

1. 개요

□ 연구목적

본교는 2007년 3월에 개교하여 올해로 6년째를 맞이하고 있는 경상북도 경산시에 소재하고 있는 과학고등학교로써 우수한 교육인프라를 구축하고 있으며 특히, 2012학년도에는 경상북도 STEAM교육 시범학교로 지정되어 1년간 다양한 교육활동을 계획 · 시행 중에 있으며 STEAM R&E도 본교에서 추진 중에 있는 매우 중요한 STEAM교육활동 중의 하나이다.

본교가 소재한 경산시의 경우 인구수는 비교적 적지만 우리나라 어느 지역과 견주어보아도 손색이 없는 교육도시로써 교육인프라가 매우 잘 갖춰진 지역이다. 학교 인근에 위치한 영남대를 비롯하여 대구대, 경일대, 대구가톨릭대 등 4년제 대학교가 4곳, 2년제 대학이 4곳이 경산시에 위치해 있으며 인근 진량읍에는 대규모 공단도 입지해 있다. 또한, 대구의 위성도시로써 경북대, 대구경북과학기술원(DGIST)과도 지리적 위치가 가까워 R&E활동 등을 통해 교류의 폭을 넓혀가고 있다. 특히, DGIST와는 올해 3월에 본교와 상호 교류를 확대해 나가기 위한 업무협약을 맺은 바 있으며, 본 연구활동은 DGIST에서 중점으로 육성하는 로봇공학 분야와도 밀접한 관계가 있다.

한편, 로봇은 STEAM교육활동의 취지와 목적에 부합이 가장 잘 되는 교육 소재이다. 로봇구조물을 만들고(Engineering), 동작을 제어하기 위한 프로그램을 작성하며(Technology), 센서를 이용하여 물리량들을 측정(Science), 수치해석(Mathematics)의 과정을 통해 현실의 문제점들을 발견하고 해결하는 과정을 통해 감성적 체험(Art)을 할 수 있기 때문이다.

따라서, 본 연구는 임베디드 시스템 기반 물리 실험 교구 개발이라는 대주제를 바탕으로 마이크로컨트롤러와 광센서를 이용하여 빛의 간섭과 회절실험장치를 제작함으로써 정량적인 분석과 정밀한 실험이 가능해짐에 따라 여러가지 광학적 특성을 분석하는 데 그 목적이 있다.

□ 연구범위

가. 연구 분야 및 범위

본 연구의 분야는 어느 특정한 한 분야에만 국한된 것이 아니라 기계, 전자, 로봇, 정보, 물리학 등 여러 분야의 학문적 접근이 요구되므로 간학문적 성격이 강하다. 다만, 고등학생 수준에서 이해하고 접근할 수 있는 지식 수준에는 한계가 있으므로 실행가능한 범위 내에서 연구활동이 수행되다 보니 고가의 상용장치와 정밀도를 비교하기에는 제한적이다.

나. 진행 단계별 주요 활동

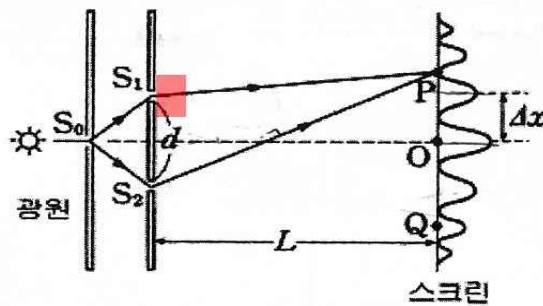
진행 단계별 주요 활동	시기	비고
1. 실태 분석 가. 교육 과정 분석 나. 기존 장치의 문제점 분석	5월	연구 관련 이론 교육 병행
2. 문헌 연구 가. 이론적 배경 나. 선행 연구 고찰	6월	연구 관련 이론 교육 병행
3. 장치 제작 계획 수립	7월	
4. 장치 제작 준비 가. 설계도 작성 나. 부품 구입	7월	
5. 장치 제작	8월~9월	학교 및 인근시설 활용
6. 탐구활동 가. 단일슬릿 실험 나. 이중슬릿 실험	9월~10월	시범학교보고회 작품 전시
7. 결과 정리	10월	
8. 결과 분석	10월	
9. 보고서 작성	11월	학회 발표 (2013년 2월 예정)

2. 연구 수행 내용

□ 이론적 배경 및 선행 연구

가. 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

두 개의 가간섭성 광원에서 나온 빛은 서로 간섭하여 공간상에서 그 에너지가 극대, 극소가 반복되는 간섭무늬를 만든다. 이러한 현상을 이용하여 광원으로부터 나온 빛의 파장을 구할 수 있다. 19세기 영(Young)은 이중 슬릿을 이용하여 스크린 상에 밝고 어두운 간섭무늬를 맺게 하여 빛이 간섭한다는 사실을 실험으로 확인하고 빛의 파동성을 입증하였다.



그림과 같이 이중 슬릿에 파장이 λ 인 단색광을 비추면 슬릿 S_1 , S_2 에서 회절한 빛이 서로 간섭하여 스크린 상에 밝고 어두운 무늬를 만든다. 이때 슬릿 S_1 , S_2 사이의 간격을 d 라고 하면 S_1 과 S_2 를 통과한 두 광선의 광로차는

$$S_2P - S_1P = d \sin \theta = d \frac{x}{L}$$

이며, 밝고 어두운 무늬가 나타날 조건은 다음과 같다.

$$\text{밝은 무늬 조건 : } d \frac{x}{L} = 2m \frac{\lambda}{2} \quad (m=0, 1, 2, 3\cdots)$$

$$\text{어두운 무늬 조건 : } d \frac{x}{L} = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad (m=0, 1, 2, 3\cdots)$$

한편, 간섭무늬의 간격, 즉 밝은 무늬와 밝은 무늬, 또는 어두운 무늬와 어두운 무늬 사이의 간격을 Δx 라고 하면 다음과 같이 되어 Δx , L , d 를 측정하면 빛의 파장 λ 를 구할 수 있다.

$$\lambda = d \frac{\Delta x}{L}$$

나. 마이크로 컨트롤러(MCU)와 CodeVisionAVR C 컴파일러

1) ATmega8535 실험장치의 구성

마이크로 컨트롤러(MCU ; Micro Controller Unit)는 PC에 쓰이는 마이크로 프로세서의 일반 산술, 논리 요소, 읽기 쓰기 메모리, 읽기 전용 메모리, 데이터 저장을 위한 EEPROM, 주변 기기, 입출력 인터페이스 등의 부가 요소를 통합한 것이다. 대표적인 것으로는 Atmel사에서 만든 AVR종류의 프로세서가 있다. 이것은 대부분의 명령을 단일 클록에 실행할 수 있어 8비트임에도 시스템 개발을 위한 비용과 시간을 줄일 수 있다. 우리는 컴퓨터를 통하여 비교적 가벼운 편에 속하는 자료를 통신하여 받아들이는 것이기 때문에 AVR칩 중에서 비교적 저렴한 ATmega8535란 칩을 쓰기로 한다.



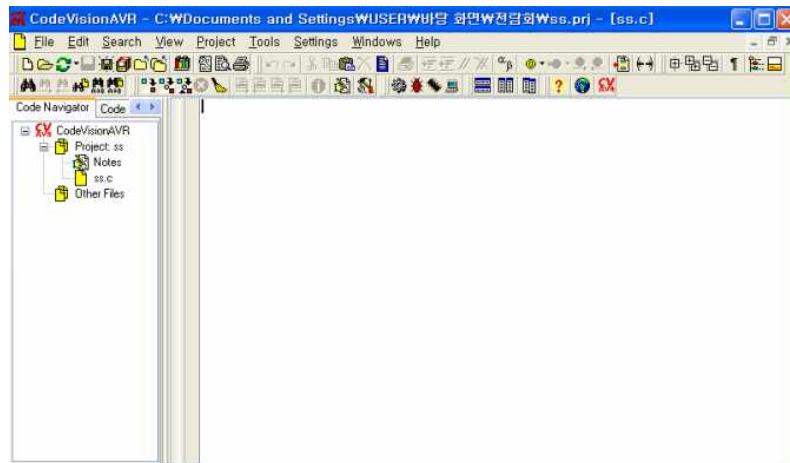
<ATmega8535칩>

본 연구에서는 MCU로 동작하는 스텝모터에 탑재된 광센서로 빛의 간섭, 회절무늬를 전기신호로 바꾼 다음 MCU로 받아들인다. MCU는 이 신호를 다시 디지털신호로 변환시킨 다음 시리얼 통신으로 연결된 컴퓨터로 전송시키켜 주는 데, 이때의 디지털신호화된 실험data를 엑셀이나 비주얼베이직으로 직접 만든 프로그램 등으로 받아들여 분석하게 된다.

2) CodeVisionAVR C 컴파일러

CodeVisionAVR C는 Atmel AVR 마이크로컨트롤러를 위한 개발 환경을 갖춘 컴파일러이다. 계략적인 사용방법에 대해 설명하면 CodeVisionAVR C에서 C언어로 프로그램을 작성한 다음 MCU가 인식할 수 있는 언어로 변환(컴파일)시켜 준다. 컴파일된 파일은 CodeVisionAVR Chip Programmer로 MCU에 탑재시킨다. 아래 그림은

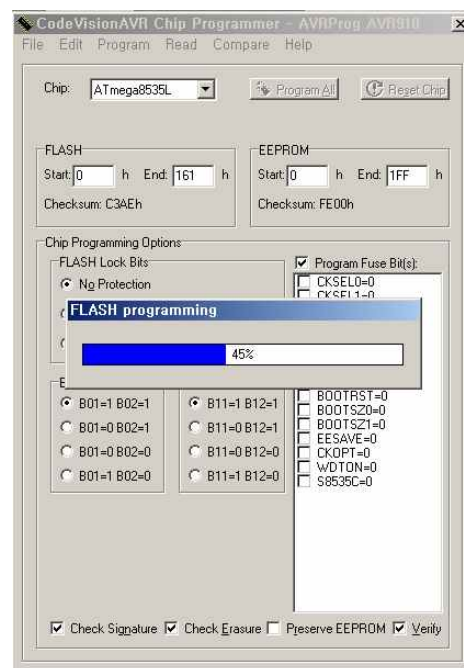
컴파일이 완료된 화면과 MCU에 프로그램을 탑재하는 과정을 나타내고 있다.



<기본화면>



<컴파일 하는 작업>



<프로그램을 MCU에 탑재하는 과정>

□ 연구주제의 선정

가. 연구 주제를 선정하기 전 임베디드시스템에 관한 기초 역량을 강화하기 위해 LEGO MINDSTORMS NXT를 이용하여 로봇구조물 제작, 프로그래밍, 로봇을 이용한 과학 탐구 활동을 수행하였다.

월	단계	소주제	주요 내용	
5~6	탐색	사전 이론 탐색	상황제시	최근 로봇에 대한 관심이 증대되고 있는 가운데 이를 직접 제작해 보고 동작을 제어해 보자.
			창의적 설계	로봇으로 구현해 보고 싶은 기능을 그림이나 글로 표현해 본다.
			감성적 체험	여러가지 로봇 구현 동영상 감상을 통해 흥미를 가지고 성취욕구를 자극시킨다.
		로봇 기초 실습	상황제시	빛 센서, 초음파 센서, 터치 센서에 각각 반응하여 모터를 동작시킬 수 있는 로봇을 만들어 보자.
			창의적 설계	다양한 센서에 종합적으로 반응하여 장애물을 피해 갈 수 있는 운동로봇을 제작해 보게 한다.
			감성적 체험	간단한 로봇 제작을 통해 자신감과 성취감을 느끼고 보다 높은 수준의 로봇 제작활동을 위한 도전의식을 갖게 한다.
7~8	탐구 및 연구 활동	초음파 센서와 힘센서를 이용한 물리실험	상황제시	기존의 실험방법을 개선하여 편리하면서도 정확한 실험이 가능한 운동로봇을 만들어 보자.
			창의적 설계	운동로봇이 움직이면서 동시에 센서로 데이터를 수집할 수 있는 프로그램을 설계해 보게 한다.
			감성적 체험	로봇을 이용한 물리실험을 수행케 함으로써 사고의 폭을 넓게 하고 자신감과 성취감을 느끼게 한다.
		빛센서를 이용한 물리실험	상황제시	빛 센서를 이용할 수 있는 실험에는 어떤 것들이 있는지 생각해 보자.
			창의적 설계	빛 센서로 수행할 수 있는 실험을 설계해 보게 한다.
			감성적 체험	로봇을 이용한 물리실험을 수행케 함으로써 사고의 폭을 넓게 하고 자신감과 성취감을 느끼게 한다.
		소리센서를 이용한 물리실험	상황제시	소리 센서를 이용할 수 있는 실험에는 어떤 것들이 있는지 생각해 보자.
			창의적 설계	소리 센서로 수행할 수 있는 실험을 설계해 보게 한다.
			감성적 체험	로봇을 이용한 물리실험을 수행케 함으로써 사고의 폭을 넓게 하고 자신감과 성취감을 느끼게 한다.
		온도센서를 이용한 물리실험	상황제시	온도 센서를 이용할 수 있는 실험에는 어떤 것들이 있는지 생각해 보자.
			창의적 설계	온도 센서로 수행할 수 있는 실험을 설계해 보게 한다.
			감성적 체험	로봇을 이용한 물리실험을 수행케 함으로써 사고의 폭을 넓게 하고 자신감과 성취감을 느끼게 한다.

나. R&E 활동을 수행하는 과정에서 발생하는 문제점들은 조원들간의 협력과 지도교사의 노력으로 해결하였으며, 해결할 수 없는 문제점에 대해서는 공동지도교사와 자문교수의 도움을 받았다.

공동 지도 교사	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 컴퓨터 프로그래밍(C, 비주얼 베이직) 지도 ◦ 임베디드 시스템 분석 	교사(정보)
외부 전문가	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 관련 개념 및 이론 지도 ◦ 임베디드 시스템 관련 자문 ◦ 참고 도서 또는 자료 소개 ◦ Lego Mindstorms NXT를 활용한 실험활동 	교수

<전문가 자문 내용>



<LEGO MINDSTORMS NXT를 이용한 물리 실험>



<아이디어 협의 및 STEAM 연구활동 산출물 전시>

다. LEGO MINDSTORMS NXT을 이용하여 임베디드 시스템에 대한 기본적인 개념을 익힌 다음, 조원간 협의를 통해 수행 연구 과제를 선정토록 하였으며, 그 결과 '마이크로컨트롤러를 이용한 빛의 간섭과 회절 실험장치'를 제작하고 그 효용성을 분석해 보았다.

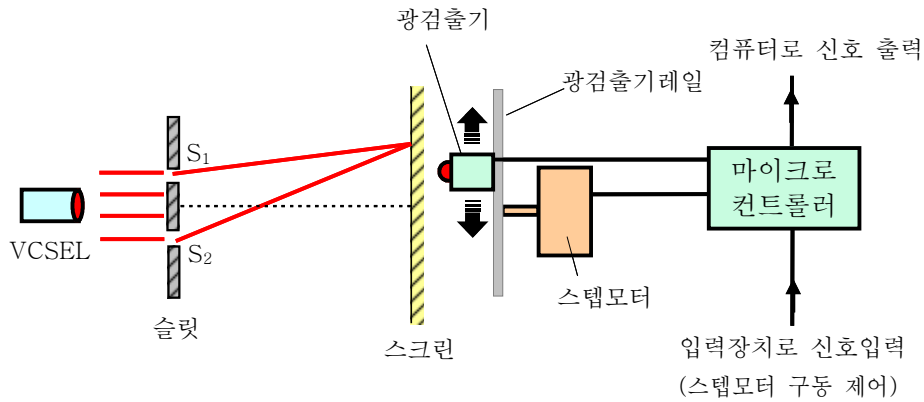
구분	담당 업무	비고
김효상	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 장치 개발 계획 수립 ◦ 기계 장치 제작(업무분담) 	
정의준	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전자회로 및 마이크로 컨트롤러 제어 ◦ 센서 및 모터 구동 회로 제작 	
이상민	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 부품 구입 및 설계도 작성(기계 설계) ◦ 기계 장치 제작(업무분담) 	
신승주	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 교육과정 분석 및 관련 개념 조사 ◦ 기존 실험장치 문제점 분석 	
장미지	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 컴퓨터 프로그래밍(C, 비주얼 베이직) 지원 ◦ 보고서 작성 	

<STEAM R&E 참여학생별 담당 업무>

□ 연구 활동 및 과정

가. 실험 장치 개발

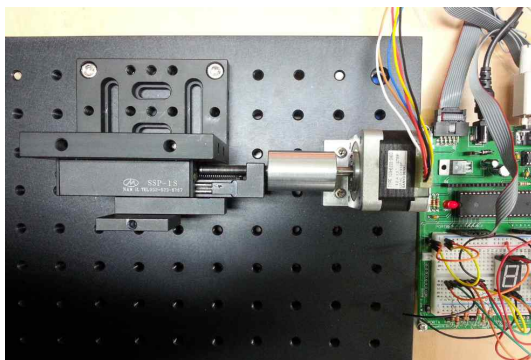
본 마이크로컨트롤러를 이용한 빛의 간섭과 회절 실험장치는 크게 세 부분으로 나누어 개발이 이루어지는데 그 구성도는 <그림1>과 같다. 먼저 부피를 많이 차지하는 기존의 He-Ne레이저를 대체하기 위해 수직 공진 표면발광 레이저다이오드(VCSEL)를 사용하여 광원부를 제작한다. 다음으로 스크린상에 나타나는 간섭무늬와 회절무늬를 디지털신호로 변환하여 컴퓨터로 출력가능하도록 광검출기와 스텝모터, 마이크로컨트롤러가 포함된 광출력부를 제작한다. 끝으로 마이크로컨트롤러를 통해 스텝모터를 제어하기 위한 프로그램과 광검출기로 부터 입력받은 신호를 디지털로 변환시켜 컴퓨터로 출력, 데이터를 분석할 수 있는 프로그램을 작성토록 한다.



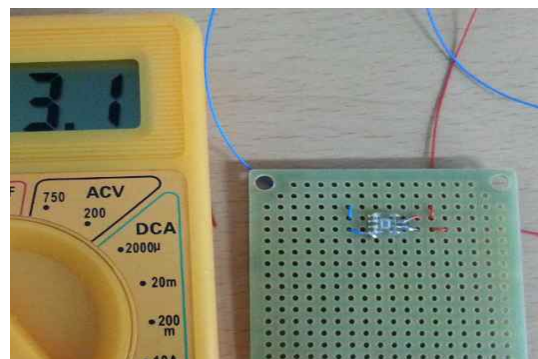
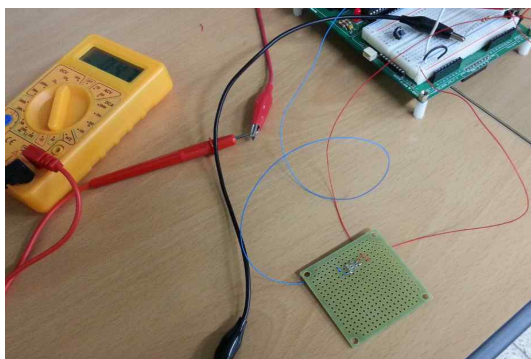
<빛의 간섭과 회절 실험장치의 구성도>

장치명	규격	특징 및 역할
광센서	TSL250RD	광센서, 빛의 세기를 아날로그 신호로 변환
광검출레일	알루미늄, 체인벨트	스텝모터와 연동한 광검출기 이동
스텝모터	1step당 회전각:1.8°	마이크로 컨트롤러로 정밀 제어
마이크로컨트롤러	ATmega8535	스텝모터 제어 및 광검출신호를 컴퓨터로 출력

<빛의 간섭과 회절 실험장치의 구성>



<스텝모터를 이용한 광센서 직선 이송장치 >



<마이크로컨트롤러와 광센서(TSL250RD)>

나. 탐구활동

본 개발장치를 이용하여 탐구활동을 실시하고 이론값과 비교하여 개발 장치의 효과를 검증한다. 기존의 실험장치는 무늬간격을 실험자가 직접 측정함으로써 오차가 많이 발생하였지만 본 장치는 빛의 밝기에 따라 광검출기에 흐르는 전류의 세기가 변하게 되면 이를 마이크로 컨터롤러와 연결된 A/D변환기를 통해 디지털 신호로 변환, 컴퓨터로 출력함으로써 측정오차를 최소화 할 수 있게 된다. 또 이렇게 입력받은 실험값은 별도의 과정을 거치지 않아도 자동으로 결과값을 계산하고 그래프를 그릴 수 있어 이론값과 실험값의 비교가 간단하다.

다. 월별 연구 추진 실적

월	연구 활동 내용	연구 추진 실적		비고
		연구책임자	공동지도교사	
5	자료조사 및 정리, 프로그래밍 언어 습득	연구 주제와 관련된 논문 검색 및 세미나	매월 1회 C 언어 교육	전문가 자문
6	연구관련 이론 교육	월 3회, 1회 2시간 씩 물리 관련 개념 설명 및 로봇 실습	매월 1회 C 언어 교육	
7	임베디드시스템 기반 물리실험 활동	월 3회, 1회 2시간 씩 로봇을 활용한 물리 관련 실험	매월 1회 C 언어 교육	
8	임베디드시스템 기반 물리실험 활동	월 3회, 1회 4시간 씩 로봇을 활용한 물리 관련 실험	매월 1회 C 언어 교육	전문가 자문
	중간 협의회	협의회 주관		
9	장치 설계 및 제작	월 2회, 1회 4시간 씩 연구 활동 수행 주관	로봇제어용 프로그래밍 관련 조언 및 오류수정	
10	장치 설계 및 제작	월 2회, 1회 4시간 씩 연구 활동 수행 주관	로봇제어용 프로그래밍 관련 조언 및 오류수정	전문가 자문
	임베디드시스템 관련 체험활동	체험활동 참가학생 인솔 : 일산 KINTEX		
11	탐구활동 및 결과보고서 작성	월 2회, 1회 4시간 씩 연구 활동 수행 주관	보고서 검토	전문가 자문

라. 전문가 자문 실적

월	자문 내용	비고
8	<ul style="list-style-type: none"> 연구 활동 중간 점검 관련 논문 인쇄물 제공 및 검색 안내 연구의 방향 제시 	중간협의회와 병행 실시
10	<ul style="list-style-type: none"> Atmega8535보드, 스텝모터, 광센서를 이용하여 임베디드 시스템을 개발하기 위한 여러가지 기술적 문제를 해결할 수 있는 방법 	대학연구실 방문
11	<ul style="list-style-type: none"> 자체 제작한 시작품에 대한 평가 및 문제점 분석 향후 최종 산출물 제작을 위한 지도·조언 보고서 작성에 대한 지도·조언 	협의회시
	<ul style="list-style-type: none"> 최종 산출물에 대한 평가 및 분석 결과 보고서 최종 검토 향후 활동 계획에 대한 논의 	물리실험실

마. 연구비 사용 실적

예산계정	지출내역	금액
기자재 및 시설비	<ul style="list-style-type: none"> Lego mindstmrns 장비 구입 555,000만원×2대 =1,110,000원 충전기 구입 20,000원×1개=20,000원 	1,130,000원
재료비 및 전산처리비	<ul style="list-style-type: none"> 로봇스터디 ATmega8535 실습키트 외 2종 528,000원 Vernier NXT Adapter 99,000×2개=297,000원 스테핑 모터 외 9종 335,654원 Screw Kit 외 3종 272,800원 	1,433,450원
시작품 제작비	<ul style="list-style-type: none"> 아크릴판 레이저 및 CNC가공 537,900원 알루미늄 브레드보드 외 3종 591,800원 	1,129,700원
여비	<ul style="list-style-type: none"> 국내 여비 2회 245,000원 	245,000원
인쇄, 복사, 사무용품 등	<ul style="list-style-type: none"> D형 바인더 외 8종 154,000원 인쇄 및 제본비 357,500원 	511,500원
기술정보활동비	<ul style="list-style-type: none"> Lego Mindstorms NXT Education Software외 1종 314,000원 로봇스터디 Atmega8535외 11종 20권 469,280원 협의회비 3회 339,240원 체험활동비 434,870원 마인드스톱 NXT를 활용한 창의공학설계 입문외 9종 10권 312,000원 간식비 5회 125,000원 파인만의 물리학 강의1 외 2권 91,800원 Science & Data Logging CD-Rom 191,000원 전문가 자문수당 1,000,000원 물리광학 외 5권 156,000원 	3,433,190원
연구수당	<ul style="list-style-type: none"> 책임지도교사 수당 200,000원×7개월=1,400,0,00원 공동지도교사 수당 100,000원×7개월=700,0,00원 	2,100,000원
합 계		9,982,840원

3. 연구 결과 및 시사점

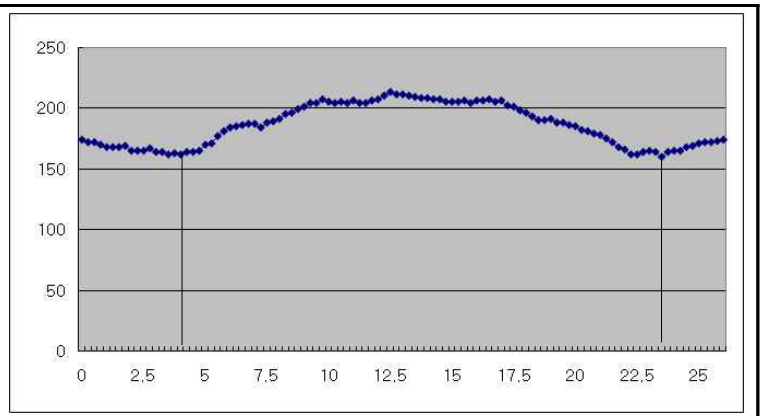
□ 연구 결과

가. 탐구활동 1

먼저, 이중슬릿을 이용한 빛의 간섭실험을 수행해 보았다. 사용된 레이저의 파장은 650nm이고 슬릿은 틈사이의 간격이 각각 0.2mm, 0.3mm 2가지 종류를 사용하였다. 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m를 유지하였다. 이번 실험은 광센서의 정밀도를 측정하기 위한 실험으로써 실험결과 값을 이용하여 계산한 광원의 파장값과 실제 레이저의 파장(650nm)값을 비교하였다.

1) 슬릿의 틈 사이 간격이 0.2mm인 경우

- * 첫 번째 밝은 무늬 구간
: 4.00mm~23.50mm
- * 밝은 무늬 구간 내 작은
무늬 개수 : 6개
- * 무늬 사이의 간격
: 3.90mm



슬릿의 틈 사이 간격이 0.2mm이고, 무늬 사이의 간격이 3.90mm, 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m이므로 $\lambda = d \frac{\Delta x}{L}$ 에서 사용된 광원의 파장을 구해보면

$$\lambda = 0.2 \times 10^{-3} \times \frac{3.9 \times 10^{-3}}{1} = 780nm$$

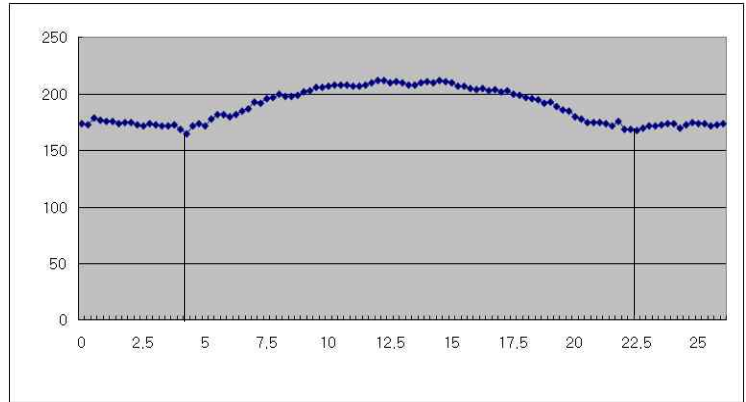
이다. 실제 레이저의 파장값이 650nm이므로 상대오차는

$$\text{상대오차} = \left| \frac{780 - 650}{650} \right| \times 100 = 20\%$$

임을 알 수 있다.

2) 슬릿의 틈 사이 간격이 0.3mm인 경우

- * 첫 번째 밝은 무늬 구간
: 5.00mm~21.50mm
- * 밝은 무늬 구간 내 작은
무늬 개수 : 6개
- * 무늬 사이의 간격
: 2.75mm



슬릿의 틈 사이 간격이 0.3mm이고, 무늬 사이의 간격이 2.75mm, 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m이므로 $\lambda = d \frac{\Delta x}{L}$ 에서 사용된 광원의 파장을 구해보면

$$\lambda = 0.3 \times 10^{-3} \times \frac{2.75 \times 10^{-3}}{1} = 825nm$$

이다. 실제 레이저의 파장값이 650nm이므로 상대오차는

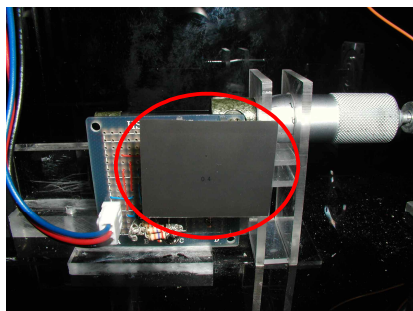
$$\text{상대오차} = \left| \frac{825 - 650}{650} \right| \times 100 = 26.9\%$$

임을 알 수 있다.

위 실험결과로부터 개발장치를 통해 간섭무늬의 밝기를 광센서로 인식하는데는 성공했으나 기대했던 만큼 정확도가 높지 않아 개선이 요구되었다. 먼저, 오차가 많이 발생한 원인에 대해 토의를 통해 광센서의 입력 영역이 기존 MBL과 같이 넓기 때문에 주변의 다른 빛의 영향을 받아서 특정 위치에 도달하는 빛의 세기만을 측정하기에는 한계가 있다고 판단하였다. 광센서의 폭이 5mm이므로 0.25mm 간격으로 측정하여 데이터를 수집하게 되면 다른 위치로 들어오는 빛까지도 감지되는 것이다. 이를 개선하기 위해 우리 팀은 광센서 앞에 0.4mm정도의 핀홀을 장치하여 주변으로 들어오는 빛을 차단시키기로 하였다.

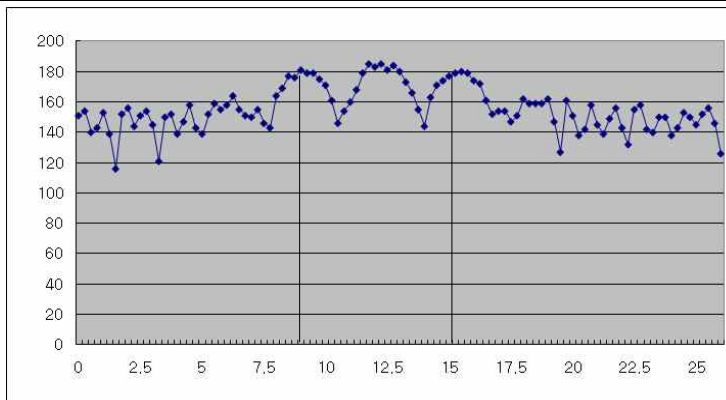
나. 탐구활동 2

탐구활동 1에서 오차가 많이 발생하여 광센서 앞에 0.4mm 정도의 구멍을 뚫은 가림막을 그림과 같이 설치하였다. 가림막 앞쪽에 놓여 있는 스크린에도 좁은 틈을 길게 만들어 주변의 다른 빛들을 차단시켰다.



1) 슬릿의 틈 사이 간격이 0.2mm인 경우

- * 첫 번째 밝은 무늬 구간
: 9.25mm~15.00mm
- * 밝은 무늬 구간 내 작은 무늬 개수 : 2개
- * 무늬 사이의 간격
: 3.125mm



슬릿의 틈사이 간격이 0.2mm이고, 무늬 사이의 간격이 3.125mm, 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m이므로 $\lambda = d \frac{\Delta x}{L}$ 에서 사용된 광원의 파장을 구해보면

$$\lambda = 0.2 \times 10^{-3} \times \frac{3.125 \times 10^{-3}}{1} = 625nm$$

이다. 실제 레이저의 파장값이 650nm이므로 상대오차는

$$\text{상대오차} = \left| \frac{625 - 650}{650} \right| \times 100 = 3.8\%$$

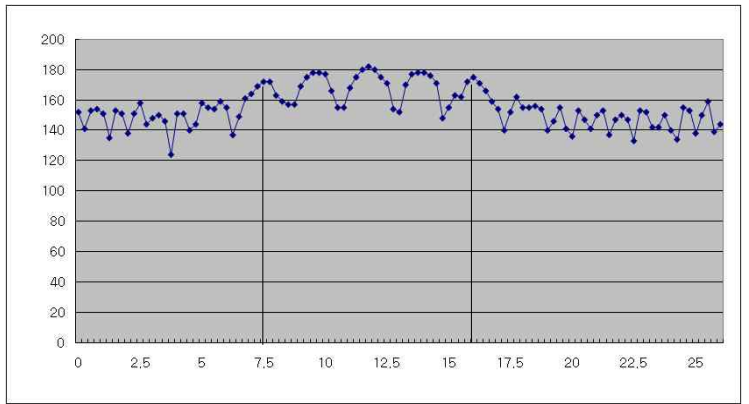
임을 알 수 있다.

2) 슬릿의 틈 사이 간격이 0.3mm인 경우

* 첫 번째 밝은 무늬 구간
: 7.5mm~15.75mm

* 밝은 무늬 구간 내 작은
무늬 개수 : 4개

* 무늬 사이의 간격
: 2.06mm



슬릿의 틈사이 간격이 0.3mm이고, 무늬 사이의 간격이 2.06mm, 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m이므로 $\lambda = d \frac{\Delta x}{L}$ 에서 사용된 광원의 파장을 구해보면

$$\lambda = 0.3 \times 10^{-3} \times \frac{2.06 \times 10^{-3}}{1} = 619 \text{nm}$$

이다. 실제 레이저의 파장값이 650nm이므로 상대오차는

$$\text{상대오차} = \left| \frac{619 - 650}{650} \right| \times 100 = 4.77\%$$

임을 알 수 있다.

이번 실험을 통해 광센서 앞에 설치한 가림막이 주변부의 빛을 차단시켜 줌으로써 보다 정확한 실험값을 얻을 수 있게 됨을 알 수 있었다. 이는 가림막을 설치했을 때와 설치하지 않았을 때의 그래프 모양에서도 그 차이를 알 수 있는데, 설치하지 않았을 때는 작은 무늬들이 그래프에 나타나지 않았으나 가림막을 설치했을 때는 작은 무늬들의 밝기까지도 그래프에 나타남을 알 수 있다. 이때 작은 무늬들이 그래프에 나타나면 그래프가 복잡하게 나타나는 반면 가림막이 없을 때는 전체적인 간섭 무늬를 보여주므로 가림막을 선택적으로 설치할 수 있도록 장치를 제작할 필요가 있겠다.

다. 탐구활동 3

탐구활동 1, 2를 통해 마이크로컨트롤러와 스텝모터, 광센서를 이용한 간섭 · 회절시험장치의 정확도에 대해 검증해 보았다면 이번 활동에서는 회절현상에 대한 정량적인 분석을 수행하였다.

1) 슬릿의 틈이 0.1mm인 단일슬릿인 경우

* 첫 번째 밝은 무늬 구간
: 6.75mm~20.25mm

* 첫 번째 밝은 무늬 구간
의 간격 : 13.5mm



슬릿의 틈사이 간격이 0.1mm이고, 무늬 사이의 간격이 13.5mm, 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m이므로 $\lambda = d \frac{\Delta x}{2L}$ 에서 사용된 광원의 파장을 구해보면

$$\lambda = 0.1 \times 10^{-3} \times \frac{13.5 \times 10^{-3}}{2} = 675 \text{ nm}$$

이다. 실제 레이저의 파장값이 650nm이므로 상대오차는

$$\text{상대오차} = \left| \frac{675 - 650}{650} \right| \times 100 = 3.85\%$$

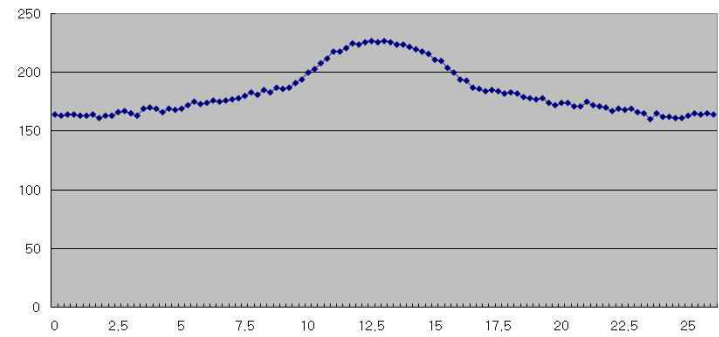
임을 알 수 있다.

한편, 가장 밝은 부분의 빛의 밝기가 54, 두 번째 밝은 부분의 빛의 밝기가 17이므로 첫 번째 밝은 부분의 밝기를 I라고 하면 두 번째 밝은 부분의 밝기는 약 0.3 I가 됨을 알 수 있다. 이는 빛의 회절현상의 경우 첫 번째 밝은 무늬는 아주 밝은 데 비해 두 번째 무늬부터는 밝기가 현저하게 떨어지는 현상과 일치한다.

2) 슬릿의 틈이 0.2mm인 단일슬릿인 경우

* 첫 번째 밝은 무늬 구간
: 8.75mm~16.5mm

* 첫 번째 밝은 무늬 구간
의 간격 : 7.75mm



슬릿의 틈사이 간격이 0.2mm이고, 무늬 사이의 간격이 7.75mm, 슬릿과 광센서까지의 거리는 1m이므로 $\lambda = d \frac{\Delta x}{2L}$ 에서 사용된 광원의 파장을 구해보면

$$\lambda = 0.2 \times 10^{-3} \times \frac{7.75 \times 10^{-3}}{2} = 775 \text{ nm}$$

이다. 실제 레이저의 파장값이 650nm이므로 상대오차는

$$\text{상대오차} = \left| \frac{675 - 650}{650} \right| \times 100 = 19.23\%$$

로 슬릿의 폭이 클수록 상대오차는 커지는 것을 알 수 있다

또, 슬릿의 간격(d)이 좁을수록 무늬의 간격이 멀어짐을 알 수 있는데 이는 회절의 특성을 잘 나타내고 있다.

라. 결론

로봇은 가장 공학적이면서 가장 기술적인 소재임은 누구도 부정할 수 없는 명백한 사실이다. 이와 같은 로봇을 과학실험활동에 접목시켜 본다면, 센서로 부터 수집된 데이터를 엑셀로 불러 와서 그래프를 그리고 수치해석을 하는 일련의 과정을 통해 자연스럽게 과학과 수학을 융합시킬 수 있다. 따라서, 로봇은 STEAM교육활동에 가장 적합한 소재임을 강조하고 싶다.

로봇을 작동시키는 방법을 배우고, 로봇 구조물을 만들어 탐구활동에 활용함으로써 실험데이터를 수집하고 이를 수치해석해 보면서 관련 개

념들을 구조화시킨 다음, 이를 종합하여 적용할 수 있는 단계로써 ‘마이크로컨트롤러를 이용하여 빛의 간섭과 회절실험장치’라는 임베디드시스템 기반 물리 실험 교구를 개발하였다.

1) 본 실험장치를 활용한 이중 슬릿과 단일 슬릿 실험을 통해 처음에는 오차값이 상대적으로 크게 나왔으나 지속적인 개선을 통해 점차 오차값이 감소하여 상대오차의 최솟값이 3.85%로 매우 정밀한 실험이 가능함을 확인할 수 있었다.

2) 본 장치는 광센서를 이용함으로써 슬릿과 스크린 사이의 거리를 최소화 할 수 있을 뿐만 아니라 광원으로 부피가 He-Ne 레이저에 비해 현저하게 작은 반도체 레이저 또는 VCSEL을 사용하기 때문에 장치의 소형화가 가능하고 상자로 된 실험키트로 제작하여 암실이 아니어도 실험을 효과적으로 수행할 수 있었다.

□ 시사점

가. 로봇을 소재로 한 STEAM 교육활동을 통해 학생들의 흥미를 유발시키고 로봇의 작동 원리와 로봇 구조물을 설계, 제작하는 방법을 익힐 수 있다.

나. 공학 및 기술적 요소가 강한 로봇 제작 및 동작 제어에만 그치지 않고 로봇의 중요 부품인 모터와 센서를 과학 실험활동에 활용함으로써 보다 정확한 데이터를 수집할 수 있다.

다. 센서를 통해 수집한 데이터는 엑셀이나 기타 데이터 시트 프로그램을 통해 손쉽게 그래프로 표현할 수 있고 이를 이용하여 수치해석까지도 가능하다.

라. 로봇을 활용한 과학 탐구활동 및 수치해석 과정들을 통해 습득한 다양한 지식과 정보를 종합하여 원격으로 조정이 가능하며 미지의 장소에서 특정 물리량을 측정하여 분석할 수 있는 실험장치를 직접 디자인하고, 제작케 함으로써 성취감을 가질 수 있다.

4. 홍보 및 사후 활용

- 가. 로봇을 소재로 한 STEAM 교육활동의 일환으로 Lego Mindstorms Nxt를 활용한 교육자료를 제작하여 필요한 단체나 학교에 보급한다.
- 나. 2013학년도 교내 동아리 활동시 로봇을 소재로 한 STEAM 교육활동을 계획하고 실천한다.
- 다. 동아리 활동과 연계하여 로봇을 이용한 물리실험활동을 주제로 교육기부활동에 참여한다.
- 라. 본 활동으로 시작된 임베디드시스템기반 물리실험교구 개발 연구를 이론적 바탕으로 새로운 실험장치 개발을 위해 지속적으로 연구해 나갈 것이다.
- 마. 아울러, 가장 가까운 시기에 개최될 학회에서 포스터 발표를 하거나 학회지에 학생-교사 공동 저자로 논문을 게재할 계획이다.

5. 참고문헌 및 전산정보

☐ 참고문헌

- 조재홍 역, 광학, 대응(1996)
- 박병철 역, 파인만의 물리학 강의, 승산(2004)
- 이재창, 로봇스터디 ATmega8535, 동일출판사(2006)
- 문외식 외, LEGO MINDSTORMS NXT로 로봇 만들기, ALCO(2008)
- 김일곤 외 2, 물리 광학, 북스힐(2011)
- 박상태, Excel VBA를 활용한 물리 시뮬레이션, 공주대학교출판부(2012)
- 박지연, 홍성욱, 고휘도 발광다이오드를 활용한 과학탐구활동 제안, 새물리(2012)

☐ 전산정보

- <http://www.philohome.com/nxt.htm>
- <http://mindstorms.lego.com>
- <http://www.handsonlearning.co.kr/>