The Journal of Digital Policy & Management 2013 Jul; 11(7): 173-184

퀀텀정보통신기술의 산업적 응용가능성에 관한 연구

권문주*, 김창선**, 박성택***, 김태웅****
정보통신산업진흥원*, 산업통상자원 R&D 전략기획단**, 충북대학교 경영정보학과***, 성균관대학교 경영대학****

A Study on the Industrial Applications of Quantum Information Processing and Communication

Moon-Ju Kwon*, Richard cs Kim, Seong-taek Park***, Tae Ung Kim******
National IT Industry Promotion Agency*, Office of Strategic R&D Planning**
Dept. of MIS, Chungbuk National University*, School of Business, Sungkyunkwan University******

요 약 퀀텀정보통신기술은 원자 정도의 매우 작은 소립자를 의미하는 퀀텀의 속성을 연구하는 퀀텀역학에 기반을 두고 연구개발이 진행되는 분야로서, 기존 컴퓨터의 역량을 뛰어넘는 엄청난 계산능력과 커뮤니케이션 파워를 보일 수 있다. 퀀텀정보기술은 기존 컴퓨터의 0과 1을 이용한 계산방식 대신 소위 0과 1 그리고 이 두 상태의 중첩상태를 이용한다. 기존에 생각조차 하기 힘들었던 퀀텀현상의 적극적 활용은 새로운 퀀텀기반 디바이스의 개발을 촉진시켰으며 이론적으로나마 퀀텀컴퓨터의 개발이 가능함으로 보여주고 있다. 이 분야의 새로운 발견은 초정밀 센서, 이미징 처리 디바이스, 새로운 컴퓨터 연산 패러다임의 개발로 이어져 기존에는 생각하기도 힘들었던 문제들을 효율적으로 해결해 나갈 수 있는 방법론은 제시하고 있다. 결과적으로 퀀텀정보통신분야는 특정 산업분야 전체를 파괴하고 새로운 산업을 창조할 수 있는 글로벌 경제구조의 변혁의 원천이 될 수 있다.

주제어 : 퀀텀정보통신, 퀀텀역학, 퀀텀컴퓨터, 컴퓨팅 패러다임

Abstract Quantum Information Processing and Communication, based on the physical laws of Quantum mechanics, exploits fundamentally new modes of computation and communication and holds the promise of immense computing power beyond the capabilities of any classical computer. In Quantum Information Processing, replacing bits with qubits, one makes two-state quantum systems that do not possess in general the definite values of 0 or 1 of classical bits, but rather are in a so-called. "coherent superposition", of the two. Full exploitation of this additional freedom implies that new processing devices need to be designed and implemented, and that a large scale quantum computer can in principle be built. New discoveries will enable a range of exciting new possibilities including: greatly improved sensors with potential impact for mineral exploration and improved medical imaging and a revolutionary new computational paradigm that will likely lead to the creation of computing devices capable of efficiently solving problems that cannot be solved on a classical computer. In short, Quantum computing is an economy game changer, with a potential of disrupting entire industries and creating new ones.

Key Words : Quantum Information Processing, Quantum mechanics, quantum computer, computational paradigm

Received 27 May 2013, Revised 25 June 2013
Accepted 20 July 2013
Corresponding Author: Tae Ung Kim(Sungkyunkwan University)
Email: tukim@skku.edu

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.otg/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

많은 논의를 불러일으키고 있는 창조경제의 핵심 키워드는 융복합이다. 첨단산업의 근간을 이루는 나노(nano) 기술은 융복합의 기반기술로 기존 기술의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 부상하면서 우리나라를 포함한 선진국들이 국가경쟁력 확보차원의 전략대안으로 집중 지원하고 있다. 더불어 나노기술을 이용하여 정보통신 분야의 한계를 극복해 보고자 하는 연구도 활발히 진행 중이다.

나노기술을 소자와 부품의 집적도를 높혀 제조경제성 제고에 엄청난 기여를 하고 있지만 이런 상황이 한없이 계속되는 힘들다. 예를 들어 반도체 소자가 작아지면 퀀텀물리학적인 효과에 의한 오류가 두드러져서, 컴퓨터에 저장된 비트정보인 0과 1의 구분이 애매해지면서 반도체 기능상의 신뢰도가 저하된다. 퀀텀물리학에서 퀀텀(양자라고 번역함)은 물질을 나눌 수 있다고 할 때 가장 작은 덩어리를 지칭한다. 한 자리 숫자의 나노 미만의 반도체 전자소립자에서 발생하는 기묘한 퀀텀효과(quantum effect)는 반도체의 품질에 무시할 수 없을 정도로 큰 영향을 미친다. 나노기술분야는 고전역학과 퀀텀역학이 만나는 중간 영역으로 볼 수 있다[1,2,3].

퀀텀효과는 기존에 알고 있었던 고전적인 소립자의 움직임에 뜻하지 않은 영향을 미치고 기존 기술의 응용에 한계를 가져온다는 치명적인 부작용을 일으키지만, 연구 패러다임을 바꾸어 새로운 소립자의 동작원리와 이들의 초고집적, 초고속, 초저전력성 등을 정보 처리를 위한 기반기술을 구성하게 된다면 융복합 분야의 성장은 새로운 국면에 접어들게 도리 가능성이 높아진다. 글로벌 콘텐츠 기업이자 뉴스메이커인 CNN 머니도 2013년도 4월 정체된 첨단기술의 혁신을 뛰어넘을 새로운 5대 기술분야를 다음과 같이 소개하고 이 기술에 퀀텀정보통신기술을 포함시키고 있다[4].

- 휘어지는 스크린 : 휘어지는 디스플레이 시제품은 수년 전부터 이미 존재해 왔다. 노키아와 삼성전자, 코닝 등은 실용화 제품을 개발 중이다.
- 스마트 클라우드 : 인지능력이 있는 미래의 스마트폰은 소지자의 개인정보를 거의 완벽하게 보유하게 된다.
- 획기적으로 향상된 배터리 성능 : 배터리 크기로 인해 그만큼 프로세서나 카메라 등 다른 부품들의 크기를 줄일 수밖에 없다. 앞으로 획기적으로 향상된 배터리가 가져다 줄 산업적 효과는 엄청날 것이다.
- 보다 빠른 네트워크 : 구글이 현재 캔자스시티에 기존 인터넷속도보다 200배 빠른 초속 1GB의 속도로 인터넷을 이용할 수 있는 네트워크를 설치했다. 또 이동통신사업자들도 네트워크를 업그레이드해 4G LTE 기술을 채용하고 있으며 일각에선 이보다 빠른 네트워크도 개발 중이다.
- 퀀텀 컴퓨팅 : 현재 컴퓨터는 0과 1의 조합으로 이뤄져 있지만 미래 컴퓨터는 이보다 확률에 의존할 가능성이 높다. 퀀텀역학이론을 채용해 가장 가능성이 높은 상황을 기반해 답을 내놓는 컴퓨터가 등장할 수 있다는 뜻이다. 이렇게 되면 이론적으로 현재 최고속 컴퓨터보다 엄청나게 빠르게 답을 구할 수 있는 컴퓨터를 개발할 수 있다.

본 연구는 퀀텀컴퓨팅과 퀀텀정보통신의 등장 배경에 대한 소개와 함께, 퀀텀암호통신, 퀀텀시뮬레이션, 퀀텀컴퓨터 등과 같은 핵심 영역에 대한 연구 필요성을 살펴보고자 한다. 이를 위해 우선 퀀텀현상의 기본원리에 대한 이해를 전제로 하여 관련 요소기술의 산업화에 대해 간략한 논의를 시도해 보고자 한다.

2. 퀀텀현상과 퀀텀컴퓨팅의 개념

물질의 운동을 계산, 예측하고 이를 실험으로 확인할 수 있는 고전적 물리학적 세계와는 달리 퀀텀세계에서는 소립자가 위치와 운동량의 정확한 값을 동시에 가질 수 없으며, 확률 밖에 설명할 수 없다. 즉, 물질의 에너지나 회전상태가 관측하는 사람이나 관측 장치의 상태에 따라 그 수치가 달라질 수 있어, 물리적 상태가 독자적으로 실존하는 것이 아니라 관측 장치와의 상호관계에 의해 그 존재가 입증된다.

퀀텀정보통신기술은 이러한 퀀텀(양자)의 독특한 속성을 기반으로 한다. 퀀텀은 입자이면서도 파동의 성질을 지니며, 관측행위를 시도하면 경로를 포함한 퀀텀의 상태가 영향을 받아 변해버리기 때문에 관측하지 않았을 때와 관측했을 때의 경로가 동일하다는 보장이 없다. 퀀

텀현상을 보이는 소립자는 파동의 속성을 지니기 때문에 동시에 두 가지 이상의 상태로 존재하는 상황을 연출하기도 한다. 이를테면, 물체가 동시에 복수의 장소에 존재할 수도 있는데, 이것은 모든 퀀텀 현상의 기묘한 특성의 기초를 이루며 개별 상태가 중첩되어 상호작용을 일으킨 결과이기도 하다.

입자들끼리 상호작용 후에 각 입자의 상태가 서로 연관되어, 한 입자의 상태가 다른 입자들의 상태에도 영향을 주게 되는 현상을 얽힘(entanglement)이라 칭한다. 얽힘 상태에 있는 두 소자는 어떠한 상태에도 있을 수 있는 모든 가능성을 가지고 있고, 단지 두 소자의 상태가 특정한 상관관계를 갖고 있다는 것 밖에는 확실히 알 수 있는 정보를 제공하지 않는다. 그러나 일단 측정이 수행되면 측정방법과 측정결과에 따라 얽힘 상태가 붕괴되어 두 소자의 상태가 확정된다[5].

퀀텀현상 중의 하나인 원격이동은 “모르는 퀀텀상태의 공간 이동”이라 정의할 수 있다. 퀀텀원격이동은 물체가 실제로 움직이는 것이 아니고 단지 한 입자의 상태가 공간상 떨어져 있는 다른 입자로 전이되는 현상을 말한다. 퀀텀세계에서는 복사불가원리에 의해서 모르는 상태를 완전히 복사하는 것이 불가능하다. 고전세계에서는 어떤 정보를 전달하기 위해서는 단순히 그 정보를 복사해서 복사본을 보내면 된다. 퀀텀원격전송은 복사가 아니고, 반대쪽의 측정결과를 이용해야 하므로 빛보다 빨리 퀀텀상태가 전송되는 것도 아니다. 알려지지 않은 상태의 원본을 파괴하면서 공간적으로 떨어진 지점에서 원본과 같은 상태벡터를 가진 퀀텀계를 만들어 내는 것을 퀀텀원격이동이라 한다. 이같은 퀀텀원격현상은 퀀텀정보의 전송장치 개발에 이용될 수도 있다.

퀀텀현상을 이용한 컴퓨팅방식은 디지털 세계에서의 방식과는 큰 차이를 보인다. 디지털 정보는 0과 1의 조합으로 표시되며 실리콘 회로와 트랜지스터 게이트를 이용하여 수조개가 넘는 신호(비트)를 조작하고 필요한 연산을 수행한다. 퀀텀컴퓨팅방식은 하드웨어뿐 아니라 소프트웨어까지 퀀텀역학적인 것으로 대체하는 기술로서 퀀텀비트(quantum bit) 또는 큐비트(qubit)라고 정의되는 행렬을 기본 개념으로 설정한다.

하나의 큐비트는 0과 1의 두 상태에 놓일 수 있으며, 두 개의 큐비트는 중첩현상으로 인해 네 개의 상태(00, 01, 10, 11)에 놓일 수 있고, 세 개의 큐비트는 여덟 개의 상태에 놓일 수 있다. 따라서 세 개의 큐비트는 동시에 여덟 개의 연산을 할 수 있다. 퀀텀컴퓨터는 이러한 큐비트를 표시하는 생소한 행렬에 연산을 수행하여 계산결과를 도출한다. 일반 컴퓨터의 비트 100개는 2의 백 제곱(대략 1조의 100 경 배) 경우의 수 중에서 단 하나만을 나타내지만, 큐비트가 100개인 퀀텀컴퓨터는 100개 숫자 모두를 단 한 번에 계산할 수 있다. 퀀텀컴퓨팅 디바이스의 이런 속성을 ‘퀀텀병렬성(quantum parallelism)’이라 부른다. 퀀텀컴퓨터가 여러 개의 계산을 동시에 할 수 있는 이유는 그것이 상태의 중첩 속에서 운영되기 때문이다. 다만 퀀텀 중첩의 개별 상태들이 서로 간섭할 수 있는 능력은 외부 충격에 의해 쉽게 파괴되는데, 이를 방지하기 위해 퀀텀컴퓨터를 주변 환경과 격리하는 것이 필요하다.

퀀텀현상은 측정하는 순간 그 중첩상태가 파괴되며 어떤 상태가 나타나게 될지 확률적으로만 논의가 가능하다. 즉, 퀀텀상태의 측정과정에서 따르게 되는 무작위성으로 인해 퀀텀 알고리즘은 확정적(deterministic) 해를 도출하지 않는다. 즉 가능한 다양한 결과에 대한 확률분포를 도출하게 된다. 따라서 퀀텀 알고리즘은 해를 구하기는 어려우나, 도출된 해가 제약조건을 충족시키는지 여부를 평가하고 해의 목적함수나 성과를 계산하기 용이한 의사결정문제에 주로 적용될 가능성이 높다.

3. 퀀텀정보통신기술의 핵심 구성기술

퀀텀물리학은 오랜 전부터 존재한 연구분야이지만 퀀텀정보통신 또는 퀀텀컴퓨팅이 관심을 끌게 된 것은 암호와 관련된 소인수분해 문제 때문이다. 1과 그 자신 이외에는 다른 약수가 없는 수를 소수라 하는데, 소수 두 개를 곱하기는 매우 쉽지만, 그 곱을 원래의 소수로 분해하는 것은 매우 어렵다.

인터넷 상에서의 공개키 암호방식은 소인수분해 문제를 활용한 대표적인 분야이다. 예를 들어 비밀메시지를 받기 원하는 사람은 자신의 공개키를 누구나 볼 수 있게 공개하고 나서, 메시지를 암호로 전환한다. 이 암호는 비밀키를 가진 사람만이 풀 수 있다. 자물쇠와 열쇠의 관계에 있는 공개키와 비밀키의 필수조건은 공개키로부터 비밀키를 알아내기가 매우 어려워야 한다는 것이다. RSA

라는 방식은 이같은 필수조건을 이상적으로 만족하는 소인수분해 문제를 이용해 만든 공개키 암호 방식이다. 예를 들어, 은행에서 이용하는 암호코드는 약 250 자리 숫자의 소인수분해 문제를 활용하고 있어 기존 컴퓨터로는 암호해킹이 아예 불가능하다.

그런데 1990년대 중반, 퀀텀역학을 이용한 퀀텀컴퓨터의 구축이 이론적으로 가능하며, 만약 그렇다면(즉, 이런 식의 운영이 가능한 컴퓨터가 존재한다면), 암호분야에 쓰이는 소인수분해 문제는 순식간에 풀릴 수 있다는 증명이 발표되었다. 기존의 컴퓨터로 1,000 자리숫자를 소인수분해하는 데는 우주의 나이보다도 많은 시간이 필요하지만 상용화할 수 있는 퀀텀컴퓨터가 존재한다면 수시간 내에 풀 수 있는 알고리즘이 제시된 것이다.

1994년 피터 쇼어가 제시한 퀀텀정보이론에 근거한 소인수분해 알고리즘과 1997년 Grover의 데이터 검색 알고리즘은 퀀텀 기반의 알고리즘이 가져올 영향력을 짐작해 볼 수 있게 한다. 퀀텀이론을 기반으로 하는 컴퓨터는 기존의 디지털 컴퓨터와는 차이가 크며, 또한 실제 해결할 수 있는 문제의 수학적 특성도 명확하게 밝혀진 바 없지만, 퀀텀컴퓨터의 개발이 마무리되고 이를 통해 해결할 수 있는 다양한 문제가 제시되어 산업화에 활용된다면 경제적인 측면은 물론 국가안보차원에서의 파급효과도 상상을 초월한다.

퀀텀현상이 상용화가 가능한 정보통신기술로 개발되기 위해서는 다음의 퀀텀정보통신기술이 개발되어야 한다. 간략히 핵심개념만을 소개하면 다음과 같다[1].

- 단일광자 생성・검출 기반기술 – 단일광자의 생성과 검출은 가장 기본적인 기술이다. 한 번에 한 개의 광자를 원하는 시간에 발생시킬 수 있어야 하며 이를 감지하기 위한 초고감도의 센서(sensor)와 계측기술이 필요하다. 현재 퀀텀통신 분야의 전송속도는 대부분 단일 광자 생성 및 검출속도와 효율에 의해 제한을 받고 있다.
- 퀀텀 송수신 시스템 – 퀀텀정보 또는 큐비트를 한 장소에서 다른 장소로 그리고 송신자가 수신자에게 보내는 기술 전반을 의미한다. 여기서 한 장소에서 다른 장소라고 하는 의미는 통상적인 통신을 의미할 수도 있고 퀀텀 프로세서처럼 하나의 소자 또는 게이트에서 다른 소자 또는 게이트로의 전달을 의미할 수도 있다.
- 퀀텀 게이트와 프로세서 구현기술 – 퀀텀 상태를 저장할 수 있는 큐비트를 생성하고 큐비트의 값을 정확하게 측정할 수 있는 기술과 퀀텀상태를 유지하면서도 그 상태와 일관성을 가지는 모든 통제된 액션을 한번에 취할 수 있는 퀀텀논리게이트를 연결하는 프로세서 기술을 의미한다[6].
- 퀀텀 암호 기술 – 퀀텀 키 분배 프로토콜을 포함하여, 퀀텀암호의 인증, 서명 등에 관한 기본적인 모듈 개발기술과 퀀텀암호 전달에 사용될 수 있는 다양한 구조의 통신망에 대한 안전성 분석기술을 의미한다.
- 퀀텀 알고리즘 – 퀀텀 알고리즘은 기존의 컴퓨터알고리즘으로는 불가능한 효율성을 제공하지만, 퀀텀컴퓨터를 통해 지수적으로 계산 소요시간을 줄일 수 있는 문제는 제한되어 있다. 병렬연산을 넘어 퀀텀 알고리즘과 같은 새로운 패러다임의 정보처리 기술을 요구한다.
- 퀀텀시뮬레이터 – 퀀텀현상을 보이는 물질과 시스템에 대한 시뮬레이션 기술이다. 즉 원자와 분자세계에서 벌어지고 있는 현상에 대한 시뮬레이션은 해당 과학분야의 비약적인 발전을 물론, 퀀텀 테크놀로지의 개발과 퀀텀 디바이스의 설계에도 큰 도움을 주게 된다.
- 퀀텀 컴퓨터 – 단일퀀텀시스템을 확장하여 통합화된 퀀텀시스템으로 진화하게 되면 퀀텀정보처리과정은 개별 큐비트의 콘트롤과 측정을 필요로 한다. 환경과의 상호작용은 물론 큐비트 간에도 발생하는 다양한 상호작용을 동시에 측정하고 콘트롤하는 전혀 새로운 방식과 도구가 필요하다. 퀀텀 컴퓨터 개발이 상용화로 이어지기 위해서는 다음의 다섯 가지 조건을 충족해야 하는데; a) 다수의 큐비트를 이용하더라고 연산이나 운영에 문제가 없어야 하며(scalability), b) 초기화를 생성할 수 있어야 하고(0이나 1로 그 값을 설정하여 초기조건을 확정), c) 연산과정이 깨지지 않도록 일정 기간 생명력을 유지해야 하며, d) 연산과 인터페이스를 위한 게이트가 개발되어야 하며, e) 계산결과를 보기 위해서는 측정할 수 있는 방법이 있어야 한다[7].

4. 퀀텀정보통신기술의 상용화 현황

유럽과 미국에서의 퀀텀정보기술의 개발은 나노기술의 한계가 인식되면서 엄청난 속도로 진전되고 있다. 예를 들어 캐나다 컴퓨터 메이커인 D-웨이브사는 이미 128개의 큐비트를 활용한 퀀텀컴퓨터를 개발하여 방위산업업체인 록키드 마틴에 공급한 바 있다. D-웨이브사의 퀀텀컴퓨터는 통상적인 컴퓨터와는 달리 매우 복잡한 냉각시설과 자기차폐시설을 필요로 하며, 범용컴퓨팅 능력이 아닌 그 컴퓨터에서만 운영될 수 있는 알고리즘을 함께 개발, 제공한 것으로 알려져 있다. 하버드대 연구팀도 이 컴퓨터를 이용하여 아미노산이 3차원적 구조를 띠는 단백질로 변환되는 수수께끼 과정을 분석한 바 있다고 보고한 바 있다[8].

퀀텀검색분야도 이미 상당히 진전된 상태이다. 퀀텀검색은 누구도 어떤 내용을 검색했는지 알 수 없도록 극도의 프라이버시를 제공하는 검색기능이다. 선행연구에 의하면 묻고자 하는 진정한 질문내용과 아무 관계도 없을 수 있는 추가적인 질문(컴퓨터가 자동으로 아무거나 만들어줄 수도 있음)을 한 세트로 하여 퀀텀질문지를 구축하면, 이 질문을 받은 서치엔진은 DB를 검색하여 질문과 답변내용을 하나의 퀀텀패키지로 묶어 질문자에게 되돌려 보낸다. 만약 서치엔진이 원래 질문의 복사본을 만들 수 있다면, 이 정보는 이미 제 3 자에게 노출된 것이다. 왜냐하면 원래 질문의 퀀텀상태가 무너졌기 때문이다. 서치엔진은 물리적으로 실제 질문을 구성하는 비트 형태를 파악하지 않은 사태(그 질문이 무엇인지 알 수 없는 상태에서)에서 원 질문에 대한 답을 제공할 수 있다[9].

전용통신채널 간의 퀀텀메세지 및 암호교환은 이미 상용화단계이다. 퀀텀이론을 활용한 암호기술이나 암호키 전송분야는 이미 다양한 시제품이 나와 있다. 퀀텀정보통신분야의 선두기업들인 미국의 MagicQ 테크놀러지사, 스위스 제네바대학에서 출범한 idQuantique사, 프랑스의 SmartQuantum사, 호주의 Quintessence Lab사 등은 상용화된 서비스를 제공하고 있다. 예를 들어 미국의 MagicQ는 100-140Km간의 통신을 가능하게 하는 퀀텀암호시스템을 판매하고 있는데, 도청여부를 탐지하는 서비스능력과 함께 QKD 분배키를 이용한 서비스도 제공한다. idQuantique사도 퀀텀암호시스템인 “Cerberis”라는 서비스와 함께 다양한 퀀텀 디바이스를 판매하고 있다. 그 외 프랑스의 SmartQuantum사도 일반 사용자용 키 방어시스템과 국방용 암호시스템을 병행・판매 중이며, 실리콘 밸리를 비롯한 글로벌 판매망 구축에도 상당한 투자를 감행하고 있다. 가장 늦게 상용화시장에 참여한 호주의 Quintessence Lab사도 록키드 마틴사와 공동으로 기존의 전송거리 제한을 획기적으로 극복할 수 있는 QKD 솔류션 개발에 주력하고 있다.

2012년 2월 IBM의 발표[10]에 의하면 자사의 퀀텀컴퓨터기술은 큐비트의 속성을 보전하면서 동시에 기본적인 컴퓨팅의 에러율 기록을 깨뜨렸다고 밝혔다. IBM의 3D 초전도큐비트 부품의 중앙에는 1mm밖에 안되는 큐비트가 작은 사파이어칩 위에 놓인다. 초전도 큐비트를 활용한 공간은 두개로 나뉘어지고 측정은 커넥터로 향하는 마이크로파에 의해 이뤄진다. IBM은 이같은 시스템을 수백개 수천개의 큐비트로 확장할 생각이다. 에러정정구조를 실행할 수 있는 지점까지 에러율을 줄이는 방법을 찾았다고 발표하고 이는 지금보다 10배의 성능향상이 가능하다는 것을 의미하는 단계라고 주장하고 있다. 이 컴퓨팅기술의 에러율이 엄청나게 낮기 때문에 IBM은 5~10개의 큐비트를 하나로 묶어 기본적인 작동을 시작하는 단계에 가까이 와 있다고 한다.

IBM에 의하면 앞으로 5년 안에 인간처럼 오감을 활용하는 능력을 갖추게 될 것이라고 한다. IBM은 인지 컴퓨팅(cognitive computing)에 대한 연구가 이미 상당 부분 진행된 상태로, 2018년이면 컴퓨터가 오감을 활용해 인간이 인지하는 범위 밖의 것을 인지하고 해석하게 될 것이라고 주장하고 있다[11]. 시각의 경우, 컴퓨터는 현재의 단순한 카메라 기능을 이용해 화상을 저장하는 수준을 넘어 인간처럼 눈에 보이는 색상과 질감, 주변 정보 등을 종합해 직관적으로 해석하고 이해하게 된다. 사람 대신 컴퓨터가 폐쇄회로 CCTV를 보고 있다가 사고 발생이나 차량 정체 등을 판단해 상황에 맞게 대응하고, 병원에서는 MRI나 CT 촬영 등을 의사 대신 컴퓨터가 오차 없이 판독할 수 있다는 의미다. 다만, 뉴로과학, 나노테크놀러지 이론 등을 통합적으로 활용하기 위해서는 조 단위 개수의 파라미터값을 설정해야 하는데 퀀텀시뮬레이션은 바로 이런 분야의 적용에 적절한 도구이다.

5. 융복합인프라로서의 퀀텀정보화기술

주력산업과 IT기술의 선전에도 불구하고, 국내 융복합 기술수준은 초기 단계로서 전반적으로 선진국 대비 낮은 편이며, 발전의 속도도 매우 더디다. 산업화 측면에서 실용화된 융복화 상품도 거의 찾아보기 힘들다. 국가차원에서 지원을 시작하기는 하였으나 주요 선진국에 비해 다소 늦은 2008년부터 범부처 차원의 국가 융합기술 발전 계획 등을 수립하였고, 다양한 전공 간의 소통 부족으로 지원을 받은 개별 연구자 중심으로 수행되고 있어 성과물 자체가 미미한 상황이다. 또한 학제 간 혹은 연구자간 공동연구가 부진하며 산업적으로 어떤 융복합기술이 국내에서 개발이 가능할 지에 대한 명확한 논의도 부족하거나 그나마 형식적으로 이루어지고 있다. 예를 들어 현재 대학이나 연구소 수준에서 실험단계에 있는 단일세포분석, 생체나노물질분석, 질병 진단기술과 같은 핵심원천기술 역시 상용화에 이루기도 전에 경쟁력 저하로 도태될 우려가 짙다.

특히 우리나라의 경우 2000년 대 초반부터 정부 주도로 바이오인포메틱스 분야에 적극적 지원을 감행하였으나 아직까지 뚜렷한 성과가 없었다. 특히 게놈 정보분야는 인프라 구축 자체도 실패하였으며, 바이오칩, 바이오센서를 이용한 진단 제품 등 융합바이오 분야 역시 글로벌하게 성장 잠재력이 높은 분야였지만 우리나라의 현 연구력수준으로는 진입이 거의 불가능하다. 융합바이오 분야는 바이오 R&D에 대한 대규모 투자로 인해 전 세계적으로 확대되고 있는 시장이지만, 기본 인프라 없이는 틈새시장 공략이라든가 신흥시장 진출 자체 등은 규모의 경제 미비로 인해 불가능할 전망이다[12].

융합신산업은 NT, BT, IT 등 신기술 간 또는 이들과 기존산업 · 학문 간의 결합을 통해 새로운 창조적 가치를 창출함으로써 미래경제와 사회·문화의 변화를 주도하는 기술이다. 주요 선진국에서는 특히 BT를 중심으로 NT, IT, CT 등과의 융합을 현대산업과 과학의 메가트렌드로 간주하고 있다. 퀀텀정보통신기술은 지난 10여년간 논의의 중심이 되고 있는 융복합을 가능하게 하는 핵심인프라가 될 가능성이 높다. 융복합을 통하여 방송, 통신, 인터넷간의 경계가 허물어지고, 산업구조와 제도의 변화뿐 아니라 선순환적 동반성장으로 새로운 시장의 창출이 기대된다. 즉, 단순한 결합차원을 넘어 다양한 가치사슬이 연계되어 있어 기술혁신이 요구되는 산업이다.

기존 IT분야에 대한 연구는 이제 국내의 글로벌 기업들의 민간연구소에 위탁하여도 충분하다. 정부의 지원은 보다 혁신적이고 도전적인 성과를 거둘 수 있으며, 최소 7-8년 뒤의 산업적 성과를 기대할 수 있는 새롭고 도전적인 분야에 집중해야 할 것이다.

그 대표적인 분야가 퀀텀정보통신이다. 이미 이 분야는 소수의 글로벌 벤더에 의한 시장 독점현상이 나타나고 있고, 차별화된 원천기술 개발에 상당한 시간과 자원이 요구되는 한편 고부가가치 신상품 개발의 인프라로 사용될 가능성이 높아 선도기업으로 부터의 기술이전이나 합작과 같은 교류는 거의 불가능한 상황이다. 퀀텀정보통신기술에 대한 수요가 없다면 해당 산업은 존재할 수 없다. 그렇지만 퀀텀정보통신 분야는 기존의 IT산업에서 단계적으로 발전할 수 있는 영역은 아니다. 퀀텀컴퓨터의 가치를 논의할 때 등장하는 쇼(Shor)의 알고리즘이 퀀텀정보통신산업을 일으킬 수 있는 핵심 동인이 될 수는 없다[13]. 소인수 분해만을 위해 퀀텀컴퓨터를 구입할 고객들이 많지는 않을 것이다. 남의 암호를 깨기 위한 비윤리적 행위를 위해 공개적으로 퀀텀컴퓨터를 구입할 고객은 없기 때문이다.

퀀텀정보통신기술의 상용화는 다음과 같은 산업분야에서 10년 이내에 가능할 것으로 전망된다.

5.1 퀀텀암호화 및 보안기술

퀀텀암호화기술은 상용화 측면에서 가장 가능성이 높으며 이미 몇 개의 선두기업들이 상용화된 서비스를 제공하고 있다. 퀀텀커뮤니케이션(키 분배, 퀀텀암호화 기술, 안전한 고효율 통신망 등)의 산업적 매력도도 높다. 그렇지만 어떻게 시작을 유도할 수 있을 것인가가 이슈이다. P2P수준의 퀀텀키 교환은 얽힘없이도 가능하나, 여러 사람 간의 퀀텀커뮤니케이션은 얽힘을 구현할 수 있는 기술을 기반으로 하는 것이 바람직하다. 암호키 교환 수준을 넘어서 훨씬 복잡해보이는 상황을 전제로 퀀텀커뮤니케이션을 통해서 산업적 기반을 구축할 수 있기 때문이다. 이 경우 기존의 IT산업이나 기술로서는 경제성이나 편의성이 비교될 수 없기 때문이다.

만약 퀀텀커뮤니케이션 분야에 초점을 둔다면 테크놀러지는 퀀텀 optics를 위주로 해야 할 것이며, 퀀텀키 분배에 더 많은 자원을 투자하고자 한다면 생성 및 검출기,

센서의 혁신적 개발에서 시작되어야 한다. 퀀텀키 분배의 다음 단계는 소수의 큐비트를 이용한 퀀텀 프로세싱이며, 퀀텀 리피터 등을 이용한 장거리 분배로 관심이 이어지게 될 것이다.

유럽의 경우 퀀텀암호화 분야의 연구는 이제 일반화될 정도로 상당한 연구실적을 구축하고 있다. 이제 해당 분야의 연구는 다른 정보통신분야의 연구와 경쟁을 통해야만 연구비를 받을 수 있을 만큼 일반화되어 있다는 의미이다. 우리나라의 경우 아직 연구초기 단계에 머물고 있지만 상용화가 마무리 될 때 관련기술이 가져다 줄 산업적인 파급효과는 엄청나다.

퀀텀암호화기술과 전송기술의 개발은 미래 인터넷 기반의 융합 네트워크화를 가능하게 하며, TCP/IP 기반 인터넷을 대체하는 새로운 고신뢰성 융합네트워크의 기술로 이어질 가능성이 높다. 특히 네트워크가 새로운 미래 국가경쟁력 강화의 핵심수단으로 부각됨에 따른 보안성, 신뢰성 높은 기술, 제품개발의 인프라 역할을 할 수 있다. 특히 지능형 통합보안 관제기술, 위기 조기경보체계, 통합 트래픽 모니터링기술 등은 퀀텀암호화 및 보안・전송기술을 기반으로 연구력을 집중시켜야만 가능할 것으로 예상된다. 이젠 기존의 디지털 기반의 반도체로서는 더 이상의 기능 집중과 나노화가 어렵기 때문이다[6,14].

이제 4-5년 이내에 개인들도 대도시내에서는 퀀텀암호시스템을 이용한 금융거래가 가능해 질 것이다. 물론 쇼어알고리즘을 이용한 퀀텀컴퓨터로 키를 해독하여 범죄에 사용할 가능성은 거의 없지만, 도청여부를 탐지하는 서비스능력을 함께 제공하는 서비스는 금융기관 뿐만 아니라, 국방관련기관과 글로벌 기업 등에서는 충분한 수요가 발생할 것으로 전망된다. 단순히 도청여부를 방지한다는 의미와 함께 그 정도로 보안에 노력을 아끼지 않는다는 전략적 이미지 제고에도 상당한 기여를 한다. 퀀텀암호화 및 보안기술은 또한 퀀텀정보네트웍의 개발과 산업적 응용측면에서의 또 다른 기초, 기반기술의 역할을 한다. 다양한 QKD시스템 개발은 퀀텀네트웍 관련 기술의 개발로 이어지기 때문이다.

앞으로 많은 금융자산을 보유한 상위 1%의 금융소비자들과 보안이 요구되는 사안에 대한 의사소통이 빈번한 기관들의 퀀텀암호시스템에 대한 다양한 요구는 엄청난 산업적 파문을 일으킬 것이 확실시 된다.

5.2 퀀텀 센서 및 계측기술

반도체나 관련 제품을 개발, 생산하는 IT기업도 퀀텀정보통신에 대한 관심은 높다. 다만 일차적인 연구영역은 퀀텀역학(양자역학)으로서 IT부품에 필요한 자재의 속성이나 전기, 전자적 특성의 이해를 위해 필요한 지원적인 속성이 강하다. 특히 무어의 법칙이 더욱 진전되어 각종 디바이스들이 퀀텀현상에 부딪치게 될 가능성이 높아지게 되는 경우 심각한 부작용을 불러 일으키기 때문이다[13]. 나노수준의 현상을 대상으로 하는 많은 융복합 분야의 연구는 퀀텀정보기술을 기반으로 하는 퀀텀 센서 및 계측설비 없이는 성과를 거두기가 거의 어렵다. 기존의 디지털 기술로는 정확한 측정과 평가가 어렵기 때문이다. 많은 IT기업들로 하여금 자연스럽게 퀀텀정보통신 분야로 이끌 수 있다는 측면에서 보면 상당히 의미있는 응용분야로 평가될 수 있다.

예를 들어 슈퍼컴퓨터로도 충분한 대응을 하기 힘든 기후, 재난 분야의 경우 퀀텀 센서 및 계측설비는 엄청난 성과를 가져다 줄 수 있다. 대규모 태풍이나 홍수, 심각한 환경파괴, 방사능 누출 등 안전을 위협하는 위기상황 정보를 실시간으로 파악하고 위험 정도를 판단할 수 있는 시스템이 갖춰진다면 인류의 위기대응 능력은 한 단계 업그레이드될 수 있을 것이다. 실제로 지구 전체를 공포로 몰고 간 일본 후쿠시마 원전사태도 사고가 벌어진 원자로 내부 상황을 정확하게 파악하고 원격에서 명령을 내릴 수 있는 정밀한 시스템이 갖춰졌다면 대응이 훨씬 손쉬웠을 것이다.

또한 미래학자들은 빠르게 발전하면서 융합하는 나노, 바이오, 정보통신, 인지과학기술의 결합을 통해 2020년 이후에는 사람과 기계, 현실과 가상간의 경계가 점차 허물어질 것이라는 전망을 내놓고 있다. 이어 2030년에는 기계의 지능이 인간을 넘어서기 시작하고, 2040년에는 인체의 일부를 기계시스템으로 대체한 트랜스휴먼이 나타날 것으로 예상한다. 인간과 로봇, 현실과 가상공간이 서로를 넘나들며 시각, 촉각 등 오감을 교류하면서, 인간이 가상세계를 마치 현실인 것처럼 느끼고, 원격 아바타나 자신이 착용한 인공장치를 마치 자신인 양 느끼는 시대가 곧 다가 올 것으로 예측하고 있다.

이처럼 인체감응솔루션 개발 영역도 융복합의 주요 분야이다. 국내에서도 여러 연구소에서 이 분야의 연구를 진행 중이며, 연구의 핵심은 사람과 기계가 서로 감각

을 느낄 수 있게 해주는 '인간과 인텔리전트 머신 상생기술' 개발, 이를 가능하게 하는 인간과 로봇 간의 실감교류 기술 개발이다. 촉감과 운동감, 진동감, 냄새 등을 결합해 실감을 증강시킨 현실과 가상의 혼합공간의 구축도 청사진에 포함되어 있다. 이처럼 사람이 직접 가기 불가능한 장소에서 똑똑한 기술로 무장한 센서와 칩을 통해 정보수집과 전달의 첨병 역할을 해주는 연구도 퀀텀 센서 및 계측기술이 지원한다면 상용화가 훨씬 가속화될 것이다. 아직 진화된 전자소자와 센서, 소프트웨어, 네트워크 기술을 결합한 스마트센서의 개발은 현실적으로 퀀텀 센서 및 계측기술이 지원하지 않으면 거의 불가능할 것이다. 새로운 스마트 센서를 개발하기 위해 기존 방식을 뛰어넘어 3차원 IC와 새로운 소자 및 공정을 도입하는 혁신이 필요하다고 학자들이 주장하나 이는 바로 퀀텀 센서 및 계측기술의 상업적 요구를 대변한다. 기존의 디지털 기반 패러다임으로는 더 이상의 나노화가 불가능하기 때문이다.

정부에 의하면 향후 9년간 총 1200여억원을 투입하여 나노 혁신소자, 스마트IT 융합플랫폼, 다차원 스마트센서 시스템 등을 개발하여, 1000배 오래 쓸 수 있는 정보기기와 1000배 넓은 접근영역을 갖는 통신 네트워크, 정보처리 용량이 1000배인 시스템을 개발하겠다는 목표를 설정해놓고 있다. 센서가 단순히 특정 정보를 감지하는 데서 그치지 않고 정보를 수집해 처리까지 하는 시스템 역할을 하도록 구현한다는 계획이다. 스마트센서 시스템에는 신경접속 마이크로시스템 네트워크, 초고속 고해상도 내시경적 다기능 광학이미징 시스템, 지능형 군집기반 환경・생물 모니터링, 스마트 바이오 센서시스템, 고성능 스마트 집적 비전 센서 등이 포함되는데, 기존의 IT 기술로는 이런 기기들과 요구하는 측정수준 및 계산능력을 지원한다는 것이 불가능하다. 특히 주위 상황에 적합한 신호를 IT시스템이 스스로 찾아 입력하며, 이런 긴밀한 연결시스템을 통해 성능이 최대화되는 스마트 IT시스템의 구현은 퀀텀 센서 및 계측기술을 기반으로 할 수 밖에 없다. 스마트 센서에 대한 연구가 별다른 진척이 없는 것도 바로 패러다임이 바뀌어지지 않아서 일 것이다.

또한 융・복합분야인 차세대 에너지 소자・생산시스템에서도 퀀텀 센서 및 계측기술은 그 역할이 엄청날 것으로 예상된다. 10억분의 1미터의 미시 세계를 다루는 나노기술은 태양전지, 연료전지 등 미래 청정에너지 시스템에서 에너지를 전달하는 광자, 전자, 분자 등을 보다 효율적으로 붙잡거나 조작하고, 에너지 변환이나 저장과정까지 정밀하게 제어할 수 있게 함으로써 초고효율 에너지 기술을 열어줄 것으로 기대된다[15]. 국내에서도 관련 연구가 진행 중이지만 기본적으로 나노입자를 정교하게 배열하고 쌓는 기술이 필수적이다. 이런 과정을 시뮬레이션하고 실제적으로 나노입자를 촘촘히 여러 층으로 쌓고, 이를 확장해 마이크로 크기 구조를 만들기 위해서는 퀀텀 센서 및 계측기술의 지원이 유용할 것이다.

결흐트러짐 현상과 이와 관련한 콘트롤 메카니즘에 대한 심도깊은 이해를 통해 개발된 나노 스케일 수준의 퀀텀디바이스는 지금 사용되고 있는 IT부품의 성능개선에도 상당한 기여를 할 가능성이 높다. 예를 들어 원치않는 퀀텀중첩현상은 의도적인 결흐트러짐 현상의 도입을 통해 제거할 수 있을 것이다. 물론 퀀텀정보통신 연구의 핵심은 아니지만 이런 과정을 통해 IT산업 간의 연계성을 제고할 수 있다. 역으로 지금의 IT산업의 기술없이는 컨텀정보통신의 구현도 불가능할 것이다. 기존의 IT 테크놀러지는 퀀텀정보처리과정의 운영, 인터페이스 및 IO 콘트롤 메커니즘 개발에 활용될 것이다. 이처럼 퀀텀 센싱 및 계측기기 분야의 전망이 높다. 퀀텀정보기술을 응용한 최첨단 센서, 계측기기의 개발은 엄청난 수요를 불러일으킬 것으로 전망된다. 대학 및 기업연구소의 전문연구자들을 위한 고가의 응용제품에 대한 시장은 엄청날 것으로 전망된다.

5.3 퀀텀프로세서 기술

지금 시점에서는 미니형, 특정분야에의 응용(적용)이 가능한 테크놀로지 중심의 로드맵이 요구된다. 소수의 큐비트로 구성된, 오류자기수정기능이 포함된 퀀텀 프로세서(오류정정 퀀텀 논리게이트 포함) 개발이 시급하다. 이를 통해 퀀텀 알고리즘의 실질적인 구현과정을 보여주고 다양한 퀀텀컴퓨팅 구조를 제시함으로써 다수의 큐비트로 구성된 상용화를 염두에 둔 퀀텀컴퓨터의 도래를 예견할 수 있는 기반 제시가 중요하다[14]. 네트워크를 구성할 수 있는 작은 규모의 퀀텀컴퓨터, 그리고 이들 상호연계를 위한 인터페이스 개발(여러 개의 큐비트로 구성된 프로세스를 대상으로 한 퀀텀 오류정정, 퀀텀정보통신망과의 인터페이스를 위한 테스트베드 구축 등이 필요)도 IT산업계의 관심을 불러일으키기 위해 절대적으로

중요한 과제이다.

10~20개의 광자 큐비트를 이용하는 미니 퀀텀프로세서 및 미니퀀텀컴퓨터 구현을 통해 퀀텀컴퓨터 간의 퀀텀 네트워크를 구성하는 방법에 대한 이론, 실험 연구를 수행할 수 있다. 물론 어떤 형식을 빌어 물리적으로 퀀텀컴퓨터를 구현할 것인가와 스케일링 문제는 가장 핵심적인 이슈로 인식되고 있다[3].

더불어 50개 내외의 큐비트를 기반으로 하는 프로세서의 개발은 퀀텀컴퓨터의 도래가 가능함을 알려주는 신호역할을 한다. 이 정도의 기술력을 확보할 수 있다면, 기존의 반도체와 IT산업의 역량을 합하여 전혀 새로운 산업이 탄생하게 된다. XT, AT, 386, 486, 펜티엄 등으로 이어진 개인용 컴퓨터의 발전을 넘어서는 새로운 산업분야가 등장한다. 한번에 2의 50제곱에 해당하는 연산을 수행할 수 있는 작은 규모의 프로세서가 상용화되고 이를 지원하는 응용소프트웨어가 개발되면 대규모 장치산업을 운영하는 글로벌 기업들은 산업현장에서의 다양한 문제해결대안의 도출을 통해 엄청난 생산성을 기대할 수 있다. 슈퍼컴퓨터로도 해결이 불가능한 조선, 항공, 제철, 우주산업, 국방기술, 재해예측 등 수천만개 또는 수억개의 변수가 영향을 미치는 대규모 의사결정문제에도 짧은 시간 안에 응용 가능한 대안 도출이 가능할 것이다. 연간 매출액이 10조원인 기업의 직접원가비중이 50%(즉, 5조원일 때)일 때 1%의 원가절감이 이루어질 수 있다면 대당 500억원 짜리 퀀텀프로세서도 개인이 PC를 구입하는 정도의 투자에 불과하기 때문이다.

5.4 퀀텀시뮬레이터 기술

퀀텀컴퓨터의 용도가 고작 암호해독과 관련 수학문제에 대한 해를 구하는 정도에 그친다면 누구도 엄청난 규모의 연구비를 투자하지 않았을 것이다. 현실적으로 쇼어의 알고리즘을 이용하여 암호코드를 해독하려 해도 수천개의 큐비트와 수 만번의 퀀텀게이트 계산과정을 거쳐야 하기 때문이다.

다행히 이보다는 기술적인 어려움이 덜하고 활용용도도 다양한 분야가 퀀텀시뮬레이션이다. 퀀텀시뮬레이터는 연구개발 분야에서 항상 논의되고 있는 융복합연구개발의 핵심도구이다. 논리적으로 기존 영역 간 칸막이를 허무는 과감하고 이질적인 기술간 융합 시도는 기술혁신뿐만 아니라 산업계 지도를 송두리째 바꿔놓는 결과로 이어진다는 것은 명확하다. 그렇지만 융합이 단순히 전문가들이 모여 자신들의 전문지식을 내어 놓는다고 해서 이루어지는 것은 아니다.

상업적인 측면에서도 퀀텀시뮬레이션은 소인수 분해와 같은 퀀텀알고리즘 개발영역보다는 잠재적 수요가 훨씬 많을 것이다. 퀀텀 물리적 시스템(physical system)의 시뮬레이션은 물리적으로 퀀텀시스템의 진화과정을 시뮬레이션하여 어떤 형태나 결과가 나타날 것인가를 예측하는데 목적이 있기 때문에, 나노기술 분야에서 가장 많은 관심을 가질 영역이기도 하다. 특히 강력한 전자(electron) 상관관계나 특이한 퀀텀효과를 관찰하고 산업적으로 활용하고자 할 때 필요한 나노테크놀러지 디바이스의 개발에는 퀀텀시뮬레이터의 개발이 전제가 된다. 슈퍼컴퓨터로서도 실험이 거의 불가능하기 때문이다. 50-100개 정도의 큐비트를 이용한 퀀텀컴퓨터로 운영이 가능하며 현존하는 슈터컴퓨터의 성능과는 비교할 수 없을 정도로 효율적이다.

이런 시뮬레이터가 상용화된다면 퀀텀정보통신산업의 초석이 될 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 아이디어 창출과 개발의 기폭제가 될 수 있다. 대규모 퀀텀컴퓨터의 등장이 한동안 지연되더라도 새로운 산업을 일으킬 수 있는 역할을 하기에 충분하다. 퀀텀시뮬레이션에 주된 관심을 기울인다면, 50개 정도의 상호작용하는 큐비트를 연구대상으로 설정해야 실질적인 해를 도출할 수 있을 것으로 전망된다.

퀀텀시뮬레이터는 특히 융복합산업의 핵심인 의료 및 제약산업에 엄청난 파급효과를 불러일으킬 수 있다. 예를 들어 신약개발의 경우, 질병정복의 실마리가 되는 목표를 발견하고 그 목표를 열고 들어갈 수 있는 열쇠 역할을 하는 '후보물질'을 찾아내고, 구체적인 기능과 구조를 알아내는 데도 몇 년 정도의 긴 시간이 투입되고, 동물실험을 통한 독성 분석과 임상시험을 거쳐 효능 확인과 용법 개발에도 5년 이상의 긴 시간이 소요된다. 기존 신약개발 과정은 어느 한 순간만 문제가 생겨도 다시 원점으로 돌아가 다시 시작하거나 포기해야 했기 때문에 엄청난 투자와 장기적인 사업적 비전을 견딜 수 있는 거대 다국적기업만이 가능한 분야이다. 참고로 신약 개발의 경우 아직도 한 가지를 내놓는 데 최소한 5년 이상의 기간과 5천억원 이상이 투입되어 융복합의 가능성이 가장 높음에도 불구하고 지속적 투자가 쉽지 않다[19]. 삼성경제

연구소의 2003년 자료에 의하면 신약개발에 평균 8.8억 달러 이상이 소요되며, 이중 후보물질의 탐색연구에 5년, 5.3억 달러가 투입되는, 이나마 성공률이 0.02%에 불과하다고 발표한 바 있다[16]. 이런 복잡한 프로세스를 시뮬레이션 할 수 있는 도구가 있다면 리드타임 축소에 현격한 기여를 할 수 있을 것이다. 신약개발 분야의 퀀텀시뮬레이터는 바로 이런 어려움을 줄여주는 역할을 한다.

신약개발과 함께 퀀텀시뮬레이터는 합성생물학의 발전에도 기여한다. 생명체는 영양분을 흡수해 에너지로 전환하거나 생장에 활용하는 과정에서 각 세포마다 수천가지의 화학반응을 처리하는 일종의 '살아있는 화학공장'이라 할 수 있다. 10억분의 1그램 정도의 미세한 세포들은 수많은 화학반응을 에러 없이 질서정연하고 빠르게 진행한다. 특히 보통의 화학공장이 고압・고온・강산성・강알칼리성 등 극한의 환경에서 돌아가는 것과 달리 생명체는 반응속도를 100억배까지 높이는 '연금술사' 역할을 하는 효소 덕분에 섭씨 37도와 중성이라는 온화한 조건에서도 신속하고 효과적으로 작동한다. 이제 생명공학의 '키워드'가 생명을 이해하는 것에서 생명을 인공적으로 만드는 것으로 옮겨가고 있다. 이처럼 분자구조에 대한 시뮬레이션은 신약개발의 생산성과 성공가능성 극대화를 위한 필요불가결한 도구이다[18].

게놈 정보 활용산업도 BT와 IT 분야의 전문 지식과 기술이 요구되는 대표적인 융합기술이다. 최근에는 미국을 비롯한 선진국을 중심으로 클라우드, GRID, Data Visualization, 초고속 데이터 전송 등의 첨단 IT 기술이 생명정보 분야에 도입되고 있다. 수년 안에 누구나 자신의 게놈을 분석할 수 있는 수준인 "1인당 $1000" 게놈 시대를 맞을 것으로 예상된다. 10,000 종의 생명체 게놈을 해독하는 "Genome 10K" 프로젝트가 국제 컨소시움을 통해 진행되는 등, 전 세계적으로 지구상의 모든 생명체의 게놈을 해독하는 사업이 경쟁적으로 진행 중이다. 게놈정보 분야는 전 세계적으로 새롭게 형성되고 있는 시장이며, 침체된 국내 S/W 산업 분야에 새로운 기회를 제공하며, 나아가 S/W의 수출도 가능한 여건을 제공할 수 있을 것으로 예상된다. 게놈 관련 산업은 염기해독 서비스, 데이터 분석, 활용의 네 부문으로 구성되어 있는데, 퀀텀 센서 및 시뮬레이터 지원이 유용할 것이다.

물론 기존에도 시뮬레이터의 중요성을 인지하고 있었으나 핵심 변수의 상당 부분을 계산력 부족으로 생략할 수밖에 없어 실제적인 파급효과는 그리 크지 않았다. 슈퍼컴퓨터 시장의 일부를 대체할 만한 시장을 구축할 수 있게 되며, 그보다 훨씬 저렴한 가격의 유사 기기를 통해 새로운 전문연구자용 시장을 개척할 수 있다. 연구중심대학과 기업의 연구소들이 주요 고객이 되는데, 이를 통해 새로운 융복합형 제품과 서비스의 창출이 가능해져 퀀텀정보통신분야 산업을 실질적으로 구축하는 역할을 할 가능성이 높다.

6. 결론

우리 눈에 보이지도 않는 소립자세계를 기반으로 하는 퀀텀정보통신기술은 앞으로 글로벌 산업 전반에 엄청난 영향을 미칠 것이 확실하다. 글로벌 콘텐츠 기업이자 뉴스메이커인 CNN 머니도 퀀텀정보통신기술을 새로운 5대 기술 분야에 선정할 정도로 산업적 응용과 파급효과가 무한하다. 0과 1의 조합으로 이루어져 있는 기존 컴퓨터의 성능과 역할을 혁신적으로 타파할 퀀텀컴퓨팅은 특히 융복합분야의 파급효과로 인해 여타의 응용기술과는 비교하기 힘들 정도이다.

그렇지만 퀀텀 ICT분야에서 퀀텀암호기술 분야를 제외하고는 전통적 의미의 시장, 즉 상품과 서비스를 자유롭게 거래하는 방식의 시장은 존재하지 않는다. 퀀텀방식의 연산을 가능하게 하는 물리적 기기인 퀀텀프로세서는 아직 이론적으로나 기술적 성숙성 차원에서 활발한 상거래를 불러일으킬 정도의 연구가 확립되지 못한 상태이기 때문이다. 그러나 연구개발결과가 일정 수준에 도달할 경우 퀀텀 ICT산업은 국가안보와 경제구조에 엄청난 파급효과를 불러일으키게 되는데, 우선, 퀀텀암호기술은 도청을 원천적으로 봉쇄할 수 있는 커뮤니케이션 네트워크의 구축에 필수적 기술이다. 또한 퀀텀 컴퓨터 및 관련 기기는 새로운 무기개발과 적군의 커뮤니케이션 네트워크를 일거에 무력화시킬 수 있는 역할을 한다.

결과적으로 퀀텀 ICT분야는 글로벌 정치 게임의 판도를 일거에 바꾸어버리는 엄청난 파급효과를 불러일으킬 수 있다[19]. 퀀텀정보통신기술에의 연구개발 투자는 다음과 같은 정책적, 기술적 효과를 기대할 수 있을 것이다.

- 융·복합상품의 핵심기술 확보와 주력 신수종 산업 견인 – 융·복합제품의 품질은 퀀텀센서 및 계측기,

계산력 등의 기술력에 의해 크게 좌우되는 만큼 퀀텀정보통신기술의 확보를 통해 융합기기의 고품질화를 시도한다. 이를 통해 융·복합산업 분야의 가치사슬에서 부족한 부분이었던 소재 및 소자, 부품, 계측기 영역의 기술력을 확보한다.

- 국가 기술경쟁력 강화와 해외기술 의존도 감소 – 퀀텀정보통신기술은 국방, 국가안보, 보안, 금융 등 첨단산업의 핵심기술로 자리매김할 전망이다. 확보된 핵심기술을 토대로 유럽, 일본, 미국 등 선진국 중심의 미래첨단 기술시장에서 우리나라의 경쟁력을 제고한다.
- 핵심 기술 확보 – 미래유망분야인 바이오·의약·기후 수요시장에서 요구하는 공통기반에 적용되는 정보통신 기술을 확보함으로써 해당분야의 기술보호와 더불어 응용상용화 제품개발의 원천으로 활용한다.

REFERENCES

[1] Newsletter of Korea Instirute Advanced Study, "New Era of the World that Quantumn Information Science and Quantum Computer can open, Korea Instirute Advanced Study, 2007.

[2] Ministry of Science, ICT & Furture Planning(2011). A Report on Trend Analysis of Patents and Technology(R&D on Quantum Information and Science and Technology, 2011.

[3] Ahn, D.Y.(2012). Technological Trend and Market Forecasting of Quantum Information and Commucation Industry, HaYeon Publishing, Seoul, 2012.

[4] http://news.nate.com/view/20130402n01967?mid=n0602).

[5] Lee, S.Y. & H.S. Chung(2002). Trends of Quantum Information & Telecommunication Technology, Trend Analysis of Electronic and Comminication Technology, 17(6), 2002.

[6] Subcommittee on Quantum Information Science, A Federal Vision for Quantum Information Science, Executive Office of the President National Science and Technology Council, 2009.

[7] Hur, J. & Ahn, D.Y., A Study on R&D Prior Planning of Quantum Based Next-Generation Communication Technology, Korea Communications Agency, 2011.

[8] http://www.marketoracle.co.uk/Article37290.html.

[9] Lloyd, Seth, Privacy and the Quantum Internet, Scientific American, 301, pp. 80-84, 2009.

[10] http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?artice_id=20120228170644.

[11] Chosun-Ilbo, Published Article, December 19, 2012.

[12] Mininstry of Knowledge Economy, The next big thing! – Korean Industry and Technology Vision 2020, 2009.

[13] Spiller, T.P. & ,W.J. Munro, Towards a Quantum Information Technology Industry, Hewlett-Packard Development Company, L.P. 2005.

[14] Zoller, P., Quantum information processing and communication Strategic report on current status, visions and goals for research in Europe, Eur. Phys. J. D 36, pp. 203 - 228, 2005.

[15] http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2012090702011657650002.

[16] Samsung Economic Research Institute, Business Strategy of Bio-Tech Companies, 2003.

[17] http://www.pharmaqbd.com/simulation_modeling_ph arma_aerospace.

[18] Market Research Media,. Quantum Computing Market Forecast 2015-2020, 2012.

권 문 주(Kwon, Moon Ju)

- 2004년 8월 : 성균관대학교 경영대학원 (경영학석사)
- 2009년 2월 : 성균관대학교 경영학과(경영학박사)
- 2000년 1월 ~ 현재 : 정보통신산업진흥원 수석연구원
- 관심분야: IT/SW산업정책, IT/SW 인력양성, IT/SW R&D기획 등
- E-Mail : mjkwon@nipa.kr

김 창 선(Kim, Richard C.S.)

- 1997년 2월 : 안동대학교 컴퓨터공학(공학석사)
- 2009년 8월 : 성균관대학교 경영대학원(경영학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 명지대학교 전자공학과 박사과정
- 2006년 5월 ~ 2011년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2012년 1월 ~ 현재 : 산업통상자원 R&D 전략기획단 전문위원
- 관심분야 : 퀀텀정보통신, 정보통신정책, SW프로세스 혁신
- E-Mail: richard@osp.go.kr

박 성 택(Park, Seong Taek)

- 2003년 8월 : 충북대학교 경영대학원 (경영학석사)
- 2010년 2월 : 충북대학교 경영정보학과(경영학박사)
- 2011년 7월 ~ 2012년 6월 : 성균관대학교 경영연구소 박사후연구원
- 2006년 9월 ~ 현재 : 충북대, 홍익대, 명지대, 한국교통대 강사
- 관심분야 : 특허가치평가, R&D, 특허경영전략, e-learning, 비즈니스 전략 등
- E-Mail : solpherd@skku.edu

김 태 웅(Kim, Tae Ung)

- 1982년 5월 : 미국 인디아나대학교 경영대학원(경영학석사)
- 1986년 8월 : 미국 퍼듀대학교 경영대학원(경영학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 경영대학 교수
- 관심분야 : 정보통신정책, 공급망관리
- E-Mail: tukim@skku.edu