

시각장애 학생을 위한 더블 피드백 기반 코딩교육 프로그램

이승미*¹, 전석주**², 김선주*²

Double Feedback-based Coding Education Program for Visually Impaired Students

Seung-Mee Lee*¹, Seok-Ju Chun**², and Sean-Joo Kim*²

이 연구는 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2021R1F1A1046712)

요 약

시각장애 학생들은 그동안 SW 교구 및 수업 방법 등의 미비로 인해 SW교육에서 소외되었다. 그러나 앞으로 생겨날 미래 사회의 직업 중 대다수는 컴퓨팅사고력을 필요로 함을 고려할 때 시각장애 학생을 위한 프로그래밍 교육은 필수적이다. 본 연구에서는 시각장애 학생의 코딩교육을 위한 더블 피드백 기반 점자 코딩교육 교구를 개발하였다. 또한, 본 교구를 활용한 교육 프로그램을 개발하여 전문가 대상의 델파이 조사를 통해 2차 검증하였다. 이를 통해 도출된 최종 코딩교육 프로그램 4차시는 코딩과 알고리즘에 대해 이해하고 점자 코딩 블록을 사용법을 연습하여 순차, 반복 구조를 활용해 코딩하는 활동으로 구성되었다. 본 연구가 모두에게 포용적이고 공평한 양질의 SW교육을 위한 초석이 되기를 바라며 시각장애 학생들을 위한 실질적인 코딩교육 방법이 활발히 연구되고 적용되기를 기대한다.

Abstract

Visually impaired students have been excluded from SW education due to the lack of SW teaching aids and teaching methods. However, considering that the majority of future jobs in society require computational thinking skills, programming education for visually impaired students is essential. In this study, we developed a double feedback-based braille coding education device for coding education for visually impaired students. In addition, an educational program using this teaching device was developed and secondly verified through a Delphi survey of experts. The fourth session of the final coding education program derived from this consisted of activities such as understanding coding and algorithms, practicing how to use Braille coding blocks, and coding using sequential and repetitive structures. We hope that this study will serve as a cornerstone for inclusive and equitable quality SW education for all and suggest that practical coding education methods for visually impaired students be actively researched and applied.

Keywords

visually impaired student, double feedback-based coding education, braille coding education, SW education

* 서울교육대학교 컴퓨터교육과 박사과정
- ORCID¹: <https://orcid.org/0009-0001-6615-2846>
- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0002-4224-9117>
** 서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1299-1203>

· Received: Mar. 15, 2024, Revised: Apr. 08, 2024, Accepted: Apr. 11, 2024
· Corresponding Author: Seok-Ju Chun
Dept. of Computer Education, Seoul National University of Education, 96
Seochojungang-ro, Seocho-gu, Seoul, South Korea
Tel.: +82-2-3475-2542, Email: chunsj@snu.ac.kr

I. 서 론

최근 소프트웨어가 우리 생활의 필수 요소가 되면서 프로그래밍 교육에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다[1]. 2015년 교육과정의 개정에 따라 우리나라 SW교육은 필수화되었으며 중·고등학교는 2018년부터, 초등학교는 2019년부터 의무적으로 실시하고 있다. 그러나 SW 교구 및 수업 방법 등의 미비로 인해 그동안 시각장애(Visually impaired) 학생들은 SW교육에서 소외되었다. 시각장애 학생들이 컴퓨터 공학 학위를 취득하거나 컴퓨터 관련 직업을 갖기 위해서는 여러 가지 사회 및 기술적인 장애물을 뛰어넘어야 하는데[2], 기초소양으로서의 초등학교 SW교육조차 시각장애 학생들은 받지 못하는 실정인 것이다.

SW교육은 창의·융합적 사고력 등 현대 사회에서 요구하는 핵심역량을 기르기에 효과적이다[3]. 프로그래밍은 아이들에게 과학, 수학, 창의적 사고를 배우는 데 도움이 될 수 있고 대부분의 나라에서 필수과목이 되었으며 시각장애 학생에게 필요한 교육도 이와 다르지 않다[4]. 앞으로 생겨날 미래 사회의 직업 중 대다수가 소프트웨어를 다루는 능력을 필요로 할 것이다. 따라서 시각장애 학생을 위한 프로그래밍 교육은 더 이상 미룰 수 있는 과제가 아니다.

특수교육의 기본 철학은 헌법, 평등, 인간의 가치와 존엄, 접근권, 그리고 개인차 등과 같은 용어로 대변할 수 있으며 인간의 존엄성은 개인차를 무시하고는 있을 수 없다[5]. 또한, 유엔(UN) 2030의 지속가능발전 의제 안에서 제시한 교육 목표는 ‘양질의 교육’으로 포용적이고 공평한 양질의 교육 보장과 모두를 위한 평생학습 기회 증진이다. 이와 같은 맥락에서 시각장애 학생들에게도 프로그래밍 능력을 기르기 위한 교육이 반드시 제공되어야 하며 컴퓨팅사고력[6]을 길러 미래 사회에 필요한 인재가 될 수 있어야 한다. 시각장애 학생들의 발달단계, 흥미, 소질 등의 요구와 교육적 필요 등 다양한 특성들을 고려하여 SW교육 기회를 제공하는 것은 국가의 의무이며 진정한 교육의 평등에 한 발자국 다가가는 일이다[7].

시각장애 학생을 위한 SW교육은 교육적 보조수단 학습으로서의 컴퓨터 교육으로의 의미도 있지만 컴퓨터 과학이나 프로그래밍 학습 그 자체를 위한 교육으로서의 의미도 크다[1]. 본 연구에서는 시각장애 학생을 위한 더블 피드백 기반 점자 코딩교육 교구를 개발하였으며 본 교구를 적용한 코딩교육 프로그램을 작성하였다. 그리고 프로그램 초안을 컴퓨터교육, 인공지능교육, 특수교육 전공의 전문가를 대상으로 2차 델파이 조사를 통해 검증 및 수정하여 시각장애 학생을 위한 최종 코딩교육 프로그램을 도출하고자 하였다. 이를 통해 더블 피드백 기반 점자 코딩교육 교구의 교육적 활용 가능성과 시각장애 학생을 위한 코딩교육 프로그램의 적용 가능성을 살펴보고자 하였다.

II. 관련 연구

2.1 장애 학생의 SW교육

특수교육에서도 SW교육은 필수적으로 지도되어야 할 영역이나 장애 유형에 따라 일부 장애 학생에게는 수행하기 어려운 과제라는 선입견이 있어 단순한 컴퓨터 활용 교육을 지도하는 수준이거나 SW교육의 필요성 자체를 느끼지 못하는 경우도 있다. 또한, SW교육에 필요한 대부분의 교재, 교구, 교육 프로그램, 교원 연수 등이 비장애 학생을 중심으로 제작 및 운영되고 있어 장애 학생에게 SW교육을 시도하기에 많은 어려움이 있다. 이러한 흐름으로는 장애 학생과 비장애 학생의 SW교육 격차는 양질의 측면 모두에서 더욱 크게 벌어질 것이다.

2021년 한국장애인재단의 보고서에 따르면 장애 학생을 가르치는 특수교사의 58.05%가 장애 학생의 특성에 맞는 새로운 피지컬 컴퓨팅 교육 도구가 필요하다고 하였으며 멀티 입출력 기능이 필요하다는 의견이 약 27%, 음성 입력 및 출력 기능이 필요하다는 의견이 30%인 것으로 나타났다[8]. 이처럼 특수교육 분야에서는 장애 학생의 맞춤형 SW교육을 위한 다양한 지원을 필요로 하고 있다.

2.2 시각장애 학생을 위한 코딩 교구

Scratch[9], 엔트리[10] 또는 Blockly[11]와 같은 시각적 프로그래밍 환경의 등장은 어린 학생들에게 프로그래밍에 대한 접근을 쉽게 하고 아이들이 가상 블록을 합성하여 스스로 시각적인 애플리케이션을 만들면서 컴퓨팅사고력을 키울 수 있도록 한다. 그러나 이러한 도구들은 청각과 촉각을 주로 사용하는 시각장애 학생에게는 무용지물이다. 그동안 시각장애 학생을 위한 다양한 도구들이 연구되고 개발되었으며[12]-[15], 스페이스 텐저블게임[2], 이미지의 쌍방향 음소화 어플리케이션[16], 시각장애유아를 위한 기초 산술 학습 프레임워크[17], 대화형 숫자 학습 시스템(iCERA)[18], 블라인드 맞춤형 로봇 프로그래밍 환경 연구[19], 시각장애인을 돕는 컴퓨터비전과 AI 활용방안 연구[20] 등 다양한 연구가 진행되었으나 시각장애 학생들을 위한 프로그래밍 도구는 여전히 부족한 실정이다[21].

2.3 시각장애 학생의 점자 교육

우리나라 시각장애인 중 점자를 해독할 수 있는 사람의 비율은 굉장히 낮다. 이는 다양한 시설에서 음성으로 정보를 알려주어 점자를 접하거나 배울 수 있는 기회가 줄어들고 있는 것이 큰 원인 중 하나이다. 또한, 보통 시각장애 학생이 맹학교에서 점자를 배우는 방식이 옛날이나 지금도 변하지 않고 점필과 점관, 점자판, 그리고 점자용 종이를 이용하고 있어 어린 시각장애 학생들의 경우 점자를 배우는 동기나 흥미를 잃는 경우가 많은 것도 원인으로 볼 수 있다[22].

읽기 유창성은 읽기 과제 수행뿐만 아니라 배움에 있어서 학업성과 전반에 미치는 영향이 매우 크다. 따라서 시각장애 학생의 점자 읽기 유창성을 향상시키는 것이 매우 중요하며 가능한 조기부터 점자 교육을 시작하여 초등 시기에 양손 점독을 통한 점자 읽기 유창성 교육이 집중적으로 이루어져야 한다[23].

2.4 더블 피드백 기반 점자 코딩 교구

더블 피드백이란 시각, 촉각, 청각 등의 오감을 이용해 학습자에게 피드백을 제공하는 것을 의미한다. 본 연구에서는 시각장애 학생의 코딩교육을 위해 시각장애 학생들이 주로 사용하는 감각의 더블 피드백 방식(소리, 촉각)을 사용한 코딩 교구를 개발하였다. 코딩 블록은 정육면체로 만들어졌으며 이동, 반복, 숫자, 소리 블록이 있다. 블록의 윗면에는 명령을 직관적으로 이해할 수 있는 화살표, 숫자, 모양을 양각으로 새겼으며 블록의 옆면에는 점자가 새겨져 있다. 시각장애 학생들은 코딩 블록의 음각과 양각을 만져보며 블록을 쉽게 이해할 수 있다. 또한, 옆면의 점자를 자연스럽게 익힘과 동시에 코딩을 배울 수 있다.

학생들은 코딩 블록을 리더기의 왼쪽부터 순서대로 올려놓아 코딩을 할 수 있다. 원하는 명령의 코딩 블록을 리더기 위에 올려두고 시작 버튼을 누르면 로봇카에서 명령을 수행한다. 소리 블록을 실행하면 로봇카에서 소리를 내고, 이동 블록을 실행하면 로봇카가 해당 방향으로 움직인다. 블록의 명령은 왼쪽부터 오른쪽으로 실행되며 이를 통해 코딩의 순차 구조를 배울 수 있다. 또한, 반복 시작 블록과 반복 끝 블록 사이에 코딩 블록을 두고 실행시키면 지정한 반복 횟수만큼 로봇카가 명령을 수행한다. 이를 통해 시각장애 학생들은 코딩의 반복 구조까지 학습할 수 있다. 코딩 리더기와 코딩 블록의 모습은 아래 그림 1~4와 같다.



그림 1. 더블 피드백 기반 코딩 교구
Fig. 1. Double feedback-based coding device



그림 2. 이동 블록과 숫자 블록
Fig. 2. Moving blocks and number blocks



그림 3. 소리 블록
Fig. 3. Sound blocks



그림 4. 반복 구조를 활용한 코딩
Fig. 4. Coding using a repetition structure

그림 4의 경우, 맨 왼쪽의 화살표 모양은 반복하기 블록으로 숫자 블록 3이 이어 왔으므로 3번 반복한다는 것을 뜻한다. 이후 화살표 모양과 V 모양은 앞으로 가기와 ‘뽕뽕’하는 자동차 소리를 뜻하며 하늘색 사각형 모양은 반복 끝을 의미한다. 따라서 이를 해석하면 앞으로 가기와 자동차 소리 내는 것을 3번 반복한다는 의미의 코딩이 된다. 그 이후 이어 오는 오른쪽 방향의 화살표와 하트 모양의 블록은 각각 오른쪽 방향으로 돌기, ‘뽕’하는 방구 소리 내기를 뜻한다. 따라서 반복하는 명령 이후에 로봇

키는 오른쪽으로 돌고 방구 소리를 내는 명령을 실행하게 된다.

III. 연구 방법

본 연구에서는 선행연구를 통해 개발된 더블 피드백 기반 점자 코딩 교구와 시각장애 학생 대상의 코딩교육 프로그램의 타당성을 확보하기 위하여 델파이 조사(Delphi method)를 실시하였다. 이를 위해 15명으로 전문가 그룹을 구성하였으며, 총 2회의 델파이 설문을 실시하였다. 본 연구는 시각장애 학생을 위한 코딩교육 프로그램 개발을 목적으로 하고 있기 때문에 전문가 집단은 코딩교육과 특수교육에 대한 이해도가 높고 교육 경험이 풍부한 컴퓨터교육, 인공지능교육 전공의 현직 초등학교 교사 11인, 특수교육 전공의 현직 초등학교 특수 교사 2인, 컴퓨터교육 전공의 중·고등학교 교사 2인으로 구성하였다. 참여한 전문가 그룹의 정보는 표 1과 같다.

표 1. 델파이 조사 참여 전문가
Table 1. Experts group for delphi research

No.	Affiliation	Degree	Major	Career	
1	Elementary school teacher	Doctor	Computer education	20	
2				10	
3		Master		AI education	10
4					10
5					9
6					8
7			19		
8		Bachelor	Special education	9	
9				7	
10		Bachelor	Computer education	7	
11				17	
12		Middle school teacher	Bachelor	Computer education	15
13					4
14	7				
15	High school teacher	Bachelor	Computer education	4	

연구 절차는 다음과 같다. 먼저 시각장애 학생의 SW교육 현황과 코딩교육 등에 관한 선행연구를 분석하여 더블 피드백 기반 점자 코딩 교구를 활용한 시각장애 학생 대상 코딩교육 프로그램 4차시 초안을 도출하였다.

이후 총 2회의 델파이 조사를 활용한 전문가 검토를 통하여 프로그램을 수정, 보완해 최종 프로그램을 도출하였다. 이를 도식화한 연구 절차는 그림 5와 같다.

시각장애 학생을 위한 코딩교육 프로그램의 타당도 검증을 위한 델파이 조사의 핵심 질문은 표 2와 같다. 타당도 검사의 문항은 조운주(2021)의 연구를 토대로 본 프로그램의 특성에 맞게 수정하여 타당성, 적절성, 설명력, 유용성, 보편성의 5가지 영역별 세부 항목으로 구성하였다[24].

표 2. 델파이 조사 문항
Table 2. Delphi survey questions

Area	Contents
Validity	1-1 Goals and objectives
	1-2 Educational content
Appropriateness	2-1 Content system
	2-2 Teaching method
	2-3 SW competency development
	2-4 Reach achievement standards
Explanatory power	3-1 Understanding the composition system
Usefulness	4-1 SW education utilization
Universality	5-1 SW education application

델파이 조사는 각 항목별 리커트 5점 척도로 폐쇄형 문항을 구성하였으며 조사를 통해 얻은 폐쇄형 질문 응답은 Excel 프로그램을 이용하여 평균, 표준편차, 내용타당도비율(CVR, Content Validity Ratio)값을 산출하였다. CVR은 전체 응답수 대비 ‘적합하다’ 이상의 응답 수를 산출한 비율로 각 문항별로 전문

가 집단 15인의 응답을 분석하였다. 전문가 인원수가 15명일 경우 CVR 값이 0.6 이상인 항목들만 내용 타당도가 있다고 판단하였으며[25] 본 연구에서 사용한 CVR 값을 구하는 공식은 표 3과 같다. 이와 함께 프로그램에 대해 각 영역별로 개방형 질문을 받아 전문가로부터 수정이나 보완 의견을 작성하도록 한 후 이를 프로그램에 반영하고자 하였다.

표 3. CVR 계산 공식
Table 3. Formula to calculate CVR

$$CVR = \frac{N_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

N_e : the number of experts responding ‘appropriate’ and ‘very appropriate’
 N : the total number of experts

IV. 연구 결과

4.1 프로그램 초안 설계

본 연구에서는 문헌연구, 사례연구 등을 통해 시각장애 학생을 위한 더블 피드백 기반 점자 코딩교육 프로그램 초안을 도출하였다. 먼저 프로그램의 학습목표, 내용 요소, 교수·학습방법, 평가내용과 방법의 기초가 되는 2022개정 실과교육과정의 SW교육 성취기준을 분석하였다. 본 연구에서는 교육 프로그램이 목표로 하는 SW교육 성취기준을 표 4와 같이 선정하였다.

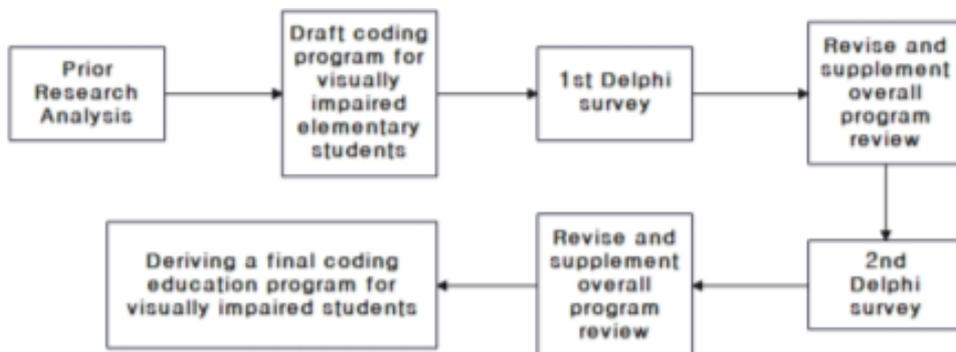


그림 5. 연구 절차
Fig. 5. Procedure of research

표 4. 프로그램 성취기준

Table 4. Program achievement standards

No.	Contents
[05-01]	Explore examples of solving problems in daily life using computers and express algorithms for solving problems in daily life in various ways.
[05-02]	Experience how to command a computer and write a program to solve a given problem.
[05-03]	Collaborate to create programs that solve real-life problems and share the results with others.

초안 프로그램을 개발하기 위해 본 연구에서는 문헌 및 사례연구를 실시하였다. 프로그램 개발의 근간이 되는 교육과정 및 교과서 분석을 통해 초등 SW교육과 관련된 학습목표, 내용요소 등을 도출하였다. 또한, 교육 사례를 분석하기 위해 초등학교 대상의 코딩교육 프로그램과, 텐저블 교구 기반의 코딩교육 프로그램의 자료를 분석하여 교수학습 방법 및 평가 방법에 반영될 수 있도록 하였다.

교육 프로그램은 컴퓨터교육 박사과정 1인으로부터 검토를 받아 수정·보완하였으며 시각장애 학생이 더블 피드백 기반 점자 코딩 교구를 통해 본 교육 프로그램이 목표로 하는 SW교육 성취기준에 도달할 수 있도록 4차시 프로그램을 구성하였다. 프로그램은 초등학교 맥락에서 시각장애 학생의 코딩교육을 할 때 고려해야 할 학습자 교육 환경 등을 고려하였고 각 수업 단계에서 학습 목표에 도달할 수 있는 활동들로 구성하였다. 차시별 프로그램 주요 활동은 표 5와 같다.

표 5. 초안 프로그램의 주요 활동

Table 5. Main activities of the draft program

No.	Main activity
1	·Express the algorithm in spoken language and examine Braille coding blocks
2	·Mission to arrange moving blocks and sound blocks sequentially
3	·Find the way using repeated blocks
4	·Drawing with moving blocks and repeating blocks

4.2 1차 델파이 조사 결과

프로그램 전반에 대한 1차 델파이 조사 결과는 표 6과 같다. 9개의 문항에서 모두 CVR값이 0.6 이상으로 도출되었으나 프로그램의 적절성, 설명력, 유용성, 보편성 측면에서 보완이 필요한 것을 확인하였다. 특히 평균값을 살펴보았을 때 교수 방법의 적절성과 프로그램의 설명력에서 수정이 필요한 것으로 나타났다.

표 6. 1차 델파이 조사 결과

Table 6. Results of the 1st delphi survey

No.	Area		Mean	Standard deviation	CVR
1	Validity	1-1	4.8	0.41	1
		1-2	4.6	0.51	1
2	Appropriateness	2-1	4.33	0.72	0.73
		2-2	4.3	0.9	0.73
		2-3	4.53	0.52	1
		2-4	4.27	0.70	0.73
3	Explanatory power	3-1	4.27	1.1	0.6
4	Usefulness	4-1	4.47	0.74	0.73
5	Universality	5-1	4.4	0.83	0.6

각 영역별로 전문가의 개방형 의견을 받은 결과 프로그램 활동 중 영상 시청의 경우 시각장애 학생들에게 적합하지 않다는 의견과 4차시 활동의 그림 그리기의 경우 시각장애 학생이 원하는 그림을 그리기 쉽지 않다는 의견, 3D 펜으로 로봇카가 움직이는 길을 그려주고 만져보는 것이 효과적이지 않을 것이라는 의견 등 프로그램의 적절성에 관한 수정 의견이 가장 많았다. 또한, 유의점 및 활동 내용이 더 구체적으로 제시될 때 프로그램의 설명력과 유용성, 보편성 등이 증가할 것이라는 의견도 있었다.

4.3 2차 프로그램 도출

1차 전문가 검토 의견을 반영하여 2차 프로그램을 도출하였다. 시각장애 학생의 입장에서 그림 그리기 활동보다는 음성 언어를 이용한 활동이 더 적절하다는 전문가 의견을 반영하여 4차시 활동을 전면 수정하였다.

또한, 수업을 실시하는 교사 입장에서 프로그램 을 쉽게 이해하고 적용할 수 있도록 교수 방법을 보다 더 구체적으로 작성하였으며 시각장애 학생들이 코딩 블록을 익히고 코딩 알고리즘을 이해하는 데 충분한 시간을 가질 수 있도록 학습 활동 내에서 세부적인 단계를 추가하였다. 영상 시청은 최소화하였으며 로봇카의 움직임을 손으로 만져가면서 직접 확인할 수 있는 지침으로 수정하였다. 2차로 도출된 프로그램의 주요 활동은 표 7과 같다.

표 7. 2차 프로그램의 주요 활동
Table 7. Main activities of the revised program

No.	Main activity
1	·Express the algorithm in spoken language and body ·Examine the braille coding blocks and practice inserting them into the reader
2	·Mission to arrange moving blocks and sound blocks sequentially
3	·Practice using repetitive blocks ·Find the way using repeated blocks
4	·Build your own robot car ·Create a robot car story and introduce it through coding

4.4 2차 델파이 조사

델파이 1차 조사를 통해 수정된 프로그램에 대해 델파이 2차 조사를 진행하였으며 마찬가지로 15명의 전문가 집단이 타당도 설문에 응했다. 델파이 2차 조사 결과는 표 8과 같다.

표 8. 2차 델파이 조사 결과
Table 8. Results of the 2nd delphi survey

No.	Area	Mean	Standard deviation	CVR	
1	Validity	1-1	4.8	0.56	0.87
		1-2	4.8	0.56	0.87
2	Appropriateness	2-1	4.87	0.52	0.87
		2-2	4.73	0.59	0.87
		2-3	4.8	0.56	0.87
		2-4	4.8	0.56	0.87
3	Explanatory power	3-1	4.8	0.41	1
4	Usefulness	4-1	4.93	0.26	1
5	Universality	5-1	4.93	0.26	1

델파이 2차 조사 결과 역시 9개의 문항에서 모두 CVR값이 0.6 이상으로 도출되어 타당성을 확보하였다. 또한, 프로그램의 타당성, 적절성, 설명력, 유용성, 보편성 모두의 평균값이 1차 조사보다 상승하였다. 이는 초안에 비해 수정된 2차 교육 프로그램이 시각장애 학생들에게 현장에서 활용될 수 있도록 구체화 되었기 때문에 타당성이 높게 측정된 것으로 볼 수 있다.

2차 델파이 조사 역시 각 영역별로 전문가의 개방형 의견을 받았다. 그 결과 타당성 영역에서는 ‘시각장애를 가진 학생도 정규 교육과정의 성취기준에 도달할 수 있도록 방법을 구안한 점에서 교육 목표 및 내용이 타당하다’, 설명력 영역에서는 ‘교사가 학생들에게 기본적 단계를 여러 번 연습할 수 있도록 돕고 있으며 수업 상황에서 발생하는 여러 변수를 검토해 유의점을 제시해 설명력이 충분함’, 유용성 영역에서는 ‘점자 블록이 상용화 된다면 이 프로그램이 유용하게 쓰이리라 생각한다’, 보편성 영역에서는 ‘난이도가 높지 않고 다양한 소재를 활용해 흥미를 유발해 보편적으로 적용이 가능하다’는 의견이 있었다. 또한, 적절성 영역에서는 ‘4차시 수업에서 이야기를 만드는 활동에 더 많은 시간이 배분되는 것이 적절하다’, ‘점자 지도를 준비하여 시작 지점과 목표 지점을 파악하게 하는 선행 작업이 필요하다’, ‘시각이 아닌 다른 감각기관을 활용하도록 한 점이 적절하다’ 등의 의견이 제시되었다.

4.5 최종 프로그램 도출

2차 델파이 조사를 통해 수집된 전문가 의견을 반영하여 프로그램을 수정 및 보완하였다. 프로그램을 실질적으로 적용하는데 어려움이 없도록 구체적인 상황에서의 유의점 등을 자세히 기술하였고 시각장애 학생의 특성에 맞게 청각과 촉각을 적극적으로 활용할 수 있도록 활동을 보완하였다. 또한, 각 학습의 상황에 따라 차시를 늘리거나 줄일 수 있음을 명시하였다. 이상의 과정을 거쳐 최종적으로 4차시의 프로그램이 도출되었다.

1차시 프로그램의 목표는 ‘알고리즘과 코딩이 무엇인지 이해하고, 코딩 블록을 이용할 수 있다’이다.

음성 언어와 큰 동작을 이용해 친구와 명령을 내리고 내가 컴퓨터가 되어 실행해보는 활동을 통해 알고리즘 및 코딩을 이해할 수 있도록 한다. 또한, 처음으로 접하는 점자 코딩 블록을 직접 만져보고 점자 블록 맞추기 놀이를 함으로써 블록의 모양에 익숙해질 수 있도록 한다. 마지막으로 점자 블록을 점자 블록 리더기에 직접 넣어보고 실행해보는 연습을 한다.

2차시 프로그램의 목표는 ‘점자 블록 코딩을 통해 순차구조를 이해하고 로봇을 이동시킬 수 있다’로 학생들은 지난 시간에 익힌 코딩 블록 중 이동 블록을 이용해 로봇카를 원하는 방향으로 움직이도록 코딩한다. 또한, 직접 로봇카가 이동할 수 있는 상황(심부름 가기 등)을 만들고 상황에 맞게 로봇카를 이동시켜봄으로써 자연스럽게 순차구조를 익힐 수 있도록 한다.

3차시 프로그램의 목표는 ‘반복 구조를 이해하고 점자 블록을 활용해 간단한 반복코딩을 할 수 있다’로 먼저 반복 블록 사용법을 연습하고 반복 블록을 사용하는 이유에 대해 생각해본다. 그리고 반복 블록을 사용해 로봇카를 이동시키는 미션을 해결한다.

4차시 프로그램의 목표는 ‘나만의 로봇카를 만들어 순차, 반복 구조를 활용해 코딩하고 발표할 수 있다’로 점토와 레고를 활용해 로봇카를 꾸민 후 나만의 로봇카 이야기를 구상한다. 그리고 짝과 친구들에게 나만의 로봇카를 이야기와 함께 코딩을 통해 소개하는 활동으로 구성하였다.

표 9. 1차시 최종 프로그램

Table 9. 1st session of final program

Step	Activity
Introduction	·Listen to the video and talk about the algorithm ·Directly explain the algorithm when brushing teeth
Development	·Acting like a robot following commands read by the teacher ·Become a programmer and give commands to your friends
	·Learn about the types of braille coding blocks ·Braille coding block matching game
	·Practice inserting braille blocks into a reader ·Creating an algorithm with Braille coding blocks
Summary	·Organizing braille coding blocks by type

최종 개발된 프로그램을 요약해 제시하면 표 9, 표 10, 표 11, 표 12와 같으며 각 프로그램에서 장애 학생들이 하게 되는 코딩 예시는 그림 6, 그림 7, 그림 8과 같다.

표 10. 2차시 최종 프로그램

Table 10. 2nd session of final program

Step	Activity
Introduction	·Talk about robots
Development	·Solve sequential coding missions with braille coding blocks ·Create sequential coding missions with braille coding blocks
	·Command the robot to move objects using braille coding blocks ·Create your own situation and code to move objects
	·Imagine robots helping people
Summary	·Imagine robots helping people

표 11. 3차시 최종 프로그램

Table 11. 3rd session of final program

Step	Activity
Introduction	·Talk about parcel sorting robots
Development	·Practice using repetition blocks ·Think about the need for repeat blocks
	·Check the starting and ending points on the map and design an algorithm to solve the problem ·Coding a delivery robot using repeat blocks
	·Present the benefits of using repeat blocks
Summary	·Present the benefits of using repeat blocks

표 12. 4차시 최종 프로그램

Table 12. 4th session of final program

Step	Activity
Introduction	·Imagine the robot car you want to make
Development	·Come up with your own robot car concept ·Decorating a robot car using clay and Legos
	·Listen to the teacher’s robot car story ·Create your own robot car story using sound, movement, and repeat blocks
	·Introducing your own robot car to your partner ·Execute coding while telling the story of your robot car to your friends
Summary	·Talk about what you’ve learned so far



그림 6. 2차시 순차 코딩 예시
Fig. 6. Sequence coding example for the 2nd session



그림 7. 3차시 반복 코딩 예시
Fig. 7. Repetition coding example for the 3rd session



그림 8. 4차시 코딩 예시
Fig. 8. Coding example for the 4th session

본 연구에서 도출된 시각장애 학생을 위한 더블 피드백 기반 점자 코딩교육 프로그램은 시각장애 학생의 SW교육을 지원하는 데 활용할 수 있을 것이다. 대다수의 일반 학생들이 코딩을 처음 접할 때 사용하는 PC 기반의 블록코딩 플랫폼은 시각장애 학생들이 익히기에는 제한점이 많다. 손으로 만질 수 있고 양각의 모양과 점자로 명령을 읽을 수 있는 실물 블록을 활용한 코딩 교구를 교육에 적절한 프로그램을 통해 적용할 때 특수교육 분야에서도 시각장애 학생의 컴퓨팅사고력 신장 및 학습권 회복이 이루어질 수 있을 것이다.

V. 결론 및 제언

4차 산업혁명의 디지털 대전환 시대에서 프로그래밍은 전 세계적으로 필수과목이 되었다. 이전에 요구되던 읽기, 쓰기, 산수 능력에 더불어 컴퓨팅사고력 또한 강조되고 있다. 이는 시각장애 학생의 경우도 예외는 아니다. 본 연구에서는 시각장애 학생을 위한 더블 피드백 기반 점자 코딩교구를 개발하고 이를 활용한 교육 프로그램을 개발 및 전문가 검증을 통한 수정, 보완 과정을 거쳐 최종 프로그램을 도출하였다.

본 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 시각장애 학생을 위한 더블 피드백 기반 점자 코딩 교구를 실제 수업에 적용해볼 수 있는 프로그램을 개발하였다. 둘째, 초등학교 교육 현장에서 이루어지고 있는 코딩교육을 시각장애 학생에게도 적용할 수 있는 초석을 마련해 진정한 교육의 평등에 다가갔다.

본 연구의 후속 연구로 시각장애 학생을 위한 코딩교육 프로그램을 적용하여 효과성을 분석해 볼 필요가 있다. 시각장애 학생들의 로봇코딩 경험을 통해 인지적 측면의 컴퓨팅사고력 향상 또는 정의적 측면의 자기효능감 향상 등을 기대해볼 수 있을 것이다. 또한, 본 프로그램뿐만 아니라 다양한 방식의 장애 학생 대상의 코딩교육 프로그램이 개발되고 적용될 필요가 있다. 이를 위해서는 장애 유형별 맞춤형 SW교육 자료 및 교구 개발이 지속적으로 이루어져 효과적인 SW교육 실행기반이 구축되어야 할 것이다.

References

- [1] S. Kim and S. Chun, "Development of Tangible Programming Learning System for Visually Impaired People", *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 20, No. 3, pp. 129-136, Mar. 2022. <http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2022.20.3.129>
- [2] O. Metatla, S. Bardot, C. Cullen, M. Serrano, and C. Jouffrais, "Robots for Inclusive Play: Co-designing an Educational Game With Visually

- Impaired and sighted Children", Proc. of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-13, Apr. 2020. <https://doi-org-ssl.oca.korea.ac.kr/10.1145/3313831.3376270>.
- [3] S. Kim, S. Chun, S. Kim, S. Lee, and Y. Lee, "Effectiveness Analysis of Programming Education for Visually Impaired Students using Scratch Braille Block System", The Journal of Korea Elementary Education, Vol. 32, No. 3, pp. 53-64, Sep. 2021. <http://dx.doi.org/10.20972/Kjee.32.3.202109.53>.
- [4] H. Alotaibi, H. S. Al-Khalifa, and D. ALSaeed, "Teaching Programming to Students with Vision Impairment: Impact of Tactile Teaching Strategies on Student's Achievements and Perceptions", Sustainability, Vol. 12, No. 13, pp. 1-25, July 2020. <https://doi.org/10.3390/su12135320>.
- [5] S. Choi, "Discourse on Educational Equality and Practical Equality of Hearing Impaired Students", Korean Journal of Political Science, Vol. 26, No. 3, pp. 89-111, Jan. 2018. <https://doi.org/10.34221/KJPS.2018.26.3.5>.
- [6] J. M. Wing, "Computational thinking", Communications of the ACM, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35, Mar. 2006. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- [7] J. Lee and E. Ko, "Career Education of Elementary Students with Disabilities in Inclusive Education Setting", Journal of special education : theory and practice, Vol. 19, No. 4, pp. 47-70, Dec. 2018. <http://dx.doi.org/10.19049/JSPED.2018.19.4.03>.
- [8] S. Lee, Y. Moon, H. Choi, J. Kim, S. Chun, and Y. Jo, "SW education status and awareness survey results report to support SW education for students with disabilities", Korea Foundation for Persons with Disabilities, Dec. 2021.
- [9] M. Resnick, J. Maloney, A. Monroy-Hernández, N. Rusk, E. Eastmond, K. Brennan, A. Millner, E. Rosenbaum, J. Silver, B. Silverman, and Y. Kafai, "Scratch: Programming for all", Communication of the ACM, Vol. 52, No. 11, pp. 60-67, Nov. 2009. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>.
- [10] Entry, <http://www.playentry.org> [accessed: Jan. 20, 2024]
- [11] Neil Fraser, "Ten things we've learned from Blockly", IEEE Blocks and Beyond Workshop, pp. 49-50, Dec. 2015. <https://doi.org/10.1109/BLOCKS.2015.7369000>.
- [12] F. Hu, A. Zekelman, M. Horn, and F. Judd, "Strawbies: explorations in tangible programming", Proc. of the 14th International Conference on Interaction Design and Children, Boston Massachusetts, pp. 410-413, June 2015. <https://doi.org/10.1145/2771839.2771866>.
- [13] A. Sullivan, M. Elkin, and M. Bers, "KIBO robot demo: engaging young children in programming and engineering", Proc. of the 14th International Conference on Interaction Design and Children, Boston Massachusetts, pp. 418-421, Jun. 2015. <https://doi.org/10.1145/2771839.2771868>.
- [14] A. Thieme, C. Morrison, N. Villar, M. Grayson, and S. Lindley, "Enabling Collaboration in Learning Computer Programing Inclusive of Children with Vision Impairments", Proc. of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems, Edinburgh United Kingdom, pp. 739-752, Jun. 2017. <https://doi.org/10.1145/3064663.3064689>.
- [15] L. Milne and R. Ladner, "Blocks4All: Overcoming Accessibility Barriers to Blocks Programming for Children with Visual Impairments", Proc. of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Montreal QC Canada, No. 69, pp. 1-10, Apr. 2018. <https://doi.org/10.1145/3173574.3173643>.
- [16] A. Radecki, M. Bujacz, P. Skulimowski, and P. Strumillo, "Interactive sonification of images in serious games as an education aid for visually impaired children", British Journal of Educational Technology, Vol. 51, No. 2, pp. 473-497, Jul. 2019. <https://doi.org/10.1111/bjet.12852>.
- [17] T. Chakraborty, T. Khan, and A. Islam, "Towards

- Devising a Low-cost and Easy-to-use Arithmetic Learning Framework for Economically Less-privileged Visually Impaired Children", *ACM Transactions on Accessible Computing*, Vol. 11, No. 4, pp. 1-31, Nov. 2018. <https://doi.org/10.1145/3265756>.
- [18] P. Fikar, F. Güldenpfennig, and R. Ganhör, "TPick, Place, And Follow: A Ball Run for Visually Impaired Children", *Proc. of the 2018 ACM Conference Companion Publication on Designing Interactive Systems*, Hong Kong China, pp. 165-169, May 2018. <https://doi.org/10.1145/3197391.3205430>.
- [19] C. Martolini, A. Cuppone, G. Cappagli, and S. Finocchietti, "ABBI-K: a novel tool for evaluating spatial and motor abilities in visually impaired children", *2018 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications*, Rome, Italy, pp. 1-6, Aug. 2018. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2018.8438671>.
- [20] C. Jayawardena, B. Balasuriya, N. Lokuhettiarachchi, and A. Ranasinghe, "Intelligent Platform for Visually Impaired Children for Learning Indoor and Outdoor Objects", *TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference*, Kochi, India, pp. 2572-2577, Oct. 2019. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2019.8929567>.
- [21] A. Sabuncuoglu, "Tangible Music Programming Blocks for Visually Impaired Children", *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, Sydney NSW Australia, pp. 423-429, Feb. 2020. <https://doi.org/10.1145/3374920.3374939>.
- [22] Korea Institute for Health and Social Affairs, "Preliminary research on the 2020 survey on the status of persons with disabilities", Jan. 2020.
- [23] T. Lee, "Study on the Braille Reading Fluency of Blind Students", *The Korean Journal of Visual Impairment*, Vol. 31, No. 4, pp. 1-22, Dec. 2015.
- [24] Y. Jo, "Development and Application of Instructional Model for Software Career Education", *Doctoral Dissertation*, The Graduate School of Seoul National University of Education, Aug. 2021.
- [25] C. H. Lawshe, "A quantitative approach to content validity", *Personnel Psychology*, Vol. 38, No. 4, pp. 563-575, Jul. 1975. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>.

저자소개

이 승 미 (Seung-Mee Lee)



2021년 8월 : 서울교육대학교
컴퓨터교육과(석사)
2023년 3월 ~ 현재 :
서울교육대학교 컴퓨터교육과
박사과정
관심분야 : 소프트웨어교육,
인공지능교육

전 석 주 (Seok-Ju Chun)



2002년 2월 : 한국과학기술원
컴퓨터공학과(박사)
2004년 4월 ~ 현재 :
서울교육대학교 컴퓨터교육과
교수
관심분야 : 컴퓨터교육, 프로그래밍
방법, 데이터마이닝, OLAP

김 선 주 (Sean-Joo Kim)



2015년 8월 : 서울교육대학교
컴퓨터교육과(석사)
2021년 3월 ~ 현재 :
서울교육대학교 컴퓨터교육과
박사과정
관심분야 : 컴퓨터교육, 특수교육,
프로그래밍 언어