

# 양자기술개발 지원정책의 방향성과 로드맵

이정기 과학기술정보통신부 양자기술개발지원과 행정사무관

## 1. 머리말

1927년 벨기에 브뤼셀 솔베이 연구소에서 열린 제5차 솔베이 회의에서 양자역학에 대한 토대가 놓인 후, 이를 바탕으로 인류는 반도체 등 전자공학의 발전을 이루는 1차 양자혁명의 시대를 만들었다.

이후 양자상태의 특성을 정보처리에 활용하여 미세 암을 검출하는 양자 MRI, 스텔스기를 탐지하는 양자레이더처럼 기존 기술의 한계를 뛰어넘는 가능성을 보여주는 제2차 양자혁명의 시대가 오고 있다.

특히 제2차 양자혁명은 기존 센서로는 볼 수 없던 정보를 센싱하는 양자센서와 일부 영역에서 슈퍼컴퓨터보다 뛰어난 성능으로 초고속 연산이 가능한 양자컴퓨터, 양자정보를 저장하고 전송하여 양자정보 기반의 새로운 ICT 생태계를 창출하는 양자통신을 중심으로 기술이 발전하고 있다. 주요국은 이러한 3대 기술 분야를 중심으로 소부장과 인력양성 등 종합적인 육성 전략을 추진하고 있다.

## 2. 양자기술의 파급력

### 2.1 기존 기술의 한계를 넘는 양자기술

양자기술이 주목받는 이유는 기존 기술로는 불가능하거나 이론적 한계에 부딪힌 기술을 구현하고 첨단 산업과 국방 영역에서 대체 불가능한 막대한 파급력을 갖기 때문이다.

### 2.2 양자 기술별 파급력

현대의 네트워크가 ICT산업을 창출하여 경제와 안보에 큰 파급력을 준 것처럼 양자인터넷(네트워크)은 양자기기 간 연결을 통해 양자정보를 유통시켜 양자경제를 여는 주요 기반이 될 전망이다. 또한, 이러한 양자통신 기술 중에서 최근 상용화되고 있는 양자암호통신 기술<sup>1)</sup>은 '중첩, 복제 불가능, 비가역성' 등의 양자적 성질을 활용하여 도청 시도가 일어날 때 정보를 파괴하여 물리적으로 도청을 원천 차단하는 것이 가능하다. 이는 국방 및 보안이 중요한 산업에서 활용 가능성이 크기 때문에 EU는 27개 모든 회원국에 양자인터넷 인프라 구축을 목표로 하는 프로그램(EuroQCI)을 추진하고 관련 테스트베드(OpenQKD Testbed)를 구축하고 있다. 중국도 4천km에 달하는 양자암

1) 양자암호통신은 양자(광자)의 물리적 특성을 이용하여 암호키를 전송하는 방식으로 마치 비눗방울로 양자키를 보내는 것에 비유할 수 있는데, 비눗방울을 건들면 터지는 것과 같이 도청 시도가 있을 경우 양자키가 자동으로 파괴되고, 네트워크 운용자는 도청 시도를 감지할 수 있는 기술이다.

호통신망을 구축하고 있다. 우리나라의 경우 세계 3번째로 양자암호통신 서비스를 상용화하였다. 양자센서는 기존 센서로 볼 수 없는 것을 보고 정보를 수집하는 데 유용하다. 美 백악관 보고서나 맥킨지 보고서 등에서는 양자센서를 양자산업을 이끌 기술로 보고 있다. 현재 가장 많은 활용 사례를 갖고 있으며, 향후 미래에 다양한 활용 방안이 가능할 것으로 전망된다. 미세암 검출 양자 MRI의 경우, 기존에 검출하지 못했던 미세암 검출이 가능해져 중증 암 치료 중심 시장이 경증의 암 예방 시장으로 변하는 등 제약시장의 판도를 바꿀 것으로 예상된다. 국방 분야에서는 1대당 수천억에서 조 단위 가격의 스텔스기를 탐지할 수 있는 양자레이더는 국방전술과 국방산업의 판도를 바꿀 것으로 보인다. 이런 미래에 활용이 기대되는 기술 외에도 현재도 이미 상용 제품이 개발되고 있다. 우리나라의 경우 세계 최고 수준 양자중력센서를 만들었고, 단일 광자 검출기와 같은 일부 분야에서는 세계적 수준의 제품을 생산, 판매하고 있다.

양자 컴퓨터의 경우 슈퍼컴퓨터를 모두 대체할 수는 없으나, 기존 슈퍼컴퓨터로는 불가능했던 일부 영역에 대해 1경 배 빠른 초고속 연산이 가능해 소재, 신약 등 첨단산업과 국방 전술 등 국방 분야를 포함한 광범위한 영역에 큰 파급력을 가질 것으로 예상된다. 양자컴퓨터가 수십억 개 이상의 염기쌍으로 구성된 DNA를 분석하고 방대한 양의 염기서열 변이 데이터를 처리하여, 혁신적인 질병 치료 기술과 신약 개발의 물꼬를 트게 할 수 있을 것이다. 현재는 외국에서 극초기 수준의 양자컴퓨터가 상용화되고 있으며, 이를 활용한 알고리즘 개발 등이 이루어지고 있다.

### 3. 양자기술개발 지원정책의 방향성과 로드맵

#### 3.1 비전과 정책목표

정부는 '2035년 대한민국, 글로벌 양자경제 중심국가'를 비전으로 하여, '우리 기술로 양자컴퓨터 개발활용', '인터넷 강국에서 양자인터넷 강국으로 도약', '최고 수준 양자센서로 세계시장 선점'의 3대 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 노력하고 있다.

#### 3.2 양자경제 실현을 위한 3단계 발전 전략

##### 3.2.1 1단계(2023-2027년) 기초 양자 생태계 집중 조성 및 양자센서·양자암호통신 산업화 촉진

우선적으로 구현할 국가적 임무를 대형 임무지향적 미션을 통해 추진하고, 우리나라 양자 분야 기술 수준을 최고기술보유국 대비 현 62.5% 수준에서 70%로 향상시킨다. 이 중 상대적으로 기술 수준\*이 높은 양자 통신과 센서의 경우에는 최고기술보유국 대비 90% 수준의 기술을 확보하는 것을 목표로 한다.

\* 최고기술보유국(EU, 미) 대비 국내 양자기술수준이 낮으며, 센서 분야가 국내 양자기술 중 가장 기술수준이 높고통신, 컴퓨터 순임('20년 IITP)

EU(100) = 미(99.7) > 중(99) > 일(92) > 한(85)

최고기술보유국 대비 : 센서(87%) > 통신(86%) >> 컴퓨터(77%)

상용화 초기 단계에 진입한 양자암호통신을 확산하고, 양자정보 저장용 메모리, 양자전송 등 양자 네트워크 핵심기술을 확보한다. 4대 양자센서(관성, 시간, 전자기장, 이미징) 원천기술을 지속 지원하고 반도체 및 이차전지 등 우리나라의 주력 산업군과 융합하여 초격차 기술을 가져갈 수 있는 양자센서 상용화를 집중 지원한다. 2027년 50큐비트급 초전도 양자컴퓨팅 시스템을 개발하

고 경제·사회적 활용 가능성을 탐색한다.

2015년부터 추진한 양자ITRC를 확대 강화하고, 양자대학원을 확산하여 현 380명 수준의 고급 핵심 인력을 700명 수준으로 확대한다. 해외에 의존하는 양자 연구장비의 국내 제공을 위해 2개 권역에 양자팹 구축을 추진한다.

3.2.2 2단계(2028-2031년) 양자 컴퓨팅 시스템 국산화 추진 및 양자과학기술·산업강국 도약 요소기술 집적화를 통한 시스템 수준의 R&D로 기술 수준을 최선도국 대비 80%까지 높인다. 국방·의료·반도체 등에서 활용 가능한 세계 최고 수준의 양자센서를 개발하고 양자정보를 변환·저장하는 양자메모리와 양자정보 전달용 양자중계기를 개발하여 도시 간 양자 네트워크 초기 실증을 추진한다. 2031년까지 세계적 수준의 신뢰도를 보유한 1,000큐비트급 양자컴퓨터를 개발한다

또한 상용화 및 창업지원, 규제 개선 등 다양한 제도적 지원을 강화하여 산업화를 지원하고, 양자기술의 기술의 발전과 공급망 보호를 위해 양자 시스템을 구성하는 소재·부품·장비의 연구개발과 산업화를 추진해 양자 경제로의 전환을 뒷받침한다.

3.2.3 3단계(2032-2035년) 글로벌 양자시스템 선도 기반세계 양자경제 주도 및 국방 강국 구현 기초원천 및 산업응용 R&D의 균형 발전으로 최선도국 대비 85%의 양자과학기술 수준을 확보하고 양자컴퓨터와 양자 센서 또는 다수의 양자컴퓨터를 양자 네트워크로 연결하는 양자기기 간 연계를 실증해 양자과학기술의 파괴적 혁신을 견인한다.

양자 전문인력 육성 규모를 2,500명까지 확대하고 본격적인 양자 산업 생태계를 구축하고 민간 주도의 양자소자 파운드리 확산 등을 통해 글로벌 양자 일류 국가로 자리매김한다.

### 3.3 양자기술산업법 제정

10월 6일 「양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률」이 국회를 만장일치로 통과하고, 10월 31일 제정되었다.

이는 정부와 여·야가 기존 디지털 기술의 한계를 뛰어넘어 기존 기술로 불가능한 기술을 가능하게 하는 양자과학기술이 국방과 첨단산업의 판도를 변화시킬 것이라는 점에 공감함에 따라, 기술개발과 산업발전, 관련 인프라 구축과 생태계 조성을 종합 지원하기 위한 것이다. 박성중 의원 대표발의안과 변재일 의원 대표발의안을 기반으로 '부처-여야 공동 TF' 등을 통해 양자기술과 산업 발전에 필요한 병합안을 도출했다.

## 4. 맺음말

양자기술은 첨단소재와 기술의 복합체이며 반도체, 바이오 등 첨단산업의 혁신을 추동하는 기술이다. 양자기술과 첨단산업은 상호연관성, 즉 '얽힘'이 크다고 할 수 있다. 정부는 이러한 점에 집중하여 양자기술과 첨단산업의 연계를 강화시키고 선순환 구조를 구축하여 상호 발전할 수 있도록 노력할 방침이다.

## <표 1> 양자기술산업법 주요 내용

- ① 양자과학기술(통신·센서·컴퓨터 등)의 연구기반 조성  
양자 산업의 체계적 육성을 위한 종합진흥 체계를 구축한다.  
양자과학기술 및 지원기술, 양자산업 육성을 위한 종합적인 시책을 수립·시행하여 과학기술 혁신과 국가안보, 국민 경제 발전에 기여한다.(제1조~제3조)
- ② 범부처 역량을 집중하기 위한 양자전략위원회를 설치하고 양자종합계획을 수립한다.  
국무총리를 위원장으로 민간위원 포함 20인 이내의 양자전략위원회를 설치(제7조)하고, 양자기술·산업 육성을 위한 종합계획을 5년마다 수립(제5조)한다. 또한, 양자과학기술의 파급력이 국가 전반에 미치는 영향을 분석하고, 양자기술 발전에 따른 보안위협 대응방안을 마련한다.(제10조)
- ③ 양자과학기술의 역량집중과 기존 첨단산업과의 융합을 위해 기술개발과 산업의 허브를 구축해 나간다.  
정부는 산·학·연 연구 협력의 거점기능을 담당할 양자과학기술 연구센터를 지정 (제18조)하고, 양자 연구·산업육성의 중심역할을 수행할 양자클러스터를 지정 (제24조~제28조)한다.
- ④ 양자분야를 이끌어 나갈 인력 양성 및 우수 인력의 유치·활용을 지원하고, 전문교육기관을 선정·지원한다.  
양자과학기술과 산업을 이끌어 나갈 인력의 양성부터 정착까지 전주기적으로 지원하고 양자과학기술에 특화된 인력양성을 담당할 대학 및 대학원 등 전문교육기관을 선정·지원할 수 있다.(제21조~제23조)
- ⑤ 양자 기술개발 성과의 사업화 촉진을 위한 종합지원과 특례를 통해 산업화를 촉진한다.  
양자 기술개발과 양자산업의 선순환 생태계를 구축하기 위한 기술상용화 촉진, 창업 및 기업육성 체계를 구축하고(제14조, 제16조), 기업의 참여를 촉진하기 위하여 현금 부담비율 등 국가연구개발사업의 특례 및 기술이전시 기업에 전용실시권을 설정할 수 있는 특례를 규정한다.(제12조, 제13조)
- ⑥ 기술패권 확보를 위한 경쟁속에서 전략적인 국제협력 추진을 위한 근거 조항을 마련한다.  
국제 공동연구, 국내 인력의 해외연수 및 인력 교류, 국제 표준화 등을 지원하기 위한 근거를 마련하고(제29조), 해외 우수 연구개발센터의 국내 유치를 지원한다.(제30조)

※ 출처: TTA 저널 제210호