

# 게이미피케이션 메카니즘을 적용한 양자역학 원리를 배우는 STEAM 프로그램 개발

고대훈<sup>\*,\*\*</sup> · 박남제<sup>\*\*</sup>

제주동초등학교<sup>\*</sup> · 제주대학교 교육대학 초등컴퓨터교육전공<sup>\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 STEAM 교육과 미래 유망직종인 컴퓨터 전문가 중 하나인 양자컴퓨터 전문가 대한 간접 체험의 기회를 제공하고자 국가수준 교육과정과의 연관성을 분석하여 초등학교 3-4학년을 위한 양자컴퓨터 전문가에 대하여 알아보고 자신의 진로와 연관지어 생각해볼 수 있는 STEAM 교육프로그램을 개발하였다. 하지만 초등학교 학생들이 물리학 중 가장 어렵다는 양자역학을 근본으로 하는 양자컴퓨터의 기본이론을 이해하는 것이란 거의 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 게이미피케이션 메카니즘을 적용하여 양자역학 원리를 배울 수 있는 STEAM 프로그램을 제안하였다. 학생들이 흥미를 유발하고 양자컴퓨터의 가장 기본적인 원리 중 하나인 양자스핀과 양자컴퓨터와 연관된 양자암호, 그리고 아직 양자컴퓨터의 미완성 등을 간접적으로 체험할 수 있도록 교재를 개발하였으며, 이를 현장에 직접 적용하였다. 본 연구에서 제공하는 진로 STEAM 교육프로그램은 IT관련 진로 탐색과 관련 소양 함양에 긍정적인 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 양자컴퓨터, 양자암호, 양자역학, 양자비트, 융합인재교육, 진로탐색

## Development of a STEAM Program to Learn the Principles of Quantum Mechanics by applying the Gamification Mechanism

Daehoon Ko<sup>\*,\*\*</sup> · Namje Park<sup>\*\*</sup>

Jeju Dong Elementary School<sup>\*</sup> ·

Department of Computer Education, Teachers College, Jeju National University<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

In this paper, in order to offer the opportunity to indirectly experience STEAM education and the profession of a quantum computer professional, one of computer experts as a promising occupation of the future, its correlation to the national curriculum was analyzed. STEAM educational program in this paper was developed through which the third or fourth graders in elementary schools can learn about a quantum computer expert and think about it in relevance to their future careers. Yet, it's almost impossible for the students to understand the basic theories of quantum computer based on quantum mechanics, one of most difficult areas of physics. Accordingly, in this

---

이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5A8018037).

교신저자 : 박남제(제주대학교 교육대학 초등컴퓨터교육전공)

논문투고 : 2016-09-29

논문심사 : 2016-09-30

심사완료 : 2016-10-27

proposed textbook, gamification mechanism was applied to arouse students' interest. Moreover, the textbook was developed and applied to the field directly in the way that students would be able to indirectly experience quantum spin, one of most basic principles of quantum computer, quantum cryptography related to quantum computer, incomplete quantum computer and etc. The STEAM educational program for future careers offered in this research is expected to create positive effects for students to explore careers relevant to IT, and to develop related qualities.

Keywords : Quantum computer, Quantum Bit, Quantum Mechanics, STEAM, Career Exploration

## 1. 서론

21세기, 우리 사회는 컴퓨터란 존재와 뗄 수 없는 밀접한 관계를 가지고 살아가고 있다. 각 가정에 개인용 컴퓨터가 보급된 것이 오래되지 않은 과거인데 현재에는 모두 손 안에 컴퓨터를 하나씩 들고 가지는 세상이 되었다[1][2][5][6]. 이러한 컴퓨터는 계산기라는 기계에서 출발했다는 것은 많은 사람들이 알고 있는 사실이다. 우리가 현재 사용하고 있는 프로그램이나, 보거나 듣는 디지털 자료 또한 컴퓨터가 0과 1의 정보를 아주 빠른 속도로 연산하여 우리에게 보여주고 있는 것에 불과하다. 0과 1의 단순한 계산이 우리에게 이렇게 유용하게 사용될 수 있는 이유는 바로 현재의 컴퓨터의 무시무시한 연산 속도이다. 하지만 현재의 컴퓨터가 아무리 연산이 빨라도 한번에 0과 1의 신호이외의 신호를 보내는 것은 불가능하다.

이러한 한계를 극복하기 위해 나온 새로운 기술을 활용한 컴퓨터가 바로 양자컴퓨터이다. 양자컴퓨터는 Q비트를 사용하여 0과 1이외의 새로운 정보를 전달할 수 있는 기술이다. 양자컴퓨터의 속도는 기존의 컴퓨터를 뛰어넘음은 물론이고 슈퍼컴퓨터를 능가하는 능력을 가지고 있다. 현재 구글과 같은 첨단 IT기업들이 수많은 데이터를 분석하기 위해 천문학적인 금액을 투자하여 양자컴퓨터를 활용하고자 하고 있다[3][4].

양자컴퓨터는 기존의 보안과 암호를 쉽게 깨뜨릴 만큼 혁신적이면서도 무서운 기술이기도 하다. 아직은 상용화되지 못한 기술이지만 이에 대한 우려도 많이 하고 있다. 하지만 초등학교 3, 4학년 학생들에게 양자컴퓨터라는 것을 이해시키는 것은 쉬운 일이 아니다. 물리학분야 중 가장 어려운 분야 중 하나로 손꼽히는 양자역학

을 기본으로 하는 양자컴퓨터에 대하여 아직 컴퓨터과학에 대하여 자세히 알지 못하는 학생들이 어떤 컴퓨터인지 관심을 가지거나 이해하는 것은 매우 어려운 일이다. 그래서 본 프로그램에서는 학생들이 흥미를 이끌고 이해를 돕기 위해 게이미피케이션(Gamification) 메커니즘을 이용하여 기존에 개발되어 어린 학생들도 누구나 즐길 수 있는 단순한 게임을 변형해 양자컴퓨터에 대한 이해를 돕고 양자컴퓨터가 사용되는 미래 세상에 대하여 생각해볼 수 있는 기회를 제공하자고 하였다.

본 논문에서 제안하는 교육 프로그램은 학생들의 성장했을 때 사용될 양자컴퓨터에 대한 소개와 원리, 그리고 양자컴퓨터가 활용되어 변화될 사회의 모습에 대하여 함께 이야기하고 생각해보고, 어떻게 올바르게 사용할지에 대한 미래 정보통신 윤리에 대하여도 알아보는 다양한 학생중심의 활동으로 진로 스텝 교육 프로그램을 구성하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 양자컴퓨터(Quantum Computer)의 이해

우리가 흔히 아는 일반 컴퓨터가 신호를 전달하는 가장 작은 단위인 비트(bit)는 빛의 속도로 신호를 전달하지만 0, 1 두 가지의 신호만 전달이 가능하다. 0과 1의 신호 전달 속도 및 연산 속도가 매우 빨라지며 과거의 계산기에서 현재의 개인용 컴퓨터, 슈퍼컴퓨터까지 발전하게 되었다[7][10].

양자컴퓨터는 양자중첩과 양자얽힘의 두가지 현상을 이용한 컴퓨터이다. 양자 중첩이란 양자가 측정되지 전

까지는 전자가 어떤 값을 가지는지 임의성을 가지고 있는 상태이며, 양자 얽힘은 양자들 중 하나가 관측되면서 나머지 양자들도 고정되어 하나의 값을 나타내는 현상이다. 양자물리학에서 가장 많이 예를 드는 슈뢰딩거의 고양이 실험과 유사하다. 밀폐된 상자 속에 고양이와 청산가리를 동시에 넣어두고 뚜껑을 닫는다. 이때 상자를 열기 전까지는 고양이의 생사는 아무도 모른다. 하지만 뚜껑을 여는 순간 고양이의 생사를 알 수 있다. 고양이의 생사를 알 수 없는 임의의 상태를 양자 중첩, 뚜껑을 열과 관측과 동시에 상황이 고정된 것을 양자 얽힘이라고 할 수 있다. 이러한 현상을 활용하면 일반컴퓨터는 0, 1 두가지 상태로만 정보를 연산하지만 큐비트는 00, 01, 10, 11 4가지 상태로도 연산할 수 있다. 이러한 비트를 큐비트(Quantum Bit, Qubit)라고 한다. 이처럼 양자컴퓨터는 0인지 1인지 확정 지을 수 없는 상태, 중첩된 상태인 양자 중첩인 상태로 연산을 진행하며, 중첩된 양자 상태가 2의 n제곱으로 중첩하여 연산된다. 만약 중첩된 큐비트가 512개라면 2의 512제곱배라는 속도로 연산이 된다는 것이다. 이러한 양자컴퓨터는 미래의 엄청난 양의 빅데이터 분석과 인공지능 등 복잡하고 예측 불가능한 다양한 분야에 활용될 것이다.

### 2.1.1 양자암호(Quantum Cryptography)

양자컴퓨터의 엄청난 연산 속도는 기존의 소수를 활용한 암호체계를 무너트릴만한 속도로 기존의 암호체계를 무너뜨리기에 충분한 역량을 가지고 있다. 이러한 문제에 대응하기 위해 새로운 암호체계로서 양자암호라는 암호체계가 만들어지고 있다. 양자의 불확정성의 원리가 암호에 적용되어 도청이나 복제, 해킹이 불가능한 암호 체계이다.

### 2.1.2 양자컴퓨터 직업 전문가의 이해

양자컴퓨터 전문가는 이름 그대로 양자컴퓨터에 대하여 전문적으로 알고 있는 사람을 이야기한다. 양자컴퓨터는 특정한 하나의 분야가 아닌 복합적인 분야이다. 따라서 특정 전문가라기보다는 포괄적인 전문가라도 할 수 있다. 양자컴퓨터 전문가가 되기 위해서는 전기공학, 전자공학, 원자력공학, 통신공학, 양자역학 등을 전공해야한다. 그리고 현재 적용된 일반 컴퓨터와 다른 새로운 방법의 컴퓨터이므로 문제해결을 위한 분석적 사고 능력과 새로운 기술을 제품으로 만들 수 있는 창의력을 필요로 한다.

## 2.2 게이미피케이션의 교육적 효과

게이미피케이션(Gamification:게입화)란 2010년 1월 미국에서 열린 ‘게이미피케이션 서밋’ 행사에서 공식적으로 사용되기 시작했다. 게임이 아닌 교육과 치료, 마케팅 등과 같은 다양한 분야에 다양한 게임과 같은 요소들을 부여하여 그 사업이나 프로그램들이 추구하는 목표를 해결할 수 있도록 하는 과정을 말한다.

게임 활동은 게임방법이나 규칙을 토의하는 과정에서 아동에게 타인존중 태도 및 사회적 합의기술을 함양하며 게임규칙에 따라 공동목표를 향하여 집단구성원들이 함께 노력하는 과정을 통해 타인배려, 감정이입을 하고 친교성과 협동성을 고취하며 목표달성을 위한 행동 및 정서조절, 성취감 등의 경험이 가능하게 된다. 게임 활동을 하는 동안 규칙위반이나 의견 불일치와 같은 갈등 상황이 발생하면, 협상이나 문제해결 과정을 통해 사회적 대처기술을 습득하는 기회를 가지며 게임을 통해 탈중심화를 경험함으로써 게임은 아동의 사회·정서발달에 매우 유익한 활동이라고 할 수 있다.

## 2.3 스팀(STEAM) 교육의 이해와 구성

STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, Math)은 과학, 기술, 공학, 예술, 수학이 문제 상황에서 융합되어 교육하는 방법이다. 다양한 연구결과에 따르면 학생들이 실생활 속에 자신들의 경험과 지식을 적용하면서 공학적 문제해결을 하는 과정에서 과학적 개념이나 원리를 더 잘 이해하게 되고 수학이나 과학에 대한 긍정적인 태도를 보였다고 한다. 따라서 STEAM교육은 21세기에 창의적 인재를 양성하는 교육방식으로 적합하다고 할 수 있다.

STEAM교육은 상황제시, 창의적설계, 감성적체험이라는 학습준거틀로 구성되는데, 상황제시는 실생활과 밀접한 관계가 있고 문제해결의 필요성을 느끼도록 구성되어야 하며, 창의적설계는 학생들이 문제해결 방법을 스스로 찾아보는 활동으로 다양한 결과가 나올 수 있도록 해야 한다. 감성적 체험은 성공의 경험을 통해 또 다른 문제에도 기꺼이 다시 도전하려는 열정을 가질 수 있도록 해야 한다[8][9][11][12][14].

### 3. 개발된 STEAM 교육프로그램

#### 3.1 연구 절차

본 연구에서는 양자컴퓨터 전문가 진로 STEAM 교육프로그램을 개발하기 위하여 다음과 같은 연구 단계에 따라 연구를 진행하였다.

- 관련이론 조사 및 분석
- 관련 교육과정 분석
- 게임 알고리즘 개발 및 분석
- 알고리즘을 적용한 게임 개발
- 게임을 적용한 교재 작성
- 교재의 적용 및 분석

#### 3.2 연구 대상

본 연구는 사이버 네트워크 주제의 STEAM 진로교육 프로그램이 초등학교생들에게 어떠한 효과가 있는지를 규명하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 3-4학년층을 대상으로 한 교육프로그램을 제안하고 있으며 제주특별자치도 소재 3-4학년 학생을 대상으로 본 STEAM 진로 교육프로그램을 적용하여 효과성을 검증하였다[13][15][16][17][19][21].

#### 3.3 교육과정 분석 및 연계

3, 4학년 프로그램 개발을 위해 아래 그림과 같이 교육과정을 분석하고 연계하여 내용을 구성하였다.

본 프로그램에서는 학생들이 다가올 미래사회의 변화된 바람직한 컴퓨터의 모습을 상상해보게 하는 것을 목적으로 하여 기존 컴퓨터가 정보를 처리하는 방법과 인공지능, 양자컴퓨터의 가장 기초적인 정보처리 방법(기술)을 비교할 수 있도록 체험하여 본 후 미래의 컴퓨터를 상상해보는 활동을 전개할 것이다. 이는 미래에 다가올 사회를 예측하고, 학생들이 관련된 분야의 직업을 탐색하는데도 도움을 줄 수 있을 것이다. 인공지능과 양자컴퓨터를 3-4학년 학생들에게 쉽게 인식시키기 위해 1-3차시에서는 양자컴퓨터의 기반이 되는 큐비트의 원리를 체험하는 활동을 전개하며, 4차시에는 인공지능 학습 원리(유추- 신경망 활동)를 이해할 수 있는 언플러

그드 활동 후에 5-6차시에는 이렇게 발전된 기술을 토대로 미래 컴퓨터의 모습을 상상하는 창의적 설계 및 기술이 가져올 장·단점을 토의해보는 감성적 체험을 하는 것으로 구성하였다. 특히, 학생들이 인공지능을 대하는 태도와 강한 인공지능을 개발함에 있어 제약해야 될 필요가 있는 기술이 무엇인지에 대한 논의가 반드시 필요하므로 프로그램에서 중요하게 다룰 예정이다. 본 논문에서 제안하는 교육프로그램의 교육과정을 살펴보면 다음과 같다.

##### 1) 관련 교과 (수학 부문)

- 단원 4. 어렵하기: 이상과 이하를 알 수 있다. (STEAM 성취목표; <S.T.M> 10진수를 2진수로 표현하고 숫자맞추기 게임을 하는 과정 속에 다양한 숫자들의 크기를 비교하며 비트와 양자비트에 대해 이해할 수 있다.)
- 단원 6. 규칙과 대응: 다양한 변화규칙을 찾아 설명하고 그 규칙을 수나 식으로 나타낼 수 있다. (STEAM 성취목표; <S.T.M> 숫자맞추기 속 양자카드와 추가 카드로 인한 게임의 규칙변화와 다양한 변화를 가져오는 양자비트에 대하여 이해할 수 있다[18][20][22][24][26].)

##### 2) 관련 교과 (국어 부문)

- 단원 5. 컴퓨터로 글을 써요: 컴퓨터를 사용하여 생각이나 느낌을 표현하기 (STEAM 성취목표; <S.T.A.M> 언플러그드 게임을 통해 컴퓨터의 기본적인 신호 전달방식인 비트를 알고, 비트를 활용한 2진수를 이용하여 다양한 표현을 할 수 있다.)

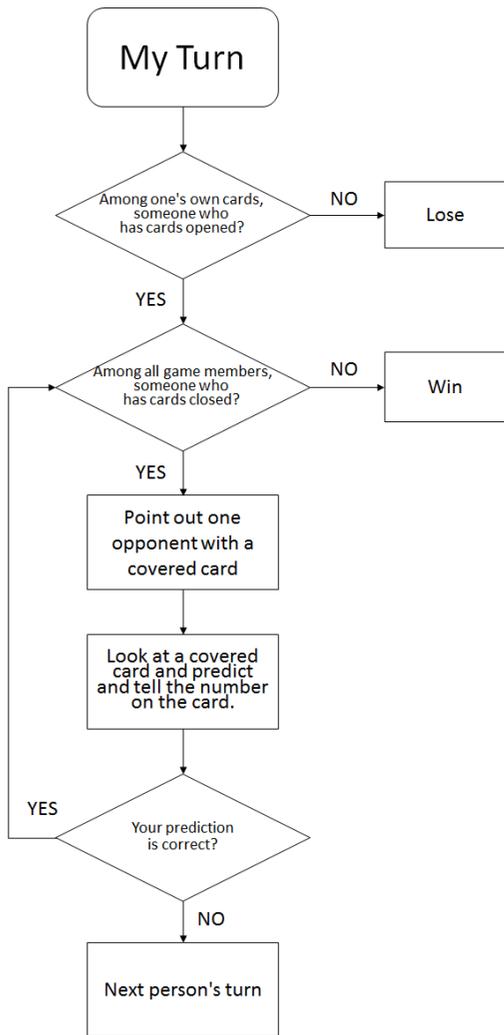
##### 3) 관련 교과 (창의적체험활동 부문)

- 단원 : 진로: 일상생활과 관련된 문제를 창의적으로 해결함으로써 산업 기술에 대한 바람직한 자세와 미래 사회에 적응하는 능력과 태도를 기를 수 있다. (STEAM 성취목표; <S.T.A.M> 일상생활과 관련된 문제를 창의적으로 해결하고, 산업 기술에 대한 바람직한 자세와 미래 사회에 적응하는 능력과 태도를 기른다.)

### 3.4 게임 알고리즘 개발

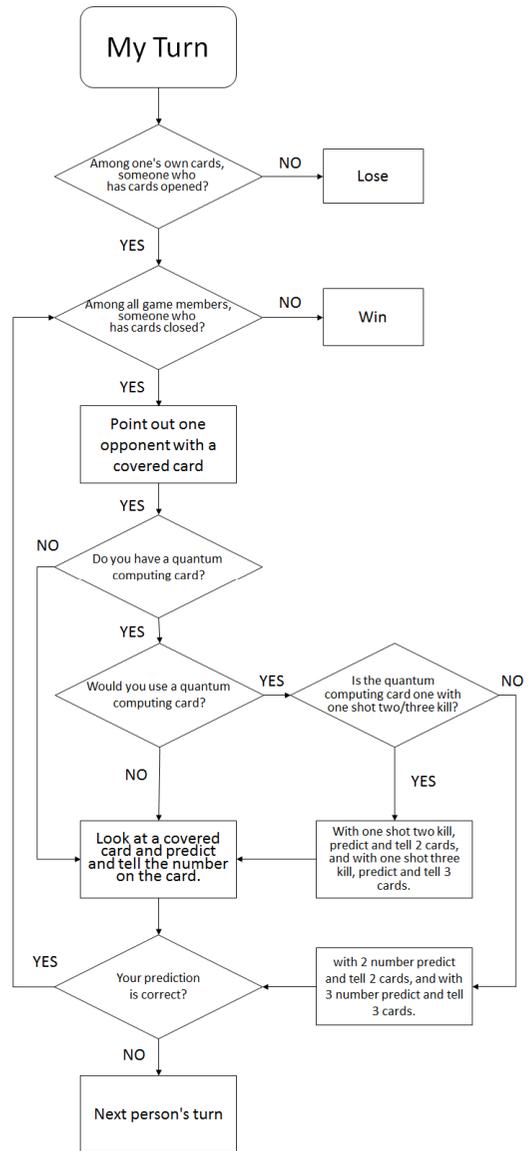
#### 3.4.1 게임 기본 알고리즘

본 논문에서 제안하는 교육 프로그램에서의 기본 게임 알고리즘은 학생들의 흥미를 불러일으키고 이후 양자컴퓨터의 기본적인 원리를 이해하는 게임의 기본규칙에도 해당하기 때문에 사전에 충분히 익힐 수 있도록 해야 한다. 아주 간단한 게임 알고리즘이므로 3, 4학년의 학생들이 학습하는 것에는 무리가 없다고 사료된다. 다만, 학력차별 이해도를 높이기 위해 교육자의 맞춤형 도움이 필요하다. 기본적인 게임알고리즘의 순서도는 다음 (Fig. 1)과 같다.



(Fig.1) Algorithm for basic game

컴퓨터 입출력의 가장 기초적인 방법을 숫자카드에 대입하여 게임을 해본다. 숫자카드게임은 한번의 물음에 하나의 정보만 알아낼 수 있다. 즉, 여기에서의 정보는 그 카드가 맞는지 틀린지의 정보이다. 이는 컴퓨터가 0과 1만 알고 있는 것과 같은 상황이다. 숫자카드의 게임에 익숙해진 학생들에게는 양자카드라는 카드를 추가로 도입한다(Fig. 2). 양자카드를 이용하면 한 번에 한 가지 이상의 정보를 알아낼 수 있다. 이는 양자비트가



(Fig.2) Algorithm of the game to which quantum computing cards are applied

하나의 비트에 0과 1인 두가지 정보보다 더 많은 정보를 전달하는 것을 의미한다. 이렇게 간접적으로 학생들은 양자카드로 양자비트를 체험하고 양자컴퓨터의 개념에 대하여 간단히 알게 된다.

첫 단계 학습 이후, 다음 단계에서는 추가카드를 통해 학생들이 양자컴퓨터로 인해 생길 수 있는 문제점에 대하여 알고, 양자컴퓨터 기술의 한계성에 대하여 이해할 수 있도록 한다. 양자컴퓨터의 뛰어난 속도는 현재의 보안과 암호체계를 무너뜨릴 수 있다. 그래서 암호에도 양자암호라는 새로운 암호체계가 등장하고 있다. 이처럼 양자컴퓨터를 어떻게 사용하는지에 대한 윤리교육도 병행하며 현재 다루기 힘든 양자비트의 현실에 대해서도 알아본다.

### 3.4.2 추가카드1의 적용과 알고리즘

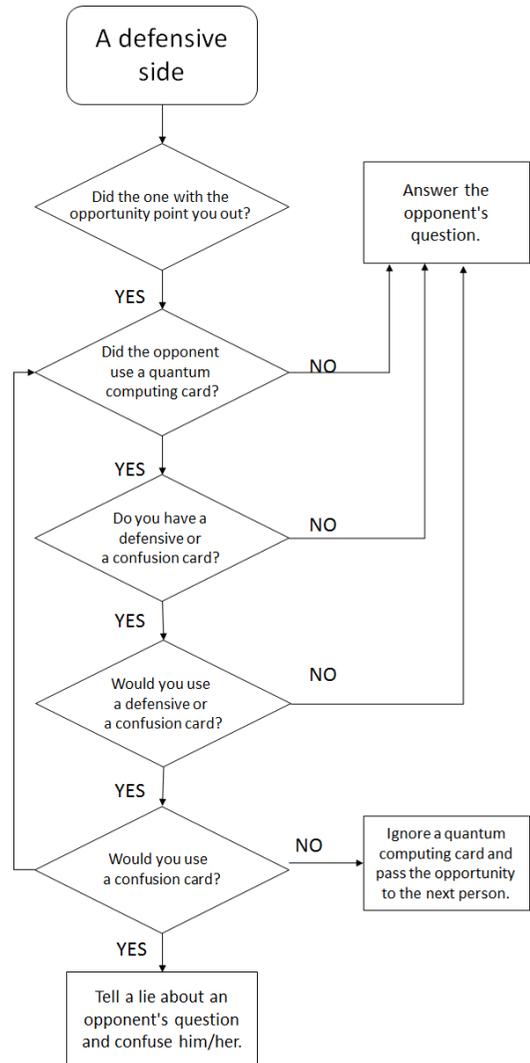
#### 3.4.3 추가카드2의 적용과 알고리즘

게임순서를 정하고 자기 차례가 되면 뒤집혀 있는 카드 중 한 장을 가져와 자신만 확인한다. 자신이 가지고 있는 카드와 가져온 카드를 통해 다른 학생의 숫자를 예측하여 다른 학생의 카드를 가리키며 맞다고 생각되는 숫자를 부른다. 이때 상대방은 부른 카드의 숫자가 맞으면 그 카드를 모든 사람이 볼 수 있게 펼치고 아니면 아니라고 이야기한다. 상대방의 카드를 맞춘 경우에는 다시 추리하여 숫자를 가리킬 수도 있고 다음 차례로 순서를 넘길 수도 있다. 맞추지 못한 경우에는 다음 차례로 순서가 넘어간다. 순서가 넘어갈 때에는 자기 차례에 가져온 카드를 모든 학생이 볼 수 있도록 펼쳐놓는다. 게임이 진행될수록 열리는 카드의 개수가 늘어나면서 서로의 카드를 추측하기 쉬워진다. 자신의 카드는 지키면서 상대방의 카드를 모두 맞히면 승리하게 된다.

숫자게임 속 규칙과 컴퓨터의 정보전달방식 비교하는데, 상대방의 숫자를 맞추기 위해서 숫자를 물어보는 방식에서 얻을 수 있는 정보는 Yes, No 두 가지입니다. 컴퓨터가 인식하거나 표현하는 2진수의 표현방식도 0, 1로 두 가지뿐 없다는 것과 같은 원리이다.

양자카드와 함께하는 숫자게임 진행하기는 다음과 같다(Fig. 3).

- 부록에 있는 양자카드 6장을 추가로 넣어 게임을 진행한다.



(Fig.3) Algorithm of the defensive side using application of an added card

- 처음에 각자의 숫자를 가져간 후 나머지 카드와 함께 섞어서 뒤집어 둔다.
- 더블캐스팅: 하나의 카드를 지목하여 2개의 숫자를 물어볼 수 있는 카드이다.
- 트리플캐스팅: 하나의 카드를 지목하여 3개의 숫자를 물어볼 수 있는 카드이다
- 1타 2피: 한 개의 숫자를 물어보는 대신 2장의 카드를 가리킬 수 있다.
- 1타 3피: 한 개의 숫자를 물어보는 대신 3장의 카

드를 가리킬 수 있다.

- 학생들에게 각 카드의 사용법을 충분히 전달한 후 게임을 진행하도록 한다.

### 3.5 개발된 게임 알고리즘과 양자컴퓨터의 관련성

양자카드를 활용한 경우 한 번에 2개 이상의 정보를 가져올 수 있었다. 이는 컴퓨터가 한 번에 0또는 1의 하나의 정보만을 가져오는 것과 비교하여 더 많은 정보를 가져올 수 있다는 것을 의미한다. 이처럼 미래의 양자컴퓨터는 한 번의 신호가 0, 1만을 의미하지 않고 그 이외의 수많은 정보를 담아 전달할 수 있는 양자비트를 이용하는 컴퓨터이다. 한 번에 전달할 수 있는 정보의 개수가 일반컴퓨터와 다르게 많기 때문에 정보의 전달 속도로 비교가 되지 않을 정도로 빠르다.

### 3.6 게임을 적용한 프로그램 교재 개발

본 논문에서 제안하는 교육프로그램은 1차시에서 기본적으로 언플러그드 활동을 통하여 일반컴퓨터가 정보를 전달하는 가장 기본적인 방식인 2진수와 비트의 개념에 대하여 이해하고, 2차시에서 다빈치코드게임을 응용한 숫자 맞추기 게임을 통해 양자비트에 대하여 이해할 수 있도록 하였다. 3차시에서는 양자컴퓨터가 가지고 있는 한계와 양자컴퓨터가 가져올 수 있는 암호체계의 문제점 등을 게임을 통해 알아보고 이러한 최첨단 컴퓨터가 가져올 우리 미래의 밝은 모습과 어두운 모습에 대하여 생각해보고 자신들이 살아갈 미래에 어떻게 컴퓨터를 활용해야하는지 이야기를 나누고 자신의 장래희망과 연관지어 생각해볼 수 있도록 하였다. 제안하는 교육프로그램의 차시별 교육활동은 다음과 같다.

- 1) 1차시-활동주제: 컴퓨터와 대화하는 방법은?
  - 프롤로그를 통해 컴퓨터가 어떻게 정보를 입력받는지 생각해보기
  - 2진카드 게임방식 익히기
  - 2진카드를 통해 10진수를 2진수로 변환하기
  - 문자를 2진수로 표현하기
- 2) 2차시-활동주제: 게임으로 알아보는 양자비트

- 게임으로 알아보는 양자비트
- 컴퓨터가 사용하는 2진수 상기하기
- 숫자게임해보기
- 양자카드와 함께 숫자게임해보기
- 양자카드를 사용하기 전후의 숫자게임 비교하기

### 3) 3차시-활동주제: 양자컴퓨터와 우리의 미래

- 양자컴퓨터와 우리의 미래
- 양자비트 복습하기
- 숫자게임 추가카드 알아보기
- 추가 카드를 가지고 게임하기
- 양자컴퓨터와 미래에 대하여 마인드맵하기

### 3.7 STEAM 교육 학습준거를

차시별 교육 내용은 1차시 상황제시 창의적 설계, 2차시 창의적 설계 및 감성적 체험, 3차시 감성적 체험 및 진로탐색으로 주제 중심 학습이 이루어지도록 하였다. 주제별 STEAM 학습준거들은 다음과 같다[23][25][27][29][31].

- 1) 상황제시 단계 (프롤로그 및 상황제시)
  - 프롤로그: 빅히어로 영화를 통해 컴퓨터와 대화를 어떻게 하는지 의문품기
  - 2진카드 게임: 컴퓨터의 자료 입출력방식 알아보기
- 2) 창의적설계 단계 (숫자맞추기 게임활동)
  - 게임을 통한 2진카드의 비트 방식 알아보기
  - 양자카드 활용한 양자비트 알아보기
  - 확장카드를 활용한 양자암호와 양자컴퓨터의 문제점 알아보기
- 3) 감성적 체험 단계 (교육활동을 통한 이해)
  - 양자컴퓨터와 미래의 사회 모습 상상하기

### 3.8 진로 STEAM 진로 교재 내용

연구대상의 초등학생에게 양자컴퓨터 전문가 STEAM 진로 교육프로그램 적용을 위하여 학생용 교재뿐만 아니라 교사에게도 생소한 분야라 교사의 지도를 돕기 위해 교사용 지도서 및 학습교구를 (Fig. 4)와 같이 개발하였다. 학생

들의 흥미를 유발하기 위해 많은 학생들이 영화로 접한 캐릭터를 프롤로그에 활용해 흥미와 관심을 이끌고 1차시에서는 언플러그드 게임을 통한 2진수의 이해, 2차시에서는 숫자맞추기 게임과 양자카드를 통한 양자비트의 이해, 3차시에서는 추가카드와 함께하는 숫자맞추기 게임을 통한 양자컴퓨터의 한계와 미래에 대하여 알 수 있도록 하였다. 모든 활동이 보드 게임을 기반으로 하여 3, 4학년 학생들이 이해하기 힘든 내용이지만 양자컴퓨터의 개념에 대하여 재미있고, 핵심만 알 수 있도록 교재를 개발, 제작하였다.

본 프로그램의 주요 교재의 내용 개발은 2014년도 한국과학창의재단 STEAM기반 진로교육프로그램 개발연구과제로 수행되었으며, 교재 개발 시에 여러 전문가의 자문을 통해 수정, 보완하였고, 개발 후에도 전문가 검증을 통해서 지속적으로 보완하고 있다[28][30].

#### 4. 교육프로그램 적용 결과 및 효과성 분석

##### 4.1 현장적용 주요 활동 내용

본 교재를 현장 적용한 결과는 다음과 같다.



(Fig. 4) Some activities for the program in the class

1차시 “컴퓨터와 대화하는 방법은”에서는 먼저 프롤로그의 로봇과 사람의 대화를 통해 컴퓨터는 어떻게 대화를 할까라는 궁금증에서 학생들과의 대화를 시작하였다. 그 궁금증을 풀기 위해 2진수 언플러그드 활동을 통해 학생들은 2진수에 대하여 알고, 컴퓨터의 가장 기본적인 정보 전달방식인 0과 1을 활용하는 방법을 어렵지 않게 이해할 수 있었다.

2차시 “게임으로 알아보는 양자비트”에서는 먼저 다빈치코드 보드게임과 유사한 숫자맞추기 게임을 이용하여 흥미를 유발하고 기본 게임 규칙을 익혔다. 기본 게임 규칙을 익힌 후 큐비트의 성격을 지니고 있는 양자카드라는 특별 카드를 추가하여 게임을 진행하고 기존 게임과 양자카드를 이용했을 때의 게임진행 속도 등이 어떻게 달라지는지 이야기하고 큐비트란 새로운 비트를 이용하여 게임의 진행이 빨라지고 더 많은 것을 알 수 있듯이 컴퓨터도 더 많은 정보를 한 번에 전달하고 엄청난 속도로 발전할 것이라는 것을 학생들이 이해하는 모습을 볼 수 있었다.

3차시 “양자컴퓨터와 우리의 미래”에서는 양자컴퓨터의 기술적 어려움과 기존 암호 체계가 무너지는 것을 추가 카드를 통해 학생들이 느낄 수 있도록 하여 양자컴퓨터가 활용될 미래에 대하여 진지하게 생각해볼 시간을 가졌다. 학생들은 자신의 장래희망과 연관지어 미래의 자신이 직업에 양자컴퓨터가 어떤 영향을 끼칠지 이야기하였고, 양자컴퓨터를 어떻게 이용해야할지 자신들의 생각을 적고 서로 이야기 나누었다.

##### 4.2 학생 설문 조사 분석

설문지는 사후에 이루어졌으며, 5점 만점의 척도로 구성된 문항으로 이루어졌다. 그 결과는 다음과 같다.

전체 수업 및 교재에 대하여 학생들은 평균 4.45의 응답이 나온 것으로 보아 양자컴퓨터라는 어려운 주제지만 보드게임과 연계된 다양한 활동들이 학생들로 하여금 흥미를 끌 수 있었다고 볼 수 있다. 교재 및 수업에 대한 난이도로는 양자컴퓨터라는 어른도 이해하기 어려운 주제에 대하여 평균 3.58라는 점수는 결코 낮은 점수라고 볼 수 없다. 오히려 어려운 주제지만 학생들이 너무 어려워하지 않고 이해하고 있었다는 것을 알 수 있다. 프로그램에 대해서는 게임 중심의 활동으로 평균

4.13점의 높은 만족도를 확인할 수 있었다. 학습을 하고 나서 학생들은 평균 4.31의 점수로 앞으로도 이러한 STEAM 프로그램을 받고 싶다고 하였다. 그리고 STEAM 프로그램에 대하여 중요성과 양자컴퓨터 전문가에 대한 이해도 평균은 4.25점으로 학생들이 진로와 관계해서도 많은 것을 느낀 수업이었다는 것을 알 수 있다.

<Table 1> Degrees of satisfaction for the program

Items	Fre. (name)	Ave.	Std. deviation
Interest in the whole classes and the textbook	40	4.45	0.91
Difficulty level of the textbook and classes	40	3.58	0.88
Satisfaction level with the program	40	4.13	1
Continuance level of study	40	4.31	0.87
Importance level of STEAM perception level	40	4.25	1.01

### 5. 결론 및 향후과제

양자컴퓨터란 주제는 어떻게 보면 초등학교 3~4학년 학생들에게는 너무 어려운 주제라고도 볼 수 있다. 어른들도 자세히 알지 못하는 내용이기도 하며 잘 이해하지 못하는 내용이기도 하다. 하지만 현재 IT의 발전 속도를 보았을 때, 학생들이 살아갈 미래 사회에는 양자컴퓨터는 현재의 스마트폰보다도 흔한 세상이 되거나 우리가 알지 못하게 우리 사회를 이끌어가고 있을 수도 있다. 너무 빠른 발전 속도를 본다면 학생들이 지금 양자컴퓨터란 주제를 아는 것은 너무 빠르다고 볼 수는 없다.

이번 STEAM 진로 교재를 통해 아무리 어려운 주제라도 학생들의 수준에 맞게 교재가 마련된다면 학생들은 흥미를 보이고, 이러한 프로그램을 계속 원한다는 것이 결과로 드러났다. 이번 교재와 같은 프로그램은 기존 학교에서 이루어지고 있는 현재 중심적인 진로 교육에서 좀 더 나아가 학생들이 미래 직업사회에 대해 이해함을 도와주는 데서 그치지 않고 학생들이 IT관련 직업을 선택하지 않더라도 미래사회에 대한 이해를 도움으로써 자신들의 장래희망이 미래사회에 어떻게 변해있을

것에 대해 생각할 기회를 제공하고 좀 더 구체적으로 자신의 진로와 미래에 대하여 생각할 수 있도록 도울 수 있을 것이다.

시범수업의 주요 적용 결과에서 학생들이 STEAM 진로교육을 지속적으로 진행하기를 희망하였고, 또한 학생들에게 필요하다는 것을 알 수 있다. 이는 앞으로도 미래의 세상에 대한 이해와 미래의 직업에 대한 교재의 개발과 적용이 필요하다고 볼 수 있겠다. 본 논문의 중점사항은 초등학생들에게 양자역학이라는 어려운 내용을 쉽게 이해할 수 있는 방법과 제시내용에 있으며, 구체적인 효과성 검증부분에 대한 심층분석 및 검토는 추후 더 연구해야할 필요성이 있겠다.

### 참고문헌

- [1] Donghyeok Lee, Namje Park (2016) A Proposal of SH-Tree Based Data Synchronization Method for Secure Maritime Cloud. *Journal of the Korea Institute of Information Security & Cryptology*, 26(4), pp. 929-940.
- [2] Donghyeok Lee, Namje Park (2016). Geocasting-based synchronization of Almanac on the mari-time cloud for distributed smart surveillance. *The Journal of Supercomputing*, pp.1-16.
- [3] Inkee Jeong (2007). A Study on Curriculum for Problem Solving Field in the Computer Science of Elementary School. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 10(2), pp.17-26.
- [4] Kang Eun Kyung, Moon Mi Hui, Shin ae Kyung (2012), Development STEAM Program by using Boo-Energy, 2012 *Journal of STEAM Education*, Vol.1, pp.151.
- [5] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2011). KISTEP ISSUE Paper, ISSUE Paper.
- [6] Namje Park (2010). The Implementation of Open Embedded S/W Platform for Secure Mobile RFID Reader. *The Journal of Korea Information and Communications Society*, 35(5), pp.785-793.

- [7] Namje Park, Yeonghae Ko (2016). Teaching tools of Information and security using hacker tracking based on cell, Issue of patent 10-1620315.
- [8] Namje Park et al (2014). STEAM education program final report. The Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- [9] Namje Park, Marie Kim (2014). Implementation of Load Management Application System using Smart Grid Privacy Policy in Energy Management Service Environment. *Cluster Computing*, 17(3), pp.653-664.
- [10] Namje Park and Namhi Kang (2015). Mutual Authentication Scheme in Secure Internet of Things Technology for Comfortable Lifestyle. *Sensors*, 16(1), pp. 1-16.
- [11] Namje Park (2013). UHF/HF Dual-Band Integrated Mobile RFID/NFC Linkage Method for Mobile Device-based Business Application. *Journal of KICS*, 38(10), pp. 841-851.
- [12] Namje Park (2011). Implementation of Terminal Middleware Platform for Mobile RFID Computing. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 8(4), pp. 205-219.
- [13] Namje Park, Hongxin Hu, Qun Jin (2016). Security and Privacy Mechanisms for Sensor Middleware and Application in Internet of Things (IoT). *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Volume 2016.
- [14] Namje Park (2014). Performance Enhancement of Inter-VTS Data Exchange Format Protocol using Mobile XML Parser based on Android Mobile Platform. *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 20(7), pp. 430-434.
- [15] Namje Park (2014). Design and Implementation of Mobile VTS Middleware for Efficient IVEF Service. *Journal of KICS*, Vol. 39C(6), pp. 466-475.
- [16] Namje Park, Hyo Chan Bang (2016). Mobile middleware platform for secure vessel traffic system in IoT service environment. *Security and Communication Networks*, 9(6), pp. 500-512.
- [17] Namje Park (2010). Analysis of Privacy Weakness and Protective Countermeasures in Smart Grid Environment, J. Korea Inst. *Inform. Tech (KIIT)*, vol. 8, no. 9, pp. 189-197.
- [18] Namje Park (2010). Privacy Preserving Mobile RFID Personal Information Security Service System, J. Korea Inst. *Inform. Tech (KIIT)*, vol. 8, no. 10, pp. 87-96.
- [19] Namje Park, Youjin Song (2010). Secure Distributed Data Management Architecture Using AONT Encryption in Smart Grid Environment, *The Journal of Korea Information and Communications Society*, vol. 35, no. 10, pp.1458-1470.
- [20] Namje Park, Youjin Song, Kwangyong Park (2010). Secure Distributed Data Management Architecture for Consumer Protection of Smart Grid, *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 10, no. 9, pp.57-67.
- [21] Namje Park (2013). STEAM Program Development and Teaching Guidance Methods to Elementary School of Low-grade Students using Line Tracer Robot. *Journal of KIISE. Computing Practices and Letters*, 19(12), pp.637-642.
- [22] Park, N., Kwak, J., Kim, S., Won, D., Kim, H. (2006). WIPI Mobile Platform with Secure Service for Mobile RFID Network Environment, In: Shen, H.T., Li, J., Li, M., Ni, J., Wang, W. (eds.) APWeb Workshops 2006. *LNCS*, vol. 3842, pp.741 - 748.
- [23] Sung-soon Park, Seon-Kwan Han (2010). KASP-Integrated Learning Model for the Information Security Education in Elementary Education. *Journal of The Korean Association of information Education*, 14(2), pp.157-164.
- [24] Yeonghae Ko, Jaeho Ahn, Namje Park (2011). Elementary school computer education with the focus on case study bases on fractal geometry theory using LOGO programming language. *The Journal of Korea Institute of Information*

*Technology*, 9(8), pp.151-163.

- [25] Yeonghae Ko, Namje Park (2013). A Study of IT Centered Smart Grid's STEAM Curriculum and Class for 3rd and 4th Graders in Elementary School. *Journal of Korea Association of Information Education*, 17(2), pp.167-175.
- [26] Yeonghae Ko, Namje Park (2013). Development of Cyber Network Centered Career Education Program based on STEAM Education for 3rd and 4th Graders in Elementary School. *Journal of Korea Association of Information Education*, 17(4), pp.467-474.
- [27] Yeonghae Ko, Namje Park (2014). Teaching Tools of Effective Information Security through Simulation Hacking Play Activities based on Hexagon Cell. Proceeding of 2014 winter conference, *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 41(2), pp.654-656.
- [28] Yeonghae Ko, Jaeho An, and Namje Park (2012), Development of Computer, Math, Art Convergence Education Lesson Plans based on Smart Grid Technology, *Communications in Computer and Information Science (CCIS)*, Vol.339, pp.109-114.
- [29] Young-June Kim (2009). The design and development of Edugame for Learning Protection of Personal Information in Elementary school students. The Korea Academia-Industrial cooperation Society, pp.166-169.
- [30] Young Choong Geum, Seon A Bae (2012), Effect of Elementary Technology-Based STEAM Education on Attitude toward Technology of Elementary School Students, *Journal of Korean practical arts education*, Vol.25 No.3 pp.195-216
- [31] Yilip Kim, Namje Park (2012), The Effect of STEAM Education on Elementary School Student's Creativity Improvement, *Communications in Computer and Information Science*, Vol.339, 2012, pp.115-121.

**저자소개**



**고 대 훈**

2007 제주대학교 교육대학 초등교육학과(학사)  
 2014 제주대학교 교육대학원 초등컴퓨터교육(석사과정)  
 2007~현재 제주동초등학교 교사  
 관심분야 : 초등컴퓨터교육, 스마트 이러닝, STEAM, SW교육 등  
 E-Mail: ebooker@naver.com



**박 남 제**

2008 성균관대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)  
 2003~2008 한국전자통신연구원 정보보호연구원 선임연구원  
 2009 University of California at LA(UCLA) Post-doc.  
 2010 Arizona State University (ASU) Research Scientist  
 2010~현재 제주대학교 교육대학 초등컴퓨터교육전공 교수  
 관심분야 : 컴퓨터교육, STEAM, 정보보호, 암호이론 등  
 E-Mail: namjepark@jejunu.ac.kr

