

## 컴퓨팅 사고력에서 추상화의 고찰

김동만<sup>o</sup>, 이태욱<sup>\*</sup>

<sup>o</sup>\*한국교원대학교 컴퓨터교육과

e-mail: emotionman@indischool.com<sup>o</sup>, twlee@knue.ac.kr<sup>\*</sup>

## Review of Concept of Abstraction in Computational Thinking

Dong Man Kim<sup>o</sup>, Tae Wuk Lee<sup>\*</sup>

<sup>o</sup>\*Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

### ● 요 약 ●

이 연구는 컴퓨팅사고력에서 추상화의 의미를 명확히 확인하고 그 구성요소를 정제하는데 목적이 있다. 그래서 기존 정보교육 분야에서 제시된 추상화 의미를 파악하여 그 의미를 명확히 하고, 관련 구성요소의 개념을 정제하여, 정보교육이 나아가야 할 방향에 대한 시사점을 도출하였다. 이 연구의 결론은 1) 컴퓨팅사고력에서 추상화를 위한 구성(composition) 과정이 필요함을 확인하였고, 2) 컴퓨팅 사고력에서 추상화는 가설연역적 사고과정으로 인지발달에 도움이 될 것으로 판단되었다.

**키워드:** Informatics Education, Computational Thinking, Abstraction, SW Education, Computing

### I. Introduction

정보교육이 다른 교과와 차별화되는 이유는 미래정보사회의 핵심 능력이 될 컴퓨팅 사고력을 향상시키기 위한 목적교과이기 때문이다. 컴퓨팅 사고력은 복잡한 문제 해결의 실마리를 발견하고 아이디어가 생성되어 알고리즘으로 표현되며, 컴퓨팅 시스템을 이용한 문제해결의 과정에서 반드시 필요한 사고력이다.

추상화(abstraction)는 기존의 것에 대하여 지금까지 존재하지 않았던 추상적인 것을 새롭게 창조하는 개인의 사고과정이다. 즉, 창의적 문제해결을 위해 꼭 필요한 사고과정이 추상화이다. 그래서 추상화는 컴퓨팅 사고력의 핵심이며, 정보교과의 목표도 이를 통해 실현가능하다.

추상화는 철학, 수학, 과학 등 여러 학문분야에서 인간의 사고과정과 관련하여 학문의 근간인 사고방법으로 사용되어온 개념으로 학문분야가 제각기 다양하다는 이유로 엄밀히 정의되기 어렵다. 그래서 각 학문분야마다의 특징에 따라 추상화에 대한 명확한 개념 정의를 다시 하고 있다. 정보교육 분야의 추상화도 이 분야에 맞는 명확한 개념 정의가 필요하다. 그래서 정보교육 분야에서도 컴퓨팅 시스템을 바탕으로 창의적인 문제해결에 필요한 추상화를 명확히 제시해야한다.

그러나 현재, 컴퓨팅 사고력에서의 추상화는 명확히 정의되고 있지 않고, 다양한 용어와 그 속에 포함되는 여러 구성요소의 개념들이 혼재해 있어 정보교육 분야가 성장하는데 걸림돌이 되고 있다. 따라서 컴퓨팅 사고력에서 추상화의 의미를 명확하게 확인하고, 기존에 복잡하게 제시되어 있는 그 구성요소를 정제할 필요가 있다.

이 연구는 기존 정보교육 분야에서 제시하고 있는 추상화의 의미를 명확히 확인하고 그 구성요소를 정제하는 목적으로, 기존 정보교육 분야에서 제시된 추상화 의미를 파악하여, 그 의미를 명확히 하고,

관련 구성요소의 개념을 정제 및 추가하였다. 또한 컴퓨팅 사고력의 추상화에 대한 고찰을 통해 정보교육이 나아가야 할 방향의 시사점을 제시하였다.

### II. Related studies

정보교육 분야에서 추상화와 관련된 연구를 살펴보면, 아래와 같다.

김성기(2002)는 프로그래밍 언어에서 추상화는 다른 분야에서 볼 수 없는 상호대체성이 있다고 말하면서, 추상화의 대상과 추상화의 결과가 명확히 정의되기 때문에 추상화의 결과가 원래의 추상화 대상으로 환원될 수 있다고 하였다[1].

안상진 외(2012)는 문제 해결 측면에서 추상화를 살펴보았을 때 추상화의 특성을 현실 문제를 대상으로 계산 가능한 형태로 추상화하고, 문제 해결 방법의 복잡도를 낮추기 위하여 여러 단계를 거쳐 추상화되고, 추상화된 개념은 정신적 조작을 통하여 문제의 해결책을 수립하는데 사용한다고 하였다[2].

정인기(2016)는 추상화에 일반화, 집산화, 모델화 등을 포함시키고, 추상화 관련 프로세서로 일반화, 분해, 모델화 등을 제시하였다[3]. 이와 같은 프로세스를 통해 프로그램으로 표현하게 된다면 학생들의 사고 훈련과 평가에 도움이 될 것이라고 하였다[3].

주여진 외(2018)는 소프트웨어 교육에서 추상화의 개념을 정의하면서 추상화의 요소를 객체 추상화, 데이터 추상화, 절차 추상화로 분류하고 이에 따른 성취기준을 개발하였다[4].

위의 연구들을 살펴보면, 정보교육 관련 추상화의 전체 정의와 구성요소, 프로세스 등의 개념과 문제해결의 핵심 사고과정임을 확인하였다. 그러나 컴퓨팅사고력에서 차별화된 추상화의 개념을 명확히 확인할 수 없었고, 추상화에 필요한 사고과정에 대한 심층적인 고찰이 부족하였다.

### III. Abstraction in computational Thinking

#### 1. 개념

컴퓨팅 사고력과 관련하여 안상진 외(2012), 정인기(2016), 주어진 외(2018), Wing(2008) 등의 학자들과 CAS(2014), CAS LONDON(2018), BBC Bitesize(2018) 등 영국의 정보교육관련 단체, ISTE·CSTA·NSF(2011) 등 미국의 정보교육관련 단체, 국내 교육부(2015)의 2015 개정 교육과정 등에서 제시한 추상화 정의를 살펴보면, 아래와 같은 개념들이 포함되어 있음을 확인할 수 있다 [3-11].

1. 문제해결에 필요하다.
2. 인간의 사고과정이다.
3. 복잡한 문제를 분해한다.
4. 불필요한 요소를 제거한다.
5. 상세함을 숨긴다.
6. 복잡함을 단순화한다.
7. 필요한 요소를 추출한다.
8. 단순한 형태로 만든다.

추상의 사전적 의미를 파악하면, 전체로부터 특정 성질이나 공통점을 분리하고, 골라내는 정신작용으로 정의하고 있다[12]. 그래서 추상은 전체나 여러 것에서 무엇인가를 분리하거나 골라내는 과정을 거쳐 새로운 것을 형성하고, 복잡하고 다양하고 구체적인 사물이나 현상에서 일반적, 핵심적, 필수적, 공통적인 것을 추출하거나 단순하거나 대표적인 것을 분리하여 이를 기호, 아이콘, 명칭, 개념 등으로 표현하는 것이다[12]. 정보교육관련 단체와 학자들의 추상화에 대한 정의는 이런 사전적인 추상의 의미에서 크게 벗어나지 않는다.

하지만, 컴퓨팅 사고력은 컴퓨터과학 사고력이기 때문에 그 속에 포함된 추상화는 컴퓨터과학 분야의 특징을 포함해야 한다.

컴퓨팅사고력의 추상화가 결국 물리적 컴퓨팅 시스템이 수행 가능한 이진수 코드로 변환되어야 되기 때문에 숨기는 것과 제거하는 것의 의미를 구체적으로 확인해볼 필요가 있다. 제거는 처음 상태로 환원하지 못한다는 의미이고 숨기는 것은 추후에 필요한 정보를 확인할 수 있게 잠시 분리해서 치우두는 것을 의미한다. 컴퓨팅 사고력에서 추상화로 불필요한 정보를 삭제한 경우에는 프로그램을 언어나 기호로 표현할 수 있지만, 물리적인 컴퓨터에 프로그램으로 구현할 수는 없다. 왜냐하면, 구체적인 정보를 담고 있는 대표성을 나타내는 요소로 추상화될 때, 포함된 정보가 삭제되지 않고 남아있어야 되기 때문이다. 예를 들어, 추상화된 결과인 변수는 식별자로 구분되어 사용되지만, 그 변수 이름(식별자)은 주소와 값이 할당된 특정 기억장

소, 데이터타입, 길이 등 다양한 정보를 포함하고 있다. 즉, 추상화되었다고 해서 여러 정보가 제거되지 않고 남아 있어야 컴퓨팅 시스템에서 사용 가능하다. 그래서 컴퓨팅사고력에서의 추상화는 제거보다는 숨기는 것으로 복원이 가능한 형태로 추상화하는 것이 더 바람직하다.

위와 같은 논의 결과, 컴퓨팅 사고력에서 추상화는 컴퓨팅 시스템을 이용하여 문제를 해결하기 위해, 복잡한 문제를 분해하여 상세함을 숨기고 필요한 요소를 추출하는 등의 방법으로 복잡함을 단순화해서 이해하기 쉬운 형태로 나타내는 문제해결에 필요한 인간의 사고과정으로 정의된다.

#### 2. 핵심 구성요소

국내의 여러 학자 및 정보교육관련 단체에서 제시한 컴퓨팅 사고력에서 추상화 구성요소 중 핵심 요소를 확인하기 위해 반복해서 제시하고 있는 요소를 추출해 보면, 분해·모델링·일반화 등이 핵심인 것으로 확인되었다[3][6-11]. 핵심 구성요소 개념을 명확히 하면, 컴퓨팅 사고력에서의 추상화를 보다 정확히 확인할 수 있기에 분해, 모델링, 일반화 등의 의미를 다음과 같이 고찰하였다.

##### 2.1 분해

사전적 의미의 분해(decomposition)란 여러 부분이 결합되어 이루어진 것을 낱말로 나누는 것인데, 컴퓨팅에서 분해 작업을 할 때는 분해로 인해 전체가 갖는 정보가 손상되거나 손실되지 않도록 유지해야 한다[13]. 그리고 컴퓨팅시스템을 이용할 때, 분해의 과정으로 이루어진 부분이 다시 합쳐졌을 때 기존 문제상황을 해결하는 것 이상의 결과가 나온다면, 이 또한 문제가 된다. 그래서 컴퓨팅사고력에서 추상화의 분해는 부분의 합이 전체로 귀결되는 환원주의(reductionism)적 성격을 가져야 한다. 환원주의는 전체가 부분의 합과 같아서 하위단계 요소로 세분화하여 명확하게 정의할 수 있다는 견해다.

영국의 CAS(2014)와 BBC Bitesize(2016)에서 분해란 대상을 구성하는 요소의 관점에서 생각하는 방식으로 복잡한 문제나 시스템을 작은 부분으로 분해하여 좀 더 관리하기 쉽고, 이해하기 쉽게 하도록 하는 것으로 정의하였다[6][8].

정인기(2016)는 분해를 문제해결과정에서 문제에 포함되어 있는 상세내용을 도출하는 과정으로 말하였다. 상세내용을 도출하는 것은 확산적 사고과정으로 볼 수 있다. 그리고 분해가 문제를 구체화(materialization)하는 과정으로 추상화의 반대 방향으로 보았다[3]. 또한 CAS(2014)에서도 추상화를 분해와 동급의 사고과정으로 구분하여 제시하였다[6]. 그러나 분해는 구체화, 즉 문제에 포함되어 있는 상세내용을 도출하는 과정이어서 비록 절차상 방향은 다를 수 있으나 반대되거나 지엽적인 특정 사고형태로 구분되는 개념이 아니라 추상화 과정에 포함하는 것으로 보는 것이 보다 바람직하다. 문제의 상세내용을 도출하는 구체화 과정에서도 문제에 포함된 모든 것을 추출하는 것이 아니라 핵심만을 추출하는 과정이기 때문에 분해를 통해 나타난 것들이 그 속에 포함되어 있는 것들을 추상한 것이라고 볼 수 있다. 또, 추상화 절차상으로 볼 때 고려 대상이 늘어나는 추상화의 과정과 반대 방향으로 보일 수 있으나, 집단으로 또는 위계를 나누는 과정을

위한 사전 과정으로 필요하다. 그래서 분해를 결과물로 봤을 때는 단순화하는 추상화의 과정과 다른 양적으로 증가된 결과물을 생산해내지만, 분해를 통해 나타난 구체적인 것들 또한 핵심요소만을 추출하는 과정이고, 이 논문의 추상화 정의에서 전술한 바와 같이 추상화된 결과물을 도출하기 위한 필수 과정으로 추상화에 포함되어야 한다.

위와 같은 내용에서 봤을 때, 분해는 특정 대상이나 문제를 단순히 나누는 과정이 아니라, 그 속에 포함되어 있는 상세내용을 도출하는 확산적 사고가 필요한 추상화 과정으로 정의된다. 그리고 분해는 상세내용 도출을 위해 구분을 통한 집단이 형성되고, 하위 분해를 통해 포함관계로 위계를 확인할 수 있는 환원주의적 사고과정이다.

## 2.2 모델링

사전적 의미의 모델링(modeling)은 모형을 뜻하는 모델(model) + ing로, 단어 그대로 해석하면 ‘모델을 만드는 일’이라는 뜻으로, 모형화, 모델화 등과 동일한 의미로 사용된다[14].

영국 CAS(2014)와 미국 CSTA(2011)의 자료에서는 모델링을 추상화와 동일한 용어로 표현하고 있다[6][10]. 추상화의 결과물이 특정 모델이고 이를 형성하는 과정으로 설명되기 때문에 모델링이 추상화의 가장 핵심 구성요소로 볼 수 있다는 견해로 파악된다.

정인기(2016)는 컴퓨팅 사고력에서 모델링은 실제계의 문제나 이슈, 시스템 구현의 과제 등에서 특정 목적에 관한 관점에서 중요한 것을 포착하고 나머지는 생략하는 것이다[3]. 그래서 모델링은 모든 것을 상세하게 표현하는 것보다는 문제 해결에 필요한 것만 활용하고 나머지는 생략, 즉 숨겨서 문제를 쉽게 해결하는 방법이다. 그런데, 정보를 숨기고 모형을 만들기 위해서는 드러나는 것은 숨겨진 것과는 달리 대표성을 갖도록 표현되어야 한다. 이 과정에서 대표성을 갖는 것으로 수렴되는 특별한 사고과정이 필요하다. 그것은 다른 것과 구분하여 사고하는 것과 정보를 숨기기 위해 포함관계를 확인하는 것이다. 이 논문에서는 다른 것과 구분하여 모으는 것은 집단화(grouping)로, 하위 정보를 숨기면서 포함관계를 확인하는 것은 위계화(hierarchy)로 각각 정의한다. 또, 집단화와 위계화를 묶어서 이 논문에서는 구성(composition)으로 정의한다. 그래서 모델링이 진행되기 위해서 집단화와 위계화 등 구성의 과정이 필요하다.

위의 내용을 바탕으로 정리해보면, 모델링은 문제를 쉽게 해결하기 위해, 상세함을 숨기거나 생략하여 특정 모델을 형성하는 수렴적 사고가 필요한 추상화 과정이다. 그리고 모델링을 통해 특정 모델을 형성하기 위해서는 집단화와 위계화와 같은 구성의 과정이 필요하다.

## 2.3 일반화

사전적 의미의 일반화(generalization)는 여러 개체들이 가지고 있는 공통된 특성을 부각시켜 한 개념이나 법칙을 성립시키는 과정 혹은 그 결과로 얻어진 진술을 나타내는 용어로, 과학에서 법칙 등의 보편화(universalization)와 동일어로 사용되며 해당 개념의 외면이 증가하여 적용범위를 확대하는 일이다[15].

정인기(2016)는 일반화를 유사한 패턴을 가지는 문제 해결 방법을 별도의 모듈로 구현하고 이를 필요할 때 사용하는 문제 해결 방법으로 제시하고 있다[3]. 그래서 일반화의 결과는 모듈을 구현하는 것으로,

모듈을 구성하는 모델링의 의미와 비슷하나 유사한 패턴을 찾아 구현된다는 차이점이 있다.

영국의 CAS(2014)에서는 일반화를 패턴, 유사성 및 연관성을 식별하고, 그러한 면들을 활용하는 거나 특정한 모듈로 구현함으로써 복잡함을 회피할 수 있는 과정으로 정의하고 있다[6]. CAS에서도 일반화를 특정 패턴인식뿐만 아니라 유사성 및 연관성을 식별하여 모듈을 형성하는 과정으로 모델링과 유사한 개념으로 설명하고 있다.

위와 같은 개념들을 종합해보면, 일반화는 유사성을 통해 패턴을 인식하거나 연관성으로 집합으로 구분하여 모듈로 구현하는 추상화 과정으로 모델링과 유사한 용어이다. 다만 모델링과 차별점은 일반화가 패턴을 인식하고 이를 모듈로 구현하는 것에 더 중점을 두는 추상화 과정이라는 것이다.

## V. Conclusions

이 연구를 통해, 컴퓨팅 사고력에서 추상화의 개념을 종합하고 분석하여 그 의미를 명확히 하였다. 그리고 컴퓨팅사고력에서 추상화의 핵심 구성요소를 분해, 모델링, 일반화 등으로 추출하고 이에 대한 개념을 논의하여 분명하게 정리하였다. 이를 통해 앞으로 정보교육 분야의 교육 및 연구에서 나아가야 할 방향을 논의하면 아래와 같다.

첫째, 컴퓨팅사고력의 추상화 과정에 구성(composition)의 과정을 포함하고, 이에 대한 교육과 연구를 진행해야 한다. 문제해결을 위해 작은 단위의 문제로 분해(decomposition)하고 이를 다시 문제해결을 위한 모듈로 형성하기 위해서는 환원주의적 입장에서 어떻게 구성할지를 결정해야 한다. 즉, 모델형성을 위해 구성을 단순한 군집을 이룰 것인지, 아니면 절차를 생각해서 조합할 것인지, 대표성을 따는 것을 어떻게 표현할 것인지 등으로 의사결정하게 된다. 그래서 추상화의 과정인 모델링에서 분해된 것을 다시 조직하는 의사결정과 같은 구성의 과정이 필요하여, 이에 대한 교육 및 연구 노력이 필요하다.

둘째, 컴퓨팅 사고력에서 추상화는 가설연역적 사고과정으로 인지 발달에 도움이 될 것으로 판단되어, 이에 대한 교육과 연구를 진행해야 한다. 컴퓨팅시스템을 이용하여 문제를 해결하는 추상화에서 분해는 문제 해결에 필요한 작은 문제들을 나눌 때, 반드시 필요한 것들로 구분해야 한다. 만약 필요한 것을 모두 예측한 상태에서 분해되지 않으면 누락된 부분으로 인해 결국 문제는 해결되지 않는다. 그래서 프로그램을 개발하기 위해서는 해당 문제 상황이 전개될 과정이나 작은 해결방법(서브프로그램)의 결과인 ‘경우의 수’를 미리 고려해야 한다. 그래서 분해나 모델링, 일반화 등의 추상화 과정은 미리 결과를 추론해보는 피아제가 말한 가설연역적 사고과정이다. 가설연역적 사고는 피아제의 형식적 조작기에 가능한데, 구체적 조작기에는 구체물을 이용하여 가설연역적 사고를 하고 점차 이런 과정이 반복되어 형식적 조작기로 인지발달하게 된다[16]. 그래서 컴퓨팅 사고력의 추상화는 가설연역적 사고과정이므로 컴퓨팅사고력의 향상은 인지발달을 도와줄 것이다. 그래서 이에 대한 교육 및 연구의 노력이 필요하다.

이 연구의 후속 연구로, 컴퓨팅사고력 향상 과정에서 추상화의 결과물을 어떻게 형성하고, 이용하고, 발달될 수 있는지를 인지발달과 관련하여 연구를 진행하고자 한다.

## REFERENCES

- [1] Seong Gi Kim, "Abstraction in programming language," Journal of hanshin information and science research institute. Vol. -, No. 4, pp. 103-115, 2002.
- [2] Sang Jin An, Young Min Seo, Young Jun Lee, "Characteristics of Abstraction in Computational Thinking," Proceedings of the Korean Association of Computer Education Conference, Vol. 16, No. 1, pp. 43-46, Feb. 2012.
- [3] InKee Jeong, "Review of Concept of Abstraction of Computational Thinking," Journal of the Korean Association of information Education. Vol. 20, No 6, pp. 585-596, Feb. 2016.
- [4] Yeojin Ju, Daisung Ma, Jeongrang Kim, "A study on abstraction of computational thinking," Journal of the Korean Association of information Education. Vol. 9, No 1, pp. 79-84, Jan. 2018.
- [5] Wing, J. M., Computational Thinking. Communication of the ACM, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35, Mar. 2006.
- [6] CAS, "Computing in the national curriculum: A guide for secondary teachers" Computing At School, Jul. 2014.
- [7] CAS LONDON, "Developing computational thinking," Teaching Lond on Computing : A RESOURCE HUB from CAS LONDON, Retrieved from: <https://teachinglondoncomputing.org/resources/developing-computational-thinking>.
- [8] BBC Bitesize, "What is abstraction?," BBC, Retrieved from: <http://www.bbc.co.uk/education/guides/zttredm/revision>.
- [9] ISTE, CSTA, NSF, "Computational Thinking – Teacher Resources 2nd edition," ISTE CSTA NSF, Retrieved from: [http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-teacher-resources\\_2ed-pdf.pdf?sfvrsn=2](http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-teacher-resources_2ed-pdf.pdf?sfvrsn=2).
- [10] CSTA, "K-12 Computer Science Standards Revised: 2011," The CSTA Standards Task Force, Retrieved from: [https://cdn.ymaws.com/www.csteachers.org/resource/resmgr/Docs/Standards/CSTA\\_K-12\\_CSS.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.csteachers.org/resource/resmgr/Docs/Standards/CSTA_K-12_CSS.pdf)
- [11] Ministry of Education, "2015 Revised Practical arts curriculum," 2015 Revised National Curriculum, Sep. 2015.
- [12] Telecommunications Technology Association, "Dictionary of Information Technological Terms," Doosan Dong-A, Jan. 2007.
- [13] Wikipedia, Abstraction Search in Wikipedia, Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Abstraction>
- [14] Wikipedia, Modelling Search in Wikipedia, Retrieved from: <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%AA%A8%EB>
- [15] Education Institute of Seoul National University, "Pedagogy Glossary," Hakjisa, Jan. 2001.
- [16] Heeyoung Jung, "Jean Piaget and Education," Hakjisa, 2008.