



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

양자역학 게임 메커니즘 기반 초등 융합교육 교수·학습 개발 및 적용 고대훈 2017년



석사학위논문

양자역학 게임 메커니즘 기반
초등 융합정보 교수·학습 개발 및 적용

Development and Application of Game
Mechanism on Quantum Mechanics
Based Textbook for Graders in
Elementary School

제주대학교 교육대학원

초등컴퓨터교육전공

고 대 훈

2017년 8월

석사학위논문

양자역학 게임 메커니즘 기반
초등 융합정보 교수·학습 개발 및 적용

Development and Application of Game
Mechanism on Quantum Mechanics
Based Textbook for Graders in
Elementary School

제주대학교 교육대학원

초등컴퓨터교육전공

고 대 훈

2017년 8월

양자역학 게임 메커니즘 기반
초등 융합정보 교수·학습 개발 및 적용

Development and Application of Game
Mechanism on Quantum Mechanics
Based Textbook for Graders in
Elementary School

지도교수 박 남 제

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

제주대학교 교육대학원

초등컴퓨터교육전공

고 대 훈

2017년 5월

고 대 훈의

교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 신종우 인

심사위원 김종훈 인

심사위원 박승제 인

제주대학교 교육대학원

2017년 6월

목 차

국문 초록	i
I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 문제	2
3. 연구의 제한점	2
II. 이론적 배경	3
1. 양자컴퓨터(Quantum Computer)	3
2. 융합 교육	4
III. 융합교육 프로그램 개발 방법	6
1. 연구 대상	6
2. 연구 절차	6
IV. 융합교육 프로그램 개발	7
1. 교육과정분석	7
2. 학습 목표 수립	8
3. 학습 목표에 따른 1차 차시별 계획 수립	9
4. 게임 메커니즘 개발	11
5. 차시별 계획 수정	14
6. 지도상의 유의점 수립	15
7. 평가계획 수립	16
8. 게임 알고리즘 메커니즘이 적용된 교재 개발	19
V. 프로그램 현장 적용 결과	32
1. 현장적용 주요 활동 내용	32
2. 교재에 대한 현직교사의 분석서	33
3. 학생 설문 조사 분석	38
VI. 결론 및 제언	44
참고 문헌	45
ABSTRACT	47
부 록	48
[부록1] 학생용 설문조사지	48
[부록2] 개발된 융합교육 프로그램 교사용 지도서	51
[부록3] 개발된 융합교육 프로그램 학생용 교재	97

〈표 목차〉

〈표 IV-1〉 교육과정 분석 및 연계	7
〈표 IV-2〉 1차 차시별 계획	9
〈표 IV-3〉 수정된 차시별 계획	15
〈표 IV-4〉 자기 평가 및 동료평가	17
〈표 IV-5〉 수행평가 기준표	17
〈표 IV-6〉 평가기록지	18
〈표 IV-7〉 교재 차시별 활동주제 및 세부활동	19
〈표 IV-8〉 2차시 추가카드 이름 및 기능	24
〈표 IV-9〉 3차시 추가카드 이름 및 기능	25
〈표 V-1〉 교재분석-STEAM 요소 검토의견	33
〈표 V-2〉 수업참관 검토 종합 의견	37
〈표 V-3〉 STEAM 수업 만족도 설문 결과	42

〈그림 목차〉

〈그림 IV-1〉 기본 게임 알고리즘	11
〈그림 IV-2〉 양자카드 적용 게임 알고리즘	12
〈그림 IV-3〉 추가카드 적용 방어 측 알고리즘	13
〈그림 IV-4〉 학생용 교재 1차시	21
〈그림 IV-5〉 학생용 교재 1차시	22
〈그림 IV-6〉 학생용 교재 2차시	23
〈그림 IV-7〉 학생용 교재 2차시	24
〈그림 IV-8〉 학생용 교재 3차시	26
〈그림 IV-9〉 학생용 교재 3차시	27
〈그림 IV-10〉 교사용 지도서 1차시	29
〈그림 IV-11〉 교사용 지도서 1차시	30
〈그림 IV-12〉 교사용 지도서 2차시	31
〈그림 V-1〉 현장적용 결과 모습	32
〈그림 V-2〉 STEAM 수업 흥미도에 대한 설문 결과	39
〈그림 V-3〉 STEAM 수업 난이도에 대한 설문 결과	39
〈그림 V-4〉 STEAM 수업과 다른 수업과의 차별성에 대한 설문 결과 ..	40
〈그림 V-5〉 STEAM 수업의 지속성에 대한 설문 결과	41
〈그림 V-6〉 STEAM 수업에서의 어려웠던 점에 대한 설문 결과	42

국 문 초 록

양자역학 게임 메커니즘 기반 초등 융합정보 교수·학습 개발 및 적용

고 대 훈

제주대학교 교육대학원 초등컴퓨터교육전공
지도교수 박 남 제

본 논문에서는 STEAM 교육과 미래 정보사회의 IT 전문가 중 하나인 양자컴퓨터 전문가 대한 이해와 양자컴퓨터의 기본 원리 체험의 기회를 제공하고자 하였다. 이를 위해 국가수준 교육과정을 분석하여 초등학생 3-4학년이 양자컴퓨터의 기본원리를 이해하고 양자 컴퓨터 전문가와 연관 지어 자신의 미래 진로와 연관할 수 있는 STEAM 교육 프로그램을 개발하였다. 하지만 학생들이 물리학 중 가장 어려운 분야로 꼽히는 양자역학을 근본으로 하는 양자컴퓨터의 기본원리를 이해하는 것이란 거의 불가능 하다. 따라서 본 교재에서는 게임 메커니즘을 적용하여 학생들의 흥미를 유발하고 양자컴퓨터의 기본 원리 중 하나인 양자비트와 양자컴퓨터와 연관된 암호 이론인 양자암호, 그리고 아직 양자컴퓨터의 불완전성을 게임을 통해 체험할 수 있도록 교재를 개발하였으며 현장에 직접 적용하였다. 본 논문에서 제공하는 STEAM 교육프로그램은 미래 정보과학분야의 직업 진로 탐색과 관련된 소양 함양에 학생들에게 긍정적으로 작용할 것이다.

주요어 : 양자컴퓨터, 양자암호, 양자비트, STEAM 교육, 진로탐색

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

21세기, 우리 사회는 스마트폰과 컴퓨터 등 수많은 정보화 존재와 뗄 수 없이 밀접한 관계를 가지고 살아가고 있다. 한 가정에 1PC를 사용한 것이 멀지 않은 과거인데 불구하고 현재에는 대부분 손에 스마트폰을 하나씩 들고 가지는 세상이 되었다. 이러한 컴퓨터는 단순한 계산기에서 출발했다는 것은 많은 사람들이 알고 있다. 평소 컴퓨터를 활용하며 사용하고 있는 프로그램이나, 스마트폰 어플리케이션과 수많은 디지털 자료도 컴퓨터가 0과 1의 정보를 엄청난 속도로 연산하여 우리에게 보여주고 있는 것이다. 두 숫자의 단순한 계산이 우리 사회에서 필수적으로 사용될 수 있는 이유는 현재의 컴퓨터의 엄청난 연산 속도 때문이다. 하지만 지금 우리가 사용하는 컴퓨터가 연산을 빨리 하더라도 1비트 안에 0과 1이라는 신호 이외의 신호를 전송하는 것은 불가능하다.

이러한 한계를 극복하기 위한 기술로 개발되고 있는 것이 바로 양자컴퓨터이다. 양자컴퓨터는 양자비트를 사용하여 1의 비트에 0과 1을 넘어서는 수많은 정보를 전달할 수 있는 기술이다. 양자컴퓨터의 속도는 기존의 컴퓨터를 뛰어넘으며 슈퍼컴퓨터를 능가하는 능력을 가지고 있다. 현재 구글과 같은 다양한 첨단 IT기업들이 빅데이터를 분석하기 위해 천문학적인 자본을 투자하여 양자컴퓨터를 개발하고 활용하고자 하고 있다.

양자컴퓨터는 기존 보안체계를 쉽게 깨트릴 만큼 엄청나면서도 무서운 기술이기도 하다. 아직은 일상생활에서 사용되지 않고 개발되고 있는 기술이지만 이에 대한 벌써 양자컴퓨터가 사용되는 미래에 대한 우려도 많이 하고 있다.

초등학생 3-4학년 학생들에게 양자컴퓨터의 기본원리를 이해시키는 것은 어려운 일이다. 물리학 분야에서 가장 어려운 분야 중 하나인 양자역학을 기본으로 하는 양자컴퓨터에 대해 아직 컴퓨터과학에 대해서도 자세히 알지

못하는 학생들이 관심을 가지거나 기본원리를 이해하는 것은 매우 어려운 일이다. 그래서 본 프로그램에서는 학생들의 흥미를 불러일으키고 이해를 돕기 위해 게임 메커니즘을 이용하여 기존에 개발되어 3-4학년의 초등학생들도 누구나 즐길 수 있는 단순한 게임을 활용하여 양자컴퓨터의 기본 원리에 대한 이해를 돕고 미래에 양자컴퓨터가 사용되는 모습에 대하여 상상해 할 수 있는 프로그램을 제공하고자 하였다.

본 프로그램은 학생들에게 양자컴퓨터에 대한 소개와 기본 원리, 그리고 양자컴퓨터가 활용되어 변화될 미래 사회 모습에 대하여 함께 이야기하고 올바르게 사용하기 위해서는 어떻게 해야 할 지에 대한 미래 정보통신윤리에 대해서 알아보는 학생중심의 활동으로 STEAM 교육 프로그램을 구성하였다.

2. 연구문제

본 논문의 연구 목적 달성을 위해 다음과 같이 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 초등학교 3-4학년 학생들에게 양자컴퓨터의 기본 원리를 어떻게 이해시킬 것인가?

둘째, 초등학교 3-4학년 학생들이 STEAM 수업에 어떻게 흥미를 가지고 만족할 수 있게 할 것인가?

셋째, 초등학교 3-4학년 교사들이 양자컴퓨터 STEAM 수업을 진행하는데 어떻게 도움을 줄 것인가?

3. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 지니고 있다.

첫째, 연구 대상이 초등학교 4학년 41명이므로 대한민국 전체 초등학생들의 만족도로 일반화하기에는 제한이 있을 수 있다.

둘째, 학생 설문지를 활용한 통계 분석을 사용하여 설문 문항이 제한적일 수 있고 연구대상의 개별적이고 다양한 의견을 수용하는데 제한이 있을 수 있다.

II. 이론적 배경

1. 양자컴퓨터(Quantum Computer)

가. 양자컴퓨터(Quantum Computer)

우리가 사용하고 있는 컴퓨터가 신호를 전달하는 최소의 단위는 비트이다. 비트는 빛의 속도로 신호를 전달하지만 한 번에 0, 1 중 한 가지의 신호만 전달이 가능하다. 0과 1의 정보 전달 속도와 연산 속도가 빨라지면서 과거의 계산기에서 컴퓨터까지 발전하게 되었다.

양자컴퓨터는 양자 중첩과 양자 얽힘의 두 가지 현상을 이용한 컴퓨터이다. 양자 중첩이란 양자가 측정되지 전까지는 전자가 어떤 값을 가지는지 확실하지 않은 임의성을 가지고 있는 상태이고, 양자 얽힘은 확실하지 않았던 양자들 중 하나가 고정되면서 불확실했던 나머지 양자들도 하나의 고정된 값을 나타내는 현상이다. 두 현상은 양자물리학의 대표적인 예인 슈뢰딩거의 고양이 실험과 비슷하다. 고양이와 독약을 밀폐된 상자 속에 동시에 넣고 뚜껑을 닫는다. 이제 상자를 열기 전까지는 고양이의 상태는 아무도 모른다. 하지만 뚜껑을 여는 순간 고양이의 상태를 알 수 있다. 고양이의 생사여부를 알 수 없는 상태를 양자 중첩, 뚜껑을 열고 관측함과 동시에 상황이 고정되는 것을 양자 얽힘이라고 비유할 수 있다.

이러한 현상을 적용된 양자컴퓨터에서는 일반컴퓨터가 0, 1 두 가지 상태로만 정보를 연산하는 것과는 다르게 양자컴퓨터는 양자비트는 양자 중첩을 이용하여 수많은 상태를 전달하고 연산할 수 있다. 이러한 비트를 양자비트(Quantum Bit)라고 한다.

양자 컴퓨터는 0인지 1인지 불확실한 상태인 중첩된 상태의 양자 중첩인 상태로 연산이 진행된다. 중첩된 양자 상태가 2의 n제곱으로 중첩되어 연산된다. 만약 중첩된 양자비트가 512개라면 2의 512제곱 배의 속도로 연산이 된다.

이러한 양자컴퓨터는 엄청난 속도는 빅 데이터 분석과 인공지능 등 예측 불가능하고 복잡한 분야에 활용될 수 있을 것이다.

나. 양자암호(Quantum Cryptography)

기존의 컴퓨터 사양에 맞춰서 만들어진 현재의 암호체계는 양자컴퓨터의 엄청난 연산 속도로 인해 무너질 것이라는 많은 예측들이 나오고 있다. 실제로 소수를 이용한 현 암호체계는 암호에 사용된 소수를 찾는 시간이 오래 걸리기 때문에 뚫리지 않는 것인데 양자컴퓨터의 엄청난 속도는 소수체계의 암호를 무너뜨리기에 충분한 능력을 가지고 있다. 이러한 문제에 대응하기 위한 암호체계로서 양자암호 암호체계가 만들어지고 있다.

암호에 양자의 불확정성의 원리가 적용되어 해킹이나, 도청, 복제가 불가능한 암호 체계이다.

다. 양자컴퓨터 전문가

양자컴퓨터 전문가는 이름 그대로 양자컴퓨터에 대해 전문적으로 알고 있는 전문가를 이야기한다. 양자컴퓨터는 특정한 하나의 분야가 아닌 복잡 다양한 분야이다. 따라서 특정 전문가라기보다는 포괄적 전문가라도 할 수 있다. 양자컴퓨터 전문가가 되기 위해서는 원자력 공학, 전기공학, 전자공학, 양자역학, 통신공학 등을 전공해야한다. 그리고 현재 사용하는 일반 컴퓨터와 다른 새로운 방식의 컴퓨터이기 때문에 문제해결의 분석적 사고 능력과 함께 새로운 기술을 이해하고 제품으로 만들 수 있는 창의력이 필요하다.

2. 스팀(STEAM) 교육

STEAM(Science(과학), Technology(기술), Engineering(공학), Art(예술),

Math(수학))교육은 5가지의 분야가 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 단계로 융합되어 교육하는 방법이다.

다양한 연구결과에 따르면 학생들이 생활 속에서의 자신들의 경험과 지식을 적용하면서 실제 문제해결을 하는 과정에서 다양한 과학적 원리나 개념을 더 잘 이해하게 되고 과학과 수학 분야에 대한 긍정적인 태도를 보였다고 한다. 따라서 STEAM교육은 미래의 창의적이고 자기주도적인 인재를 양성하는 교육방식으로 적합하다고 할 수 있다.

STEAM교육은 상황제시, 창의적설계, 감성적 체험의 3단계 학습 준거 틀로 구성되는데, 상황제시는 실제 생활과 밀접한 관계가 있고 수업에 참여하는 학생들이 문제해결의 필요성을 느끼도록 구성되어야 한다. 창의적설계는 학생들이 스스로 문제해결 방법을 찾아보는 활동으로 단편적인 결과보다는 다양하고 창의적인 결과가 나올 수 있도록 해야 한다. 감성적 체험은 문제해결성공의 경험을 통해 실생활의 다른 문제에도 기꺼이 다시 도전하려는 의지를 가질 수 있도록 해야 한다.

Ⅲ. 융합교육 프로그램 개발 방법

1. 연구 대상

본 연구는 초등학교 3-4학년의 양자컴퓨터 이해를 돕기 위한 STEAM 교육 프로그램이 어떠한 효과가 있는지를 규명하고자 한다. 이를 위해 본 연구에 적용된 프로그램은 초등학교 3-4학년을 대상으로 제안하고 있으며 제주특별자치도 소재 초등학교 3-4학년 학생을 대상으로 개발된 STEAM 진로 교육프로그램을 적용하고, 현직 초등교사에게 사전 교재 검증을 거쳤으며, 3, 4학년에서 프로그램을 적용하여 수업에 참여한 학생과 수업을 진행한 교사, 참관한 교사에게서 효과성을 검증하였다.

2. 연구 절차

본 연구에서는 양자컴퓨터의 기본원리를 이해하고 양자컴퓨터 전문가에 대하여 아랑보기 위한 STEAM 교육프로그램을 개발하기 위해 다음과 같은 연구 단계로 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

IV. 융합교육 프로그램 개발

1. 교육과정분석 분석 및 연계

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

주제	교과	단원	교육과정 목표	STEAM 성취목표
양자 컴퓨터 전문가	수학	4. 어렵하기	이상과 이하를 알 수 있다	<S.T.M> 10진수를 2진수로 표현하고 숫자맞추기 게임을 하는 과정 속에 다양한 숫자들의 크기를 비교하며 비트와 양자비트에 대해 이해할 수 있다.
		6. 규칙과 대응	다양한 변화규칙을 찾아 설명하고 그 규칙을 수나 식으로 나타낼 수 있다.	<S.T.M> 숫자맞추기 속 양자카드와 추가 카드로 인한 게임의 규칙변화와 다양한 변화를 가져오는 양자비트에 대하여 이해할 수 있다.
	국어	5. 컴퓨터로 글을 써요	컴퓨터를 사용하여 생각이나 느낌을 표현하기	<S.T.A.M> 언플러그드 게임을 통해 컴퓨터의 기본적인 신호 전달방식인 비트를 알고, 비트를 활용한 2진수를 이용하여 다양한 표현을 할 수 있다.
	창의적 체험활동	진로	일상생활과 관련된 문제를 창의적으로 해결함으로써 산업 기술에 대한 바람직한 자세와 미래 사회에 적응하는 능력과 태도를 기를 수 있다.	<S.T.A.M> 일상생활과 관련된 문제를 창의적으로 해결하고, 산업 기술에 대한 바람직한 자세와 미래 사회에 적응하는 능력과 태도를 기른다.

표 IV-1. 교육과정 분석 및 연계

2. 학습 목표 수립

○ 교육 목표

- 미래의 양자컴퓨터와 현재의 컴퓨터의 차이점을 알 수 있다.
- 양자컴퓨터의 기본 원리인 Q비트를 알 수 있다.
- 양자컴퓨터의 장단점을 알 수 있다.
- 양자컴퓨터가 사용되는 미래의 모습에 대하여 생각해본다.

○ 교육과정 목표

- 이상과 이하를 알 수 있다.(수학 4-2 : 4. 어렵하기)
- 다양한 변화규칙을 찾아 설명하고 그 규칙을 수나 식으로 나타낼 수 있다.(수학 4-2 : 6.규칙과 대응)
- 컴퓨터를 사용하여 생각이나 느낌을 표현하기(국어 4-2 : 5. 컴퓨터로 글을 써요)
- 일상생활과 관련된 문제를 창의적으로 해결함으로써 산업 기술에 대한 바람직한 자세와 미래 사회에 적응하는 능력과 태도를 (창의적 체험활동: 진로 활동)

○ 과정 목표

- 내 주변의 컴퓨터와 스마트 디바이스들의 작동원리에 대하여 민감하게 반응하고 생각할 수 있다.
- 미래 세상을 이해하고 미래 사회에 어떻게 자신이 정한 직업과 진로가 바뀔 것인지 생각할 수 있다.
- 문제 해결을 위한 다양한 전략을 적용하고, 실행하기 위해 주변 친구들과 협력하는 태도를 기른다.
- 일상생활과 관련된 문제를 창의적으로 해결하고, 산업 기술에 대한 바람직한 자세와 미래 사회에 적응하는 능력과 태도를 기른다.

3. 학습 목표 에 따른 1차 차시별 계획 수립

프로 그램명	한 번에 여러 가지를 생각하는 양자컴퓨터		학교 급	초등 3~4	차 시	총 3차시
교육 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 의사소통에서 반언어적·비언어적 표현을 활용할 수 있다.(3~4학년 국어과 성취기준) - 빛으로 신호를 전달할 수 있다. 					
관련 교과	국어, 과학					
교육과 정 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 반언어적, 비언어적 표현을 활용하여, 다양한 정보를 동시에 전달할 때의 효율성을 알 수 있다. - 빛으로 신호를 전달하는 방법이 2진수의 개념이라는 것을 알고, 2진수를 이용하여 다양한 표현을 할 수 있다. 					
상황제 시	차시별 교수 학습 내용				교과 목	STEAM 요소
	1차시	스무고개 게임하기 - 질문의 대답을 O, X 두 가지로 게임하기 - 질문의 대답을 4가지로 늘려서 게임하기 - 질문의 대답을 8가지로 늘려서 게임하기 - 질문의 대답 가짓수가 늘어날수록 달라진 점을 브레인스토밍 하기			국어 과학	S,T,A

		<p>컴퓨터는 알파벳 “A”를 어떻게 표현하고 있는지 알아보기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2진수 카드 언플러그드 활동을 통해 2진수의 표현방법을 알아본다. 		
창의적 설계	차시별 교수 학습 내용		교과 목	STEAM 요소
	2차시	<p>빛으로 2진수 표현하기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 손전등을 하나를 이용하여 정보전달하기 - 손전등 2개를 동시에 이용하여 정보전달하기 - 손전등 3개를 동시에 이용하여 정보전달하기 - 손전등이 많아질 때의 장점과 단점을 이야기하기 <p>비트와 큐비트 알아보기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 컴퓨터는 0, 1로만 모든 것을 표현하는데 0, 1 말고도 다른 것으로 표현하면 어떻게 될지 상상해보기 	과학	S,E,M
감성적 체험 (성공의 경험)	차시별 교수 학습 내용		교과 목	STEAM 요소
	3차시	<p>큐비트를 사용한 양자컴퓨터 살펴보기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 양자컴퓨터 D-Wave 실물 사진 보기 <p>양자컴퓨터를 이용해서 할 수 있는 일 생각해보기</p>	과학	S,M,A

표 IV-2. 1차 차시별 계획

4. 게임 메커니즘 개발

가. 게임 기본 알고리즘

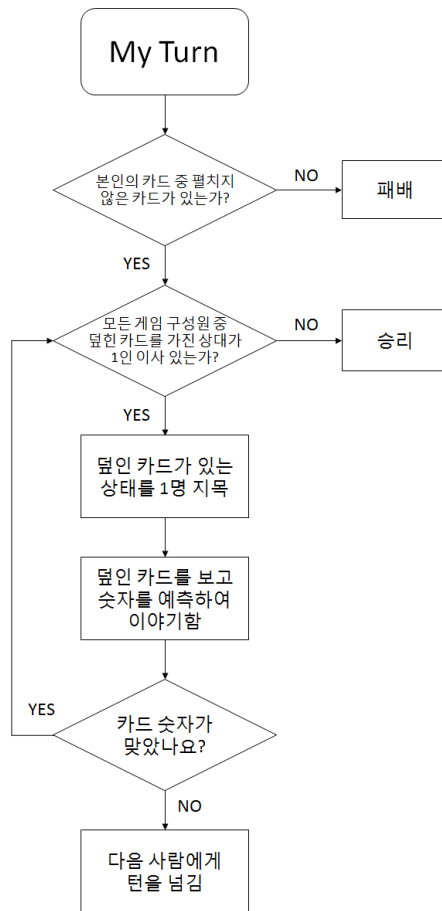


그림 IV-1. 기본 게임 알고리즘

기본 게임 알고리즘은 학생들의 본 수업에 대하여 흥미를 불러일으키고 이후 양자컴퓨터의 기본 원리를 이해하는 추가카드 게임의 기본규칙에도 해당되므로 사전에 충분히 익히도록 해야 한다. 아주 간단한 게임 알고리즘이기 때문에 초등학교 3, 4학년의 학생들이 익히는 데에 무리가 없다고 판단된다. 이에 적용된 원리는 컴퓨터가 정보를 전달하는 최소단위에서 1비트에는 0과

1 중 하나의 정보만 전달 가능하다. 위 알고리즘에서 덮인 카드가 있는 보고 숫자를 예측하여 이야기하는 1번의 기회가 1비트에 해당한다. 1번의 기회에 하나의 질문만을 할 수 있고, 그 질문이 맞았는지 틀렸는지를 알 수 있는 것이 1번의 비트에 0이나 1만 저장할 수 있는 개념으로 설정하였다.

나. 추가카드1의 적용과 알고리즘

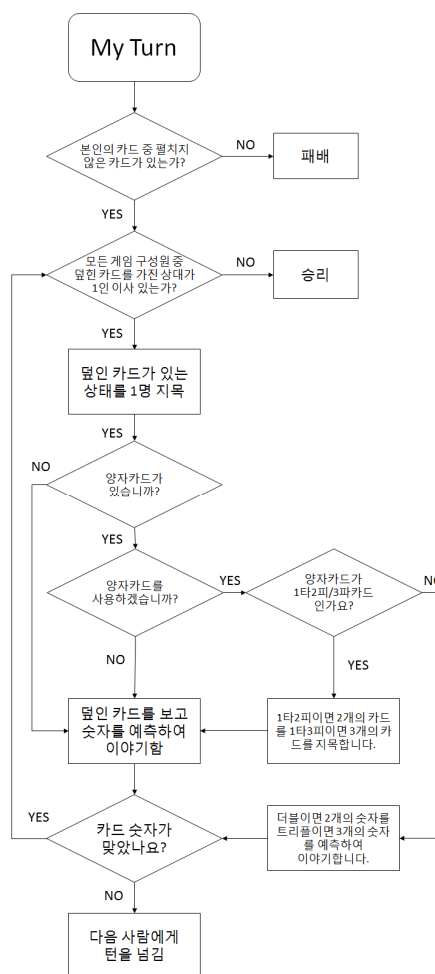


그림 IV-2. 양자카드 적용 게임 알고리즘

추가카드1은 양자카드로 학생들이 양자컴퓨터의 기본원리를 이해하기 위해 투입된 카드이다. 1번의 기회에 상대방의 카드 중 하나의 카드만 지목하여 추리한 숫자를 하나만 말할 수 있는 기본 게임 규칙에서 양자카드를 사용하게 되면 1번이 기회에 하나의 카드에 여러 개의 숫자를 질문하거나 여러 장의 카드에 하나의 숫자를 질문할 수 있다.

다. 추가카드2의 적용과 알고리즘

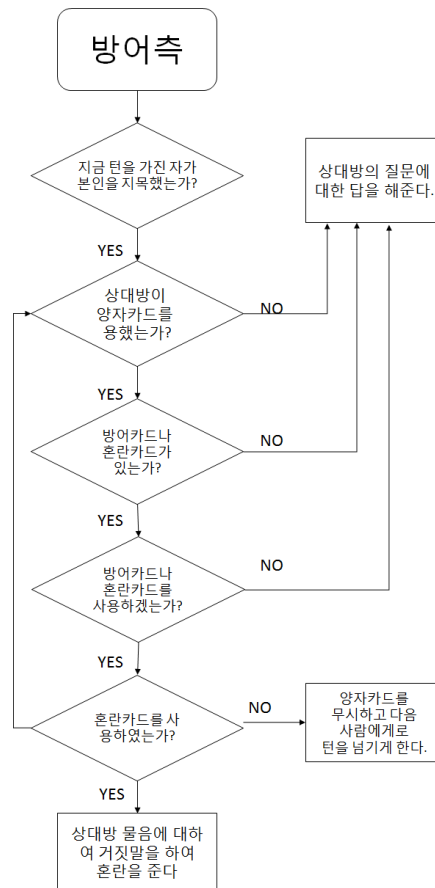


그림 IV-3. 추가카드 적용 방어측 알고리즘

추가카드2는 양자컴퓨터가 활용되는 미래의 모습을 학생들이 느끼고 체험할 수 있는 게임으로 구성되어 있다. 추가카드2는 게임에서 턴을 얻은 쪽이 아니라 질문을 받는 방어 쪽에 적용되는 알고리즘으로 양자카드에 의한 공격을 방어하는 개념이다. 상대방이 양자카드를 활용하여 여러 가지 질문으로 공격하였을 때 방어카드로 상대방의 공격을 방어하거나 혼란카드를 활용하여 거짓 응답을 하여 상대방의 추리에 혼선을 주기 위한 알고리즘이다.

라. 개발된 알고리즘과 양자컴퓨터의 관련성

추가카드1 알고리즘에 적용된 원리는 양자컴퓨터의 기본원리인 양자비트이다. 기본 게임에서 1번의 기회에 하나의 숫자만을 예측하고 상대방의 응답을 들을 수 있었던 것이 일반컴퓨터와 같은 원리라면 하나의 비트에 0과 1이외의 수많은 정보를 전달할 수 있는 양자비트의 개념을 양자카드를 사용했을 경우에는 1번의 기회에 여러 숫자를 예측하여 추리할 수 있는 힌트를 한 가지 이상 얻어 1번의 기회에 다양한 정보를 알아낼 수 있다는 것으로 설정하여 학생들이 체험할 수 있도록 하였다. 추가카드2 알고리즘에서는 양자컴퓨터가 활용되는 미래에 암호 해킹 등 부정적으로 활용될 수 있는 양자컴퓨터의 문제점을 보완할 수 있는 양자암호에 대한 간접적인 체험을 방어카드라는 개념으로 학생들에게 전달하고자 하였다. 그리고 양자컴퓨터에서 양자비트를 제어하는 기술의 정교성이 앞으로 발달해야함에 있어 아직 양자비트가 제어되지 않았을 때의 문제점을 혼란카드라는 개념으로 학생들에게 전달하고 하였다.

5. 차시별 계획 수정

게임 메커니즘을 적용하여 차시별 내용을 다음과 같이 수정하였다.

유망 신직업	소주제	차시별 주제		STEAM 요소
		차시	내용	
차세대 컴퓨터 전문가 - 양자컴 퓨터 전문가	영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴 퓨터	1/3	<ul style="list-style-type: none"> • 프롤로그 • 컴퓨터와 대화하는 방법은? • 프롤로그를 통해 컴퓨터가 어떻게 정보를 입력받는지 생각해보기 • 2진카드 게임방식 익히기 • 2진카드를 통해 10진수를 2진수로 변환하기 • 문자를 2진수로 표현하기 	상황제시 창의적 설계 STEM
		2/3	<ul style="list-style-type: none"> • 게임으로 알아보는 양자비트 • 컴퓨터가 사용하는 2진수 상기하기 • 숫자게임해보기 • 양자카드와 함께 숫자게임해보기 • 양자카드를 사용하기 전후의 숫자게임 비교해보기 	창의적 설계 STEM
		3/3	<ul style="list-style-type: none"> • 양자컴퓨터와 우리의 미래 • 양자비트 복습하기 • 숫자게임 추가카드 알아보기 • 추가 카드를 가지고 게임하기 • 양자컴퓨터와 미래에 대하여 마인드맵하기 	창의적설계 감성적체험 STEAM

표 IV-3. 수정된 차시별 계획

6. 지도상의 유의점

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

가. 지도상의 유의점

- 양자컴퓨터는 전 세계적으로 아직 상용화되지 않은 기술이며, 양자비

트의 원리는 양자역학을 바탕으로 하여 일반 성인도 이해하기 쉽지 않은 영역이다. 따라서 초등 3~4학년의 학생들은 일반컴퓨터에서 사용하고 있는 비트의 개념에 사용되는 2진수와 그것보다 많은 정보를 한 번에 전달할 수 있는 개념으로 양자비트를 도입하는 정도의 이해면 충분할 것이다.

○ 2진수 카드 게임은 학생들이 수학적 개념으로 받아들인다면 1차시로는 어려운 활동이 될 수 있다. 하지만 이번 3차시 활동 중 2진수 게임 활동은 컴퓨터가 기본으로 정보 전달하기 위한 최소한의 단위가 비트라는 것을 알고 넘어가고 2차시에 양자비트를 체험하기 위한 활동이다. 따라서 2진수 게임은 10진수를 2진수로 바꾸는 활동에 중심을 두기 보다는 비트의 개념을 아는 것에 주력하도록 한다.

○ 대부분의 활동이 카드게임으로 이루어져 있어 자칫 학생들이 다양한 원리를 파악하기 보다는 게임에 집중을 할 수 있다. 게임에 집중하는 것은 좋지만 학생들에게 게임의 원리와 양자 컴퓨터의 개념과 문제 점등을 잘 연결시킬 수 있도록 발문하는 것이 중요하다.

○ 양자컴퓨터를 사용하는 미래 세상에 대하여 마인드맵을 할 경우 단순한 미래 사회의 모습만을 생각해 보는 것보다는 자신이 생각하는 진로에 해당하는 직업이 양자컴퓨터를 사용하는 미래에는 어떻게 바뀔 수 있을 것인지에 대하여 정리한다면 미래의 직업진로교육에도 많은 도움이 될 것이다.

7. 평가계획 수립

가. 자기 평가 및 동료평가

평가 방법	평가기준
자기평가	◆ 양자컴퓨터와 일반컴퓨터의 차이점을 알고 있는가?
	◆ 양자비트란 무엇인지 알고 있는가?
	◆ 양자컴퓨터의 장단점을 알고 있는가?
동료평가	◆ 모둠별로 역할 분담이 잘 되었으며, 의견 나누기 활동에 격려, 지지, 경청을 하며 적극적으로 참여 했는가 ?
포트폴리오 /관찰평가	◆ 양자컴퓨터 이해를 위한 게임에 모둠원들과 잘 참여하고 있는가?
	◆ 양자컴퓨터를 활용한 미래에 대한 마인드맵을 잘 만들었는가?

표 IV-4. 자기 평가 및 동료평가

나. 수행 평가 기준

평가 영역	평가항 목	우수(A)	보통(B)	미흡(C)
감성 적 체험	흥미와 호기심	과제에 대해 흥미와 호기심을 가지고 적극적으로 참여함.	과제에 대해 흥미와 호기심을 조금 가지고 활동에 참여함.	과제에 대해 흥미와 호기심을 가지지 않음.
	새로운 문제로 의 도전	기존의 학습내용을 바탕으로 새로운 문제에 적극적으로 도전함.	기존의 학습내용을 바탕으로 새로운 문제에 도전함.	기존의 학습내용을 바탕으로 새로운 문제에 도전하는 데 어려움을 겪음.
	의사소 통	다른 친구와의 활발한 의사소통으로 새로운 정보를 적극적으로 교환함.	다른 친구와 어느 정도의 의사소통으로 새로운 정보를 교환함.	다른 친구와의 의사소통에 참여하는 데 어려움을 겪음.

평가 영역	평가항 목	우수(A)	보통(B)	미흡(C)
창의적 설계	논리적 사고	미션 해결을 위한 방법을 설계 및 감성 요인 분석하는데 매우 논리적으로 설계·분석함.	미션 해결을 위한 방법을 설계 및 감성 요인 분석하는데 논리적으로 설계·분석함.	미션 해결을 위한 방법을 설계 및 감성 요인 분석하는데 논리적이지 않음.
	기초 탐구과정 활용	창의적 설계 과정에서 예상, 추리 등의 기초탐구과정을 적극적으로 활용함.	창의적 설계 과정에서 예상, 추리 등의 기초탐구과정을 어느 정도 활용함.	창의적 설계 과정에서 예상, 추리 등의 기초탐구과정을 활용하는데 어려움을 겪음.
	창의성	제작한 보고서에서 유창성, 정교성 등의 항목 중 3가지 이상에서 두드러짐.	제작한 보고서에서 유창성, 정교성 등의 항목 중 1-2가지에서 두드러짐.	제작한 보고서에서 유창성, 정교성 등의 항목에서 두드러지지 않음.

표 IV-5. 수행평가 기준표

다. 평가기록지

평가 영역 이름	감성적 체험			창의적 설계			총평
	흥미와 호기심	새로운 문제로의 도전	의사소통	논리적 사고	기초 탐구과정 활용	창의성	

표 IV-6. 평가기록지

8. 게임 알고리즘 메커니즘이 적용된 교재 개발

가. 차시별 주요내용

본 프로그램은 1차시에서 일반컴퓨터의 정보전달방식을 이해하기 위한 언플러그드 활동을 통하여 2진수와 비트의 개념에 대하여 이해하도록 하였다. 2차시에서는 보드게임 ‘다빈치코드’를 응용한 숫자 맞추기 게임을 통해 양자비트에 대하여 이해할 수 있도록 하였다. 3차시에서는 현재 개발단계에서 양자컴퓨터가 가지고 있는 한계와 미래에 부정적으로 양자컴퓨터를 사용하였을 때 가져올 수 있는 미래 암호체계의 문제점 등을 게임 활동을 통해 알아보도록 하였다. 학생들이 양자 컴퓨터가 가져올 우리 미래의 긍정적인 모습과 부정적인 모습에 대하여 생각해보고 자신들이 살아갈 미래에 어떻게 양자컴퓨터를 활용해야하는지 이야기를 나누고 나아가 자신의 장래희망과 관련하여 생각해볼 수 있도록 하였다.

차시	활동주제	세부활동
1	컴퓨터와 대화하는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> • 프롤로그를 활동을 통해 컴퓨터가 어떻게 정보를 입력 받는지 생각해보기 • 2진카드 게임방식 익히기 • 2진카드를 통해 10진수를 2진수로 변환하기 • 문자를 2진수로 표현하기
2	게임으로 알아보는 양자비트	<ul style="list-style-type: none"> • 게임으로 알아보는 양자비트 • 컴퓨터가 사용하는 2진수 상기하기 • 숫자게임해보기 • 양자카드와 함께 숫자게임해보기 • 양자카드를 사용하기 전후의 숫자게임 비교해보기
3	양자컴퓨터와 우리의 미래	<ul style="list-style-type: none"> • 양자컴퓨터와 우리의 미래 • 양자비트 복습하기 • 숫자게임 추가카드 알아보기 • 추가 카드를 가지고 게임하기 • 양자컴퓨터와 미래에 대하여 마인드맵하기

표 IV-7. 교재 차시별 활동주제 및 세부활동

나. 교재 내용

1) 교재의 기본 구성

가) 생각 열기

생각 열기에서는 양자컴퓨터의 기본 원리를 이해하기 위해 필요한 사전 지식을 쌓는 차시로 컴퓨터의 정보 전달의 기본 개념인 2진수에 대하여 알아보도록 구성되어 있다.

나) 생각 다지기

생각 다지기에서는 실제 양자컴퓨터의 기본 원리인 양자비트를 이해하기 위한 게임으로 구성되어 있다.

다) 생각 되돌아보기

생각 되돌아보기에서는 양자컴퓨터가 구현되었을 미래의 모습을 알아볼 수 있는 추가 카드 게임과 자신의 생각을 정리해볼 수 있는 활동으로 구성되어 있다.

2) 개발된 교재

가) 1차시 교재 내용

1차시 교재내용에서는 생각열기를 통해 학생들이 본 교재에서 배울 내용을 이해하기 위해 먼저 컴퓨터가 사용하는 2진수를 쉽게 익혀보는 단계이다. 양자컴퓨터가 정보를 전달하는 방법인 양자비트를 이해하기 위해서는 학생들이 먼저 일반 컴퓨터들이 정보를 전달하는 2진수 체계를 이해할 필요가 있기 때문이다.

1 차 시 컴퓨터랑 대화하는 방법을 알아봅시다

생각 열기

1. 앞의 영화에서 봤던 것처럼 로봇이나 컴퓨터들이 어떻게 우리가 말하거나 입력하는 것을 이해하는지 게임을 통해서 알아봅시다

<2진카드 게임방법>

- ① 5장의 카드를 받습니다. 각 카드에는 스티커가 , 2, 4, 8, 16개 붙어있습니다.
- ② 카드는 아래와 같이 가장 오른쪽은 16 카드를 놓고 왼쪽으로 갈수록 격아겨서 마지막에는 1카드를 놓습니다.



③ 모든 카드의 스티커가 안 보이는 뒷장으로 펼쳐 놓으면 총 숫자는 0이 됩니다.



④ 스티커가 보이게 카드를 놓으면 그 숫자가 되는 것입니다.



⑤ 2장 이상의 카드의 앞장이 펼쳐지면 스티커의 수를 모두 합친 것이 그 숫자가 됩니다.



$$= 2 + 1 = 3$$

$$= 8 + 2 + 1 = 11$$

⑥ 앞장이 펼쳐진 카드는 1이라고 읽고, 뒷장은 0이라고 읽습니다.



0 0 0 1 1 0 1 0 1 1

⑦ 학습지에 스티커를 합친 수와 0과 1로 바꾼 수를 적어보세요. 단, 0과 1로 바꾼 수로 적을 때에는 맨 뒤에 ₍₂₎ 를 꼭 붙여주세요

$$3 = 11_{(2)} \quad 11 = 1011_{(2)}$$

2. 선생님이 불러주는 숫자를 듣고 2진 카드를 이용해서 0과 1로만으로 표현해보세요

선생님이 불러준 숫자		2진카드로 바꾼 숫자
5	=	0 0 1 0 1 ₍₂₎
	=	_ _ _ _ _ ₍₂₎
	=	_ _ _ _ _ ₍₂₎
	=	_ _ _ _ _ ₍₂₎
	=	_ _ _ _ _ ₍₂₎

그림 IV-4. 학생용 교재 1차시

2진수 체계를 초등학교 3-4학년 학생들이 이해하기 위해서는 교육과정을 뛰어넘어 중학교 교육과정을 배우기보다는 카드 게임 놀이를 통해 익히는 것이 교육단계상으로 알맞기 때문에 Timbell 교수가 개발한 2진수 카드 게임을 통하여 0부터 31까지의 10진수를 2진수로 표현하는 방법에 대하여 알아보는 내용을 구성되어 있다. 그림 III-4의 교재 내용에서는 Timbell 교수가 개발한 2진수 카드놀이방법이 제시되어 있으며, 이 게임을 통해 10진수를 2진수로 바꾸는 방법을 알고, 실제 10진수를 2진수로 바꿔보는 활동을 하도록 구성되어 있다.

3. 컴퓨터가 사용하는 숫자를 알아봅시다.

1) 여러분은 평소에 숫자를 쓸 때 어떤 숫자를 사용하나요? 아래 적어보세요
(단, 15는 1과 5 숫자 2개를 사용한 것입니다)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2) 모두 몇 개의 숫자로 평소에 모든 숫자를 만들어서 쓰나요?

	개
--	---

3) 방금 공부한 2진카드를 이용해서 만들 때 사용한 숫자는 모두 몇 개인가요?

	개
--	---

4. 왜 컴퓨터는 숫자를 크게 쓴 이용하지 못하는 것일까요? 자신의 생각을 적어보세요
(힌트 : 컴퓨터는 전기를 이용해서 작동합니다.)

컴퓨터는 전기신호로 대화를 하기 때문에
전기신호를 끈 상태 = 0, 켜진 상태 = 1
이 두 가지로만 이야기를 할 수 있습니다.
0과 1 두 숫자만 사용하여 이러한 숫자를 이진수라고 합니다.

Q. 전기신호의 세기에 따라서 10가지로 만들어서 우리가 사용하는 10진수로 사용할 수 있을까요?
A. 가능하지만 전기 신호가 멀리까지 이동하면서 그 세기가 약해지면 신호가 중간에 바뀔 수가 있습니다. 예를 들어 전기신호의 세기가 1.5V는 숫자 "5"라고 한 경우 중간에 전기신호가 약해져서 1.2V가 되었을 때는 어떻게 해야할까요? 이러한 문제 때문에 컴퓨터는 켜고 끄는 2가지 신호만 이용합니다.

5. 그림 글자는 어떻게 표현하는 것일까요? 아래 표와 예시를 보고 자신의 이름을 2진수로 바꿔봅시다.

글자	10진수	2진수	글자	10진수	2진수
|	1	00001	ㅁ	10	01010
.	2	00010	ㅂ	11	01011
—	3	00011	ㄷ	12	01100
ㄱ	4	00100	ㅅ	13	01101
ㅋ	5	00101	ㅈ	14	01110
ㄴ	6	00110	ㅊ	15	01111
ㅌ	7	00111	ㅇ	16	10000
ㄷ	8	01000	ㅊ	17	10001
ㅅ	9	01001	띄어쓰기	18	10010

이름 : 홍길동
글자를 분해 : ㅎ · ㅡ · ㄱ ㅈ ㅡ ㅊ ㅊ ㅡ ㅊ ㅊ ㅊ ㅊ ㅊ
2진수로 변환 01101, 00010, 00011, 10000, 00100, 00001, 00111, 01000, 00010, 00011, 10000
이름 :
글자를 분해 :
2진수로 변환

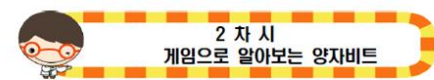
그림 IV-5. 학생용 교재 1차시

그림 IV-5에서는 10진수를 2진수로 바꾸는 방법을 익힌 후에는 평소에 학생들이 사용하는 10진수와 2진수의 다른 점을 사용하는 숫자의 개수를 비교하여 알아보고 컴퓨터가 2진수를 사용하는 이유에 대한 열린 질문을 통해 학생들이 자신들의 생각을 적어보고 그 이유를 안내하도록 구성되어 있다. 그리고 실제 아스키코드를 본뜬 예시 코드를 통해 문자를 2진수로 표현하는 방법을 체험하여 평소 사용하는 문자신호가 어떻게 2진수로 변환되어 컴퓨터에게 신호가 전달되거나 2진수가 문자로 변환되어 컴퓨터 사용자에게 전달되는 과정을 체험하도록 하였다.

나) 2차시 교재 내용

2차시에서는 1차시에서 학습한 컴퓨터의 정보 전달방법인 2진수 활동을

상기하며 일반컴퓨터의 비트방식의 전달방법과 양자컴퓨터의 양자비트 방식을 비교하는 게임을 통하여 학생들이 양자컴퓨터의 기본 원리 중 하나인 양자비트의 개념을 이해하는 활동으로 구성되어 있다.



생각 다지기

※ 지난 시간에는 컴퓨터가 정보를 0과 1로만 표현한다는 것을 알아보았습니다. 그런데 만약 0과 1이외의 숫자나 정보도 표현한다면 어떻게 될까요? 미래의 기술인 양자비트를 게임을 통해 알아보십시오.

1. 숫자 맞추기 게임을 해 봅시다

◇ 준비물 : 숫자 맞추기 게임 카드

- 숫자카드 x 24 : 숫자 0부터 11까지 각각 하나씩 적혀있는 흰색과 검은색 카드 각각 두 장씩



- 조커카드 x 2 : 숫자가 없는 카드 흰색과 검은색 한 장씩 (빠져 해도 됩니다. 섞을 경우 난이도 상승)



- ① 각자 조커카드를 뺀 나머지 카드를 잘 섞고 4장씩 가져오고 자신만 봅니다. (4명이 게임을 할 경우에는 3장씩만)
- ② 받은 카드는 왼쪽에 가장 작은 숫자를 놓고 오른쪽으로 갈수록 큰 숫자를 놓습니다. (같은 숫자라면 검은색이 왼쪽, 조커는 놓고 싶은 곳에 놓습니다.)



- ③ 가위, 바위, 보를 하고 이긴 사람의 오른쪽으로 순서가 돌아갑니다.
- ④ 자기 차례에서는 뒤집혀있는 카드 중 한 장을 가져와서 가장 오른쪽에 뒤집어 놓습니다.
- ⑤ 상대방의 뒤집혀진 카드를 가리키며 그 카드에 어떤 숫자가 적혀있는지 맞춥니다. (조커카드를 섞은 경우에는 조커카드라고 맞춰야합니다.)
- ⑥ 카드의 숫자가 맞으면 상대방은 그 카드를 펼쳐놓습니다.
- ⑦ 카드를 맞춘 사람은 계속해서 상대방들의 카드를 추리해도 되고 순서를 넘겨도 괜찮습니다.
- ⑧ 순서를 넘길 때에는 자기 차례가 될 때 가져온 카드를 펼칩니다.
- ⑨ 자신의 카드는 지키면서 상대방들의 카드 번호를 모두 펼쳐서 맞히면 승리합니다.

2. 게임을 2번 진행하고 난 뒤 물음에 답하여봅시다.

- 1) 상대방의 숫자를 맞추기 위해서는 무엇이 필요한가요?

- 2) 상대방에서 한 번에 얻을 수 있는 정보는 몇 개 인가요?

 개

그림 IV-6. 학생용 교재 2차시

그림 IV-6의 교재 내용에서는 양자비트를 이해하기 전단계로 일반 컴퓨터의 비트방식의 전달방법을 이해하기 위해 ‘다빈치 코드’ 보드 게임과 유사한 형태의 게임을 진행하도록 하였다. 위 게임에서 학생들이 상대방의 숫자를 맞추기 위해 자신이 추리한 숫자를 1번 말하는 것이 1비트의 개념이다. 1번의 기회에 하나의 정해진 숫자만을 이야기하고 맞고, 틀리고의 2가지 결과만을 가져오므로 이는 1비트에 0과 1만을 전달할 수 있는 일반컴퓨터의 원리와 같다는 것이다.

3. 양자카드와 함께하는 숫자 맞추기 게임

- 기본 게임 방법은 숫자 맞추기 게임과 같습니다.
- 이번 게임에서는 양자카드라는 특수 능력카드 6장이 추가됩니다.
- 양자카드의 능력은 아래와 같습니다.

<p>- 더블 캐스팅 - 숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>	<p>- 더블 캐스팅 - 숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>	<p>- 트리플 캐스팅 - 숫자 3개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>
<p>- 1타 2피 - 숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다.</p>	<p>- 1타 2피 - 숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다.</p>	<p>- 1타 3피 - 숫자 1개를 가지고 3장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 3장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다.</p>

- 양자카드는 바닥에 있는 다른 카드와 섞어서 사용합니다. 자기 차례에서 양자카드가 나오면 특수 능력을 발휘할 수 있습니다.

4. 양자카드와 함께 숫자 맞추기 게임을 진행한 뒤 질문에 답하여 봅시다.

1) 양자카드를 사용했을 때에는 얻을 수 있는 정보가 몇 개가 되었나요?

 개

2) 양자카드를 이용해서 게임을 할 때와 이용하지 않을 때의 차이점에는 어떤 점이 있었나요?

5. 양자카드의 경체는?

일반 컴퓨터는 한 번에 0 또는 1이라는 정보만 전달할 수 있습니다. 우리가 처음에 했던 양자카드가 없이 했던 게임과 마찬가지로. 하지만 양자컴퓨터는 0 또는 1 이외에 여러 가지 정보를 한 번에 전달할 수 있다고 합니다. 다시 말하면 일반 컴퓨터가 0이나 1이라고 정보를 전달할 때 양자컴퓨터는 0, 1, 2, 3 ... 1,000,000 중 하나를 전달할 수 있다는 것입니다.

우리가 게임을 더 빨리 끝낼 수 있거나, 더 많은 정보를 한 번에 얻을 수 있게 해준 양자카드와 같은 녀석이 양자 컴퓨터에서는 가장 핵심기술인 양자비트입니다. 다른 말로는 전자스핀, Q비트라고도 부릅니다.

이 양자비트가 한 번에 여러 가지 정보를 전달하면서 양자컴퓨터는 일반컴퓨터, 슈퍼컴퓨터와 다르게 엄청난 속도를 발휘한다고 합니다.

그림 IV-7. 학생용 교재 2차시

기본 게임을 통해 게임 규칙을 익히고 1비트에 맞고, 틀리고의 2가지 결과만을 가져올 수 있는 일반컴퓨터의 원리를 체험하고 난 뒤에는 양자카드라는 새로운 추가 카드의 투입을 통해 양자컴퓨터의 양자비트의 개념을 체험할 수 있도록 하였다. 추가카드의 내용은 표IV-8과 같다.

카드명	카드 기능
더블캐스팅	숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.
트리플캐스팅	숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.
1타 2피	숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다.
1타 3피	숫자 1개를 가지고 3장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 3장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다.

표 IV-8. 2차시 추가카드 이름 및 기능

양자비트의 의미를 한 번의 신호에 0과 1이외의 수많은 정보의 개념을 전달할 수 있다는 의미로 단순화하여 학생들이 자신이 추리한 상대방의 숫자를 이야기할 수 있는 1번의 기회에 하나의 숫자를 이야기하지 않고 2개 또는 3장의 카드 속 내용을 질문할 수 있는 더블캐스팅과 트리플캐스팅 카드나 하나의 숫자를 2장, 3장의 카드에 물어보는 1타 2피, 1타 3피 카드를 통해서 1번의 기회에 여러 개의 정보를 질문할 수 있는 개념으로 대입하여 학생들이 양자비트를 간접적으로 이해할 수 있도록 하였다.

다) 3차시 교재 내용

3차시에서는 2차시에서 학습한 양자비트가 적용된 양자컴퓨터가 가진 현재의 한계점과 앞으로 양자컴퓨터가 활용될 미래 모습에 대한 자신의 생각과 느낌을 정리해보는 내용으로 구성되어 있다.

새로운 추가카드의 내용은 표IV-9와 같다.

카드명	카드 기능
방어카드	숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.
혼란카드	숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.

표 IV-9. 3차시 추가카드 이름 및 기능

3 차 시 양자컴퓨터와 우리의 미래

생각 다지기

1. 앞에서 했던 양자카드에 이번에는 다른 추가카드를 함께 넣어 게임을 해봅시다.

- 기본 게임 방법은 숫자 맞추기 게임과 같습니다.
- 이번 게임에서는 양자카드에 아래 4장의 카드가 추가됩니다.
- 아래 카드는 카드를 얻은 경우 가지고 있다가 상대방이 양자카드를 사용한 경우에 발동할 수 있는 카드입니다.
- 추가카드의 능력은 아래와 같습니다.

- 방어카드 - 가지고 있다가 상대방의 양자카드를 방어할 수 있습니다.	- 방어카드 - 가지고 있다가 상대방의 양자카드를 방어할 수 있습니다.
- 혼란카드 - 상대방이 양자카드를 사용한 경우 진실을 이야기하지 않을 수 있습니다.	- 혼란카드 - 상대방이 양자카드를 사용한 경우 진실을 이야기하지 않을 수 있습니다.

2. 추가 카드와 게임을 한 뒤 물음에 답하여 봅시다.

1) 추가 카드를 사용한 게임은 일반 게임이나 양자카드를 추가했을 때와 어떤 다른 점이 있었나요?

2) 방어카드는 여러분의 숫자를 지켜주었습니다. 평소에 인터넷이나 컴퓨터에서 자신의 정보를 보호하기 위해서 사용하는 것은 어떤 것들이 있을까요?

3) 여러분은 평소에 컴퓨터나 인터넷을 사용할 때 비밀번호를 사용할 겁니다. 그 비밀번호는 안전한가요? 한번 안전한지 확인해봅시다.



<https://howsecureismypassword.net/>

위 사이트를 접속하여 자신의 비밀번호를 입력하면 그 비밀번호를 해킹하는데 걸리는 시간이 표시됩니다.

그림 IV-8 .3차시 학생용 교재 내용

양자컴퓨터는 비트에 0과 1의 전기 신호가 아닌 양자를 전달하는 개념이라 양자를 정교하게 다루는 기술이 매우 중요하다. 실제로 양자컴퓨터의 본체의 크기는 대부분 양자를 정밀하게 다루기 위한 진동, 온도 등 외부 요인을 차단하기 위한 하드웨어로 구성되어 있을 만큼 양자 제어는 쉬운 작업이 아니다. 이러한 개념을 학생들이 체험할 수 있도록 혼란카드를 도입하였다. 혼란카드는 방어 측을 위한 카드로 상대방이 양자카드를 사용하였을 때 대답을 진실로 해도 되고 거짓으로 해도 괜찮게 해주는 카드이다. 이로 인해 양자카드를 사용한 공격 측은 오히려 추리에 혼선이 생기게 된다.

양자컴퓨터가 활성화 된 미래에 양자컴퓨터가 해킹을 하는데 사용된다면 엄청난 속도로 인해 현재의 암호체계가 무너질 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이를 방어하기 위한 암호로 양자를 사용한 양자암호의 원리가 개발되고 적용되고 있다. 이를 게임에 방어카드의 개념으로 도입하였다. 방어카드는

상대방이 공격카드를 사용하였을 때 이를 1회 방어할 수 있는 카드이다.

4) 위 사이트의 결과는 일반컴퓨터로 해킹을 했을 경우입니다. 그렇다면 미래의 양자컴퓨터가 해킹에 사용된다면 어떻게 될까요? 우리의 중요한 정보를 보호하기 위해서는 어떻게 해야 할까요?

5) 컴퓨터를 하다가 혼란카드와 같이 제대로 작동하지 않은 경험이 있다면 적어봅시다. (컴퓨터의 화면이 멈춰본 적은 없나요? 한글과 영어가 원하는 대로 쓰이지 않은 적은 없나요? 등등)

양자컴퓨터의 핵심기술인 Q비트는 아주 작은 입자인 양자를 다뤄야하기 때문에 굉장히 다루기 힘들다고 합니다. 조금이라도 온도가 떨어지거나 흔들리게 된다면 Q비트에 이상이 생겨서 엉뚱한 정보가 전달되어 버린다고 합니다. 마치 혼란카드와 같습니다.

🔍 생각 되돌아보기 🔍

3. 미래의 양자 컴퓨터는 엄청난 속도와 능력을 가지고 있습니다. 이 컴퓨터를 사용하면 현재에는 상상하지도 못한 많은 일들을 할 수 있을 것입니다. 하지만 우리의 암호를 해킹하는 것에 사용되는 것과 마찬가지로 좋지 못한 곳에 사용된다면 너무나 무서운 미래가 되기도 하겠죠. 미래에 사용하는 양자컴퓨터는 어떤 미래를 여러분에게 가져다 줄까요? 그리고 어떻게 사용해야 올바르게 사용할 수 있을까요? 다음 장에 마인드맵으로 표현해주세요

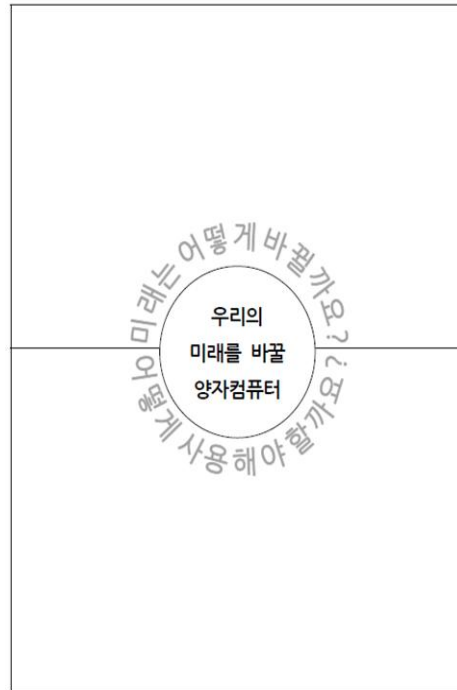


그림 IV-9. 학생용 교재 3차시

게임을 마친 학생들은 실제 How Secure is my password? 라는 사이트를 통해 평소 사용하던 암호가 해킹된다면 얼마의 기간으로 해킹이 될지에 대한 체험을 하고 양자컴퓨터가 실제로 부정적으로 사용되었을 경우의 상상을 할 수 있도록 구성되어 있으며, 정보윤리의 개념으로 앞으로 양자컴퓨터는 어떻게 활용되어야 할지 그리고 미래의 모습이 어떻게 달라질지에 대한 생각을 정리할 수 있도록 구성되어 있다.

나. 지도서 내용

1) 지도서의 구성

본 교재 수업 진행을 위한 지도서에서는 교사들이 차시별 학습목표, 준비물, 학습구조, 평가계획, 배움 전략을 제공하여 수업을 하는데 최대한의 도움을 주고자 하였다.

가) 학습목표

본 수업을 통해 학생들이 달성할 학습목표를 제시하고 있다.

나) 준비물

본 수업을 진행하기 위해 필요한 교사와 학생의 준비물을 제시하고 있다.

다) 학습구조

도입, 전개, 정리의 3단계로 수업이 진행이 어떻게 될지 간략히 교사에게 제시하고 있다.

라) 평가계획

본 수업의 진행하면서 학습목표의 달성도를 어떻게 평가할지 교사에게 제시하고 있다.

마) 배움전략

자기주도와 타자주도의 배움 전략에 대하여 설명하고 있다. 자기주도란 수업 중 학생들이 스스로 배울 수 있는 부분에 대한 내용이며, 타자주도란 교사의 주도하는 수업 중에 교사가 사용하는 수업방법이다.

바) 교수학습 활동

교재에 구성된 다양한 활동들의 진행방법과 주의 점에 대하여 전달하고 있다.

2) 개발된 교사용 지도서 내용

가) 1차시 교사용 지도서

2. 게임으로 알아보는 양자비트

학습목표

- 일반컴퓨터는 한 번에 한가지의 정보만을 전달한다는 것을 알 수 있다
- 양자컴퓨터는 양자비트를 이용하여 한번에 다양한 정보를 전달할 수 있다는 것을 알 수 있다.

준비물

[교사] 교사용 교재
[학생] 학생용 교재, 부록 숫자게임카드, 부록 양자카드

학습구조

단계	내용
도입	• 컴퓨터가 사용하는 2진수 상기하기
전개	• 숫자게임해보기 • 양자카드와 함께 숫자게임해보기
정리	• 양자카드를 사용하기 전후의 숫자게임 비교해보기

평가계획

연번	평가내용	시기	방법
1	게임을 통해 양자비트에 대하여 이해하는가?	수업 후	교제
2	게임이 규칙에 맞게 모든원들과 게임에 임하는가?	수업 중	관찰 평가

교수 학습 활동

■ 컴퓨터가 정보를 입력받는 방식 알아보기

- 2진카드 게임 방식 이해하기
- 학생들에게 각자 개별로 5장의 2진카드(1, 2, 4, 8, 16의 스티커가 붙어 있음)를 갖도록 한다.
- 10진수를 쓸 때와 마찬가지로 낮은 자리수는 왼쪽, 높은 자리로 갈수록 오른쪽으로 써야한다. 따라서 왼쪽에서 오른쪽으로 16, 8, 4, 2, 1 카드의 순으로 배열할 수 있도록 한다.

그림 IV-10. 교사용 지도서 1차시

1차시 지도서에서는 2진수 게임의 진행방식에 대하여 교사가 먼저 이해하고 진행의 순서에 대하여 제시되어 있다.

- 두 장 이상의 카드가 앞장으로 뒤집힌 경우에는 보이는 스티커의 개수를 전부 합한 숫자가 된다.
- 예시에 나온 것과 마찬가지로 2카드와 1카드가 앞장이면 2+1로 3을 나타내며, 8카드와 2카드, 1카드가 앞장이면 8+2+1로 11을 나타낸다.
- 2진 카드로 만든 10진 숫자를 2진 수로 바꾸는 방법 알아보기
- 카드의 뒷장은 숫자 '0'으로 카드 앞장은 숫자 '1'로 표현하면 10진수의 숫자가 2진수로 변환되게 된다
- 10진수 '3'은 2진수로 표현하면 '11'이 되며, 10진수 '11'은 2진수로 표현하면 '1011'이 되도록 한다.
- 2진수는 뒤에 0을 붙이는데 이는 평소 사용하지 않는 숫자이므로 2진수임을 표시하여 주는 것이다
- 위의 방법을 학생들에게 설명한 후 선생님이 불러주는 숫자를 카드로 먼저 만들어보고 그 카드를 보며 선생님이 불러준 10진수 숫자를 2진 숫자로 바꾸어본다.

※ 2장 이상의 카드의 앞면이 같아지면 스티커의 수를 모두 합한 것이 그 숫자가 된다.

2 + 1 = 3 8 + 2 + 1 = 11

※ 앞면이 같아진 카드는 1이라고 읽고, 뒷면은 0이라고 읽는다.

0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1

※ 뒤집힌 카드의 스티커를 합한 수를 0과 1로 세곤 수를 적어보시오. 뒤, 0과 1로 세곤 수로 책을 짜는 큰 뒤에 0을 꼭 붙여주세요.

3 = 11₂ 11 = 1011₂

2. 선생님이 불러주는 숫자를 보고 2진 카드를 이용하여 0과 1로만으로 표현해보시오.

선생님이 불러준 숫자	2진수로 세곤 숫자
5	0 1 0 1 0
6	0 1 1 0 0
7	0 1 1 0 1
8	1 0 0 0 0
9	1 0 0 0 1
10	1 0 1 0 0
11	1 0 1 0 1
12	1 1 0 0 0
13	1 1 0 0 1
14	1 1 0 1 0
15	1 1 0 1 1

- 위 물음을 통하여 학생들은 평소 사용하는 숫자는 10개라는 것을 알도록 한다.
- 그리고 2진카드로 바꾸었을 때는 표현한 숫자가 몇 개 사용되었는지를 물어보고 평소 사용하는 것과 다르다는 것을 알도록 한다.
- 컴퓨터가 정보를 표현하거나 인식하는 방법알아보기
- 컴퓨터는 전기 신호만으로 정보를 전달한다는 힌트를 활용하여 전기신호로 한 번에 표현할 수 있는 방법은 몇 가지가 있을지 생각해보도록 한다. 가장 단순한 예로는 손전등을 가지고 전환버튼을 이용하여 한 번에 만들 수 있는 상태는 몇 가지가 있는지 생각해보도록 하는 것도 좋다.

※ 6쪽의 활동에서 주의할 점은 2진수라는 말은 사용하지 않고 2진카드라는 말만 사용하고 6쪽에서 한 활동을 바탕으로 다음 쪽에서 2진수라는 용어와 뜻을 확인하도록 한다.

• 10진수와 2진수에서 사용하는 숫자의 개수 알아보기

- 학생들이 평소 사용하는 숫자를 물어보고, 10진수에서 사용하는 숫자 0에서 9까지의 숫자 10개를 유도한다.

- 이때 학생들은 숫자를 이야기해보라고 하면 한 자리 이상이 숫자를 이용할 수 있는데 교재에 나온 것과 같이 숫자2개 이상을 사용하여 표현한 수는 숫자가 2개 이용된 것이라고 설명하도록 한다.

그림 IV-11. 교사용 지도서 1차시

2진수 카드 게임을 진행할 때 카드를 배열하는 순서가 매우 중요하다. 10진수의 가장 오른쪽이 작은 자리의 숫자를 먼저 적어나가듯이 2진수도 오른쪽이 가장 작은 자리이므로 오른쪽에서부터 1, 2, 4, 8, 16 카드 순서로 정리하여 놓도록 제시하고 있다. 또한 학생들에게 해야 할 주요 질문들을 제시하여 교사가 학생들이 학습목표를 달성할 수 있도록 제시하고 있다.

나) 2차시 교사용 지도서

2차시에서는 ‘다빈치 코드’의 게임원리가 적용된 기본 카드게임의 진행방식에 대하여 자세히 설명하여 교사가 학생들에게 게임규칙을 설명하는데 최대한의 도움을 주고자 하였다.

- 생각다지기
- 지난 시간에 배운 컴퓨터의 정보 표현방식인 2진수에 대한 이야기를 하도록 한다.
- 하지만 미래의 컴퓨터인 양자 컴퓨터는 2진수 말고 다른 방식으로 정보를 표현할 수 있다.(양자비트) 미래의 컴퓨터인 양자컴퓨터에 대하여 알아보기로 하여 수업에 들어가도록 한다.
- 숫자게임 규칙알아보기
- 숫자게임에는 총 숫자카드 24장 조커카드 2장의 카드가 활용된다. 그리고 카드는 다시 흰색과 검정색 두 분류로 나뉜다.
- 부록에 있는 숫자카드와 게임판, 카드꽂이를 활용하여 게임을 진행하도록 한다.
- ※ 처음부터 조커카드를 이용하여 게임을 진행하면 게임을 익히기가 어려우므로 먼저 조커카드 없이 게임을 진행하는 것을 추천함.
- 게임을 시작하면 카드를 섞고 24장의 숫자카드 중 4장씩을 가져갑니다. 이때 질대로 서로의 숫자를 봐서는 안된다.
- 양자카드와 함께하는 숫자게임 진행하기
- 부록에 있는 양자카드 6장을 추가로 넣어 게임을 진행한다.
- 처음에 각자의 숫자를 가져간 후 나머지 카드와 함께 섞어서 뒤집어 둔다.
- 더블캐스팅 : 하나의 카드를 지우며 2개의 숫자를 물어볼 수 있는 카드이다.
- 트리플캐스팅 : 하나의 카드를 지우며 3개의 숫자를 물어볼 수 있는 카드이다
- 1타 2표 : 한 개의 숫자를 물어보는 대신 2장의 카드를 가릴 수 있다.
- 1타 3표 : 한 개의 숫자를 물어보는 대신 3장의 카드를 가릴 수 있다.
- 학생들에게 각 카드의 사용법을 충분히 전달한 후 게임을 진행하도록 한다.



- 4명이 게임을 진행할 경우에는 3장씩 가져가는 것이 좋다.
- 가져간 숫자카드는 카드꽂이에 꽂고 크기로 정리합니다. 가장 작은 숫자는 왼쪽에 놓고 오른쪽으로 갈수록 큰 숫자를 놓는다.
- 조커를 사용한 경우에는 조커카드는 놓고 싶은 자리에 놓는다.

- 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 가릴 수도 있고 다음 차례로 순서를 넘길 수도 있습니다.
- 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 비교하기
- 상대방의 숫자를 맞추기 위해 숫자를 물어보는 방식에서 얻을 수 있는 정보는 Yes, No 두 가지입니다. 컴퓨터가 인식하거나 표현하는 2진수의 표현방식도 0, 1로 두 가지뿐 없다는 것과 같은 원리이다.
- 양자카드의 의미 알아보기
- 양자카드를 활용한 경우 한 번에 2개 이상의 정보를 가져올 수 있었다.
- 이는 컴퓨터가 한 번에 0 또는 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 이상의 수많은 정보를 담아 전달할 수 있는 양자비트를 이용하는 컴퓨터이다.
- 한 번에 전달할 수 있는 정보의 개수가 일반 컴퓨터와 다르게 많기 때문에 정보의 전달속도로 비교가 되지 않을 정도로 빠르다.



그림 IV-12. 교사용 지도서 2차시

기본 게임의 원리를 익힌 후 양자비트의 원리가 적용된 양자카드의 적용 방법과 게임에서 어떻게 적용되는지를 교사에게 자세히 설명하여 학생들이 게임을 하는데 어려움이 없도록 안내하였다. 또한 적용된 양자카드의 의미를 학생들에게 전달할 수 있도록 안내하였다.

V. 프로그램 현장 적용 결과

1. 현장적용 주요 활동 내용

본 교재를 현장 적용한 결과는 다음과 같다.



2. 선생님이 풀리우는 숫자를 받고 2진 카드를 이용하여 2차 10진수로 표현해보시오.

선생님이 풀리우는 숫자	2진카드로 다룰 숫자
5	0 0 1 0 1 (21)
16	1 0 0 0 0 (100)
7	0 0 1 1 1 (21)
8	0 1 0 1 0 (21)
17	1 0 0 0 1 (21)

3. 추가 카드와 게임을 한 뒤 질문에 답하시다.

1) 추가 카드를 사용한 게임은 어떤 게임이나 장어카드를 추가했을 때 어떤 다른 점이 있었나요?

특이점: 음수만큼 수를 계속 빼거나 빼준다.

2) 장어카드의 어떠한 숫자를 지켜주었습니다. 평소엔 인터넷이나 컴퓨터에서 자신의 정보를 보호하기 위해서 사용하는 것에는 어떤 것들이 있을까요?

비밀번호, ID, 로그인

그림 V-1. 현장적용 결과 모습

1차시에서는 먼저 프롤로그의 로봇과 사람의 대화를 하는 장면을 통해 평소에 사용하는 컴퓨터와 어떻게 대화를 할까라는 궁금증에서 학생들과 이야기를 시작하였다. 그 궁금증을 해결하기 위해 2진수 언플러그드 카드게임 활동을 통해 학생들은 2진수에 대하여 이해하고, 컴퓨터가 왜 2진수를 사용하는지 재미있고 쉽게 이해할 수 있었다.

2차시 “게임으로 알아보는 양자비트”에서는 ‘다빈치코드’ 보드게임의 규칙과 같은 숫

자맞추기 카드 게임을 이용하여 흥미를 유발하고 앞으로 계속 이어갈 카드 게임의 기본 규칙을 익혔다. 기본 규칙을 익힌 후 양자비트의 성격을 지니고 있는 양자카드라는 추가 카드를 추가하여 게임을 진행하고 기존 게임 방식과 양자카드를 이용하면 게임이 어떻게 달라지는지 이야기하였다. 이 과정에서 학생들이 양자비트란 새로운 개념이 적용된 후 게임의 진행이 빨라지고 한 번의 기회에 더 많은 것을 알 수 있다는 것을 깨달았다. 그리고 컴퓨터에도 이러한 원리가 적용된다면 더 많은 정보를 한 번에 전달하고 현재의 속도보다 훨씬 빠른 컴퓨터가 될 것이라는 것을 이해할 수 있었다.

3차시에서는 양자컴퓨터의 현재 가지고 있는 기술적 어려움과 기존 암호 체계를 무너뜨릴 수 있다는 가능성을 추가 카드를 이용해 학생들이 느낄 수 있도록 하여 미래에 활용될 양자컴퓨터가 대하여 진지하게 생각해 보는 시간을 가졌다. 또한 학생들은 자신의 장래희망과 연관 지어 자신이 가질 미래의 직업에 양자컴퓨터가 어떤 영향을 미칠지 이야기하였고, 밝은 미래 사회를 위해서 양자컴퓨터를 어떻게 이용해야 하는지 자신들의 생각을 글과 그림으로 표현하고 공유하였다.

2. 교재에 대한 현직교사의 분석서

본 교재를 3-4학년 학생들에게 적용하고 실제 수업을 진행한 교사 1명과 참관한 교사 4명의 종합의견이다.

가. 교재분석-STEAM 요소 검토의견

영역	세부주제	평가요소
STEAM 교육 목적	융합인재 양성	· 융합형 인재 양성 목적에 부합하는가?
		양자컴퓨터에 대한 지식을 모듈활동을 통한 친구들과의 소통과 협력관계 속에서 체득하는 과정으로 설계되었으며 각 단계에 핵심역량을 향상시키는 과정으로 구성되어 있음
STEAM 교육	실생활 연계,	· 쉽고 재미있는 소재를 이용하여 학습자들이 과학기술에 대한 흥미를 높이고 학습활동에 몰입하도록 이끌도록 설계되었는가?

개념	과학기술에 대한 흥미	<p>컴퓨터와 대화한다는 표현이 컴퓨터 언어를 이해하는 동기부여가 됨. 양자비트라는 생소한 낱말을 재미있는 게임을 통해 쉽고 친근하게 이해할 수 있어서 좋았음.</p> <p>학생들이 좋아하는 최근의 애니메이션 자료, 보드게임 등을 활용한 점이 학생들에게 접근하기 쉬웠고 활동에 흥미도도 높일 수 있었음.</p> <p>· 실생활 속의 과학기술과 연관된 주제인가?</p> <p>가깝게는 자신의 아이디와 비밀번호가 결코 안전하지 않다는 것을 느끼고 미래의 컴퓨터의 능력을 긍정적인 부분과 부정적인 부분 모두 생각해 볼 수 있는 계기가 됨.</p> <p>컴퓨터를 생활 속에서 늘 접하는 학생들이므로 읽을거리를 통해 우리나라의 과학기술의 발전을 느끼고 진로에도 큰 도움을 줄 것 같음.</p>
	융합적 사고력	<p>· 학생의 융합적 사고력을 배양하도록 프로그램이 설계되었는가?</p> <p>단순 지식을 외우는 것이 아니라 개념이해로 시작해서 문제 상황을 파악하고 정보를 스스로 응용하고 활용해보면서 문제점을 해결하도록 설계가 되었음.</p> <p>학생들이 흥미로 활동에 참여하고 활동 속에서 문제를 해결하는 과정을 통해 다양한 사고력이 활용되도록 설계됨.</p> <p>· 과학과 수학, 기술, 공학, 예술 교과가 자연스럽게 융합되도록 설계되었는가?</p> <p>‘빅히어로’라는 아이들에게 친근한 영화의 한 장면을 통해 동기를 유발하고 과학, 수학, 기술, 공학 등이 자연스럽게 녹아들어 있는 활동이었음.</p> <p>애니메이션을 활용한 동기유발 및 보드 게임 활동 등 다양한 교과의 융합이 이루어짐.</p>
STEAM 교육 내용	상황 제시	<p>· 스토리텔링 : 전체 프로그램을 아우르는 상황을 제시하였는가?</p> <p>컴퓨터와 대화하는 방법을 알아보고 게임으로 양자비트에 대해 알아보며 양자컴퓨터를 이용한 미래의 모습에 대해 생각해 보는 활동이 하나의 이야기로 자연스럽게 이어져있음.</p> <p>동기유발에서부터 양자컴퓨터의 미래까지 학생들에게 하나의 스토</p>

창의적 설계	<p>리를 통해 양자컴퓨터에 대한 개념을 학습하도록 되어 있음.</p>
	<p>· 학습자 중심 : 교사 중심에서 벗어나 학생 중심으로 프로그램이 설계되었는가?</p>
	<p>교사는 이야기를 시작해주고 매뉴얼을 간단히 설명하는 역할을 할 뿐 주요 활동은 학생들이 친구들과 함께 스스로 해결하는 모습으로 진행됨. 교사의 역할은 학생들의 흥미를 유발하는 조력자이며 대부분의 활동이 학생 중심으로 설계됨.</p>
	<p>· 몰입 : 학습자가 학습 주제를 자기 문제로 인식하도록 수업이 구성되었는가?</p>
	<p>생소한 내용이긴 하지만 재미있는 게임을 통해 낯선 개념을 쉽게 접근하도록 구성됨. 비밀번호가 안전한지에 대해 학습할 때는 아주 진지하게 임하고 자신의 비밀번호를 누군가가 해킹할 수 있다는 생각에 무섭다고 얘기하기도 함. 학생들이 사용하던 컴퓨터의 언어에 대한 궁금증을 시작으로 그 원리를 이해하는 과정이므로 스스로 문제를 인식하도록 수업이 구성되어 있음.</p>
	<p>· 자기주도학습 : 학생이 수업의 전 과정을 주도적으로 참여하도록 설계되었는가? 개념을 교사가 가르치지 않고 활동을 통해 학생이 깨우치도록 설계되었는가?</p>
	<p>모둠활동을 하다보면 방관자들이 생기기 마련인데 이번 수업에서는 방관자가 거의 없이 누구나 적극적으로 참여하는 모습이 보였음. 게임을 통해 학생들이 생각하고 느끼며 개념이해에 쉽게 다가가는 모습이 보였고 교사는 그걸 정리해주는 정도로 함. 학생들이 수업에 주도적으로 참여할 수 있도록 설계되었고 활동 후에는 개념의 정리를 도와주는 정도의 교사의 개입이 필요함.</p>
	<p>· 도구활용능력 : 다양한 도구를 활용할 수 있도록 설계되었는가?</p>
<p>2진카드를 이용하여 컴퓨터 언어를 이해하고, 숫자 맞추기 게임에서 양자카드의 능력을 활용하여 문제를 해결하고 추가카드의 능력을 활용하여 양자카드의 능력에 대해 방어할 수 있었음.</p>	
<p>· 협업 능력 : 소통을 통하여 동료 및 교사와의 협력학습이 이루어졌는가?</p>	

		어질 수 있도록 설계되었는가?
		친구들과 함께 게임을 하면서 서로 소통하고 문제해결에 적극적인 모습을 보임. 미래의 모습을 생각하고 친구들과 이야기를 나누는 모습이 자연스러움. 활동 자체가 협업을 통해 학습하도록 설계되었으며 학생의 질문 등을 소통을 통해 해결하도록 설계됨.
		· 창의력 : 프로그램에 학생이 자신의 아이디어와 발상을 반영할 수 있도록 설계되었는가? 프로그램의 결과물이 모둠별 또는 개인별로 다르게 산출되도록 설계되었는가?
		양자카드의 능력을 교사가 설명했지만 모둠에서 친구들과 운영내용에 대한 약속을 정해 다소 다르게 해보는 모습을 보임. 규칙은 일정하지만 그룹에서의 다양한 해석을 통해 또 다른 규칙을 적용할 수 있으며 큰 틀에서 벗어나지 않으면 확장적이고 창의적인 활동을 유도할 수 있음.
	감성적 체험	· 성공의 경험 : 학습자가 성공을 경험하도록 설계되었는가?
		숫자를 추측하고 맞추는 활동에서 추리능력과 특수카드 활용능력 등으로 상대방보다 빨리 상대방의 정보를 알아내면서 성공을 경험할 수 있었음. 흥미 있는 활동을 통해 성취감을 맛볼 수 있어 학습에의 참여도가 높을 듯함.
		· 도전의 기회 : 연계된 활동에 새로운 도전을 하도록 설계되었는가?
		양자카드를 활용하고 또 추가카드를 활용하면서 기존의 방법에서 새로운 것을 추가해서 도전해 볼 수 있도록 되어 있음. 차시가 연속적으로 더욱 발전된 내용으로 설계되어 있어 이전 차시에서의 성공이 다음 활동을 기대하고 도전하고자 의지를 갖게 해줌.
· 열정 : 학생들이 직접적인 체험을 통하여 열정을 가지고 참여할 수 있도록 하였는가?		
학생들이 너무나 흥미 있게 참여했으며 다음에도 또 해보고 싶다는 의사를 표현함. 개념의 직접적인 설명보다는 체험을 통해 일깨우는 활동이므로 성취하고자 열정을 갖고 참여하게 설계됨.		

평가	자기평가 (성찰일지)	· 학습자가 스스로 학습활동을 평가할 수 있는 기회가 제공되었는가? 학습자가 학습활동에 대해 성찰하고 기록하도록 하였는가?
		학습지를 작성하면서 스스로 학습활동을 정리하였음. 활동지를 통해 스스로 평가하는 기회가 제공됨.
	동료평가	· 동료 학습자간의 평가기회가 제공되었는가?
		게임활동하는 중에 친구들과 서로에 대해 평가할 수 있는 기회를 가졌음. 활동 중에 학생들 스스로 서로에 대한 평가가 대화를 통해 이루어짐.
	산출물 및 포트폴리오	· 학습결과물에 대한 평가기준이 명확하게 제시되었는가? 전체 학습과정의 활동내용, 성찰일지, 산출물 등이 포함된 포트폴리오를 평가에 활용되고 있는가?
		학습결과물에 대한 평가기준이 명확한 부분도 있지만 다소 애매한 부분도 있음. 학습결과물에 대한 평가기준이 명확히 제시되었으며 활동 전체에 대한 포트폴리오를 평가에 반영하도록 됨.

표 V-1. 교재분석-STEAM 요소 검토의견

나. 수업참관 검토 종합 의견

참관 견해	내용	Advice for upgrade
	교재 목적	양자컴퓨터에 대한 지식을 모듈활동을 통한 친구들과의 소통과 협력 관계 속에서 체득하는 과정으로 설계되었으며 각 단계에 핵심역량을 향상시키는 과정으로 구성되어 있음
	교재내용의 개념	연속적인 수업 진행을 통해 양자컴퓨터에 대한 지식을 쉽고 체계적으로 체득할 뿐 아니라 실생활 속에서의 적용, 양자컴퓨터의 장단점에 대한 입을거리를 통해 쉽게 개념을 이해할 수 있도록 설계되었음.
	STEAM 교육활동준거 (상황제시)	컴퓨터와 나와의 관계를 흥미 있는 애니메이션을 소재로 하여 친근하게 접근할 수 있었으며 결국 컴퓨터 기술의 발전도 나의 생활과 근접해 있는 문제라는 의식을 갖게 해주도록 수업이 구성되었음.

	학생들이 본인이 사용하던 컴퓨터에 대한 처리과정에 대한 의문을 스스로 느끼게 해줌.
STEAM 교육활동준거 (창의설계)	<p>학생활동 내용에 수학, 과학, 공학 등의 내용이 융합되어 있으며 컴퓨터에 처리과정에 대한 의문을 스스로 해결하고자 하는 의지를 갖고 학습에 참여함.</p> <p>활동방법에 대한 교사의 설명만으로 게임을 시작할 수 있으며 활동하는 과정에서는 학생들의 소통을 통해 문제를 해결하거나 분석하고 스스로 방법을 찾는 창의적인 해결방법이 제시되고 있음.</p> <p>모둠마다 각각 다양한 방법으로 결과를 도출하기도 하나 자연스럽게 소통에 의해 얻어진 결과이며 그 과정에 서로에 대한 칭찬, 격려, 배려 등의 의미 있는 대화가 이루어짐.</p>
STEAM 교육활동준거 (감성적체험)	<p>게임활동을 통해 얻은 양자컴퓨터에 대한 장단점을 현실 속에서 적용해 보는 활동에서 다소 현실적으로 느끼지 못하는 친구들도 있었으며 미래의 양자컴퓨터가 적용되는 모습을 상상하기에는 어려워하는 모습도 보임.</p> <p>학년 수준에 맞는 예시를 보여주는 그림이나 쉬운 설명을 추가한다면 학생들이 접근하기 더 쉬울 듯함.</p>
학급 난이도	학습 내용에 대해 60%이상의 학생들이 이해함. 15%정도의 학생은 활동 자체에 대한 흥미를 가질 뿐 이해하지 못함.
수업태도 이해도	"
종합 참관견해	개념이해로 시작해서 문제상황을 파악하고 정보를 스스로 응용하고 활용해보면서 문제를 해결하는 과정에 통해 개념을 익히고 또한 학생들이 흥미를 느끼며 자발적으로 활동하는 의미 있는 수업이었음

표 V-2. 수업참관 검토 종합 의견

3. 학생 설문 조사 분석

가. STEAM 수업에 참여한 학생 만족도 설문 결과

오늘 참여한 STEAM 수업은 재미있었나요?

■ 매우 재미있었다. ■ 대체로 재미있었다. ■ 보통이다
 ■ 대체로 재미없다. ■ 전혀 재미없다

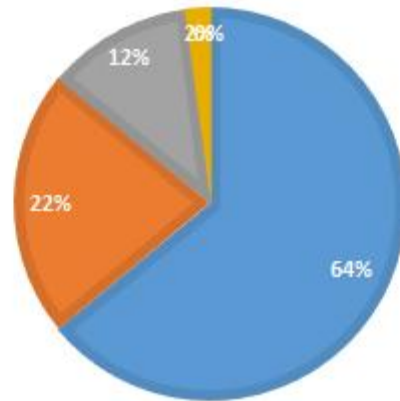


그림 V-2. STEAM 수업 흥미도에 대한 설문 결과

본 수업에 대한 학생들의 흥미도는 보통 이상이 88%로 학생들이 매우 즐겁게 수업에 참여했다는 것을 알 수 있으며 3차시의 교재 내용은 학생들의 흥미를 이끌기에 충분하다는 것을 알 수 있다.

오늘 자신이 참여한 SETAM 수업의 내용 수준은 어떠하다고 생각합니까?

■ 매우 쉽다 ■ 대체로 쉽다 ■ 보통이다 ■ 대체로 어렵다 ■ 매우 어렵다

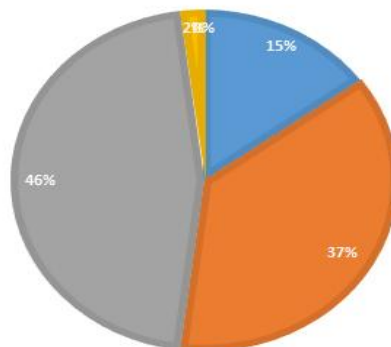


그림 V-3. STEAM 수업 난이도에 대한 설문 결과

수업 내용의 난이도에 대한 학생의 반응은 보통 이상이 98%로 수업이 적용된 4학년 학생들에게 어렵지 않게 적용되었으나 쉽다는 학생이 52%로 4학년 학생들에게 매우 쉬운 내용은 아니라는 것을 알 수 있다.

기존의 수업과 오늘 참여한 STEAM 수업의 가장 큰 차이점이 무엇이라고 생각하는가?

- 수학, 과학, 기술 등 여러 과목을 관련지어 배우는 점
- 수업 시간에 학생 위주의 활동이 많고, 선생님의 설명은 많지 않다는 점
- 친구들과 협력해서 수행하는 모둠별 활동이 많다는 점
- 만들기 또는 체험 활동이 많다는 점
- 과학기술 관련 직업에 대한 정보를 얻을 수 있다는 점
- 과학, 수학 시간에 배운 내용이 실제 생활에서 어떻게 활용되는지 알 수 있다는 점
- 수업 시간에 친구들과 충분히 이야기하고, 다른 친구들의 생각을 들을 수 있다는 점

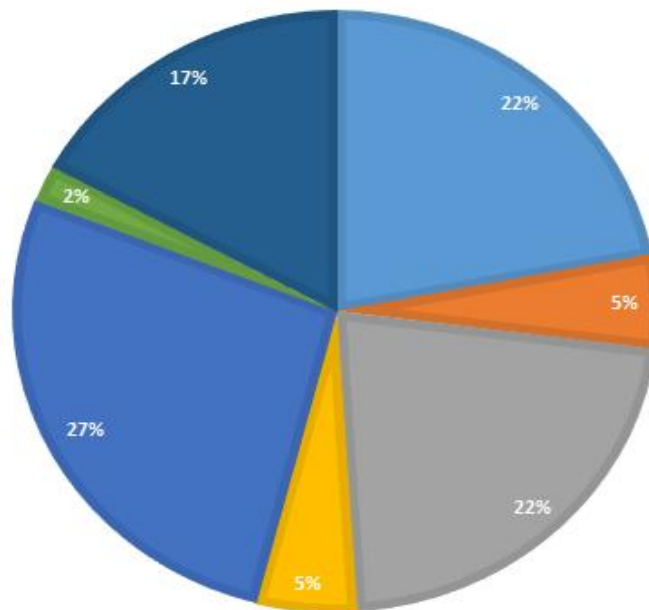


그림 V-4. STEAM 수업과 다른 수업과의 차별성에 대한 설문 결과

본 그림 IV-4의 그림에 따르면 STEAM 교재가 적용된 수업을 통해서 학생들은 과학 기술 관련 직업에 대한 정보를 얻을 수 있다는 점에서 27%의 응답을 보였으며, 수학,

과학, 기술 등 여러 과목을 관련지어 배운다는 점과 친구들과 협력해서 수행하는 모둠별 활동이 많다는 것에 22%, 수업시간에 친구들과 충분히 이야기하고, 다른 친구들의 생각을 들을 수 있다는 점에 17%의 응답을 하였다. 이는 본 교재를 적용한 수업에서 교사의 주도적인 수업의 진행보다는 학생들끼리의 활동에서 상호 협력과 의사소통을 통해 교재가 전달하려는 수업목표의 내용을 학생들이 이해했다고 판단할 수 있다.

앞으로도 STEAM 수업을 지속적으로 받고 싶습니까?

■ 매우 그렇다 ■ 그렇다 ■ 보통 ■ 그렇지 않다 ■ 전혀 그렇지 않다

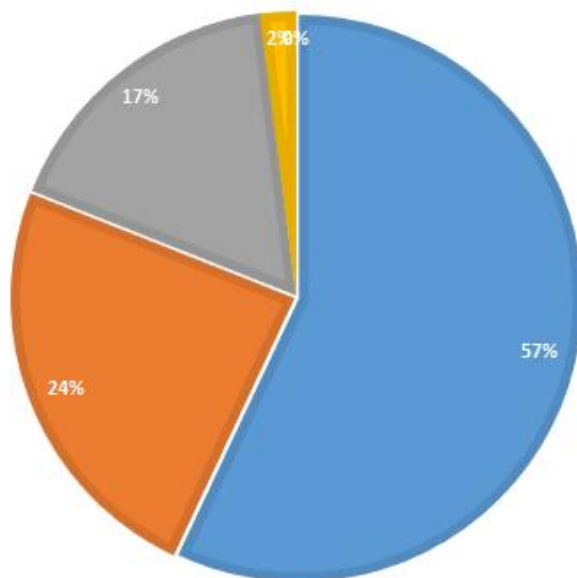


그림 21 그림 V-5. STEAM 수업의 지속성에 대한 설문 결과

학생들은 이번 STEAM 교재를 적용한 수업을 통해 STEAM 수업의 지속성에 대하여 보통이상이 98%의 응답을, 그렇다 이상이 81%의 응답을 보였다. 이는 본 교재를 적용한 STEAM 수업이 학생들에게 STEAM 교육에 대한 필요성을 느낄 수 있게 하였다는 것을 알 수 있다.

오늘 참여한 STEAM 수업 중 가장 어려웠던 점은 무엇인지 한 개만 고르세요

- 선생님께서 소개해 주시는 내용이 이해하기 너무 어렵다는 점
- 조사, 실습, 만들기 등 수업 시간에 할 것이 너무 많아 시간이 부족한 점
- 모둠 활동 시 친구들과 의견 충돌이 자주 발생한다는 점
- 수업 시간에 해결해야 하는 문제가 너무 어렵다는 점

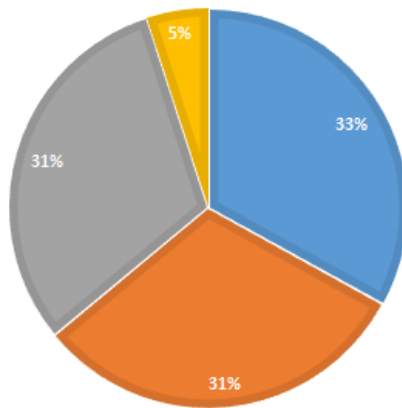


그림 V-6. STEAM 수업에서의 어려웠던 점에 대한 설문 결과

학생들은 수업에서 선생님께서 소개해주는 내용이 이해하기 어렵다는 의견이 33%로 가장 많다는 점을 봐서 2진수와 비트, 양자비트 등의 개념이 학생들에게 매우 모호하고 어려운 개념이라는 것을 알 수 있다.

나. 5점 만점 척도에 의한 STEAM 수업 만족도 설문 결과

항목	빈도(명)	평균	표준 편차
전체 수업 및 교재에 대한 흥미도	41	4.44	0.9
교재 및 수업에 대한 난이도	41	3.59	0.87
프로그램 만족도	41	4.12	1
학습 지속도	41	4.32	0.88
STEAM에 대한 중요도 인식도	41	4.26	1.03

표 V-3. STEAM 수업 만족도 설문 결과

수업 후 학생들은 수업의 내용과 교재에 대하여 만족도 5점 만점에 평균 4.44의 응답이 나온 것으로 보아 주제는 양자컴퓨터로 어려웠지만 다양한 게임 중심의 활동들이 학생들의 흥미를 이끌 수 있었다고 파악할 수 있다. 교재 및 수업에 대한 난이도에 대한 만족도로는 3.59의 점수가 나왔으나 어른들도 이해하기 어려운 주제에 대한 만족도가 3점 이상의 결과가 나왔다는 것은 결코 낮은 점수라고 볼 수 없다. 주제는 어려울 수 있었지만 게임 중심의 활동으로 인해 학생들이 어려워하지 않고 수업내용을 이해하고 있다는 것을 알 수 있다. 프로그램에 활동에 대해서는 게임 중심의 활동으로 진행되어서 평균 4.12점의 높은 만족도를 확인할 수 있었다. 학습 후 학생들은 평균 4.32의 점수로 앞으로도 STEAM 프로그램의 수업을 받고 싶다고 하였다. 그리고 STEAM 프로그램에 대하여 미래 정보통신운리의 중요성과 양자컴퓨터 전문가에 대한 이해도 평균은 4.26점으로 학생들이 자신의 진로와 연관 지어 많은 것을 느꼈다는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 제언

양자컴퓨터와 양자비트라라는 주제는 초등학교 3-4학년 학생들에게는 결코 쉽지 않은 주제라고도 볼 수 있다. 어른들도 아직 접해보지 못한 내용이며 설명을 듣더라도 이해하기 어려운 내용이기도 하다. 하지만 현재 사회와 IT분야의 발전 속도를 본다면 학생들이 살아갈 미래 사회에는 양자컴퓨터라는 개념이 현재의 스마트폰만큼이나 보편화된 세상이 되거나 사람들이 알지 못하게 미래 사회를 이끌어가고 있을 것이다. 이렇게 빠른 발전 속도를 본다면 현재 초등학생들이 양자컴퓨터란 주제를 접하는 것이 너무 빠르다고 볼 수는 없다.

이번 STEAM 진로 교재를 통해 주제가 매우 어렵더라도 교재의 내용과 전개 방식이 학생들의 수준에 맞게 마련된다면 학생들의 흥미도가 매우 높게 나오고 학생들이 지속적으로 요구할 것이라는 것이 결과로 드러났다.

개발된 교재와 같은 프로그램은 기존에 학교에서 주로 교육되고 있는 현재 사회의 모습과 현재의 직업을 중심으로 하는 진로 교육에서 좀 발전하여 학생들이 미래 직업과 미래 사회에 대한 이해를 도와줄 수 있었다. 또한 학생들이 IT관련 직업을 선택하지 않더라도 앞으로 닥칠 미래사회에 대한 이해를 도움으로써 자신들의 장래희망이 미래사회에 어떻게 변하고 어떻게 적응해야할 것인지에 대해 생각할 기회를 제공하여 좀 더 구체적으로 자신의 진로와 미래에 대하여 고민할 수 있도록 도울 수 있을 것이다.

적용 결과 STEAM에 대한 학생들의 수요 및 지속적인 교육을 원하는 것으로 비추어 봐서도 학생들은 이러한 STEAM 진로 교육 프로그램이 원하며 학생들에게 필요하다는 것을 알 수 있다. 이는 앞으로도 본 교재와 같이 발전된 미래의 사회와 직업 대한 이해를 돕는 교재의 개발 및 적이 필요하다고 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2011). KISTEP ISSUE Paper, ISSUE Paper.
- [3] 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.
- [4] Namje Park, Yeonghae Ko (2016). Teaching tools of Information and security using hacker tracking based on cell, Issue of patent 10-1620315.
- [5] Namje Park et al (2014). STEAM education program final report. The Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.

A B S T R A C T * 1)

Study Development and Application Research of Game Mechanism on Quantum Mechanics Based STEAM Textbook for Graders in Elementary School

Daehoon Ko

Major in Elementary Practical computer Education
Graduate School of Education
Jeju National University

Supervised by Professor Namje Park

In this study, we present a STEAM career education programs and teaching methods for 3rd and 4th graders in elementary school. We made this program by analyzing the relationship of grade 3-4 curriculum and related occupation with Quantum Computer expert which are promising careers in information systems expert, also considered about student's intellectual level and interests. Future work will include the follow-up and extended study. It will be expected that students will be able to develop their abilities of career exploration.

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

* A thesis submitted to the committee of Graduate School of Education, Jeju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education conferred in August, 2017.

[부록1] 학생용 설문조사지

※ 다음은 '초등학교 STEAM 프로그램 활용 만족도'를 알아보기 위한 질문입니다.
여러분의 의견과 일치하는 내용의 번호 또는 위에 \surd 표시하거나 간단히 답해 주
십시오.

1. 성별	<input type="checkbox"/> ① 여자	<input type="checkbox"/> ② 남자		
2. 학년	<input type="checkbox"/> ① 3학년	<input type="checkbox"/> ② 4학년	<input type="checkbox"/> ③ 5학년	<input type="checkbox"/> ④ 6학년

1. 과거에 STEAM 수업을 받아본 적이 있나요?

- ① 네 ② 아니오

★1번 문항에 대해 ①이라고 답한 사람만 체크해주세요.

1-1. STEAM 수업을 받아본 적이 있다면 한 학기에 몇 번 정도 받았나요?

- ① 매 학기 1-2회 ② 매 학기 3-4회 ③ 매 학기 5회 이상
 ④ 기타()

2. 오늘 참여한 STEAM 수업은 재미있었나요?

- ① 매우 재미있다 ② 대체로 재미있다 ③ 보통이다
 ④ 대체로 재미없다 ⑤ 전혀 재미없다

3. 기존의 수업과 오늘 참여한 STEAM 수업의 가장 큰 차이점이 무엇이라고 생각
하는지 한 개만 고르세요.

- ① 수학, 과학, 기술 등 여러 가지 과목을 연관 지어 배우는 점
 ② 수업 시간에 선생님의 설명보다는 학생 위주의 활동이 많다는 점
 ③ 친구들과 협력해서 수행하는 모듈별 활동이 많다는 점
 ④ 만들기 또는 체험 활동이 많다는 점
 ⑤ 과학기술 관련 직업에 대한 최신의 정보를 얻을 수 있다는 점
 ⑥ STEAM 수업 시간에 배운 내용이 실제 생활에서 어떻게 활용되는지 알 수
있다는 점
 ⑦ 수업 시간에 친구들과 충분히 이야기하고, 다른 친구들의 생각을 공유할 수
있다는 점
 ⑧ 기타()

4. 오늘 자신이 참여한 STEAM 수업에서 좋았던 점을 순서대로 적어주세요.

()-()-()-()

- ① 직접 실습하거나 체험해 볼 수 있다는 점
- ② 친구들과 함께 협력하여 과제를 해결하는 점
- ③ 과학기술 관련 직업에 대한 정보를 얻을 수 있다는 점
- ④ 과학, 수학 시간에 배운 내용이 실생활에 어떻게 활용되는지 알 수 있다는 점

5. 오늘 자신이 참여한 STEAM 수업의 내용 수준은 어떠하다고 생각합니까?

- ① 매우 쉽다 ② 대체로 쉽다 ③ 보통이다
 ④ 대체로 어렵다 ⑤ 매우 어렵다

6. 오늘 참여한 STEAM 수업 중 가장 어려웠던 점은 무엇인지 한 개만 고르세요.

- ① 선생님께서 소개해 주시는 내용이 이해하기에 너무 어렵다는 점
- ② 수업 시간에 해결해야하는 문제가 너무 어렵다는 점
- ③ 모둠 활동 시 친구들과의 의견 충돌이 자주 발생한다는 점
- ④ 조사, 실습, 만들기 등 수업 시간에 할 것이 너무 많아 시간이 부족한 점

7. 앞으로도 STEAM 수업을 지속적으로 받고 싶습니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다
- ③ 보통 ④ 그렇지 않다
- ⑤ 전혀 그렇지 않다

8. 여러분이 오늘 참여한 STEAM 수업의 만족도에 대한 문항입니다.

STEAM 수업을 통해 도움이 된 부분에 대해 체크해주세요.

문항	전혀 그렇지 않다	그렇지 않은 편이다	보통이다	그런 편이다	매우 그렇다
(1) 나는 과학 수업이 재미있어졌다	①	②	③	④	⑤
(2) 나는 과학·수학 학습 내용에 대해 많이 이해하게 되었다	①	②	③	④	⑤

(3) 나는 과학·수학 학습에 대한 흥미가 생겼다	①	②	③	④	⑤
(4) 나는 과학기술에 대한 관심이 생겼다	①	②	③	④	⑤
(5) 나는 과학 관련 책이나 글을 읽는 것이 좋아졌다	①	②	③	④	⑤
(6) 나는 문제해결을 위해 스스로 생각을 하게 되었다	①	②	③	④	⑤
(7) 나는 다양한 학습 활동을 끝까지 해내게 되었다	①	②	③	④	⑤
(8) 나는 한 가지 문제를 다양하게 생각해보았다	①	②	③	④	⑤
(9) 나는 배운 내용을 실생활과 연관 지으려고 노력하였다	①	②	③	④	⑤
(10) 나는 문제해결에 여러 과목에서 배운 지식을 동시에 적용하려고 노력하였다	①	②	③	④	⑤
(11) 나는 적극적이고 활발하게 수업에 참여하였다	①	②	③	④	⑤
(12) 나는 친구들과 사이좋게 의견을 나누었다	①	②	③	④	⑤
(13) 나는 다른 친구들에게 나의 아이디어를 표현하였다	①	②	③	④	⑤
(14) 나는 다른 친구들의 의견을 경청하고 존중하였다	①	②	③	④	⑤
(15) 나는 다른 친구들과 협력하는 것의 중요성을 생각하는 마음이 생겼다	①	②	③	④	⑤
(16) 나는 다른 친구들을 배려하는 마음이 생겼다	①	②	③	④	⑤
(17) 나는 실패하는 것을 두려워하지 않고, 도전의식이 생겼다	①	②	③	④	⑤
(18) 나는 과학기술 분야와 관련된 직업에 대한 관심이 생겼다	①	②	③	④	⑤

♣ 성심껏 답해 주셔서 감사합니다.

[부록2] 개발된 융합교육 프로그램 교사용 지도서

차세대컴퓨터전문가1 - 양자컴퓨터 전문가 되기

영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴퓨터

프롤로그

주제 1 : 컴퓨터와 대화하는 방법은?

주제 2 : 게임으로 알아보는 양자비트

주제 3 : 양자컴퓨터와 우리의 미래

프롤로그

- 빅히어로의 한 장면을 살펴보기
- 빅히어로에 나오는 두 주인공의 대화를 살펴보도록 한다.
- 학생들의 동기유발을 위해서 빅히어로의 예고편을 먼저 살펴보고 아래 대화를 살펴보는 것도 좋다.
- 실제 영화에서는 베어맥스와 주인공 히로가 처음 만나는 장면의 부분이다.

프롤로그 **컴퓨터와 어떻게 대화를 할까요?**

※ 아래는 영화 '빅히어로'의 한 장면입니다. 주인공과 로봇이 무엇을 하고 있는지 살펴보세요.

Top-left: "당신, 너는 누구야?" (Who are you?)

Top-middle: "나는 것장삼 형과 둘은 로병이야" (I'm just a robot, and you and I are brothers.)

Top-right: "너의 몸은 검사해볼게" (I'll check your body.)

Middle-left: "말이 통중이 있구나 스트레이를 부러대잖아" (You can talk, you're jealous of Stray.)

Middle-right: "나는 스프레이에 약재표기가 있어서 부러대 안돼" (I have medicine labels on my spray, so I'm not jealous.)

Bottom-left: "이 약은 내에게도 괜찮아" (This medicine is fine for me too.)

Bottom-right: "당와 이 로봇은 정말 신기하나 나대 OO가 통중네" (This robot is really interesting, but I'm a bit jealous of you.)

1. 위 만화의 내용을 확인해봅시다.

1) 만화에 나오는 로봇은 어떤 로봇인가요?

2) 로봇은 남자 주인공에게 무엇을 해주었나요?

3) 남자 주인공은 마지막에 로봇과 무엇이 통한다고 이야기하였을까요?

--	--

2. 평소엔 여러분은 컴퓨터와 어떻게 하나요?

3. 어른들은 컴퓨터를 사용하거나 스마트폰, 태블릿을 사용할 때 어떻게 하나요?

4

■ 프로그의 내용파악하기

- 차세대컴퓨터 전문가1의 양자컴퓨터 전문가의 교재 내용에서는 양자컴퓨터의 모든 이론에 대하여 다루지는 않는다. 이론이 초등학생 3~4학년에서 너무 어려운 면이 있기 때문에 컴퓨터와의 대화하는 방법으로부터 일반컴퓨터가 대화하는 방법 그리고 양자컴퓨터가 대화하는 방법이라는 접근으로 수업에 들어가 학생들이 게임을 즐기고 컴퓨터와 대화를 한다는 생각으로 양자컴퓨터에 대한 기본 개념만을 익힐 수 있도록 한다.
- 학생들에게서 컴퓨터와 대화를 한다는 개념을 이끌어내는 것이 3차시의 수업을 이끌어가는 데 중요하다.
- 실제 자신의 경험 속에서 컴퓨터 또는 스마트 디바이스를 어떻게 다루는지를 생각해보며 그 속에 숨은 원리에 궁금증을 가지는 것이 중요하다.

1. 컴퓨터와 대화하는 방법은?

학습목표

- 컴퓨터가 정보를 받아들이는 방식인 2진수를 알 수 있다.
- 숫자와 문자를 2진수로 표현할 수 있다.
- 컴퓨터가 정보를 어떻게 변환하여 입력받는지를 알 수 있다.

준비물

[교사] 2진카드

[학생] 2진카드(개별), 학생용교재

학습구조

단계	내용
도입	• 프롤로그를 통해 컴퓨터가 어떻게 정보를 입력받는지 생각해보기
전개	• 2진카드 게임방식 익히기 • 2진카드를 통해 10진수를 2진수로 변환하기 • 문자를 2진수로 표현하기
정리	정리 및 평가

평가계획

연번	평가내용	시기	방법
1	컴퓨터가 정보를 어떻게 입력받는지 알고 있는가?	수업 중	관찰 평가
2	숫자와 문자를 규칙에 맞게 2진수로 변환할 수 있는가?	수업 중	관찰 평가
3	모둠원과 함께 올바른 태도로 게임에 임하는가?		

차세대컴퓨터 전문가 되기

영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴퓨터

주제 1 : 컴퓨터와 대화하는 방법은?

너와 나, 우리의 감성에 눈뜨기

- 카드게임을 통해 2진수 이해하기

- 나의 이름을 2진수로 바꿔보기

2

배움전략

자기주도	<input checked="" type="checkbox"/> 관찰 <input checked="" type="checkbox"/> 추론 <input checked="" type="checkbox"/> 조작 <input type="checkbox"/> 요약 <input type="checkbox"/> 토론 <input type="checkbox"/> 발표 <input type="checkbox"/> 기타
타자주도	<input checked="" type="checkbox"/> 설명 <input type="checkbox"/> 시범 <input type="checkbox"/> 연습 <input checked="" type="checkbox"/> 발문 <input type="checkbox"/> 단서 <input checked="" type="checkbox"/> 매체 <input type="checkbox"/> 기타
<p>■ 자기주도는 관찰(2진카드의 게임방법 파악 및 다른 교사가 부르는 10진수 관찰하기), 추론(2진카드를 활용하여 알맞은 10진 숫자를 조합하기 위해서 뒤집어야 할 카드를 추론하기), 조작(2진카드를 뒤집으며 10진수를 2진수로 변환하기), 발표 전략이 사용된다.</p> <p>■ 타자주도는 교사의 시청각 자료의 매체 투입과, 설명, 발문을 통한 각 수업 단계별 이해를 높이는 활동, 학생들끼리의 발문과 설명, 시범을 통한 발문을 사용한다.</p>	

- 5 -

- 54 -





1 차 시 컴퓨터랑 대화하는 방법을 알아봅시다

생각 열기

1. 앞의 영화에서 봤던 것처럼 로봇이나 컴퓨터들이 어떻게 우리가 말하거나 입력하는 것을 이해하는지 게임을 통해서 알아봅시다

<2진카드 게임방법>

- ① 5장의 카드를 받습니다. 각 카드에는 스티커가, 2, 4, 8, 16개 붙어있습니다.
- ② 카드는 아래와 같이 가장 오른쪽은 16 카드를 놓고 왼쪽으로 갈수록 각이져서 마지막에는 1 카드를 놓습니다.



③ 모든 카드의 스티커가 안 보이는 뒷장으로 펼쳐 놓으면 총 숫자는 0이 됩니다.



④ 스티커가 보이게 카드를 놓으면 그 숫자가 되는 것입니다.



5

교수 . 학습 활동

▣ 컴퓨터가 정보를 입력받는 방식 알아보기

- 2진카드 게임 방식 이해하기
 - 학생들에게 각자 개별로 5장의 2진카드(1, 2, 4, 8, 16의 스티커가 붙어 있는)를 갖도록 한다.
 - 10진수를 쓸 대와 마찬가지로 낮은 자리수는 왼쪽, 높은 자리로 갈수록 오른쪽으로 써야한다. 따라서 왼쪽에서 오른쪽으로 16, 8, 4, 2, 1 카드의 순으로 배열할 수 있도록 한다.

- 카드의 배열이 반대로 되면 2진수를 쓰는 방법이 아예 반대로 되기 때문에 수학적 원리를 이야기하지 않더라도 처음 시작할 때부터 카드를 놓는 순서는 꼭 강조하도록 한다.

• 2진 카드로 숫자를 만드는 방법 알아보기

- 카드에 스티커가 있는 부분이 앞장이고, 아무것도 없는 부분이 뒷장이다.
- 처음에는 알맞은 배열로 모두 뒷장인 상태로 카드를 놓는다. 이 상태에서는 스티커가 없으므로 숫자 0을 나타낸다.
- 카드 한 장이 앞장으로 뒤집히며 그 카드의 스티커의 개수가 카드 전체가 나타내는 숫자가 된다.



- 두 장 이상의 카드가 앞장으로 뒤집힌 경우에는 보이는 스티커의 개수를 전부 합한 숫자가 된다.
- 예시에 나온 것과 마찬가지로 2카드와 1카드가 앞장이면 2+1로 3을 나타내며, 8카드와 2카드, 1카드가 앞장이면 8+2+1로 11을 나타낸다.
- 2진 카드로 만든 10진 숫자를 2진 수로 바꾸는 방법 알아보기
 - 카드의 뒷장은 숫자 '0'으로 카드 앞장은 숫자 '1'로 표현하면 10진수의 숫자가 2진수로 변환되게 된다
 - 10진수 '3'은 2진수로 표현하면 '11₍₂₎'가 되며, 10진수 '11'은 2진수로 표현하면 '1011₍₂₎'가 되도록 한다.
 - 2진수는 뒤에 ₍₂₎를 붙이는데 이는 평소에 사용하지 않는 숫자이므로 2진수임을 표시하여 주는 것이다
 - 위의 방법을 학생들에게 설명한 후 선생님이 불러주는 숫자를 카드로 먼저 만들어보고 그 카드를 보며 선생님이 불러준 10진수 숫자를 2진 숫자로 바꾸어본다.

⑤ 2장 이상의 카드의 앞장이 펼쳐지면 스티커의 수를 모두 합친 것이 그 숫자가 됩니다.

⑥ 앞장이 펼쳐진 카드는 1이라고 읽고, 뒷장은 0이라고 읽습니다.

⑦ 학습지에 스티커를 합친 수와 0과 1로 바꾼 수를 적어보세요. 단, 0과 1로 바꾼 수로 적을 때에는 맨 뒤에 ₍₂₎를 꼭 붙여주세요

$3 = 11_{(2)}$ $11 = 1011_{(2)}$

2. 선생님이 불러주는 숫자를 듣고 2진 카드를 이용해서 0과 1로만으로 표현해보세요

선생님이 불러준 숫자	2진카드로 바꾼 숫자
5	= 0 0 1 0 1 ₍₂₎
	= _____ ₍₂₎
	= _____ ₍₂₎
	= _____ ₍₂₎
	= _____ ₍₂₎

6

- ※ 6쪽의 활동에서 주의할 점은 2진수라는 말은 사용하지 않고 2진카드라는 말만 사용하고 6쪽에서 한 활동을 바탕으로 다음 쪽에서 2진수라는 용어와 뜻을 확인하도록 한다.

3. 컴퓨터가 사용하는 숫자를 알아봅시다.

1) 여러분은 평소에 숫자를 쓸 때 어떤 숫자를 사용하나요? 아래 적어보세요.
(단, 15는 1과 5 숫자 2개를 사용한 것입니다)

2) 모두 몇 개의 숫자로 평소에 모든 숫자를 만들어서 쓰나요?

개

3) 방금 공부한 2진카드를 이용해서 만들 때 사용한 숫자는 모두 몇 개인가요?

개

4. 왜 컴퓨터는 숫자를 2개 뿐 이용하지 못하는 것일까요? 자신의 생각을 적어보세요.
(힌트 : 컴퓨터는 전기를 이용해서 작동합니다.)

컴퓨터는 전기신호로 대화를 하기 때문에
전기신호를 끈 상태 = 0, 켜진 상태 = 1
이 두 가지로만 이야기를 할 수 있습니다.
0과 1 두 숫자만 사용하여 이러한 숫자를 이진수라고 합니다.

7

- 10진수와 2진수에서 사용하는 숫자의 개수 알아보기
 - 학생들이 평소에 사용하는 숫자를 물어보고, 10진수에서 사용하는 숫자 0에서 9까지의 숫자 10개를 유도한다.
 - 이때 학생들은 숫자를 이야기해보라고 하면 한 자리 이상이 숫자를 이용할 수 있는데 교재에 나온 것과 같이 숫자2개 이상을 사용하여 표현한 수는 숫자가 2개 이용된 것이라고 설명하도록 한다.

- 위 물음을 통하여 학생들은 평소에 사용하는 숫자는 10개라는 것을 알도록 한다.
- 그리고 2진카드로 바꾸었을 때는 표현한 숫자가 몇 개 사용되었는지를 물어보고 평소에 사용하는 것과 다르다는 것을 알도록 한다.
- 컴퓨터가 정보를 표현하거나 인식하는 방법알아보기
 - 컴퓨터는 전기 신호만으로 정보를 전달한다는 힌트를 활용하여 전기신호로 한 번에 표현할 수 있는 방법은 몇 가지가 있을지 생각해보도록 한다. 가장 단순한 예로는 손전등을 가지고 전원버튼을 이용하여 한 번에 만들 수 있는 상태는 몇 가지가 있는지 생각해보도록 하는 것도 좋다.

- 문자를 2진수로 표현하기
 - 실제 컴퓨터는 모든 문자를 2진수로 받아들이거나 표현한다.
 - 먼저 자신의 이름을 교재에 적는다
 - 자신의 이름을 예시와 같이 분해한다.
 - 분해한 이름의 각 글자들을 해당하는 2진수를 찾아 적어 문자를 2진수로 표현해보도록 한다.

5. 그럼 글자는 어떻게 표현하는 것일까요? 아래 표와 예시를 보고 자신의 이름을 2진수로 바꿔봅시다.

글자	10진수	2진수	글자	10진수	2진수
ㅣ	1	00001	ㅍ	10	01010
·	2	00010	ㅑ	11	01011
—	3	00011	ㅓ	12	01100
ㄱ	4	00100	ㅕ	13	01101
ㅋ	5	00101	ㅗ	14	01110
ㄴ	6	00110	ㅛ	15	01111
ㄹ	7	00111	ㅇ	16	10000
ㄷ	8	01000	ㅛ	17	10001
ㅌ	9	01001	띄어쓰기	18	10010

이름 : 홍길동
글자를 분해 : ㅎ · ㅡ ㄱ ㅣ ㄷ ㅌ · ㅡ ㄹ ㅌ · ㅡ ㄷ
2진수로 변환 01101, 00010, 00011, 10000, 00100, 00001, 00111, 01000, 00010, 00011, 10000
이름 :
글자를 분해 :
2진수로 변환

참고자료 : 실제 컴퓨터가 인식하는 2진코드인 아스키 코드

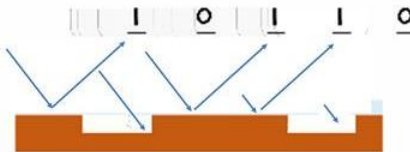
2진수	십진수	모양	2진수	십진수	모양	2진수	십진수	모양
0100000	32	"	1000000	64	@	1100000	96	`
0100001	33	!	1000001	65	A	1100001	97	a
0100010	34	"	1000010	66	B	1100010	98	b
0100011	35	#	1000011	67	C	1100011	99	c
0100100	36	\$	1000100	68	D	1100100	100	d
0100101	37	%	1000101	69	E	1100101	101	e
0100110	38	&	1000110	70	F	1100110	102	f
0100111	39	'	1000111	71	G	1100111	103	g
0101000	40	(	1001000	72	H	1101000	104	h
0101001	41	)	1001001	73	I	1101001	105	i
0101010	42	*	1001010	74	J	1101010	106	j
0101011	43	+	1001011	75	K	1101011	107	k
0101100	44	,	1001100	76	L	1101100	108	l
0101101	45	-	1001101	77	M	1101101	109	m
0101110	46	.	1001110	78	N	1101110	110	n
0101111	47	/	1001111	79	O	1101111	111	o
0110000	48	0	1010000	80	P	1110000	112	p
0110001	49	1	1010001	81	Q	1110001	113	q
0110010	50	2	1010010	82	R	1110010	114	r
0110011	51	3	1010011	83	S	1110011	115	s
0110100	52	4	1010100	84	T	1110100	116	t
0110101	53	5	1010101	85	U	1110101	117	u
0110110	54	6	1010110	86	V	1110110	118	v
0110111	55	7	1010111	87	W	1110111	119	w
0111000	56	8	1011000	88	X	1111000	120	x
0111001	57	9	1011001	89	Y	1111001	121	y
0111010	58	:	1011010	90	Z	1111010	122	z
0111011	59	:	1011011	91	[	1111011	123	{
0111100	60	<	1011100	92	₩	1111100	124	|
0111101	61	=	1011101	93	]	1111101	125	}
0111110	62	>	1011110	94	^	1111110	126	~
0111111	63	?	1011111	95	_			

읽을거리 : 2진수로 저장하기

컴퓨터는 정보를 표현하기 위해 2진수를 사용합니다. 2진수라고 부르는 이유는 사용되는 숫자의 갯수가 0과 1로 2개이기 때문입니다. 사람들이 사용하는 10진수는 0에서 9까지 10개의 숫자를 사용합니다. 컴퓨터가 2진수를 사용하는 이유는 10진수보다 실수 없이 계산할 수 있기 때문입니다. 2진수에서 0이나 1의 숫자는 각각 비트(bit)라고 불립니다. bit는 binary digit의 약자입니다. 우리는 지금까지 글자를 표현하기 위해 5개의 숫자를 사용했는데, 그것은 다시 말해 5비트를 사용했다고 할 수 있습니다. 일반적으로 컴퓨터에서 숫자와 알파벳은 8비트, 한글 글자는 16비트로 표현됩니다. 데이터가 전화선이나 라디오전파를 통해 전달될 때에는 높은 음과 낮은 음의 소리가 각각 1와 0으로 표현됩니다. 자석의 성질을 이용한 하드디스크나 신용카드에서는 자기의장의 s극, n극의 방향에 따라서 비트를 표현합니다.



DVD는 광학적으로 비트를 저장합니다. CD의 표면을 레이저로 깎아 낸 후 표면에 빛을 비추어서 빛이 반사가 되는지 안되는지를 읽어서 비트를 표현합니다.



하나의 비트만으로는 많은 정보를 표현하지 못합니다. 그래서 대부분 8개를 묶어서 사용합니다. 그러면 0에서 255까지 총 256개의 숫자를 표현할 수 있습니다. 이처럼 8개의 비트를 묶은 것을 바이트(Byte)라고 합니다. 비트와 바이트는 컴퓨터가 숫자, 문자, 음악 등 모든 정보를 저장하는데 사용됩니다.

차세대컴퓨터 전문가 되기

영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴퓨터

주제 2 : 게임으로 알아보는 양자비트

양자컴퓨터를 만들 수 있는 핵심!! 양자비트

- 숫자맞추기 게임하기

- 양자카드1과 함께하는 숫자맞추기 게임

11

배움전략

자기주 도	<input checked="" type="checkbox"/> 관찰 <input checked="" type="checkbox"/> 토론 <input checked="" type="checkbox"/> 추론 <input checked="" type="checkbox"/> 조작 <input type="checkbox"/> 요약 <input checked="" type="checkbox"/> 토론표 <input checked="" type="checkbox"/> 발표 <input type="checkbox"/> 기타
타자주 도	<input checked="" type="checkbox"/> 설명 <input type="checkbox"/> 시범 <input type="checkbox"/> 연습 <input checked="" type="checkbox"/> 발문 <input type="checkbox"/> 단서 <input checked="" type="checkbox"/> 매체 <input type="checkbox"/> 기타
<p>■ 자기주도는 관찰(교사의 게임규칙 설명과 교재내용을 관찰하여 게임방법 관찰하기), 추론(숫자맞추기 게임에서 현재 자신의 카드와 펼쳐진 카드를 통해 상대방의 카드를 추론하기), 조작(숫자카드와 양자카드의 조작을 통해 2진수와 양자비트의 원리 이해하기), 발표하기전략이 사용된다.</p> <p>■ 타자주도는 교사의 시청각 자료의 매체 투입과, 설명, 발문을 통한 각 수업 단계별 이해를 높이는 활동, 학생들끼리의 발문과 설명, 시범을 통한 발문을 사용한다.</p>	

2. 게임으로 알아보는 양자비트

학습목표

- 일반컴퓨터는 한 번에 한가지의 정보만을 전달한다는 것을 알 수 있다
- 양자컴퓨터는 양자비트를 이용하여 한번에 다양한 정보를 전달할 수 있다는 것을 알 수 있다.

준비물

[교사] 교사용교재

[학생] 학생용교재, 부록 숫자게임카드, 부록 양자카드

학습구조

단계	내용
도입	• 컴퓨터가 사용하는 2진수 상기하기
전개	• 숫자게임해보기 • 양자카드와 함께 숫자게임해보기 • 양자카드를 사용하기 전후의 숫자게임 비교해보기
정리	정리 및 평가

평가계획


연번	평가내용	시기	방법
1	게임을 통해 양자비트에 대하여 이해하는가?	수업 후	교재
2	게임이 규칙에 알맞게 모듈워드들과 게임에 임하는가?	수업 중	관찰 평가

- 생각다지기
 - 지난 시간에 배운 컴퓨터의 정보 표현방식인 2진수에 대한 이야기를 하도록 한다.
 - 하지만 미래의 컴퓨터인 양자 컴퓨터는 2진수 말고 다른 방식으로 정보를 표현할 수 있다.(양자비트) 미래의 컴퓨터인 양자컴퓨터에 대하여 알아보기로 하며 수업에 들어가도록 한다.

- 숫자게임 규칙알아보기
 - 숫자게임에는 총 숫자카드 24장 조커카드 2장의 카드가 활용된다. 그리고 카드는 다시 흰색과 검정색 두 분류로 나뉜다.
 - 부록에 있는 숫자카드와 게임판, 카드꽂이를 활용하여 게임을 진행하도록 한다.

※ 처음부터 조커카드를 이용하여 게임을 진행하면 게임을 익히기가 어려우므로 먼저 조커카드 없이 게임을 진행하는 것을 추천함.

- 게임을 시작하면 카드를 섞고 24장의 숫자카드 중 4장씩을 가져갑니다. 이때 절대로 서로의 숫자를 봐서는 안된다.



2 차 시 게임으로 알아보는 양자비트

생각 다지기

※ 지난 시간에는 컴퓨터가 정보를 0과 1로만 표현한다는 것을 알아보았습니다. 그런데 만약 0과 1이외의 숫자나 정보도 표현한다면 어떻게 될까요? 미래의 기술인 양자비트를 게임을 통해 알아보시다.

1. 숫자 맞추기 게임을 해 봅시다
 ◇ 준비물 : 숫자 맞추기 게임 카드
 - 숫자카드 × 24 : 숫자 0부터 11까지 각각 하나씩 적혀있는 흰색과 검은색 카드 각각 두 장씩

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- 조커카드 × 2 : 숫자가 없는 카드 흰색과 검은색 한 장씩
(백서 해도 됩니다. 섞을 경우 난이도 상승)

① 각자 조커카드를 뺀 나머지 카드를 잘 섞고 4장씩 가져오고 자신만 봅니다.
(4명이 게임을 할 경우에는 3장씩만)

② 받은 카드는 왼쪽에 가장 작은 숫자를 놓고 오른쪽으로 갈수록 큰 숫자를 놓습니다.
(같은 숫자라면 검은색이 왼쪽, 조커는 놓고 싶은 곳에 놓습니다.)

12

- 4명이 게임을 진행할 경우에는 3장씩 가져가는 것이 좋다.
- 가져간 숫자카드는 카드꽂이에 꽂고 크기 순으로 정리합니다. 가장 작은 숫자는 왼쪽에 놓고 오른쪽으로 갈수록 큰 숫자를 놓는다.
- 조커를 사용한 경우에는 조커카드는 놓고 싶은 자리에 놓는다.

7
4
1
11
-
1
4
7
11

③ 가위, 바위, 보를 하고 이긴 사람의 오른쪽으로 순서가 돌아갑니다.
 ④ 자기 차례에서는 뒤집혀있는 카드 중 한 장을 가져와서 가장 오른쪽에 뒤집어 놓습니다.
 ⑤ 상대방의 뒤집혀진 카드를 가리키며 그 카드에 어떤 숫자가 적혀있는지 맞춥니다. (조커카드를 섞은 경우에는 조커카드라고 말해야 합니다.)
 ⑥ 카드의 숫자가 맞으면 상대방은 그 카드를 펼쳐놓습니다.
 ⑦ 카드를 맞춘 사람은 계속해서 상대방들의 카드를 추리해도 되고 순서를 넘겨도 괜찮습니다.
 ⑧ 순서를 넘길 때에는 자기 차례가 될 때 가져온 카드를 펼칩니다.
 ⑨ 자신의 카드는 지키면서 상대방들의 카드 번호를 모두 펼쳐서 맞히면 승리합니다.

2. 게임을 2번 진행하고 난 뒤 물음에 답하여봅시다.

1) 상대방의 숫자를 맞추기 위해서는 무엇이 필요한가요?

개

2) 상대방에서 한 번에 얻을 수 있는 정보는 몇 개 인가요?

개

13

- 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 있습니다.
- 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 비교하기
 - 상대방의 숫자를 맞추기 위해서 숫자를 물어보는 방식에서 얻을 수 있는 정보는 Yes, No 두 가지입니다. 컴퓨터가 인식하거나 표현하는 2진수의 표현 방식도 0, 1로 두 가지뿐 없다는 것과 같은 원리이다.

• 양자카드와 함께하는 숫자게임 진행하기

- 부록에 있는 양자카드 6장을 추가로 넣어 게임을 진행한다.
- 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 카드를 가리킬 수 있다.
- 학생들에게 각 카드의 사용법을 충분히 전달한 후 게임을 진행하도록 한다.

3. 양자카드와 함께하는 숫자 맞추기 게임

- 기본 게임 방법은 숫자 맞추기 게임과 같습니다.
- 이번 게임에서는 양자카드라는 특수 능력카드 6장이 추가됩니다.
- 양자카드의 능력은 아래와 같습니다.

<p>- 더블 캐스팅 - 숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>	<p>- 더블 캐스팅 - 숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>	<p>- 트리플 캐스팅 - 숫자 3개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>
<p>- 1타 2피 - 숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다</p>	<p>- 1타 2피 - 숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다</p>	<p>- 1타 3피 - 숫자 1개를 가지고 3장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 3장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다</p>

- 양자카드는 바닥에 있는 다른 카드와 섞어서 사용합니다. 자기 차례에서 양자카드가 나오면 특수 능력을 발휘할 수 있습니다.

14

4. 양자카드와 함께 숫자 맞추기 게임을 진행한 뒤 물음에 답하여 봅시다.

1) 양자카드를 사용했을 때에는 얻을 수 있는 정보가 몇 개가 되었나요?

개

2) 양자카드를 이용해서 게임을 할 때와 이용하지 않을 때의 차이점에는 어떤 점이 있었나요?

5. 양자카드의 정체는?

일반 컴퓨터는 한 번에 0 또는 1이라는 정보만 전달할 수 있습니다. 우리가 처음 했던 양자카드가 없던 게임과 마찬가지로. 하지만 양자컴퓨터는 0 또는 1 이외에 여러 가지 정보를 한 번에 전달할 수 있다고 합니다. 다시 말하면 일반 컴퓨터가 0이나 1이라고 정보를 전달할 때 양자컴퓨터는 0, 1, 2, 3 ... 1,000,000 중 하나를 전달할 수 있다는 것입니다.

우리가 게임을 더 빨리 끝낼 수 있거나, 더 많은 정보를 한 번에 얻을 수 있게 해준 양자카드와 같은 녀석이 **양자 컴퓨터에서는 가장 핵심기술인 양자비트**입니다. 다른 말로는 전자스핀, Q비트라고도 부릅니다.

이 양자비트가 한 번에 여러 가지 정보를 전달하면서 양자컴퓨터는 일반컴퓨터, 슈퍼컴퓨터와 다르게 엄청난 속도를 발휘한다고 합니다.

15

- 양자카드의 의미 알아보기
- 양자카드를 활용한 경우 한 번에 2개 이상의 정보를 가져올 수 있었다.
- 이는 컴퓨터가 한 번에 0 또는 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.

읽을거리 : 최초의 양자 컴퓨터 D-Wave

2013년 7월 구글과 NASA는 세계 최초의 공인 양자컴퓨터 'D-WAVE 2'를 확보했다고 공식 발표하고 양자컴퓨터를 이용해 외계인 연구나 인공지능 역할을 할 거대한 검색엔진 연구에 나설 예정이라고 밝혔다. 이 양자컴퓨터는 '512큐비트 베수비우스' 칩으로 연말까지 미 항공우주국(NASA) 에임스센터 우주연구협회센터 안에 설치된다. 전세계 물리학자들은 양자컴퓨터가 열어줄 세상에 이목을 집중하고 있다. 엄청나게 빠른 속도로 계산하는 양자컴퓨터를 활용하면 기상이변, 우주 현상, 유전정보 등을 훨씬 빠르게 분석할 수 있기 때문이다. 구글은 양자컴퓨터를 활용한 인공지능 검색엔진을 만들겠다고 공언했다. 양자컴퓨터가 무엇이기에 과학자들의 기대를 한 몸에 받고 있는 것일까?

〈세상에서 가장 빠른 컴퓨터〉

양자컴퓨터란 한 마디로 양자역학의 원리를 이용한 컴퓨터다. 양자컴퓨터는 종전의 컴퓨터와 달리 1개의 처리장치로 수많은 계산을 동시에 처리할 수 있어, 정보처리량과 속도에서 월등히 앞선다. 양자컴퓨터가 실용화되면 지금의 슈퍼컴퓨터가 150년에 걸쳐 계산해야 할 것을 4분 만에 끝낼 수 있게 된다.

암호해독은 전쟁이 발발했을 때 나라를 지키기 위한 중요한 열쇠였다. 과거에는 사람이 수학 지식을 동원해 암호를 직접 풀어냈다. 하지만 암호 기술이 발전하면서 더 이상 사람의 머리로 암호를 푸는 데는 한계가 왔다. 이 때문에 컴퓨터를 암호해독에 활용하기 위한 연구가 시작됐는데, 이것이 바로 양자컴퓨터의 출발이었다.

양자컴퓨터라는 개념은 1982년 미국의 이론 물리학자 리처드 파인만이 처음 만들었고 1985년에는 영국 옥스퍼드 대학의 데이비드 도이치가 구체적인 양자컴퓨터의 개념을 정리했다. 그 뒤 1994년 미국 벨전화연구소의 피터 쇼어가 커다란 수의 소인수 분해 알고리즘을 발견했다. 이 연구를 활용해 1997년, IBM의 아이작 추앙이 2비트 양자컴퓨터를 처음 만들었다. 1999년에는 일본의 NEC가 양자컴퓨터용 고체 회로 소자 개발에 성공했으며, 2003년에는 일본 NEC와 이화학연구소가 공동으로 양자 비트 2개를 결합한 고체 논리 연산회로로 동작하는 양자컴퓨터 제작에 성공했다.

한국도 양자컴퓨터 관련 기술을 보유하고 있다. 국내에선 2001년 한국과학기술원(KAIST) 연구팀이 병렬 처리 3비트 양자컴퓨터 개발에 성공했다. 2010년에는 양자컴

퓨터의 핵심 기술을 세계 최초로 개발해 화제를 모으기도 했다. 당시 KAIST 연구팀은 양자컴퓨터를 만드는 데 필요한 전자스핀 수명을 종전 대비 100만배나 늘렸다. 전자스핀은 양자컴퓨터의 기본 연산자 역할을 한다. 전자스핀 수명이 길면 길수록 양자컴퓨터 개발이 쉬워진다.

<연산 처리에 '비트'가 아닌 'Q비트'을 활용>

기존 컴퓨터는 0과1로 표시되는 2진법 논리를 사용한다. 우리가 쓰는 데스크톱PC는 스위치를 켜거나(1) 끄는(0) 방식으로 2진법을 구현한다. 0과1이라는 정보를 활용해 각종 계산 작업이 이뤄진다는 얘기다. 한 비트에 하나의 정보가 저장되니, 천 개의 정보를 저장하려면 최소한 천 비트, 만 개의 정보를 저장하려면 최소 만 비트가 필요하다.

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터와 전혀 다른 원리를 이용한다. 양자역학에서는 다른 상태가 가능한 입자의 상태는 '가능한 여러 가지 상태의 중첩'으로 나타낼 수 있다. 이를 응용한 게 바로 양자컴퓨터다. 양자컴퓨터는 2진법이 아닌 '큐비트(qubit, 큐비트)'이라 부르는 양자 비트 하나로 0과 1의 두 상태를 동시에 표시할 수 있다. 큐비트 2개로는 00.01.10.11의 2²=4개의 상태를 동시에 표현할 수 있다. 큐비트 n개로는 2의 n제곱 만큼의 상태를 표현하는 게 가능하다. 큐비트 수가 늘어날수록 처리 가능한 정보량도 기하급수적으로 늘어난다. 더 놀라운 점은 양자컴퓨터가 어떤 연산을 하면 중첩된 상태는 모두 한꺼번에 독립적으로 연산이 된다는 것이다.

기존 컴퓨터도 연산을 빠르게 하게 하기 위해서 병렬처리라는 방법을 써서 연산을 한다. 양자컴퓨터에서 중첩된 상태가 한꺼번에 연산되는 것은 기존 컴퓨터의 병렬처리와 비슷한 면이 있다. 하지만 그 차원이 다르다. 예를 들어 기존 컴퓨터가 10비트의 연산을 하고 싶다면 1개의 연산장치가 10번의 연산을 하던지, 10개의 연산장치를 동원해서 병렬처리를 해야 한다. 그러나 양자컴퓨터가 10개의 큐비트를 쓴다면 한꺼번에 10개의 연산이 되는 것이 아니라, 2¹⁰개 즉, 1024개의 연산이 된다.

출처 : 네이버캐스트

(http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=122&contents_id=31579)

진로자료 : 양자컴퓨터 전문가

물리학 이론 증명, 전자기장 연구... 양자 컴퓨터 개발해 다양한 문제 해결
양자 컴퓨터는 원자 이하의 차원에서 입자의 움직임에 기반을 두고 계산이 수행되는 컴퓨터예요. 이야기만 들어도 엄청나게 일 처리가 빠르다는 것을 알 수 있을 거예요. 이러한 컴퓨터가 개발되면 어떻게 될까요?

양자 컴퓨터는 동시에 여러 가지 생각을 할 수 있으며, 빠르게 연산할 수 있는 능력을 갖추고 있어요. 양자 컴퓨터 전문가는 양자 컴퓨터를 개발해 그동안 풀리지 않았던 물리학 이론 문제를 해결할 수 있어요. 또 양자 컴퓨터가 가진 전자기장이나 물리적 움직임 또는 작은 방전에 영향을 받는 장애를 극복하는 연구를 하며, 상당 시간 동안 반응하는 입자를 얻기 위한 연구도 진행할 거예요.

양자 컴퓨터 전문가가 되기 위해서는 전기공학, 전자공학, 원자력공학, 통신공학 등을 전공해야 하며, 문제 해결을 위한 분석적 사고 능력과 새로운 기술을 제품으로 만들 수 있는 창의력이 필요해요. 원만한 인간 관계와 정밀 부품을 다루기 때문에 꼼꼼한 성격을 가진 사람에게 적합해요.

- ⇒ 활동 분야: 기업, 연구소
- ⇒ 임금 수준: 높음
- ⇒ 업무 환경: 매우 안전
- ⇒ 전망: 매우 좋음

출처 : 소년조선일보(2015.9.23.)

차세대컴퓨터 전문가 되기

영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴퓨터

주제 3 : 양자컴퓨터와 우리의 미래

양자컴퓨터를 이용한 우리의 미래는 어떻게 될까?

- 양자카드2와 함께하는 숫자유희기 게임
- 양자컴퓨터와 함께하는 우리의 미래의 모습 생각해보기

19

배움전략

자기주도	<input checked="" type="checkbox"/> 관찰 <input checked="" type="checkbox"/> 추론 <input checked="" type="checkbox"/> 조작 <input type="checkbox"/> 요약 <input checked="" type="checkbox"/> 토론 <input checked="" type="checkbox"/> 발표 <input type="checkbox"/> 기타
타자주도	<input checked="" type="checkbox"/> 설명 <input type="checkbox"/> 시범 <input type="checkbox"/> 연습 <input checked="" type="checkbox"/> 발문 <input type="checkbox"/> 단서 <input checked="" type="checkbox"/> 매체 <input type="checkbox"/> 기타
<p>■ 자기주도는 관찰(추가카드를 활용하는 방법을 관찰하여 게임하기), 추론(복잡해서 게임의 원리를 파악하여 상대방의 카드를 적절하게 예측하기), 조작(부록카드들을 조작하며 양자컴퓨터의 문제점과 필요한 준비에 대하여 이해하기) 발표 전략이 사용된다.</p> <p>■ 타자주도는 교사의 시청각 자료의 매체 투입과, 설명, 발문을 통한 각 수업 단계별 이해를 높이는 활동, 학생들끼리의 발문과 설명, 시범을 통한 발문을 사용한다.</p>	

3. 양자컴퓨터와 우리의 미래

학습목표

- 양자컴퓨터의 장단점을 알 수 있다
- 양자컴퓨터가 활용되는 미래의 모습을 상상해볼 수 있다.

준비물

[교사] 교사용교재
[학생] 학생용교재, 부록 숫자카드, 부록양자카드, 부록 추가타드

학습구조

단계	내용
도입	• 양자비트 복습하기
전개	• 숫자게임 추가카드 알아보기 • 추가 카드를 가지고 게임하기 • 양자컴퓨터와 미래에 대하여 마인드맵하기
정리	정리 및 평가

평가계획

연번	평가내용	시기	방법
1	추가타드를 이용한 숫자게임에서 양자컴퓨터로 생길 수 있는 문제점을 알 수 있는가?	활동중	교재
2	양자컴퓨터를 활용한 미래 모습과 어떻게 활용할 것이지에 대한 생각을 마인드맵으로 정리할 수 있는가?	활동후	교재



3 차 시 양자컴퓨터와 우리의 미래

생각 다지기

1. 앞에서 했던 양자카드에 이번에는 다른 추가카드를 함께 넣어 게임을 해봅시다.

- 기본 게임 방법은 숫자 맞추기 게임과 같습니다.
- 이번 게임에서는 양자카드에 아래 4장의 카드가 추가됩니다.
- 아래 카드는 카드를 얻은 경우 가지고 있다가 상대방이 양자카드를 사용한 경우에 발동할 수 있는 카드입니다.
- 추가카드의 능력은 아래와 같습니다.

<p>- 방어카드 - 가지고 있다가 상대방의 양자카드를 방어할 수 있습니다.</p>	<p>- 방어카드 - 가지고 있다가 상대방의 양자카드를 방어할 수 있습니다.</p>
<p>- 혼란카드 - 상대방이 양자카드를 사용한 경우 진실을 이야기하지 않을 수 있습니다.</p>	<p>- 혼란카드 - 상대방이 양자카드를 사용한 경우 진실을 이야기하지 않을 수 있습니다.</p>

20

2. 추가 카드의 게임을 한 뒤 물음에 답하여 봅시다.

1) 추가 카드를 사용한 게임은 일반 게임이나 양자카드를 추가했을 때와 어떤 다른 점이 있었나요?

2) 방어카드의 숫자를 지켜주었습니다. 평소엔 인터넷이나 컴퓨터에서 자신의 정보를 보호하기 위해서 사용하는 것에는 어떤 것들이 있을까요?

3) 여러분은 평소엔 컴퓨터나 인터넷을 사용할 때 비밀번호를 사용할 겁니다. 그 비밀번호는 안전한가요? 한번 안전하지 확인해봅시다.



<https://howsecureismypassword.net/>

위 사이트를 접속하여 자신의 비밀번호를 입력하면 그 비밀번호를 해킹하는데 걸리는 시간이 표시됩니다.

- 위 사이트를 활용하면 특수문자, 숫자, 영소문자, 영대문자가 섞여있지 않은 암호의 경우 대부분 1주일내로 모두 해킹당할 수 있는 위험을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

- 추가카드의 의미 알아보기
- 추가카드를 활용했을 때의 게임이 달라진 점에 대하여 학생들과 이야기해본다.
- 학생들과 보안과 암호의 중요성에 대하여 이야기 하기 위해 암호의 강도를 확인할 수 있는 howsecureismypassword.net 사이트를 활용하여 이야기를 해보도록 한다.

- 일반컴퓨터의 경우 1주일이 걸린다면 양자컴퓨터의 경우에는 1시간 또는 10분의 시간도 걸리지 않을 것임을 학생들에게 이야기하고 양자컴퓨터가 생겨난 미래에는 어떻게 준비해야 할지에 대하여 이야기 해보도록 한다.
- 양자컴퓨터가 만들어지면서 가장 문제가 되고 있는 분야는 바로 암호와 보안이다.
- 현재의 기술로는 긴 시간이 걸려야 풀 수 있는 암호와 보안이 양자컴퓨터를 이용하여 짧은 시간에 풀리기 때문에 양자컴퓨터에 의한 해킹의 위협을 방지하기 위해 양자암호라는 분야가 생겨났다.
- 추가카드의 방어카드는 미래의 보안을 위한 양자암호를 상징하는 카드이다.
- 양자컴퓨터는 양자라는 아주 작은 입자를 이용하는 기술로 매우 세밀하고 조심스러운 분야이다.

4) 위 사이트의 결과는 일반컴퓨터로 해킹을 했을 경우입니다. 그렇다면 미래의 양자컴퓨터가 해킹에 사용된다면 어떻게 될까요? 우리의 중요한 정보를 보호하기 위해서는 어떻게 해야 할까요?

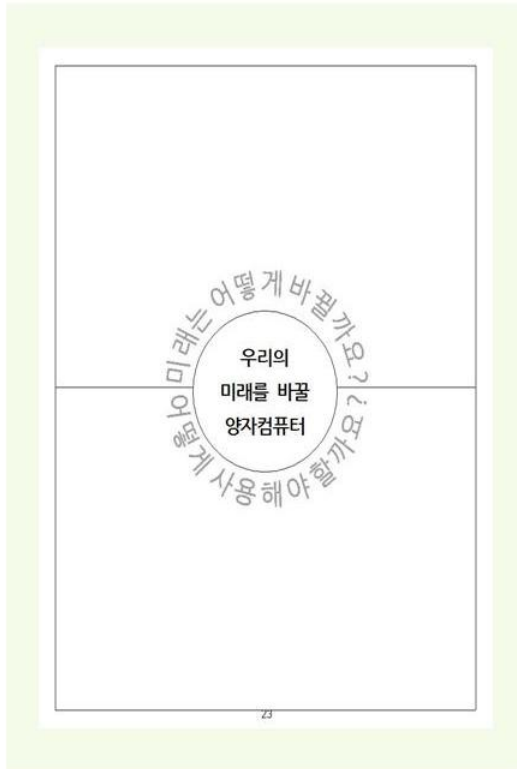
5) 컴퓨터를 하다가 혼란카드와 같이 제대로 작동하지 않은 경험에 있다면 적어봅시다.

양자컴퓨터의 핵심기술인 Q비트는 아주 적은 입자인 양자를 다루어야하기 때문에 굉장히 다루기 힘들다고 합니다. 조금이라도 온도가 떨어지거나 흔들리게 된다면 Q비트에 이상이 생겨서 영동한 정보가 전달되어 버린다고 합니다. 마치 혼란카드와 같습니다.

생각 되돌아보기

3. 미래의 양자 컴퓨터는 엄청난 속도와 능력을 가지고 있습니다. 이 컴퓨터를 사용하면 현재에는 상상하지도 못한 많은 일들을 할 수 있을 것입니다. 하지만 우리의 암호를 해킹하는 것에 사용되는 것과 마찬가지로 좋지 못한 곳에 사용된다면 너무나 무서운 미래가 되기도 하겠죠. 미래에 사용하는 양자컴퓨터는 어떤 미래를 여러분에게 가져다 줄까요? 그리고 어떻게 사용해야 올바르게 사용할 수 있을까요? 다음 장에 마인드맵으로 표현해주세요

- 양자를 다루는 조건이 까다로와 현재의 양자컴퓨터의 크기는 양자를 안정화하는데 초점을 맞추고 있다. 양자가 조금이라도 흐트러지면 정보가 바뀌어버리기 때문이다. 혼란카드는 양자를 잘못 다뤘을 때 생길 수 있는 문제를 상징한다.
- 학생들과 양자컴퓨터로 생길 수 있는 미래의 문제점과 양자컴퓨터의 아직 부족한 점에 대하여 추가카드와 함께 이야기를 나누어보도록 한다.



- 양자컴퓨터와 미래
 - 양자컴퓨터가 미래에 사용되면서 현재와 어떤 점이 달라질지 미래에 달라진 사회의 모습을 상상하여 마인드맵 해보도록 한다
 - 혁신적이고 유용한 양자컴퓨터는 자칫 잘못하면 위험을 불러올 수도 있는 무서운 기술이기도 하다. 이러한 기술을 어떻게 사용해야 할 것인지에 대하여 마인드맵 해보도록 한다.

국내 이동통신회사, '양자암호통신' 美 국회의사당 시연

현존하는 암호화 기술 중 가장 보안이 뛰어나다고 평가 받는 '양자암호통신' 기술 관련 세계 각국의 연구개발 경쟁이 치열한 가운데, SK텔레콤이 정보보안의 심장부라 할 수 있는 미국의 국회의사당에서 기술 시연회를 개최하는 성과를 올렸다.

SK텔레콤은 美 워싱턴 D.C. 국회의사당 內 의원회관에서 美 국회의원, 정부기관 관계자, 언론을 대상으로 차세대 통신보안기술인 '양자암호통신' 시스템을 전시하고 도감청 실시간 탐지 등 핵심기능을 시연했다.

'양자암호통신' 기술은 현존하는 가장 완벽한 통신 보안 기술로 '불확정성'과 '비복제성'이라는 양자역학 원리를 활용해 전송중인 데이터 해킹을 원천 차단한다. 이 기술이 적용되면 국방 행정 등 주요 정보가 오가는 국가기간망이나 금융망, 의료망 등 다양한 산업 보안 분야에 신기원이 마련될 것으로 전망된다.

보안 기술 선진국인 미국은 기존 암호체계를 대신할 차세대 암호체계로 양자암호통신 시스템 도입을 적극 검토하고 있으며, 관련 기술 연구개발에 박차를 가하고 있다. SK텔레콤은 이번 시연에서 '양자암호통신' 기술 선진국 수준에 비해서도 손색 없는 기술력을 선보여 호응을 받았다.

이번 시연은 美 하원 군사위원회 소속 조 윌슨(Joe Wilson, 공화당), 월터 존스(Walter Jones, 공화당) 의원과 하원 예결위원회 소속인 로버트 애더홀트(Robert Aderholt, 공화당) 의원의 초청으로 성사됐으며, 美 국방부, 에너지부, 교통부 등 다양한 분야의 정부기관 관계자가 참석해 양자암호통신 기술에 대한 현지의 높은 관심을 표명했다.

시연회에 참가한 조 윌슨 의원은 "기술이 발전 할수록 사이버보안이 어느 때보다 중요한 시대에 SK텔레콤의 양자암호화 기술에 대해 많이 배워서 영광"이라며, "SK텔레콤이 하는 일은 세상에 변화를 주는 중요한 일"이라고 설명했다.

아울러 조 윌슨 의원은 "한국과 미국 같은 동맹적인 관계에서, 양자암호통신을 통한 사이버보안 관련 기술 협력을 할 수 있으면 좋겠다"고 덧붙였다.

또한, 이날 SK텔레콤은 커넥티드카 및 자율주행자동차 관련 연구기관인 美

‘ITIC(International Transportation Innovation Center)’와 양자암호통신 기술 개발 협력을 위한 양해각서를 체결하고, 자동차 해킹방지 기술 개발 및 표준화에 협력하기로 합의했다.

현재 커넥티드카를 비롯한 각종 ICT 시스템의 보안 체계에는 일정한 패턴이 존재하기 때문에, 슈퍼 컴퓨터를 보유한 해커가 패턴을 판독하면 암호를 해독할 수 있는 가능성이 존재한다.

SK텔레콤은 현재 개발 중인 양자암호통신 시스템이 도입되면 이러한 문제점이 해결될 것으로 기대하고 있으며, 올해 초부터 스위스 제네바 대학 및 관련 분야 선도 기업인 ‘IDQ’사와 공동 프로젝트를 통해 연구개발에 박차를 가하고 있다.

최진성 SK텔레콤 종합기술원장은 “지난 MWC에 이은 이번 미국 국회의사당 시연은 SK텔레콤의 양자암호통신 기술력을 세계적으로 인정받은 결과”라며, “SK텔레콤은 양자암호통신을 통해 기존 보안 체계 패러다임을 혁신하고, 국방 행정 전력 의료 등 국내외 주요 기간망의 보안성을 획기적으로 향상시킬 것이다”고 밝혔다.

한편, SK텔레콤은 2011년 양자암호통신 기술 연구개발에 착수했으며, 현재 핵심 기술로 꼽히는 ‘단일광자검출기술’, ‘간섭계기술’, ‘후처리기술’ 등을 확보한 상태이다. SK텔레콤은 선도적인 기술력을 인정받아 2013년부터 국내 산학연 20여 개 기관이 모여 발족한 ‘양자정보통신연구조합’의 의장을 맡고 있다.

출처 : 브레이크뉴스(2015.9.10.)

8. 참고자료

영화 '매트릭스' 스미스 요원처럼... 공간이동이 현실로?

한·일연구팀, 기술 업그레이드... 이동 중 소멸 정보를 미리 증폭
레이저 빛의 90% 이상 유지

세로 하나에도 엄청난 정보 담긴 사람의 순간이동은 거의 불가능

"수천~수십만년 이상 걸릴 것"

몸이 열 개라도 모자라겠다 싶을 때가 있다. 내가 필요한 곳마다 순간적으로 이동해 찾아가고, 나 대신 내 일을 싹 마무리해주는 또 다른 내가 있다면 얼마나 좋을까. 많은 사람들이 이런 생각 한 번쯤은 해봤을 게다.

이론적으로는 전혀 불가능하지 않다. 이미 물리학자들이 공간 이동과 원격 복제 기술의 가능성을 증명해 보였다. 다만 실제 사람에게 적용될 수 있을지는 미지수다. 과학에게도 사람은, 너무나 복잡한 존재이기 때문이다.

정보 손상 거의 없이 순간이동

최근 우리나라와 일본 국제공동연구팀이 공간이동 기술을 한층 업그레이드했다. 실험실 한 쪽에서 만든 레이저 빛을 다른 한 쪽으로 수초 만에 90% 이상 동일한 상태로 이동시키는 데 성공한 것이다. 10여 년 전부터 국내외에서 시도돼 온 여러 공간이동 실험에서 모두 이동 후의 상태가 이동 전에 비해 크게 손상된 걸 감안하면 획기적인 기술 진보다. 이번 연구에 초기 아이디어를 낸 서울대 물리천문학부 정현석 교수는 "좀 더 효율적, 안정적이고 신뢰도 높은 텔레포테이션(Teleportation)을 가능하게 할 새로운 방법을 제안하고 실험으로 확인한 것"이라고 의미를 설명했다.

텔레포테이션은 말 그대로 물체를 한 장소에서 멀리 떨어진 다른 장소로 이동시키는 것이다. 물리학에서 원격이동은 양자 상태로 존재할 수 있는 대상일 때 가능하다. 양자 상태는 사람의 눈에 보이는 거시 세계에는 없다. 광자나 전자, 원자 등 미세 세계의 아주 작은 물질들이 이런 상태로 존재할 수 있다.

양자 상태의 두 물질은 거리가 떨어져 있어도 서로 연결되는 게 가능하다(얽힘). 이렇게 얽혀 있을 때는 한 쪽에서 어떤 변화가 일어나면 다른 쪽에도 영향을 미친다. 돌이면서도 하나인 상태라는 애기다. 몸은 떨어져 있으면서도 마음은 통하는 연인 사이처럼 말이다.

양자 상태일 때 한 쪽 물질을 낱알이 분해해 얼마나 많은 입자로 구성돼 있는지, 각 구성 입자가 어느 위치에 존재하는지, 입자들 간 어떤 작용이 일어나는지 같은 다양한 정보를 추출한 다음 이를 컴퓨터와 케이블 등을 통해 원하는 장소로 전송하는 게 바로 텔레포테이션 기술이다. 정보를 받은 장소에선 그 정보를 바탕으로 물질을 다시 조립해 원래와 같은 상태로 만들어낸다. 분해부터 조립까지

의 과정은 빛의 속도에 가까울 만큼 빠르다. 이렇게 해서 한 물질이 다른 장소로 순간적으로 이동하게 되는 것이다. 광자(빛 알갱이) 하나라면 현재 기술로는 100km 떨어진 거리도 순간이동이 가능하다.

문제는 이동 후의 상태다. 이동하는 동안 많은 정보가 파괴되고 손실되는 탓에 이동 전과 100% 똑같은 수가 없다. 원래 상태와 최대한 가깝게 공간이동된 상태로 만들려면 이동 후 다시 양자 정보를 증폭시켜야 한다.

이런 비효율성을 해결하기 위해 정 교수는 레이저가 이동하는 도중에 빛의 세기가 강한 부분의 정보를 미리 증폭시키자는 아이디어를 냈다. 그리고 일본 국립정보통신기술연구소(NICT) 연구팀과 함께 이렇게 증폭된 빛을 수신한 뒤 적절하게 필터링한 결과 원래와 거의 같은 레이저가 만들어진다는 것을 확인했다. 정보의 손상을 최소화하면서 공간이동이 가능함을 증명한 것이다. 이 실험 결과는 광학 분야 국제학술지 <네이처 포토닉스> 12일자에 실렸다.

양자컴퓨터가 더 현실적

사람도 세포와 분자, 원자 등 미시 세계의 입자로 이뤄져 있으니 이론적으로는 텔레포테이션이 가능할 것 같다. 영화 '매트릭스'의 스미스(휴고 위빙) 요원이 주인공 네오(키아누 리브스)와 싸울 때마다 선보였던 순간이동도 현실화할 수 있을 듯하다. 하지만 사람은 거의 불가능할 거라는 게 대다수 물리학자들의 견해다. 정 교수는 "세포 하나에도 엄청난 양의 정보가 담겨 있기 때문에 사람을 텔레포테이션 시키려면 아마 수천~수십만 년은 걸릴 것"이라고 예상했다.

'매트릭스'에서 스미스 요원이 펼친 현란한 기술에는 텔레포테이션뿐 아니라 텔레클로닝(Telecloning)도 필요하다. 공간이동을 하면서 동시에 원격으로 자기 자신을 계속 복제(클로닝)해내기 때문이다. 빛을 이용한 텔레클로닝도 현실에서 이미 성공했다. 그러나 정 교수는 "텔레포테이션은 이론적으로 원래 상태와 똑같이 이동시킬 수 있지만, 텔레클로닝에선 양자역학적으로 완벽한 복제가 근본적으로 불가능하다"고 말했다. 스미스가 여기저기에 여러 명 만들어지더라도 원래보다 여딘가 모자란 스미스가 될 거라는 소리다.

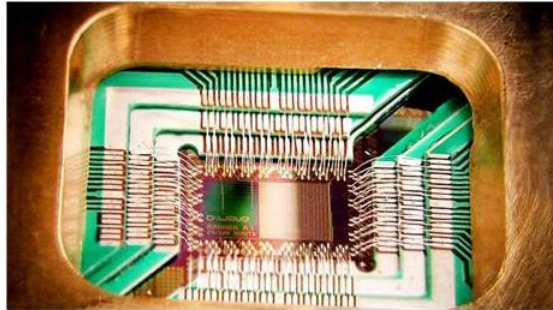
사람 원격이동보다 좀 더 현실적인 게 양자컴퓨터다. 이미 군사용 등 특수한 목적으로 양자 상태의 얽힘을 응용해 만든 간단한 양자컴퓨터가 쓰이기 시작했다. 보통 컴퓨터가 0 아니면 1의 두 가지 전기신호로 작동하는 데 비해 양자컴퓨터는 복잡한 양자 상태를 중첩시켜 정보를 처리하기 때문에 기존 컴퓨터로는 어려운 난해한 암호 해독이나 방대한 데이터 검색이 가능하다. 정 교수는 "양자컴퓨터가 기존 컴퓨터를 대체할 만큼 보편적으로 상용화하기를 기대하긴 어렵지만, 복잡한 물리 현상의 시뮬레이션 등에 활용되는 방향으로 발전할 것"이라고 내다봤다.

임소형기자 precare@hk.co.kr
한국일보 2013-05-20

양자역학 원리를 컴퓨터에 녹인다. 양자컴퓨터 상용화되다

2013년 7월 구글과 NASA는 세계 최초의 공인 양자컴퓨터 'D-WAVE 2'를 확보했다고 공식 발표하고 양자컴퓨터를 이용해 외계인 연구나 인공지능 역할을 할 거대한 검색엔진 연구에 나설 예정이라고 밝혔다. 이 양자컴퓨터는 '512큐비트 베투비우스' 칩으로 연말까지 미 항공우주국(NASA) 에임스센터 우주연구협회센터 안에 설치된다.

전세계 물리학자들은 양자컴퓨터가 열어줄 세상에 이목을 집중하고 있다. 엄청나게 빠른 속도로 계산하는 양자컴퓨터를 활용하면 기상이변, 우주 현상, 유전정보 등을 훨씬 빠르게 분석할 수 있기 때문이다. 구글은 양자컴퓨터를 활용한 인공지능 검색엔진을 만들겠다고 공언했다. 양자컴퓨터가 무엇 이기에 과학자들의 기대를 한 몸에 받고 있는 것일까.



양자컴퓨터 안에 쓰이는 칩. 지금 보이는 칩은 1초에 128큐비트를 처리한다.

세상에서 가장 빠른 컴퓨터

양자컴퓨터란 한 마디로 양자역학의 원리를 이용한 컴퓨터다. 양자컴퓨터는 중전의 컴퓨터와 달리 1개의 처리장치로 수많은 계산을 동시에 처리할 수 있어, 정보처리량과 속도에서 월등히 앞선다. 양자컴퓨터가 실용화되면 지금의 슈퍼컴퓨터가 150년에 걸쳐 계산해야 할 것을 4분 만에 끝낼 수 있게 된다.

암호해독은 전쟁이 발발했을 때 나라를 지키기 위한 중요한 열쇠였다. 과거에는 사람이 수학 지식을 동원해 암호를 직접 풀어냈다. 하지만 암호 기술이 발전하면서 더 이상 사람의 머리로 암호를 푸는 데는 한계가 왔다. 이 때문에 컴퓨터를 암호해독에 활용하기 위한 연구가 시작됐는데, 이것이 바로 양자컴퓨터의 출발이었다.

양자컴퓨터라는 개념은 1982년 미국의 이론 물리학자 리처드 파인만이 처음 만들었고 1985년에는

영국 옥스퍼드 대학의 데이비드 도이치가 구체적인 양자컴퓨터의 개념을 정리했다. 그 뒤 1994년 미국 벨전화연구소의 피터 쇼어가 커다란 수의 소인수분해 알고리즘을 발견했다. 이 연구를 활용해 1997년, IBM의 아이작 추앙이 2비트 양자컴퓨터를 처음 만들었다. 1999년에는 일본의 NEC가 양자 컴퓨터용 고체 회로 소자 개발에 성공했으며, 2003년에는 일본 NEC와 이화학연구소가 공동으로 양자 비트 2개를 결합한 고체 논리 연산회로로 동작하는 양자컴퓨터 제작에 성공했다.

한국도 양자컴퓨터 관련 기술을 보유하고 있다. 국내에선 2001년 한국과학기술원(KAIST) 연구팀이 병렬 처리 3비트 양자컴퓨터 개발에 성공했다. 2010년에는 양자컴퓨터의 핵심 기술을 세계 최초로 개발해 화제를 모으기도 했다. 당시 KAIST 연구팀은 양자컴퓨터를 만드는 데 필요한 전자스핀 수명을 종전 대비 100만배나 늘렸다. 전자스핀은 양자컴퓨터의 기본 연산자 역할을 한다. 전자스핀 수명이 길면 길수록 양자컴퓨터 개발이 쉬워진다.

연산 처리에 '비트'가 아닌 '큐비트'를 활용

기존 컴퓨터는 0과1로 표시되는 2진법 논리를 사용한다. 우리가 쓰는 데스크톱PC는 스위치를 켜거나(1) 끄는(0) 방식으로 2진법을 구현한다. 0과1이라는 정보를 활용해 각종 계산 작업이 이뤄진다는 얘기다. 한 비트에 하나의 정보가 저장되니, 천 개의 정보를 저장하려면 최소한 천 비트, 만 개의 정보를 저장하려면 최소 만 비트가 필요하다.

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터와 전혀 다른 원리를 이용한다. 양자역학에서는 다른 상태가 가능한 입자의 상태는 '가능한 여러 가지 상태의 중첩'으로 나타낼 수 있다. 이를 응용한 게 바로 양자컴퓨터다. 양자컴퓨터는 2진법이 아닌 '큐비트(qubit, 큐비트)'이라 부르는 양자 비트 하나로 0과 1의 두 상태를 동시에 표시할 수 있다. 큐비트 2개로는 00.01.10.11의 2²=4개의 상태를 동시에 표현할 수 있다. 큐비트 n개로는 2의 n제곱만큼의 상태를 표현하는 게 가능하다. 큐비트 수가 늘어날수록 처리 가능한 정보량도 기하급수적으로 늘어난다. 더 놀라운 점은 양자컴퓨터가 어떤 연산을 하면 중첩된 상태는 모두 한꺼번에 독립적으로 연산이 된다는 것이다.

기존 컴퓨터도 연산을 빠르게 하게 하기 위해서 병렬처리라는 방법을 써서 연산을 한다. 양자컴퓨터에서 중첩된 상태가 한꺼번에 연산되는 것은 기존 컴퓨터의 병렬처리와 비슷한 면이 있다. 하지만 그 차원이 다르다. 예를 들어 기존 컴퓨터가 10비트의 연산을 하고 싶다면 1개의 연산장치가 10번의 연산을 하든지, 10개의 연산장치를 동원해서 병렬처리를 해야 한다. 그러나 양자컴퓨터가 10개의 큐비트를 쓴다면 한꺼번에 10개의 연산이 되는 것이 아니라, 2¹⁰개 즉, 1024개의 연산이 된다.

2011년부터 상용화 시동

양자컴퓨터는 획기적인 개념이지만, 상용화까지는 오랜 시간이 걸렸다. 2011년 5월, 캐나다 기업인 D-WAVE는 첫 번째 상용 양자컴퓨터 'D-WAVE 1'을 선보였다. 이 제품은 무려 양자 128개의 큐비트를 활용했다. 가격은 약 1천만 달러, 우리 돈으로 100억원이 넘는다.

128큐비트가 사용되었다는 말은 2의 128제곱 개의 계산을 동시에 할 수 있다는 뜻이다. 이 제품은 미

국 최대 방위산업체인 록히트마틴에서 구입했다. 이 제품의 후속 제품인 D-WAVE 2를 최근 구글과 NASA가 구입한 것이다. D-WAVE 2는 512개의 큐비트를 활용했으니, 2의 512제곱 개의 계산을 동시에 할 수 있다.

그러면, 실제의 양자컴퓨터는 얼마나 빠를까? 캐나다의 캐서린 맥그로치(Catherine McGeoch) 교수가 실험을 해본 결과 D-Wave사의 439큐비트의 양자컴퓨터는 수학적으로 어려운(NP-hard) 문제를 푸는데 일반 컴퓨터 보다 3600배, 503큐비트의 양자컴퓨터는 약 1만배 정도 빠르다는 결론을 냈다.

활용은 아직 난제가 많아

상용화의 걸음마를 떤 했지만, 양자컴퓨터를 실제 연구에 활용하기까지는 상당한 시간이 걸릴 것으로 보인다. 일반 컴퓨터처럼 손쉽게 양자컴퓨터를 쓰려면 먼저 넘어야 할 벽이 있기 때문이다.

양자컴퓨터가 기존 컴퓨터보다 연산속도는 빠르지만, 기존 컴퓨터로 풀 수 없는 문제는 양자컴퓨터 역시 풀 수 없다. 충분한 시간과 메모리가 주어지더라도 마찬가지이다. 양자컴퓨터를 이용해서 일반적인 연산을 처리할 알고리즘이 아직 개발되지 않은 것도 문제다. 소인수분해 문제, 이산 로그 문제, 양자 푸리에 변환 등의 연산을 위한 알고리즘이 개발돼 있기는 하지만, 일반적인 문제를 양자컴퓨터로 빠른 속도로 풀 수 있는 방법은 아직 등장하지 않았다. 그런 탓에 아주 빠른 처리 속도를 자랑해도 이를 활용할 수 있는 연구 분야는 제한적이다.

또한 양자컴퓨터는 매우 섬세하다. 작은 소음에도 민감하게 반응해 계산상 오차를 일으키기 쉽다. 철저하게 관리하는 실험실이 아닌 이상, 사용 과정에서 CPU에서 상당한 발열이 발생한다. 이를 해결하기 위해 냉각기기를 도입하면, 이로 인해 발생하는 잡음 탓에 엉뚱한 계산 결과가 발생할 수도 있다.

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터와는 전혀 다른 언어 체계를 사용한다. 일반 컴퓨터에서 사용하는 컴퓨팅 언어가 양자컴퓨터에선 무용지물이란 얘기다. 마치 미국인에게 열심히 한국어로 떠들어봤자, 소 귀에 경읽기인 것이나 마찬가지다. 양자컴퓨터를 다루기 위해선 양자컴퓨터를 위한 언어가 개발돼야 한다. 구글과 NASA 등 세계 연구기관이 양자컴퓨터를 다룰 수 있는 언어를 개발 중이다.

이 같은 문제에도 불구하고 양자컴퓨터의 미래는 밝다. 양자컴퓨터가 보편화되면 현재로서는 계산하는 데 시간이 오래 걸리는 복잡한 연구를 단숨에 해결할 수 있을 것으로 기대하기 때문이다. 예를 들면, 일기 예보나 우주 현상도 지금보다 더 쉽게 예측할 수 있다. 대용량 데이터를 분석해 영화 '마이너리티 리포트'처럼 범죄를 예측하는 날이 올 지도 모를 일이다.

출처 : 네이버캐스트

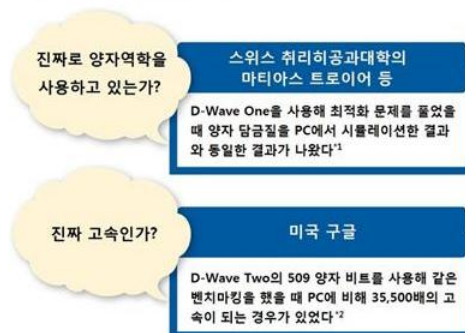
http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=122&contents_id=31579

D-Wave의 과제와 기대

이론대로 동작하면 고속인 D-Wave지만 아직 해결해야 할 과제가 남아 있다.
한편 D-Wave를 능가하는 성능을 기대할 수 있는 새로운 방식의 개발도 진행되고 있다.
일본 독자의 '레이저 네트워크 방식'이다.

D-Wave에는 아직 넘어야 할 과제가 남아 있다(그림 1).

성능에 관한 논의, 앞으로 수년은 계속될 것이다



*1 : 2013년 4월에 발표된 논문 Quantum Annealing with more than one hundred qubits
*2 : 2014년 1월 발표된 논문 Where do we stand on benchmarking the D-Wave 2?

그림 1. D-Wave에 관한 의문과 그에 관한 제3자에 의한 평가

첫 번째는 D-Wave머신이 정말로 양자역학 현상(양자효과)을 이용하고 있는 것인가를 증명하는 것이다. 여기에 대해서는 “여러 가지 검증에 의해 거의 확실하다고 간주되고 있다.”(니시모리 교수) 구체적으로는 스위스 취리히공과대학과 미국 남캘리포니아대학의 연구자들이 논문을 발표했다.

두 번째 과제는 성능에 관한 것이다. D-Wave머신에 대해 사실은 ‘종래형 컴퓨터보다 고속으로 문제를 풀 수는 없는 게 아닐까’라는 의문의 소리가 있다.

예를 들면, 2014년 1월에 구글이 발표한 검증에서는, 어떤 조합최적화 문제에서는 PC에 비해 3만 5500배의 고속이 되었다는 결과가 난 반면, 다른 문제에서는 PC보다 늦은 결과가 나왔다. 구글에 의하면 ‘계산 대상이 되는 데이터에 규칙성이 있을 경우, D-Wave 머신은 대단히 고속으로 해를 얻을 수 있다. 그러나 데이터가 완전히 랜덤할 경우, 해를 얻는 데 시간이 걸리는 경향이 있다’고 한다.

NASA의 비스워스 부디렉터는 “현재 상태의 D-Wave는 양자 비트의 수가 적기 때문에 슈퍼컴퓨터보다 고속이라고는 말할 수 없다. 그러나 향후 D-Wave의 양자 비트가 늘어나면 슈퍼컴퓨터를 뛰

어넘는 성능이 실현될 것으로 기대하고 있다”고 한다.

D-Wave의 제레미 힐튼 제조 담당 부사장은 “2013년에 양자 비트를 128개에서부터 512개로 늘렸을 때 성능은 수십만 배로 늘었다. 우리는 향후 2014년 안에 1,000 개의 양자 비트, 2015년 내에 2,000개의 양자 비트를 실현할 예정이다”고 말한다.

D-Wave 머신이 이룬대로의 성능을 발휘할 수 있을까? 그 결과는 몇 년 내에 알 수 있다.

n 일본 독자 방식은 5,000 스핀을 목표로 하고 있다

그때가 되면 D-Wave 머신의 성능을 상회하는 다른 방식의 양자컴퓨터가 일본에서 등장할 가능성이 있다. 국립정보학연구소(NII)의 야마모토 교수 팀이 개발을 진행하고 있는 레이저 네트워크 방식의 양자 컴퓨터다.

레이저 네트워크 방식도 D-Wave와 같이 3차원 이징 모델의 실험장치다. 그러나 실험 방법이나 제 3회 「이것이 양자 담금질의 정체다」의 기저상태를 탐색하는 수법이 D-Wave와는 다르다.

D-Wave가 초전도회로를 사용하는 데 비해 레이저 네트워크 방식에서는 ‘디제너레이트 파라메트릭 발진기(Degenerate Parametric Oscillator)’와 ‘반도체 레이저’를 사용한다. 레이저 네트워크 방식에서는 레이저의 편광에 의해 3차원 이징 모델의 스핀을 나타낸다.

레이저 네트워크 방식은 양자역학 현상의 하나로, 이론상 절대영도보다 낮은 온도로 간주할 수 있는 ‘음의 온도(Negative Temperature)’에서 3차원 이징 모델을 냉각한다. 이것을 가열해 가면서 3차원 이징 모델의 에너지가 최소가 되는 상태를 만든다.

3차원 이징 모델이 음의 온도에 있을 때, 레이저는 발진을 하지 않는다. 그러나 3차원 이징 모델을 가열해 가면 어떤 지점에서 레이저가 발진한다. 그 시점의 스핀 방향의 조합(배열)이 3차원 이징 모델의 에너지를 최소화 하는 배열이 되는 것이라고 한다.

레이저 네트워크 방식은 (제3회 「이것이 양자 담금질의 정체다」의) 그림2의 그래프에서 고찰하면 기저상태를 그래프의 아래쪽 방향(부의 온도 영역)에서부터 탐색한다. 양자 담금질은 그래프의 위쪽 방향에서 기저상태를 탐색하기 때문에, 기저상태(엄밀해)가 아니라 국소최적해(근사해)에 빠질 우려가 있다. 반면에 레이저 네트워크 방식에서는 최초로 찾는 것이 기저상태가 되기 때문에 “조합최적화 문제의 엄밀해를 얻을 수 있을 가능성이 있다.”(NII의 야마모토 교수)

야마모토 교수 연구팀은 2013년 여름, 4개의 스핀을 갖춘 3차원 이징 모델을 작성하고, 그것이 이룬대로 동작하는 것을 확인했다. 앞으로는 광결합 회로로 스핀의 수를 늘려 간다. 일 년 내에 100개, 4년 내를 목표로 5,000개까지 늘리려고 한다.

만약 5,000스핀의 3차원 이징 모델이 실현될 경우, 25000개의 스핀 배열 안에서 에너지가 최소가

되는 배열을 한순간에 찾아낼 수 있다는 것을 의미한다.

D-Wave 머신이나 레이저 네트워크 방식이 이론대로의 성능을 발휘하면 사회나 비즈니스는 일변한다. 그 '해답'이 앞으로 몇 년 안에 나올 가능성이 있다.

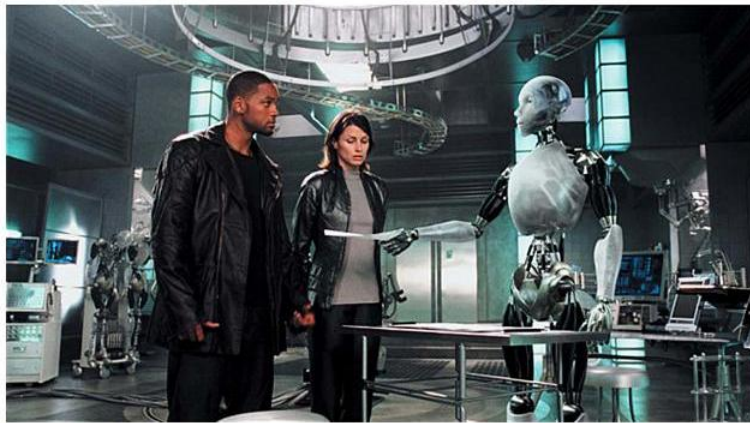
2014. 5. 22.

나카다 아쓰시=닛케이 컴퓨터

출전: 닛케이 컴퓨터 2014년 4월 17일호 pp. 36-37

컴퓨터 위의 컴퓨터, 양자컴퓨터의 모든 것

여러분은 '양자 컴퓨터'에 대해 들어 보신 적 있으신가요? 양자 컴퓨터는 '아이, 로봇'이나 '이글 아이'와 같은 SF 영화에서 현 세대의 컴퓨터를 뛰어넘는 컴퓨터로 종종 소개되곤 하는데요. 그 중에서도 '이글아이'에 등장한 '베키'는 시스템 지배권을 모두 해킹하여 대통령 등 정부 관료들을 암살하려고까지 하지요.



<양전자 두뇌를 탑재한 로봇이 나온 '아이, 로봇 (I, Robot, 2004)'의 한 장면 (출처: 네이버 영화 스틸컷)>

그렇다면 영화 속 양자 컴퓨터는 어떻게 감정 표현이 가능하고, 모든 것을 해킹할 수 있는 것일까요? 그 궁금증 해결을 위해 오늘은 양자 컴퓨터에 대해 함께 알아보겠습니다.

■ '양자 컴퓨터', 그 정의와 원리는?

양자 컴퓨터(Quantum Computer)란, 얽힘(entanglement)이나 중첩(superposition) 같은 양자 역학의 원리를 이용하여 자료를 처리하는 컴퓨터입니다. 양자를 연산 소자로 활용해 슈퍼 컴퓨터의 한계를 뛰어넘는 '미래형 첨단 컴퓨터'로 불리기도 하지요.

양자 컴퓨터는 1982년 미국의 이론 물리학자인 리처드 파인만(Richard Feynman)이 그 가능성과 필요성을 발견하고, 영국 옥스퍼드 대학의 데이비드 도이치(David Deutsch)가 더욱 구체적인 개념을 정리했는데요.¹ 본격적인 이야기로 들어가기에 앞서 우선 양자 컴퓨터에서 사용되는 양자 역학의 기본 원리에 대해서 알아보겠습니다.

양자 컴퓨터는 크게 두 가지 현상을 이용하는데요. 바로 '양자 중첩'과 '양자 얽힘' 현상입니다. 양자 중첩 현상이란 양자가 측정되기 전까지 전자가 자신의 스핀 방향의 임의성을 유지하는 것이고, 양자 얽힘 현상은 얽혀 있는 양자들 중 하나가 관측되면 거리에 무관하게 나머지 양자들도 고정되는 것인데요.

쉽게 이해되지 않는 어려운 물리 현상이므로 오스트리아의 물리학자 에르빈 슈뢰딩거(Erwin Schrodinger)의 '고양이'라는 유명한 예를 각색해서 설명해 보겠습니다.

고양이가 밀폐된 상자에 갇혀 있고, 그 안에 청산가리가 있다면 우리는 상자를 열어 보기 전까지는 고양이의 생사를 알 수 없습니다. 하지만 상자를 열어 보면 고양이가 죽었는지 살았는지 알게 되죠. 즉 관측과 동시에 상황은 고정된다는 것입니다.

앞서 언급한 두 원리를 바탕으로 양자 컴퓨터는 '큐비트(Qubit)'라는 양자적 상태의 조합을 이용해 연산을 진행합니다. 우리가 흔히 아는 컴퓨터는 전원을 끄거나 켜는 0과 1 두 가지 상태인 비트로 정보를 연산하지만 양자 컴퓨터는 00, 01, 10, 11 4가지 상태 즉 '큐비트'로 연산하는데요. 한 마디로 큐비트는 0일수도 1일수도 있고, 0과 1이 동시에 존재할 수도 있습니다.

따라서 양자 컴퓨터는 0인지 1인지 확정 지을 수 없는 상태, 중첩된 상태로 연산을 진행하는 것이죠. 양자 컴퓨터의 연산 속도는 병렬 처리를 통해 '큐비트' 개수당 2의 n제곱배로 연산 속도가 증가하는데요. 만약 큐비트가 512개라면 2의 512제곱배라는 상상할 수 없을 정도의 속도로 연산이 가능합니다.

■ 최초로 상용화된 양자 컴퓨터 'D-WAVE'의 이모저모!

1) 양자 컴퓨터, 'D-WAVE'



<최초로 상용화된 양자 컴퓨터 'D-WAVE' (출처: <http://www.dwavesys.com/d-wave-two-system>)>

2011년 D-WAVE System사는 최초로 상용화한 128 큐비트 양자 컴퓨터인 'D-WAVE 1'을 발표했습니다. 그리고 2013년에는 무려 512 큐비트의 성능을 자랑하는 'D-WAVE 2'를 발표했는데요. 가격이 무려 1,000만 달러에 달하는 이 컴퓨터를 록히드 마틴(Lockheed Martin)사와 Google, NASA 등에서 구매했다고 합니다.

D-WAVE는 니오븀(Nb)을 재료로 한 초전도체를 사용하기 때문에 절대영도(영하 273도)에서 사용합니다. 위의 사진을 보면 굉장히 커다란 부피를 지니고 있는 것처럼 보이지만 내부를 들여다 보면 실제 컴퓨터는 주먹만한 크기인데요. 나머지 부분은 절대영도를 유지하면서 소음이 최대한 발생하지 않는 액체 헬륨 냉각기로 되어 있습니다.

데이비드 도이치가 정의 내린 양자 컴퓨터와는 달리 양자 어닐링(annealing) 현상을 이용해서 조합 최적화 문제(NP-완전)를 푸는데 최적화되어 있는 것이죠. 여기서 양자 어닐링 현상이란 물체의 온도를 높인 뒤 온도를 내리면 기저 상태라 불리는 매우 안정된 상태를 양자가 찾아 가는 과정을 말합니다.

2) 'D-WAVE'의 장단점

● 장점

2014년 1월, 구글이 발간한 D-WAVE 벤치마크에 따르면 양자 컴퓨터는 조합 최적화 문제의 종류에 따라 PC에 비해 굉장히 빠른 속도를 보인다는 결과가 존재합니다. 그러나 때로는 PC보다 늦은 결과가 나올 때도 있다는 보고가 되기도 했는데요. 평균적으로 봤을 때 데이터에 규칙성이 있는 조합 최적화 문제가 평균적으로 연산 처리 속도가 빨랐습니다.²⁾

● 단점

D-WAVE는 크게 3가지의 단점이 있습니다.

우선 D-WAVE는 상용화된 양자 컴퓨터라는 명예로운 수식어와 함께 진정한 양자 컴퓨터가 아니라는 불명예스러운 수식어가 같이 따라다니는데요. 그 이유는 양자 CPU에서 처리된 연산 결과를 외부의 컴퓨터가 다시 읽는 구조이기 때문입니다. 따라서 사실상 일반 워크스테이션에 큐비트 CPU를 보조 연산 장치로 달아 놓은 반 쪽짜리 양자 컴퓨터라고 할 수 있습니다.³⁾

다음으로 CPU가 작동하면서 열이 발생합니다. 그리고 발열된 CPU를 냉각하는 과정에서 냉각 장치를 사용하면 소음이 발생하면서 계산상의 오차가 생길 수 있는데요. 뿐만 아니라 냉각 장치의 부피를 키우고 절대 온도를 안정시키기 위해 양자 컴퓨터 자체의 부피도 커지게 됩니다.

마지막으로 D-WAVE는 기존에 정의되었던 양자 컴퓨터와 다르게 양자 어닐링에 터널 효과를 이용해서 제작했습니다. 이 때 터널 효과란 입자가 자신의 위치 에너지보다 더 높은 위치 에

너지 장벽을 확률적으로 뛰어 나가는 현상을 의미하는데요. 그 결과 특수한 상황의 연산을 제외하고는 기존 컴퓨터보다 연산 속도가 압도적으로 빠르지 않습니다.

■ 양자 컴퓨터의 미래와 발전 전망

양자 컴퓨터는 아직까지 일반적인 문제를 해결할 수 있는 알고리즘이 개발되지 않아 소인수 분해나 양자 푸리에 변환(Fourier transform, 시간에 대한 함수를 그 진동수로 분해하는 작업)과 같이 특수한 연산을 위한 알고리즘만이 개발되어 사용 중입니다.

하지만 이러한 문제를 해결 할 수 있는 알고리즘과 큐비트를 지속적으로 유지할 수 있는 기술이 개발되고, 상온 초전도체(상온에서도 전기저항이 0에 가까워지는 초전도현상이 나타나는 도체)가 등장한다면 양자 컴퓨터는 일상 생활에서 도움을 줄 수 있을 만큼 대중화될 수 있을 것입니다.

최근 양자역학을 활용한 소재와 제품들도 출시되고 있는데요. 양자점(Quantum dot)을 활용한 TV가 대표적인 예입니다. 앞으로 양자 통신이 발전하게 되면 도청이나 데이터를 중간에서 가로채는 행위도 불가능해진다고 하네요. 영화 속이나 우리의 상상 속에서만 존재하던 많은 기술들이 이제는 우리의 현실 속에서 가능할 날들이 얼마 남지 않은 것 같습니다.

국가보안기술연구소, 정규직·계약직 연구원 모집

국가 주요기밀 유출방지 및 국가의 안전보장 강화에 기여하는 것을 목표로 설립된 정부출연 연구기관인 국가보안기술연구소(NSR)에서 정보보안 업무를 수행할 인력을 모집한다.

모집 직종은 정규직 연구원과 계약직 연구원으로 나뉜다. 정규직 연구원은 △소프트웨어 개발 △소프트웨어 분석 △암호 분야를 모집하고, 계약직 연구원은 △회로설계/분석 △암호 분야를 모집한다.

요구 조건은 석사 이상의 관련 전공 학위수여자여야 한다. 연구직 지원자 중 국가암호포럼, LEA구현 경진대회, LSH해쉬함수 경진대회, 화이트햇 콘테스트 등의 연구소 관련 공모전·경진대회 입상자와 관련 분야 경력자는 채용전형시 우대한다.

계약직 연구원 회로설계/분석 분야는 데이터 전송시스템 HW 개발업무, 디지털 논리회로 개발 업무 등을 수행하며, 계약기간은 임용일로부터 2017년 9월 2일까지다.

계약직 연구원 암호 분야는 양자암호 시스템 적용 가능 양자암호 프로토콜 안전성 분석, 양자암호용 QKD-Encryptor 연동 안전성 분석을 수행하고, 임용일로부터 2019년 5월 30일까지가 임용 기한이다.

접수기간은 오는 10월 26일 18시까지이며, 필요한 서류들을 작성·준비해 이메일 (recruit2@nsr.re.kr)로 접수하면 된다.

2015-10-15 15:20

보안뉴스

한국, 양자(Quantum)기술 투자 세계 꼴찌 수준

양자암호통신을 포함한 양자기술(Quantum technologies) 투자경쟁에서 우리나라가 세계 주요국 가운데 최하위 수준인 것으로 나타났다.

5일 유럽통신표준기구(ETSI)와 캐나다 워털루대 양자컴퓨팅연구소(IQC)가 주관하고 SK텔레콤이 후원해 서울 광진구 워커히호텔에서 열린 '양자암호표준(QSC)' 워크숍에서 발표된 세계 각국 연간 투자현황을 종합하면 우리나라는 이 분야 최하위 수준을 면치 못했다.

회원국 투자금액을 합한 유럽연합(EU)이 6억1700만달러(7233억원)로 1위를 기록했다. 단일 국으로는 미국이 4억달러(4689억원)로 투자액이 가장 많았다. 중국이 2억4700만달러(2895억원)로 3위를 차지했다. 우리나라는 일본(7000만달러)은 물론이고 싱가포르(4900만달러)에도 뒤지면서 1400만달러(164억원)로 최하위 수준에 머물렀다. 양자기술 투자계획을 내놓은 나라 가운데 우리나라보다 투자금액이 적은 곳은 핀란드와 브라질 등 일부에 그쳤다.

국가	투자금액
유럽연합	6억1700만달러(7233억원)
미국	4억달러(4689억원)
중국	2억4700만달러(2895억원)
캐나다	1억1200만달러(1313억원)
호주	8400만달러(984억원)
일본	7000만달러(820억원)
싱가포르	4900만달러(574억원)
한국	1400만달러(164억원)

◇

〈국가별 2015년 양자기술 투자액(자료:ETSI 표준워크숍 종합)〉

우리나라는 최근 2년 간 양자기술 관련 주요 논문 수에서도 78편으로 수백에서 수천편을 기록한 주요국에 크게 못 미치는 저조한 실적을 기록했다.

이날 발표자로 나선 영국 해러엇-와트 대학의 제럴드 불러 교수는 “영국은 각지에 흩어진 양자기술 연구소를 하나로 묶는 ‘양자기술허브’를 구축하는 데 2억7000만파운드(4800억원)를 지출할 예정”이라고 말했다. 내년 말까지 베이징과 상하이를 잇는 2000km 양자백본망을 구축 중이라고 밝힌 중국 충칭대 홍상 교수는 “내년 중 지구국과 무선으로 양자암호통신을 할 수 있는 인공위성을 발사할 것”이라고 밝혔다.

최진성 SK텔레콤 종합기술원장(CTO)은 행사 개막연설에서 “양자암호통신 기술이 세계 각국에서 급격히 발전하고 있기 때문에 적극적인 대비가 필요하다”며 “특히 통신 상용화를 위해서는 국제표준이 매우 중요하기 때문에 ETSI 등 관련 국제조직과 긴밀히 협력할 것”이라고 말했다.

전자신문 2015.10.05.



생각 다지기

- 1. 앞에서 했던 양자카드에 이번에는 다른 추가카드를 함께 넣어 게임을 해봅시다.
 - 기본 게임 방법은 숫자 맞추기 게임과 같습니다.
 - 이번 게임에서는 양자카드에 아래 4장의 카드가 추가됩니다.
 - 아래 카드는 카드를 얻은 경우 가지고 있다가 상대방이 양자카드를 사용한 경우에 발동할 수 있는 카드입니다.
 - 추가카드의 능력은 아래와 같습니다.

<p>- 방어카드 - 가지고 있다가 상대방의 양자카드를 방어할 수 있습니다.</p>	<p>- 방어카드 - 가지고 있다가 상대방의 양자카드를 방어할 수 있습니다.</p>
<p>- 혼란카드 - 상대방이 양자카드를 사용한 경우 진실을 이야기하지 않을 수 있습니다.</p>	<p>- 혼란카드 - 상대방이 양자카드를 사용한 경우 진실을 이야기하지 않을 수 있습니다.</p>

2. 추가 카드와 게임을 한 뒤 물음에 답하여 봅시다.

1) 추가 카드를 사용한 게임은 일반 게임이나 양자카드를 추가했을 때와 어떤 다른 점이 있었나요?

2) 방어카드는 여러분의 숫자를 지켜주었습니다. 평소에 인터넷이나 컴퓨터에서 자신의 정보를 보호하기 위해서 사용하는 것에는 어떤 것들이 있을까요?

3) 여러분은 평소에 컴퓨터나 인터넷을 사용할 때 비밀번호를 사용할 겁니다. 그 비밀번호는 안전한가요? 한번 안전한지 확인해봅시다.



<https://howsecureismypassword.net/>

위 사이트를 접속하여 자신의 비밀번호를 입력하면 그 비밀번호를 해킹하는데 걸리는 시간이 표시됩니다.

4) 위 사이트의 결과는 일반컴퓨터로 해킹을 했을 경우입니다. 그렇다면 미래의 양자컴퓨터가 해킹에 사용된다면 어떻게 될까요? 우리의 중요한 정보를 보호하기 위해서는 어떻게 해야 할까요?

5) 컴퓨터를 하다가 혼란카드와 같이 제대로 작동하지 않은 경험이 있다면 적어봅시다.

양자컴퓨터의 핵심기술인 Q비트는 아주 작은 입자인 양자를 다뤄야하기 때문에 굉장히 다루기 힘들다고 합니다. 조금이라도 온도가 떨어지거나 흔들리게 된다면 Q비트에 이상이 생겨서 엉뚱한 정보가 전달되어 버린다고 합니다. 마치 혼란카드와 같습니다.

●● 생각 되돌아보기 ●●

3. 미래의 양자 컴퓨터는 엄청난 속도와 능력을 가지고 있습니다. 이 컴퓨터를 사용하면 현재에는 상상하지도 못한 많은 일들을 할 수 있을 것입니다. 하지만 우리의 암호를 해킹하는 것에 사용되는 것과 마찬가지로 좋지 못한 곳에 사용된다면 너무나 무서운 미래가 되기도 하겠죠. 미래에 사용하는 양자컴퓨터는 어떤 미래를 여러분에게 가져다 줄까요? 그리고 어떻게 사용해야 올바르게 사용할 수 있을까요? 다음 장에 마인드맵으로 표현해주세요



국내 이동통신회사, '양자암호통신' 美 국회의사당 시연

현존하는 암호화 기술 중 가장 보안이 뛰어나다고 평가 받는 '양자암호통신' 기술 관련 세계 각국의 연구개발 경쟁이 치열한 가운데, SK텔레콤이 정보보안의 심장부라 할 수 있는 미국의 국회의사당에서 기술 시연회를 개최하는 성과를 올렸다.

SK텔레콤은 美 워싱턴 D.C. 국회의사당 內 의원회관에서 美 국회의원, 정부기관 관계자, 언론을 대상으로 차세대 통신보안기술인 '양자암호통신' 시스템을 전시하고 도 감청 실시간 탐지 등 핵심기능을 시연했다.

'양자암호통신' 기술은 현존하는 가장 완벽한 통신 보안 기술로 '불확정성'과 '비복제성'이라는 양자역학 원리를 활용해 전송중인 데이터 해킹을 원천 차단한다. 이 기술이 적용되면 국방 행정 등 주요 정보가 오가는 국가기간망이나 금융망, 의료망 등 다양한 산업 보안 분야에 신기원이 마련될 것으로 전망된다.

보안 기술 선진국인 미국은 기존 암호체계를 대신할 차세대 암호체제로 양자암호통신 시스템 도입을 적극 검토하고 있으며, 관련 기술 연구개발에 박차를 가하고 있다. SK텔레콤은 이번 시연에서 '양자암호통신' 기술 선진국 수준에 비해서도 손색 없는 기술력을 선보여 호응을 받았다.

이번 시연은 美 하원 군사위원회 소속 조 윌슨(Joe Wilson, 공화당), 월터 존스(Walter Jones, 공화당) 의원과 하원 예결위원회 소속인 로버트 애더홀트(Robert Aderholt, 공화당) 의원의 초청으로 성사됐으며, 美 국방부, 에너지부, 교통부 등 다양한 분야의 정부기관 관계자가 참석해 양자암호통신 기술에 대한 현지의 높은 관심을 표명했다.

시연회에 참가한 조 윌슨 의원은 "기술이 발전 할수록 사이버보안이 어느 때보다 중요한 시대에 SK텔레콤의 양자암호화 기술에 대해 많이 배워서 영광"이라며, "SK텔레콤이 하는 일은 세상에 변화를 주는 중요한 일"이라고 설명했다.

아울러 조 윌슨 의원은 "한국과 미국 같은 동맹적인 관계에서, 양자암호통신을 통한 사이버보안 관련 기술 협력을 할 수 있으면 좋겠다"고 덧붙였다.

또한, 이날 SK텔레콤은 커넥티드카 및 자율주행자동차 관련 연구기관인 美 'ITIC(International Transportation Innovation Center)'와 양자암호통신 기술 개발 협력을 위한 양해각서를 체결하고, 자동차 해킹방지 기술 개발 및 표준화에 협력하기로 합의했다.

현재 커넥티드카를 비롯한 각종 ICT 시스템의 보안 체계에는 일정한 패턴이 존재하기 때문에, 슈퍼 컴퓨터를 보유한 해커가 패턴을 판독하면 암호를 해독할 수 있는 가능성이 존재한다.

SK텔레콤은 현재 개발 중인 양자암호통신 시스템이 도입되면 이러한 문제점이 해결될 것으로 기대하고 있으며, 올해 초부터 스위스 제네바 대학 및 관련 분야 선도 기업인 'IDQ'사와 공동 프로젝트를 통해 연구개발에 박차를 가하고 있다.

최진성 SK텔레콤 종합기술원장은 “지난 MWC에 이은 이번 미국 국회의사당 시연은 SK텔레콤의 양자암호통신 기술력을 세계적으로 인정받은 결과”라며, “SK텔레콤은 양자암호통신을 통해 기존 보안 체계 패러다임을 혁신하고, 국방 행정 전력 의료 등 국내외 주요 기간망의 보안성을 획기적으로 향상시킬 것이다”고 밝혔다.

한편, SK텔레콤은 2011년 양자암호통신 기술 연구개발에 착수했으며, 현재 핵심 기술로 꼽히는 '단일광자검출기술', '간섭계기술', '후처리기술' 등을 확보한 상태이다. SK텔레콤은 선도적인 기술력을 인정받아 2013년부터 국내 산학연 20여 개 기관이 모여 발족한 '양자정보통신연구조합'의 의장을 맡고 있다.

출처 : 브레이크뉴스(2015.9.10.)

[부록3] 개발된 융합교육 프로그램 학생용 교재

차세대컴퓨터전문가1 - 양자컴퓨터 전문가되기

영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴퓨터

프롤로그

주제 1 : 컴퓨터와 대화하는 방법은?

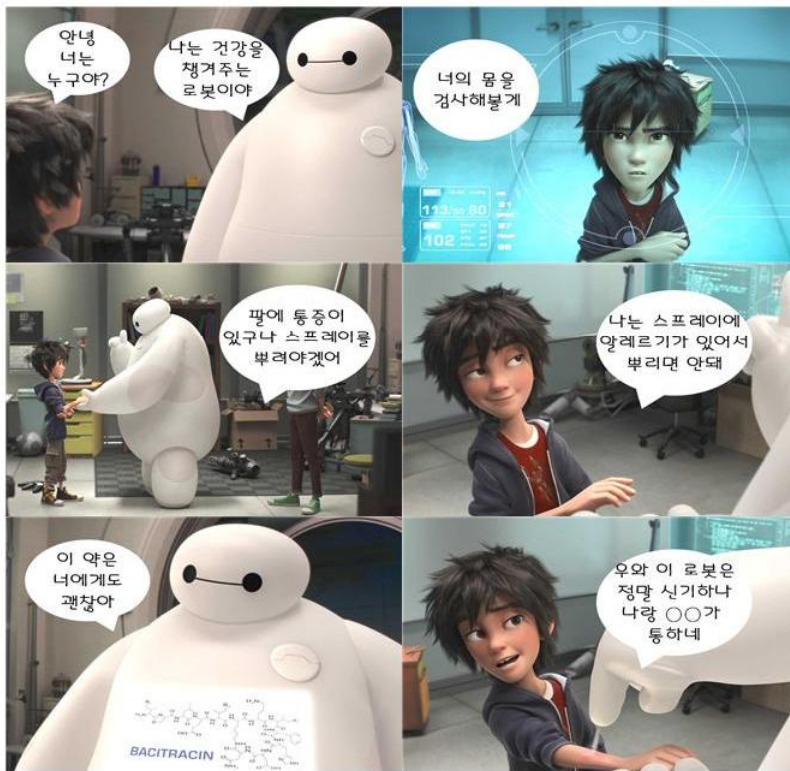
주제 2 : 게임으로 알아보는 양자비트

주제 3 : 양자컴퓨터와 우리의 미래



컴퓨터와 어떻게 대화를 할까요?

※ 아래는 영화 '빅히어로'의 한 장면입니다. 주인공과 로봇이 무엇을 하고 있는지 살펴보세요.



1. 위 만화의 내용을 확인해봅시다.

1) 만화에 나오는 로봇은 어떤 로봇인가요?

2) 로봇은 남자 주인공에게 무엇을 해주었나요?

3) 남자 주인공은 마지막에 로봇과 무엇이 통한다고 이야기하였을까요?

--	--

2. 평소에 여러분은 컴퓨터와 어떻게 □□ 하나요?

3. 어른들은 컴퓨터를 사용하거나 스마트폰, 태블릿을 사용할 때 어떻게 □□ 하나요?



1 차 시 컴퓨터랑 대화하는 방법을 알아봅시다

생각 열기

1. 앞의 영화에서 봤던 것처럼 로봇이나 컴퓨터들이 어떻게 우리가 말하거나 입력하는 것을 이해하는지 게임을 통해서 알아봅시다

<2진카드 게임방법>

- ① 5장의 카드를 받습니다. 각 카드에는 스티커가 , 2, 4, 8, 16개 붙어있습니다.
- ② 카드는 아래와 같이 가장 오른쪽은 16 카드를 놓고 왼쪽으로 갈수록 작아져서 마지막에는 1카드를 놓습니다.



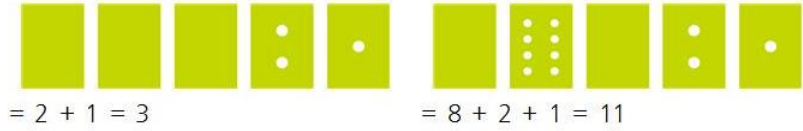
- ③ 모든 카드의 스티커가 안 보이는 뒷장으로 펼쳐 놓으면 총 숫자는 0이 됩니다.



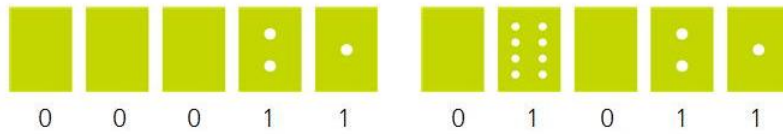
- ④ 스티커가 보이게 카드를 놓으면 그 숫자가 되는 것입니다.



⑤ 2장 이상의 카드의 앞장이 펼쳐지면 스티커의 수를 모두 합친 것이 그 숫자가 됩니다.



⑥ 앞장이 펼쳐진 카드는 1이라고 읽고, 뒷장은 0이라고 읽습니다.



⑦ 학습지에 스티커를 합친 수와 0과 1로 바꾼 수를 적어보세요. 단, 0과 1로 바꾼 수로 적을 때에는 맨 뒤에 ₍₂₎ 를 꼭 붙여주세요.

$$3 = 11_{(2)} \quad 11 = 1011_{(2)}$$

2. 선생님이 불러주는 숫자를 듣고 2진 카드를 이용해서 0과 1로만 표현해보세요

선생님이 불러준 숫자		2진카드로 바꾼 숫자
5	=	0 0 1 0 1 ₍₂₎
	=	_____ ₍₂₎
	=	_____ ₍₂₎
	=	_____ ₍₂₎
	=	_____ ₍₂₎

3. 컴퓨터가 사용하는 숫자를 알아봅시다.

1) 여러분은 평소에 숫자를 쓸 때 어떤 숫자를 사용하나요? 아래 적어보세요
(단, 15는 1과 5 숫자 2개를 사용한 것입니다)

□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2) 모두 몇 개의 숫자로 평소에 모든 숫자를 만들어서 쓰나요?

개

3) 방금 공부한 2진카드를 이용해서 만들 때 사용한 숫자는 모두 몇 개인가요?

개

4. 왜 컴퓨터는 숫자를 0개 뿐 이용하지 못하는 것일까요? 자신의 생각을 적어보세요
(힌트 : 컴퓨터는 전기를 이용해서 작동합니다.)

컴퓨터는 전기신호로 대화를 하기 때문에
전기신호를 끈 상태 = 0, 켜진 상태 = 1
이 두 가지로만 이야기를 할 수 있습니다.
0과 1 두 숫자만 사용하여 이러한 숫자를 **이진수**라고 합니다.

5. 그럼 글자는 어떻게 표현하는 것일까요? 아래 표와 예시를 보고 자신의 이름을 2진수로 바꿔봅시다.

글자	10진수	2진수	글자	10진수	2진수
ㅣ	1	00001	ㅂ	10	01010
·	2	00010	ㅃ	11	01011
—	3	00011	ㅅ	12	01100
ㄱ	4	00100	ㅎ	13	01101
ㅋ	5	00101	ㅈ	14	01110
ㄴ	6	00110	ㅊ	15	01111
ㄹ	7	00111	ㅇ	16	10000
ㄷ	8	01000	ㅁ	17	10001
ㅌ	9	01001	띄어쓰기	18	10010

이름 : 홍길동
글자를 분해 : ㅎ · — ㅇ ㄱ ㅣ ㄹ ㄷ · — ㅇ
2진수로 변환 01101, 00010, 00011, 10000, 00100, 00001, 00111, 01000, 00010, 00011, 10000

이름 :
글자를 분해 :
2진수로 변환

참고자료 : 실제 컴퓨터가 인식하는 2진코드인 아스키 코드

2진수	십진수	모양	2진수	십진수	모양	2진수	십진수	모양
0100000	32	”	1000000	64	@	1100000	96	`
0100001	33	!	1000001	65	A	1100001	97	a
0100010	34	"	1000010	66	B	1100010	98	b
0100011	35	#	1000011	67	C	1100011	99	c
0100100	36	\$	1000100	68	D	1100100	100	d
0100101	37	%	1000101	69	E	1100101	101	e
0100110	38	&	1000110	70	F	1100110	102	f
0100111	39	'	1000111	71	G	1100111	103	g
0101000	40	(	1001000	72	H	1101000	104	h
0101001	41	)	1001001	73	I	1101001	105	i
0101010	42	*	1001010	74	J	1101010	106	j
0101011	43	+	1001011	75	K	1101011	107	k
0101100	44	,	1001100	76	L	1101100	108	l
0101101	45	-	1001101	77	M	1101101	109	m
0101110	46	.	1001110	78	N	1101110	110	n
0101111	47	/	1001111	79	O	1101111	111	o
0110000	48	0	1010000	80	P	1110000	112	p
0110001	49	1	1010001	81	Q	1110001	113	q
0110010	50	2	1010010	82	R	1110010	114	r
0110011	51	3	1010011	83	S	1110011	115	s
0110100	52	4	1010100	84	T	1110100	116	t
0110101	53	5	1010101	85	U	1110101	117	u
0110110	54	6	1010110	86	V	1110110	118	v
0110111	55	7	1010111	87	W	1110111	119	w
0111000	56	8	1011000	88	X	1111000	120	x
0111001	57	9	1011001	89	Y	1111001	121	y
0111010	58	:	1011010	90	Z	1111010	122	z
0111011	59	;	1011011	91	[	1111011	123	{
0111100	60	<	1011100	92	₩	1111100	124	|
0111101	61	=	1011101	93	]	1111101	125	}
0111110	62	>	1011110	94	^	1111110	126	~
0111111	63	?	1011111	95	_			

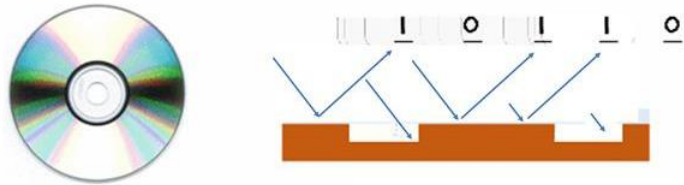
■ 읽을거리 : 2진수로 저장하기

컴퓨터는 정보를 표현하기 위해 2진수를 사용합니다. 2진수라고 부르는 이유는 사용되는 숫자의 갯수가 0과 1로 2개이기 때문입니다. 사람들이 사용하는 10진수는 0에서 9까지 10개의 숫자를 사용합니다. 컴퓨터가 2진수를 사용하는 이유는 10진수보다 실수 없이 계산할 수 있기 때문입니다. 2진수에서 0이나 1의 숫자는 각각 비트(bit)라고 불립니다. bit는 binary digit의 약자입니다. 우리는 지금까지 글자를 표현하기 위해 5개의 숫자를 사용했는데, 그것은 다시 말해 5비트를 사용했다고 할 수 있습니다. 일반적으로 컴퓨터에서 숫자와 알파벳은 8비트, 한글 글자는 16비트로 표현됩니다.

데이터가 전화선이나 라디오전파를 통해 전달될 때에는 높은 음과 낮은 음의 소리가 각각 1과 0으로 표현됩니다. 자석의 성질을 이용한 하드디스크나 신용카드에서는 자기장의 s극, n극의 방향에 따라서 비트를 표현합니다.



나 DVD는 광학적으로 비트를 저장합니다. CD의 표면을 레이저로 깎아 낸 후 표면에 빛을 비추어서 빛이 반사가 되는지 안되는지를 읽어서 비트를 표현합니다.



하나의 비트만으로는 많은 정보를 표현하지 못합니다. 그래서 대부분 8개를 묶어서 사용합니다. 그러면 0에서 255까지 총 256개의 숫자를 표현할 수 있습니다. 이처럼 8개의 비트를 묶은 것을 바이트(Byte)라고 합니다. 비트와 바이트는 컴퓨터가 숫자, 문자, 음악 등 모든 정보를 저장하는데 사용됩니다.

차세대컴퓨터 전문가 되기

영화 속 모든 것을 현실로 미래의 양자컴퓨터

주제 2 : 게임으로 알아보는 양자비트

양자컴퓨터를 만들 수 있는 핵심!! 양자비트

- 숫자맞추기 게임하기
- 양자카드1과 함께하는 숫자맞추기 게임



2 차 시 게임으로 알아보는 양자비트

생각 다지기

※ 지난 시간에는 컴퓨터가 정보를 0과 1로만 표현한다는 것을 알아보았습니다. 그런데 만약 0과 1이외의 숫자나 정보도 표현한다면 어떻게 될까요? 미래의 기술인 양자비트를 게임을 통해 알아봅시다.

1. 숫자 맞추기 게임을 해 봅시다

◇ 준비물 : 숫자 맞추기 게임 카드

- 숫자카드 × 24 : 숫자 0부터 11까지 각각 하나씩 적혀있는 흰색과 검은색 카드 각각 두 장씩



- 조커카드 × 2 : 숫자가 없는 카드 흰색과 검은색 한 장씩

(빼서 해도 됩니다. 섞을 경우 난이도 상승)

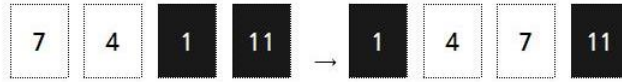


① 각자 조커카드를 빼 나머지 카드를 잘 섞고 4장씩 가져오고 자신만 봅니다.

(4명이 게임을 할 경우에는 3장씩만)

② 받은 카드는 왼쪽에 가장 작은 숫자를 놓고 오른쪽으로 갈수록 큰 숫자를 놓습니다.

(같은 숫자라면 검은색이 왼쪽, 조커는 놓고 싶은 곳에 놓습니다.)



- ③ 가위, 바위, 보를 하고 이긴 사람의 오른쪽으로 순서가 돌아갑니다.
- ④ 자기 차례에서는 뒤집혀있는 카드 중 한 장을 가져와서 가장 오른쪽에 뒤집어 놓습니다.
- ⑤ 상대방의 뒤집혀진 카드를 가리키며 그 카드에 어떤 숫자가 적혀있는지 맞춥니다. (조커카드를 섞은 경우에는 조커카드라고 맞혀야합니다.)
- ⑥ 카드의 숫자가 맞으면 상대방은 그 카드를 펼쳐놓습니다.
- ⑦ 카드를 맞춘 사람은 계속해서 상대방들의 카드를 추리해도 되고 순서를 넘겨도 괜찮습니다.
- ⑧ 순서를 넘길 때에는 자기 차례가 될 때 가져온 카드를 펼칩니다.
- ⑨ 자신의 카드는 지키면서 상대방들의 카드 번호를 모두 펼쳐서 맞히면 승리합니다.

2. 게임을 2번 진행하고 난 뒤 물음에 답하여봅시다.

1) 상대방의 숫자를 맞추기 위해서는 무엇이 필요한가요?

[]
 개

2) 상대방에서 한 번에 얻을 수 있는 정보는 몇 개 인가요?

[]
 개

3. 양자카드와 함께하는 숫자 맞추기 게임

- 기본 게임 방법은 숫자 맞추기 게임과 같습니다.
- 이번 게임에서는 양자카드라는 특수 능력카드 6장이 추가됩니다.
- 양자카드의 능력은 아래와 같습니다.

<p>- 더블 캐스팅 - 숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>	<p>- 더블 캐스팅 - 숫자 2개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>	<p>- 트리플 캐스팅 - 숫자 3개를 동시에 물어볼 수 있습니다. 둘 중 하나라도 맞으면 카드를 펼칩니다.</p>
<p>- 1타 2피 - 숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다</p>	<p>- 1타 2피 - 숫자 1개를 가지고 2장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 2장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다</p>	<p>- 1타 3피 - 숫자 1개를 가지고 3장의 카드를 가리킬 수 있습니다. 3장의 카드 중 맞는 숫자가 있으면 펼칩니다</p>

- 양자카드는 바닥에 있는 다른 카드와 섞어서 사용합니다. 자기 차례에서 양자카드가 나오면 특수 능력을 발휘할 수 있습니다.

4. 양자카드와 함께 숫자 맞추기 게임을 진행한 뒤 물음에 답하여 봅시다.

1) 양자카드를 사용했을 때에는 얻을 수 있는 정보가 몇 개 되었나요?

개

2) 양자카드를 이용해서 게임을 할 때와 이용하지 않을 때의 차이점에는 어떤 점이 있었나요?

5. 양자카드의 정체는?

일반 컴퓨터는 한 번에 0 또는 1이라는 정보만 전달할 수 있습니다. 우리가 처음에 했던 양자카드가 없이 했던 게임과 마찬가지로. 하지만 양자컴퓨터는 0 또는 1 이외에 여러 가지 정보를 한 번에 전달할 수 있다고 합니다. 다시 말하면 일반 컴퓨터가 0이나 1이라고 정보를 전달할 때 양자컴퓨터는 0, 1, 2, 3 ... 1,000,000 중 하나를 전달할 수 있다는 것입니다.

우리가 게임을 더 빨리 끝낼 수 있거나, 더 많은 정보를 한 번에 얻을 수 있게 해준 양자카드와 같은 녀석이 **양자 컴퓨터에서는 가장 핵심기술인 양자비트**입니다. 다른 말로는 전자스핀, Q비트라고도 부릅니다.

이 양자비트가 한 번에 여러 가지 정보를 전달하면서 양자컴퓨터는 일반컴퓨터, 슈퍼컴퓨터와 다르게 엄청난 속도를 발휘한다고 합니다.

■ 읽을거리 : 최초의 양자 컴퓨터 D-Wave

2013년 7월 구글과 NASA는 세계 최초의 공인 양자컴퓨터 'D-WAVE 2'를 확보했다고 공식 발표하고 양자컴퓨터를 이용해 외계인 연구나 인공지능 역할을 할 거대한 검색엔진 연구에 나설 예정이라고 밝혔다. 이 양자컴퓨터는 '512큐비트 베수비우스' 칩으로 연말까지 미 항공우주국(NASA) 에임스센터 우주연구협회센터 안에 설치된다.

전세계 물리학자들은 양자컴퓨터가 열어줄 세상에 이목을 집중하고 있다. 엄청나게 빠른 속도로 계산하는 양자컴퓨터를 활용하면 기상이변, 우주 현상, 유전정보 등을 훨씬 빠르게 분석할 수 있기 때문이다. 구글은 양자컴퓨터를 활용한 인공지능 검색엔진을 만들겠다고 공언했다. 양자컴퓨터가 무엇이기에 과학자들의 기대를 한 몸에 받고 있는 것일까?

〈세상에서 가장 빠른 컴퓨터〉

양자컴퓨터란 한 마디로 양자역학의 원리를 이용한 컴퓨터다. 양자컴퓨터는 종전의 컴퓨터와 달리 1개의 처리장치로 수많은 계산을 동시에 처리할 수 있어, 정보처리량과 속도에서 월등히 앞선다. 양자컴퓨터가 실용화되면 지금의 슈퍼컴퓨터가 150년에 걸쳐 계산해야 할 것을 4분 만에 끝낼 수 있게 된다.

암호해독은 전쟁이 발발했을 때 나라를 지키기 위한 중요한 열쇠였다. 과거에는 사람이 수학 지식을 동원해 암호를 직접 풀어냈다. 하지만 암호 기술이 발전하면서 더 이상 사람의 머리로 암호를 푸는 데는 한계가 왔다. 이 때문에 컴퓨터를 암호해독에 활용하기 위한 연구가 시작됐는데, 이것이 바로 양자컴퓨터의 출발이었다.

양자컴퓨터라는 개념은 1982년 미국의 이론 물리학자 리처드 파인만이 처음 만들었고 1985년에는 영국 옥스퍼드 대학의 데이비드 도이치가 구체적인 양자컴퓨터의 개념을 정리했다. 그 뒤 1994년 미국 벨전화연구소의 피터 쇼어가 커다란 수의 소인수분해 알고리즘을 발견했다. 이 연구를 활용해 1997년, IBM의 아이작 추앙이 2비트 양자컴퓨터를 처음 만들었다. 1999년에는 일본의 NEC가 양자컴퓨터용 고체 회로 소자 개발에 성공했으며, 2003년에는 일본 NEC와 이화학연구소가 공동으로 양자 비트 2개를 결합한 고체 논리 연산회로로 동작하는 양자컴퓨터 제작에 성공했다.

한국도 양자컴퓨터 관련 기술을 보유하고 있다. 국내에선 2001년 한국과학기술원(KAIST) 연구팀이 병렬 처리 3비트 양자컴퓨터 개발에 성공했다. 2010년에는 양자컴퓨터의 핵심 기술을 세계 최초로 개발해 화제를 모으기도 했다. 당시 KAIST 연구팀은 양자컴퓨터를 만드는 데 필요한 전자스핀 수명을 종전 대비 100만배나 늘렸다. 전자스핀은 양자컴퓨터의 기본 연산자 역할을 한다. 전자스핀 수명이 길면 길수록 양자컴퓨터 개발이 쉬워진다.

〈연산 처리에 '비트'가 아닌 'Q비트'을 활용〉

기존 컴퓨터는 0과1로 표시되는 2진법 논리를 사용한다. 우리가 쓰는 데스크톱PC는 스위치를 켜거나(1) 끄는(0) 방식으로 2진법을 구현한다. 0과1이라는 정보를 활용해 각종 계산 작업이 이뤄진다는 얘기다. 한 비트에 하나의 정보가 저장되니, 천 개의 정보를 저장하려면 최소한 천 비트, 만 개의 정보를 저장하려면 최소 만 비트가 필요하다.

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터와 전혀 다른 원리를 이용한다. 양자역학에서는 다른 상태가 가능한 입자의 상태는 '가능한 여러 가지 상태의 중첩'으로 나타낼 수 있다. 이를 응용한 게 바로 양자컴퓨터다. 양자컴퓨터는 2진법이 아닌 '큐비트(qubit, 큐비트)'이라 부르는 양자 비트 하나로 0과 1의 두 상태를 동시에 표시할 수 있다. 큐비트 2개로는 00.01.10.11의 2²=4개의 상태를 동시에 표현할 수 있다. 큐비트 n개로는 2의 n제곱만큼의 상태를 표현하는 게 가능하다. 큐비트 수가 늘어날수록 처리 가능한 정보량도 기하급수적으로 늘어난다. 더 놀라운 점은 양자컴퓨터가 어떤 연산을 하면 중첩된 상태는 모두 한꺼번에 독립적으로 연산이 된다는 것이다.

기존 컴퓨터도 연산을 빠르게 하게 하기 위해서 병렬처리라는 방법을 써서 연산을 한다. 양자컴퓨터에서 중첩된 상태가 한꺼번에 연산되는 것은 기존 컴퓨터의 병렬처리와 비슷한 면이 있다. 하지만 그 차원이 다르다. 예를 들어 기존 컴퓨터가 10비트의 연산을 하고 싶다면 1개의 연산장치가 10번의 연산을 하던지, 10개의 연산장치를 동원해서 병렬처리를 해야 한다. 그러나 양자컴퓨터가 10개의 큐비트를 쓴다면 한꺼번에 10개의 연산이 되는 것이 아니라, 2¹⁰개 즉, 1024개의 연산이 된다.

출처 : 네이버캐스트

http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=122&contents_id=31579

진로자료 : 양자컴퓨터 전문가

물리학 이론 증명, 전자기장 연구... 양자 컴퓨터 개발해 다양한 문제 해결
양자 컴퓨터는 원자 이하의 차원에서 입자의 움직임에 기반을 두고 계산이 수행되는 컴퓨터예요. 이야기만 들어도 엄청나게 일 처리가 빠르다는 것을 알 수 있을 거예요. 이러한 컴퓨터가 개발되면 어떻게 될까요?

양자 컴퓨터는 동시에 여러 가지 생각을 할 수 있으며, 빠르게 연산할 수 있는 능력을 갖추고 있어요. 양자 컴퓨터 전문가는 양자 컴퓨터를 개발해 그동안 풀리지 않았던 물리학 이론 문제를 해결할 수 있어요. 또 양자 컴퓨터가 가진 전자기장이나 물리적 움직임 또는 작은 방전에 영향을 받는 장애를 극복하는 연구를 하며, 상당 시간 동안 반응하는 입자를 얻기 위한 연구도 진행할 거예요.

양자 컴퓨터 전문가가 되기 위해서는 전기공학, 전자공학, 원자력공학, 통신공학 등을 전공해야 하며, 문제 해결을 위한 분석적 사고 능력과 새로운 기술을 제품으로 만들 수 있는 창의력이 필요해요. 원만한 인간 관계와 정밀 부품을 다루기 때문에 꼼꼼한 성격을 가진 사람에게 적합해요.

- ☞ 활동 분야: 기업, 연구소
- ☞ 임금 수준: 높음
- ☞ 업무 환경: 매우 안전
- ☞ 전망: 매우 좋음

출처 : 소년조선일보(2015.9.23.)