

델파이기법을 적용한 생체인식시스템 기술예측

홍현수^{1*}, 박 승¹, 홍성대¹
¹국방기술품질원

The Technology Forecasting for the Biometrics System by Using Delphi Method

Hong Hyun-Soo^{1*}, Park Seung¹ and Hong Sung Dae¹

¹Defense Agency for Technology and Quality

요 약 본 연구에서는, 델파이기법을 이용하여 생체인식 시스템 분야에 대한, 미래 핵심기술을 도출하고, 도출된 각 기술들의 중요도, 난이도 및 기술 수준을 분석하였다. 델파이 조사를 위한 전문가 그룹은, 생체인식 분야 산학연 전문가 중, 논문실적과 인지도가 뛰어난 30명을 선정하여 구성하였다. 조사 결과, 미래 핵심기술로는 생체신호 DB화 기술, 생체신호분석 기술 등 10개 기술이 도출되었고, 중요도가 높은 기술로는 반도체 마이크로센서 제작기술, 생체센서 등으로 조사되었다. 또한, 각 기술별 국내 실현 가능 시기와 해당 기술의 세부목표 성능을 구체화 하였다. 본 연구 결과는, 생체인식 시스템 분야의 연구 개발 시, 우선순위 판단과 방향 설정에 기여할 것으로 판단된다.

Abstract This paper suggested the future technologies of biometrics system by using Delphi method. The level of technology were also evaluated. The group for the Delphi analysis consisted of 30 experts involved in biometrics. This study also suggested the 10 future core technologies of biometrics system including Body-signal DB technology and Bio-signal analysis technology, etc. From the technological importance point of view, several technologies were suggested as critical ones including the manufacturing technology of semiconductor micro-sensor and bio-sensor, etc. This research also forecasted the realization time of each technology and gave shape the detail goal performances. This research will be able to contribute to deciding the priority order and setting the direction of biometrics R&D planning.

Key Words : Technology Forecasting, biometrics, biosensor

1. 서론

인간의 미래 환경에 대한 예측과 이에 대응하는 활동은, 불확실성을 지극히 싫어하는 인간의 특성상, 매우 중요하며 자연스러운 것이다. 즉, 인간은 다양한 예측과 이에 상응하는 시나리오를 만들어 대비함으로써 미래의 불확실성을 제거하려고 끊임없이 노력하고 있다. 이러한 미래 환경에 대한 예측 활동 중, 기술 예측은, “최대의 경제 사회적 이익 창출을 목적으로, 과학 기술 및 경제 사회의 미래를 통합적으로 검토하여 적절한 연구 영역을 선정하는 전략적 과정”으로 정의 된다[1]. 즉, 기술 예측은, 제한된 자원의 효율적 배분을 위해, 경제적 파급 효과가 큰

유망 신기술을 찾아내는, 선택과 집중의 의사 결정 활동이라 할 수 있다[1-2].

기술 예측에 대한 방법으로는 직관에 의한 정성적 방법과 자료에 기초한 정량적 방법이 있다. 이 중, 전문가들로 패널을 구성하고, 이들을 상대로 반복적으로 설문 조사를 한 후, 의견 수렴을 통해, 결론을 도출해내는, 델파이 방법은 가장 널리 이용되는 정성적 방법의 하나이다. 정량적 방법으로는 기술의 특허, 논문, 상품들의 추세를 분석함으로써 기술을 예측하는 방법이 널리 이용되고 있다[2-7]. 한편, 생체인식시스템은 인체 상황을 실시간으로 확인, 모니터링 하는 바이오 기술과 IT기술이 융합 및 복합된 기술로서, 최근 들어 스마트 의류 및 바이오 응용

*교신저자 : 홍현수(dqaahs@hanmail.net)

접수일 10년 07월 22일

수정일 (1차 10년 08월 19일, 2차 10년 09월 07일)

게재확정일 10년 09월 08일

분야에서 관심과 중요성이 부각되고 있는 신기술 분야이다. 이러한 신기술 분야에 대한 연구가 경제적 파급 효과를 나타내기 위해서는, 필요한 기술을 예측, 분류하고, 각 기술들의 수준, 중요도 및 난이도를 조사하는 기술 예측에 대한 연구가 반드시 선행되어야 한다. 그러나 현재까지 이 분야에 대한 기술 예측 활동은 거의 전무한 실정이다.

본 연구에서는 생체인식시스템분야와 같이 일반적으로 기술성숙도가 낮은 기술의 경우, 논문이나 특허 등 기존자료에 의존하는 정량적 분석 보다는 정성적 분석이 신뢰도가 높을 것으로 판단되어 델파이 방법을 적용하여 기술 예측을 수행하였다. 본 논문에서 도출된 주요 결과로는, 생체신호 DB화 기술, 생체신호 분석기술 등 생체인식시스템 분야에서의 미래 10개 핵심기술을 예측하였다. 또한 각 기술별 중요도 및 난이도 등의 조사 결과는 앞으로 국내 기술획득 시기 예측과 기술개발의 선택과 집중을 위한 기술별 우선순위 판단에 도움을 줄 것으로 판단된다.

2. 이론적 고찰

2.1 기술예측 방법론

일반적인 기술예측 과정을 보면 탐색적 기술 예측을 통해 특정기술이 어느 수준까지 발전할 수 있을 것인가를 추정하여 해당 기술의 기술적 타당성을 검토한 후 해당 기술의 유망성에 따라 대한 최종 기술개발에 대한 의사결정이 이루어지게 되어 연구결과에 따라 기술적 진보를 이룩하게 되며 이는 다시 다음 단계에서 탐색적 기술 예측으로 파악되는 과정을 거치면서 기술들은 지속적으로 진화를 하게 된다.

기술예측을 위한 투입단계에서는 해당 기술의 발전정도를 확인할 체계적이고 합리적인 자료의 확보가 우선되어야 하며 실제 예측단계에서는 대상 기술의 특성에 따라 적절한 예측 방법론 들을 결합하는 프레임워크의 결정이 매우 중요하다[4]. 산업의 분야에 따라 달라질 수는 있겠지만 새로운 과학기술이 구체화(embodiment)되기까지는 일반적으로 3~7년의 기간이 소요되고 상용화가 되어 시장에서 빛을 보기까지는 10~20년의 기간이 소요된다고 한다[5].

과학기술 예측을 위한 방법은 각 국의 정치적, 문화적, 과학기술 연구개발 체계에 따라 매우 다양한 형태로 활용, 진화되어 왔다. 초기에는 일본 등 중심으로 델파이 방법 등이 적용되어 왔으나 이후 시나리오분석, 환경스캐닝 등과 같은 기법들이 적용되었으며, 이러한 변화의 주요

목적은 기술발전에 내재하는 구조를 밝히고, 이를 통해 미래의 실현 가능성을 예측하는 것이었다고 할 수 있다.

2.2 델파이 기법

델파이 기법은 전문가들의 지식에 기반한 직관을 효과적으로 활용할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다. 즉, 예측을 하고자 하는 대상 기술에 대한 일반화 또는 표준화된 자료 및 데이터가 없을 경우 전문가들의 직관을 통한 합의점을 도출하는 방법이다.[2-7]

델파이 기법의 장점으로는 전문가들의 판단이 요구되는 문제에 대해 객관적으로 접근할 수 있으며 자유롭고 솔직한 전문가들의 의견을 듣고 환류를 할 수 있으며 이 과정에서 일부 의견에 휩쓸리지 않는다는 점을 들 수 있다. 또한 전략 수립과정에서도 목표 간의 우선순위 설정, 정책대안들의 적합성, 집행 및 실현 가능성 등 문제인식과 가치기준의 공유를 통해서 내부 갈등 요인을 줄이고, 문제의 해결기반을 제고해 줄 수 있는 장점이 있다[7]. 이로 인하여 1948년 미국의 RAND 연구소에서 국방기술 수요 및 발전추세 예측에 사용된 이후로 국내외 연구소에서 기술예측 및 수준조사에 활용되고 있다[8].

3. 연구조사 방법

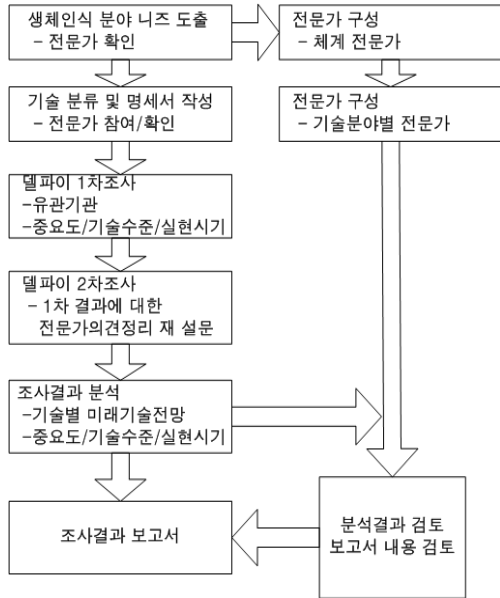
본 논문에서는 생체인식시스템 분야의 기술예측을 위한 방법으로는 다양한 국가에서 미래연구 방법론으로 채택하고 있는 델파이법을 사용하였다. 조사대상으로는 근래 들어 바이오 기술과 IT기술이 접목되어 융·복합 기술 분야로 각광받기 시작한 인체 생체인식시스템분야를 선정하였으며 특히 이 분야의 기술 중에서도 인체에 직접적용이 가능한 기술 분야의 핵심요소기술을 예측하고자 하였다. 또한 델파이 조사를 위한 전문가 그룹은 산업체, 학계, 연구소 등의 조사대상 분야에서 활동하고 있는 전문가 중에서 논문실적과 인지도 조사를 통하여 선정된 30명으로 구성하였다.

[표 1] 델파이조사 응답 전문가 현황

계	산업계	연구소	학 교
30명	16명	8명	6명

예측기간은 2017년까지를 중기, 2027년까지를 장기 등 2개 구간으로 나누어 조사를 하였다. 전문가 설문조사는 총 2차에 걸쳐 시도하였으며 초기 설문에 대한 분석결과를 다시 동일 전문가에게 제시하여 2차 설문 시에 다른

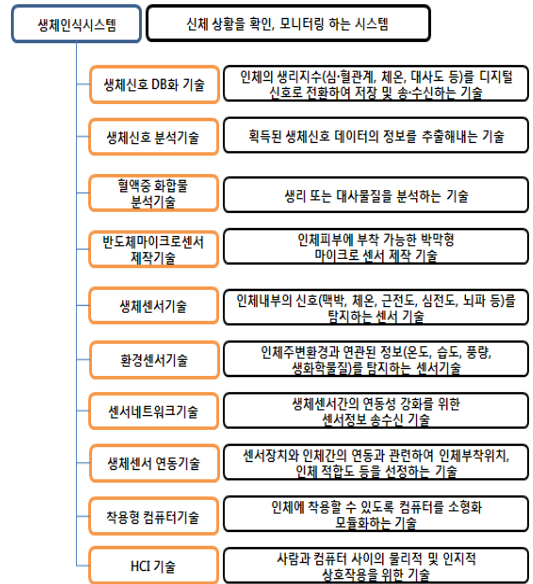
전문가의 의견을 참고할 수 있도록 조정하였다.



[그림 1] 델파이 조사 과정

인체생체인식시스템분야의 요소기술은 문헌조사와 기술조사 및 전문가 토의를 통하여 도출되었다. 문헌조사는 “유·무선 기반의 차세대 지능형 의료서비스 통합기술개발” 지경부 과제보고서, “Smart Fabrics Interactive Textile” 유로 스마트섬유 프로젝트 문서, “미래 일상 생활용 스마트의류 개발사업” 산업자원부 지원과제 관련 논문 등을 검토하여 이 분야의 기술 분류에 대한 자료를 수집하였다[11-12]. 이 결과를 전문가 기술조사를 의뢰하여 기술을 추가/삭제 및 병합하였다. 마지막으로 산학연 5인의 전문가를 선정하고 토의를 통하여 최종기술을 선정하였다. 이를 통하여 조사할 요소기술을 도출하였는데 필요한 요소 기술은 그림2에서와 같이 생체신호 DB화 기술 등 총 10개가 도출되었으며 이를 기준으로 전문가 그룹에게 설문 조사를 시행하였다.

설문조사 항목으로는 기술에 대한 전문가의 확신도, 중요도, 난이도, 선진국대비수준 및 실현시기 등 5개 항목을 선정하였으며, 중요도와 난이도는 각 5단계로 기준을 제시하였고 기술 개발 시 파급효과 등을 고려한 응답이 되도록 하였다. 중요도의 단계는 생체인식시스템에서 핵심기술에 해당할수록 높게 설정하였으며 난이도의 경우 레벨 1이 이미 상용화된 기술수준에 해당하며 최고레벨이 세계최초기술 개발정도 수준에 해당된다.



[그림 2] 생체인식시스템 기술분류

[표 2] 중요도 및 난이도 점수기준

점수	중요도/난이도 기준
5	매우높음
4	높음
3	보통
2	낮음
1	매우낮음

확신도는 해당기술에 대한 응답자의 확신정도를 나타내며 다음기준에 따라 5단계로 기준을 정하였다.

[표 3] 전문가 확신도 기준

확신도	확신도 기준	환산점수
5	전문분야로 매우 자신있게 응답	100
4	전문분야이며 자신있게 응답	70
3	유사분야 전문지식을 갖고 응답	30
2	전문분야가 아니어서 확신이 다소 부족	10
1	전문지식이 없어 전혀 확신할 수 없음	5

또한 최고기술 보유국 대비 국내 기술 상대수준을 다음 기준에 따라 0부터 100까지 값을 기준으로 6단계로 구분하였다.

[표 4] 선진국 대비 상대적 기술수준

점수	상대 기술수준(선진국)
91~100	최고 선진국 - 매우우수
81~90	선진권 - 우수
71~80	중진권 - 보통
61~70	하위권 - 미흡
31~60	최하위권 - 매우 미흡
0~30	최하위권 - 기술력 없음

각 응답자별 기술조사내용을 종합하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다. 각 전문가별 확실도를 가중치로 적용하여 가중평균을 취하였으며 항목에 대해 미응답은 대상에서 제외하였다. 확실도는 5점 척도로 처리하였으며 확실도 1, 2, 3, 4, 5에 대하여 각각 5, 10, 30, 70, 100을 부여하였으며 식 (1)은 가중평균을 취하기 위한 수식이다.

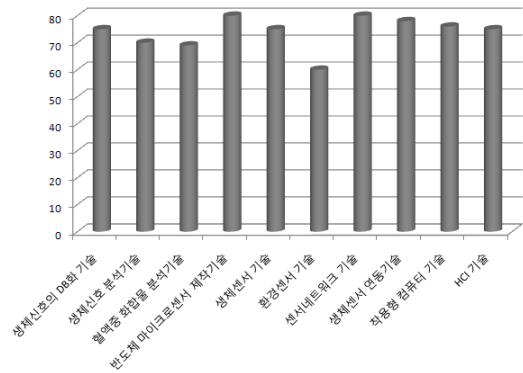
$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{ij} K_i \times X_{ij}}{\sum_i K_i} \quad (1)$$

(i = 항목별응답자, X_{ij} = 설문항목, K_i = 전문가별 확실도 가중치)

4. 조사결과 분석 및 고찰

생체인식시스템 기술은 생체신호의 DB화 기술 등 10개의 기술로 분류가 되었으며 자세한 분석결과는 다음과 같다.

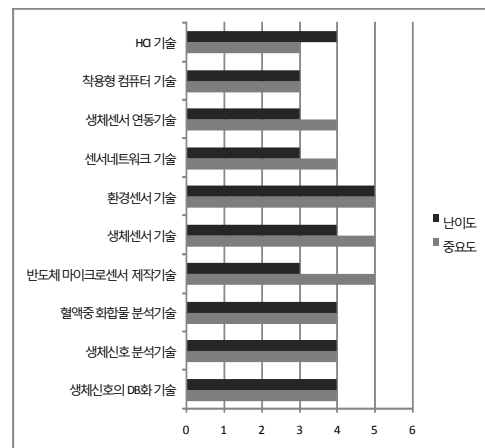
기술수준 조사결과는 그림 3과 같으며 기술수준의 상대적 하위 기준점은 평균값에 해당하는 70이하로 설정하여 기술들을 선정하였으며 이 범위에 속한 기술들은 국내기술과 선진국 기술 간의 상대적 격차가 큰 기술이다. 이 기술들은 국내 확보를 위해서 연구개발에 시간과 비용이 많이 투자되어야 할 것으로 판단된다. 이 범위에 속한 기술로는 생체신호 DB화 기술, 반도체 마이크로센서 제작기술, 생체센서 기술, 센서네트워크 기술, 생체센서 연동기술, 착용형 컴퓨터 기술이 있다.



[그림 3] 생체인식시스템 선진국 대비 기술수준

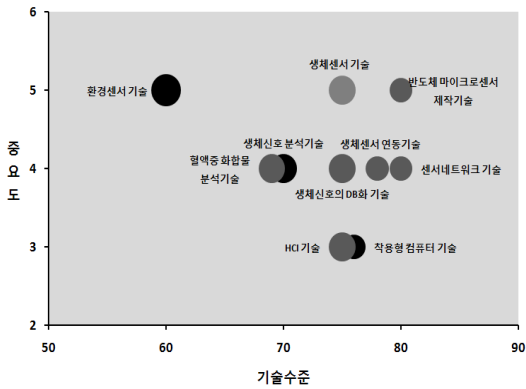
중요도 및 난이도 조사 결과는 그림 4와 같다. 중요도 및 난이도 4이상을 기준으로 선정하였으며 이 지점은 중요도 및 난이도의 평균점이다. 이를 기준을 분석한 결과 생체인식시스템 기술을 구현하는데 중요도가 높은 기술로는 반도체 마이크로센서 제작기술, 생체센서, 환경센서 기술 등인 것으로 조사되었다.

난이도는 환경센서 기술과 혈액 중 화합물 분석기술, 생체신호 분석기술, 생체신호 DB화 기술 등이 상대적으로 높게 나타났다. 이처럼 난이도가 높은 기술은 아직 국내 연구개발이 미흡하며 개발 시에 원천기술 확보 가능성이 높은 기술이다. 하지만 난이도가 높은 기술은 연구개발 측면에서 개발 가능 위험성이 증가되는 단점이 있다고 판단된다.



[그림 4] 생체인식시스템 기술 중요도/난이도

그림 5에서는 기술수준과 중요도 및 난이도에 대한 분석결과를 종합하였다. 기술수준을 X축, 중요도를 Y축으로, 원의크기를 난이도로 설정하였다.



[그림 5] 기술수준, 중요도, 난이도 종합분석

앞의 분석결과를 종합해 볼 때 기술수준, 중요도 평균을 기준으로 2사분면에 위치한 기술들은 선진국 대비 기술수준이 낮고 중요도가 높은 기술로 환경 센서기술과 혈액 중 화학물 분석기술, 생체신호분석기술등은 다른 기술들에 비해서 상대적으로 국내 연구개발 우선순위가 높다고 판단할 수 있다. 이런 기술들은 국내 연구 개발을 통하여 국외수준으로 높이는 것이 국내 생체인식시스템 기술을 확보하는데 중요한 것으로 판단되었다. 하지만 이 기술들은 난이도 또한 높은 것으로 나타나 연구개발 위험도가 높으므로 국외 공동연구와 같이 위험을 분산시키는 방법이 추가되어야 할 것으로 판단되었다.

기술별 실현 시기는 그림 6과 같이 중기와 장기로 구분하여 표현하였고 기술 분류된 각각의 기술에 대하여 실현시기와 이에 해당하는 기술의 세부목표성능을 구체화하였다.

분류	중기	장기	
생체인식시스템	생체신호기술	무선 DB 수집	개인별 맞춤형 DB 구축
	신호분석기술	체온/심전도/가속도 데이터 기반	피로도 분석 스트레스 분석
	혈액분석기술	체외분석기술	휴대용 측정 센서
	마이크로센서	개별 조합형 센서	대기능 통합센서
	생체센서	LAB 오차 98%	비접촉식/부착식센서
	환경센서	대기중 화학물 분석 온도/습도/풍속 센서	초소형 저전력 통합센서
	센서네트워크	센서정보암호화 센서분산네트워크/DTN	저전력 송수신기술/멀티미디어 데이터와 센서 연동
	생체센서연동	근거리 무선네트워크 센서부착위치 선정기술	센서패키징/저전력 소형화
	착용형컴퓨터	개방형 표준화 기술	웨어러블 컴퓨팅/ 스마트 의류 적용

[그림 6] 생체인식시스템 기술실현시기

특히 국내연구개발이 필요한 혈액중 화학물 분석기술은 체외에서 수행하는 단계에서 휴대형으로도 분석이 가능한 시스템으로의 연구가 필요한 것으로 조사되었다. 생체신호 분석기술은 기존의 일반적인 체온, 심전도, 가속도 센서 등을 기본으로 하여 뇌파, 혈액, 근전도등을 이용한 피로도, 스트레스분석과 같은 목적 지향적인 기술로 발전할 것으로 예상이 되었다. 환경센서 기술은 중기적으로 대기중 화학물과 기상 관련된 데이터의 측정을 위한 소형화된 개별 센서개발이 필요하며 장기적으로 각 센서의 융복합화가 필요한 것으로 조사되었다.

5. 결론

생체인식 시스템 분야는 바이오테크놀로지와 IT기술이 융복합화가 활발하게 이루어지고 있는 분야로 다양한 산업분야에 적용이 가능하며 고령화 사회에 필수적인 기술 분야로 인식되어지고 있다. 이 분야에 관련된 산학연 전문가 30여명을 대상으로 델파이조사를 실시하였으며 필요한 기술을 문헌조사 및 전문가 기술조사 토의를 통하여 분류하고 각 기술에 대한 실현시기와 실현시기에 해당하는 세부기술 및 기능을 도출하여 기술예측을 시도하였다.

도출된 10개의 기술을 중요도, 난이도, 기술수준에 따라 핵심기술을 도출하였으며, 국내에서 선진국 대비하여 연구개발 수준이 낮은 기술들을 선정하여 향후 기술개발이 집중되어야할 분야를 선정하였다. 특히 기술수준이 상대적으로 낮으며 중요도가 높은 기술들은 국내 연구개발을 통하여 투자하여야만 생체인식 시스템에 전반에 대한 국내기술 확보가 가능할 것으로 판단되었다.

본 논문은 생체인식 시스템 분야에서 앞으로 필요하게 될 중요기술과 기술발전 방향을 예측하여 연구개발의 목표설정과 정책적 판단을 하는데 도움이 될 것으로 기대가 된다. 그러나 정성적 방법만을 적용하여 조사 분석을 하였기 때문에 결과에 대한 보다 객관적인 정량적 근거가 부족할 수 있을 것이라 판단이 된다. 따라서 이의 해결을 위해서는 차후 델파이와 같은 정성적 방법론과 논문 및 특허 등에 대한 통계조사를 통한 정량적 방법론을 병행하여 도출된 결과에 합의 및 수정을 가할 필요가 있을 것으로 판단한다. 또한 설문조사의 주체인 전문가들의 SCI 논문게재나 특허출원 실적 등 서지분석(bibliometrics analysis)을 실시하여 전문가 그룹의 전문성에 대한 객관성을 좀 더 강화하는 것 역시 필요할 것으로 판단된다. 또한 생체인식 시스템에 대한 기술 분류가 좀 더 세분화되어 작성될 필요성이 있으며 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] OECD, "Special Issue on Government Foresight Exercise", STI Review No. 17, Paris. 1996.
- [2] 과학기술정책연구원, "통합적 미래연구 방법론의 탐색 및 적용". 2008.
- [3] 정하교, "특허정보를 활용한 항공산업의 기술파급구조와 경쟁력 분석" 박사학위 논문, 고려대학교, 경영학과. pp. 18-21, 2007.
- [4] 이진주, "기술예측과 연구개발 계획", 기술관리 제3권, 제8호, KAIST, pp. 151-156, 1985.
- [5] 홍순기, "기술예측 이론과 응용", 성균관대, pp. 489-501, 1999.
- [6] 손석호 외, "한국과학기술예측조사 평가 및 개선방안에 관한 연구", pp. 28-38, KISTEP, 2008.
- [7] 임현, 안병민, "과학기술예측조사를 위한 미래사회 전망 방법론 개선안", issue paper 2007-12, pp. 3-8, KISTEP, 2008.
- [8] 김병수 외, "기술성장모형에 기반한 기술수준평가방법론 연구", 연구보고 2010-23, pp. 5-8, KISTEP, 2010.
- [9] 김석화 외, "유무선 기반의 차세대 지능형 의료서비스 통합 기술개발 연구기획사업" 보고서, 지식경제부, 2월, 2009.
- [10] Porter, A.L., A.T Roper, T.W. Mason, F.A. Rossini and J. Banks "Forecasting and Management of Technology, Wiley, New York. 1991.
- [11] Jean Luprano "European Projects in Smart Fabrics, Interactive Textiles", 2006.
- [12] 조하경 외 "혁신기술수용모델의 관점에서 고찰한 MP3-playing 의류와 생체시호 센싱 의류의 수용도" 감성과학 논문지, v12 no3, pp. 289-298, 2009.
- [13] 구경현, "장기과학 기술예측에서 본 전자통신분야 향후 연구과제". 2007.

박 승(Park Seung)

[정회원]



- 1988년 2월 : 한양대학교 기계공학 (학사)
- 2001년 2월 : 창원대학교 기계공학 (석사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

기계공학, 자동차공학, 기술예측, 기술수준조사

홍 성 대(Hong Sung Dae)

[정회원]



- 2003년 3월 : 고려대학교 전자공학과 (석사)
- 2003년 3월 ~ 2007년 6 : 삼성전자 선임연구원
- 2007년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

정보통신, 기술예측

홍 현 수(Hong Hyun-Soo)

[정회원]



- 1981년 9월 : 고려대학교 재료공학과 (학사)
- 1988년 8월 : 부산대학교 재료공학과 (석사)
- 1982년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 책임연구원

<관심분야>

재료공학, 기술예측, 품질경영, 기술기획