제에 활용
연구	병원균 및 신약개발 연구에 활용되는 바이오센서
산업공정	식품공정, 음료수 포장공정, 우유 및 치즈 생산 공정 및 제약회사 등 각 공정 검사 및 미생물 검출 분석에 사용
군 사	보안, 국토안보, 군사, 국경보안 및 해안경비대 등에서 활용 가능한 생물학적 공격 대비
모바일 플랫폼	스마트폰에서 활용 가능한 바이오센서로, 혈당, 심전도 등에 활용
농업 & 식품	곡식, 과일 등의 상품화 가정에서 질병예방을 위한 검사에 활용
자동차	운전자의 인지능력 탐지에 대한 바이오센서(ADAS*)
기 타	호텔, 교육기관, 구내식당, 식수, 백화점 공급 등에서의 검수 시 활용되는 바이오센서

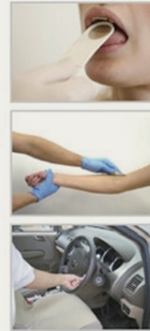
* Advance Driver Assistance Systems

해외기술 트렌드



● 마약 및 폭발물 탐지를 위한 바이오센서(BIOSENS®, Biosensor Applications Sweden AB)

- 면역분석법(Immunoassay) 기반 마약 및 폭발물 탐지를 위한 고감도(ng 단위), 환경 검증이 끝난 센서로 30초 만에 탐지 가능
- 한 개의 샘플에서 다양한 물질(13개 마약류, 6개 폭발물)을 탐지해 낼 수 있음



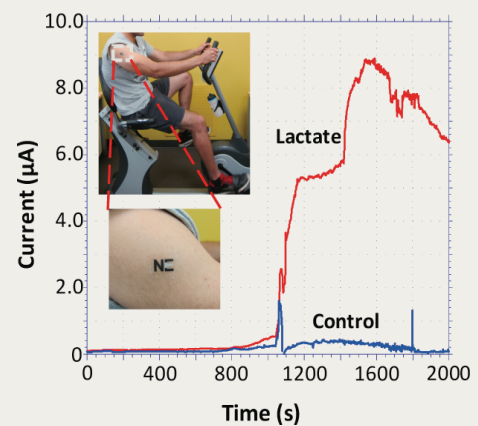
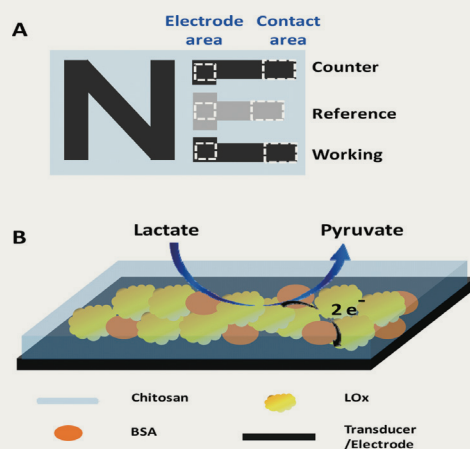
▲ 그림 2. 마약 및 폭발물 탐지 바이오센서, BIOSENS®600

● 비침습 젖산(lactate) Tatto 바이오센서(University of California San Diego)

- 효소(Lactate oxidase)기반 젖산 분해시 발생하는 전류($2e^-$)의 측정으로 젖산의 농도를 측정하는 바이오센서로 피부에 부착 문신(Tatto) 스타일의 측정 시스템 개발

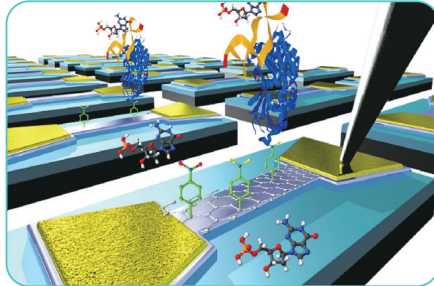
※ 운동시 젖산분석은 국소빈혈, 불필요한 산화적 대사 및 조직생존 능력을 분석하는 지표로 운동시 땀에서의 젖산 측정은 운동 능력 향상에 지표로 활용됨

- 스포츠, 군대, 생물의약분야에 활용 확대 예상



▲ 그림 3. 비침습 젖산 측정 Tatto 바이오센서

● 암진단을 위한 그래핀-기반 바이오센서(Swansea University(UK))



▲ 그림 4. 그래핀기반 암진단 바이오센서

- 그래핀(multi-layer epitaxial graphene, MLEG) 기반 초민감 암유발 가능 인자 탐지 바이오센서 개발 (2014.09)

- 그래핀 표면에 생체감지물질을 고정시켜 그래핀의 전자수용성성질을 이용해 혈액, 소변에서도 암유발 분석물질을 탐지(기존 바이오어세이보다 5배 이상 높은 민감도, 0.35nM)

● 뇌활동 감지 자동차 핸들 바이오센서(Freer Logic, LLC)

- 자동차 핸들에 부착된 뇌활동 감지 센서는 운전자의 졸음, 주의, 불안을 실시간 감지하여 무선통신을 통해 자동차에 내장된 컴퓨터에서 안내를 할 수 있는 시스템 개발(2013.02)

- 뇌활동은 운전자가 핸들을 잡는 순간부터 촉각, 시각, 청각 신호에 의해서 실시간으로 인지할 수 있는 센서 개발

● 운전자 안전 바이오센서 시스템, ADAS(Advance Driver Assistance Systems)

- 앱기반 플랫폼을 활용하여 운전자 및 동승자의 건강 변화체크(혈당, 당뇨 앱 연동)를 위한 시스템 개발(Ford, 미국)



▲ 그림 5. Ford 자동차 헬스케어 좌석 및 시스템

- 독일 BMW(Mini)는 약 200개의 센서를 장착한 자동차 'Nigel(2012)'을 선보이며, 자동차 안에서 모든 신체 변화를 모니터링하는 시스템을 지속적으로 개발 중

웨어러블 바이오센서

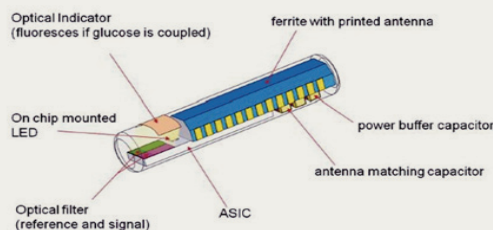
- 의료용 웨어러블 바이오센서(HealthPatch biosensor, VitalConnect) : 봉대나 패치형태의 웨어러블 바이오센서로 환자상태(심박동수, 호흡률, 온도, 자세 등)를 블루투스 무선통신으로 의료진에게 전달해주는 시스템(2014. 3)
- 손목밴드 웨어러블 바이오센서(Simband, Samsung) : 손목시계 형태의 밴드는 자사 클라우드 플랫폼과 연동하여 실시간 착용자의 심박동수, 혈압을 모니터링(2014. 5)
- 웨어러블 가스 센서 :
 - 신체에 부착하여 입김이나 피부에서의 생화학적 가스정보를 연속적으로 측정가능한 그래핀 기반 가스센서 시스템을 개발하였으며, 이는 생물학국방(Biodefense) 관련 화학물질 탐지에 활용하기 위해 전자코로 확장 개발(Univ. of Michigan, Innovation Corps)
 - Menssana Research는 유방암 환자 특유의 입김에서 나오는 휘발성화학물질을 탐지하여 유방암을 진단하는 휴대용 바이오센서를 개발(2014.3)
- 감정탐지 웨어러블 센서(Affectiva QTM, MIT) 피부에 부착하여 인간 감정(이해, 측정, 이해소통 관련)을 모니터링하는 바이오센서를 개발



▲ 그림 6. 웨어러블 바이오센서

체내 삽입 바이오센서

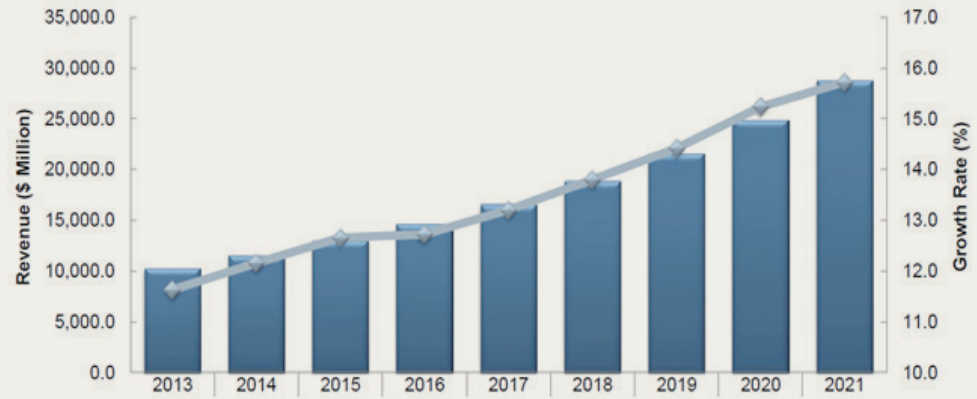
- 연속적 혈당 모니터링을 위한 체내 삽입 바이오 센서 개발(Zentrum Mikroelektronik Dresden AG (ZMDI), Senseonics, Inc.)
- System-on-a-chip(SoC) 형태의 제어·분석 센서이며, 데이터 무선송신이 가능하고, 최소의 전력과 전압(0.85V)으로 운영되어 배터리가 필요치 않음



▲ 그림 7. 체내 삽입형 혈당 바이오센서

해외시장 동향

- 해외 바이오센서 시장은 '14년 115억 달러에서 연평균 14%의 성장률을 보이며 '21년 287억 달러 규모로 성장할 전망



▲ 그림 8. 글로벌 바이오센서 시장 성장 추이

※ 출처 : Frost&Sullivan, 2015

표2. 응용분야별 글로벌 바이오센서 시장 규모 변화

(단위 : 백 만 달러)

구 분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CGR* (%)
Point of Care	4,507	4,997	5,549	6,181	6,932	7,807	8,868	10,143	11,662	12.9
재택진단	2,007	2,267	2,561	2,905	3,295	3,768	4,328	5,010	5,828	14.4
환경 모니터링	1,398	1,594	1,824	2,094	2,414	2,800	3,267	3,837	4,515	16
연구	1,204	1,338	1,494	1,669	1,876	2,114	2,376	2,688	3,045	12.5
산업공정	778	870	974	1,095	1,240	1,409	1,612	1,857	2,153	13.8
군사	299	348	407	477	555	649	764	904	1,074	17.5
모바일 플랫폼	-	-	40	47	55	65	76	90	106	17.5
농업&식품	49	54	59	64	71	78	86	95	106	10.2
자동차	-	20	35	57	81	107	134	166	203	38.8
기타	39	44	49	54	61	68	76	85	96	11.9
합계	10,281	11,531	12,991	14,644	16,578	18,867	21,588	24,876	28,788	14

* CAGR(compound annual growth rate):연평균 성장률

※ 출처 : Frost&Sullivan, 2015

- 바이오센서는 응용분야별로 의료관련 분야인 'Point of Care'(현장진단)와 '재택진단'이 가장 큰 시장규모를 차지하고 있으며, 앞으로도 지속적으로 성장할 것으로 전망
- POC의 시장규모는 전체 바이오센서 시장규모의 43%('14년 기준)를 차지하나 높은 성장률이 예상되는 '재택진단(14.4%)'과 '환경모니터링(16%)' 시장 비중 확대 기대
- 바이오센서의 새로운 응용분야로 접근한 '자동차' 및 '모바일 플랫폼' 시장은 스마트카, 스마트 디바이스에 의한 지속적 시장확대 예상
- 특히, 자동차관련 바이오센서 시장규모가 이 현재 가장 작은 규모로 파악되고 있으나, 연평균 38.8% 성장률을 보이며 시장 형성 예상

국내 현황



● **(정책)** 우리나라는 바이오센서 관련 정책을 별도로 추진하고 있지는 않지만, 제3차 과학기술기본계획('13~'17) 5대 전략기술분야 중 바이오센서관련 중점기술을 선정하여 추진 중

- (미래성장동력 확충) 서비스로봇(진단·치료), 약물전달 최적화, 질병진단 바이오칩, 유전자 치료, 인체영상기기, 줄기세포 치료, 맞춤형 신약 개발
- (깨끗하고 편리한 환경 조성) 환경 통합 모니터링 및 관리, 오염물질 제어 및 처리(수질, 대기 등)
- (건강장수시대 구현) 생명시스템 분석, 뇌·신경계 기능 분석, 유전체 정보 이용 질환 원인 규명, 바이오마커 개발, 줄기세포(분화·배양), 서비스 로봇(진단·치료), 약물 전달 최적화, 바이오 인공장기 개발, 질병 진단 바이오칩, 유전자 치료, 생체적합재료 개발, 인체 영상기기, 줄기세포(치료), 맞춤형 신약 개발, 한의약 효능 및 기전 규명, 모바일 원격진료 기술, 건강관리서비스
- (걱정없는 안전사회 구축) 감염병 대응, 농축산자원 질병 예방·대응·치료, GMO 영향분석·대응, 식품안전성 평가·향상

● **(연구)** 국내의 경우 바이오센서 기술개발은 기초연구가 대부분

- 2011년부터 2015년까지 바이오센서 관련 과제는 총 610건
- 그 중 시스템 응용기술개발성격의 글로벌프론티어사업(미래부)과 바이오 의료기기 산업원천기술개발(산업부), 산업융합촉진사업(산업부) 및 중소기업청의 지원사업을 제외하고는 모두 기초연구 중심으로 나타남

※ 미래창조과학부 '다차원 스마트 IT연구단', '바이오나노헬스가드', 산업통상자원부 '개인 맞춤형 질병예측 및 모니터링을 위한 Micro-nano 생체 지표 측정센서 기술개발(2013)', '목표반응형 바이오센서 플랫폼 및 인증기술개발(2015)', 중소기업청 '혈액분석 기반 진단기기 개발 및 통신 인터페이스 개발(2014)'

● **(시장)** 국내 바이오센서 시장규모는 2012년 1,922억원에서 연평균 36.5% 성장하여 2015년 5,220억원으로 확대 예측

- DNA칩, 랩온어칩, 단백질 칩 순으로 시장규모가 크게 나타나고 있으며, 질병진단용 칩 기술개발 진행 중

향후 전망 및 시사점



- 바이오센서는 생물학적 물질을 활용하여 분석하고자 하는 물질을 측정하는 시스템으로 BT·NT·IT·CS까지 연결하는 융합의 대표 연구분야로 확장 중
- 글로벌 시장은 U-헬스케어 시장의 본격화를 통한 의료관련분야 시장확대가 예측되고 있으나, 국내는 세부시장은 질병진단용 칩 기술의 시장규모가 크게 나타나 글로벌 경쟁력 강화를 위한 POC 및 재택진단 분야 시장 창출을 위한 노력이 필요
- 환경변화 및 통신발달 등의 IT 기술 및 나노소재기술 발전을 통해 환경 및 군사, 자동차, 모바일플랫폼 등에 대한 응용 시장 확대에 대비한 전략적 기술개발 필요
- 바이오센서는 고난이도 기술의 융합 R&D로 보다 체계적이고 안정적인 기획 및 전략을 통한 장기적인 기술 로드맵 수립을 통해 범부처 차원의 적극적인 대응으로 글로벌 시장경쟁력 확보가 시급
 - 최고 수준의 ICT 기술과 인프라를 보유한 우리나라는 바이오센서의 응용 전 분야에서 세계적인 경쟁력을 갖출 수 있는 잠재력을 보유하고 있어 바이오센서 육성을 위한 적극적 지원 필요

참고자료



1. Analysis of the Global Biosensors Market(2015), Frost & Sullivan
2. 한국기계연구원, 바이오 센서 글로벌 시장 동향 분석, 기계기술정책, 제5권 제10호, 2011. 10.
3. 한국과학기술연구원 융합연구정책센터, 융합연구를 통한 질병진단용 바이오 센서 기술, Issue Paper, 2014. 5.
4. 나노종합기술원, 나노바이오센서 시장 및 기술 동향, 이문근, 2016. 4.
5. 한국전자통신연구원, 센서산업과 주요 유망센서 시장 및 기술동향, 이슈리포트 2015-02, 2015. 5.
6. KT 종합기술원 기술전략실, U-헬스케어 확산의 도화선 바이오센서, Technology Hot Issues, 2010. 10.
7. Jia, Wenzhao, et al. "Electrochemical tattoo biosensors for real-time noninvasive lactate monitoring in human perspiration." Analytical chemistry 85.14 (2013): 6553-6560.
8. Tehrani, Z., et al. "Generic epitaxial graphene biosensors for ultrasensitive detection of cancer risk biomarker." 2D Materials 1.2 (2014): 025004.
9. Medical Design Briefs, Designing an ASIC Chip to Control an Implantable Glucose Measurement Device, 2013. 11.