

2025 KSASF 과학경연팀 운영 계획안

도우미: 23-019 김민승, 24-009 구연후, 25-016 김석진, 25-021 김예준, 25-024 김재원, 25-051 박종휘, 25-053 박지환

팀장: 23-119 최원

Korea Science Academy of KAIST

June 30, 2025

1 프로그램의 개요

과학경연 프로그램은 KSASF 마지막 날 참가자 전원을 18개 팀으로 나누어 하나의 주제로 경연을 하는 활동이다. 현재 정해진 주제는 대강당 천장에 달려있는 레이저와 슬릿 무늬를 이용하여 간섭 무늬를 보고, 바닥에 사영된 간섭 무늬를 활용해서 슬릿 무늬를 역추적하는 활동이다. 이를 통해서 레이저와 슬릿의 깊은 이해를 돕고, 팀워크를 더 도모하고자 한다. 이 활동은 실제 처음으로 블랙홀 사진을 촬영한 방식을 참고한 것이다.

2 이론적 배경

2.1 블랙홀

블랙홀이란 중력이 극도로 강해 빛조차 휘어진 시공간을 탈출할 수 없는 영역이다. 탈출 속도가 광속을 초과하는 경계를 사건의 지평선(event horizon)이라고 부르며, 회전하지 않는 구형대칭의 블랙홀의 사건의 지평선 반지름은 블랙홀의 질량 M 에 대해서 다음과 같이 주어진다.

$$r_s = \frac{2GM}{c^2} \quad (1)$$

이때, r_s 는 슈바르츠실트 반지름이라고 불린다. 사건의 지평선 내부에는 특이점 (singularity)이 존재한다고 일반상대성이론이 예측한다. 특이점은 고전적으로 무한한 곡률을 가진 한 점이고, 블랙홀로 빨려들어간 모든 것은 특이점으로 수렴한다.



Figure 1: 영화 인터스텔라의 블랙홀 묘사

위 사진은 영화 인터스텔라의 한 장면으로, 블랙홀의 모양을 굉장히 정확하게 예측했을 것이라고 평가받는 사진이다. 블랙홀이 저런 식의 광자띠를 가지는 것은 다음의 물리적 평형 상태에 의거한 것이다.

- 좌표 특이점: $r = 2GM/c^2$ 에서의 발산은 좌표계 효과이다. 크루스칼 좌표로 확장하면 매끄럽게 이어진다.
- 광자구면(Photon Sphere): $r = 3GM/c^2$. 여기서는 빛이 원형 궤도(불안정)를 그린다.
- ISCO(내부안정원궤도): $r = 6GM/c^2$. 여기보다 안쪽의 물체는 원궤도를 유지할 수 없다.
- 중력 붉은편이: $z = (1 - 2GM/rc^2)^{-1/2} - 1$. $r \rightarrow r_s$ 에서 $z \rightarrow \infty$ 이다.
- 시간 지연: 정지 관측자 시계 $d\tau = \sqrt{1 - 2GM/rc^2} dt$. 사건지평선 근처에서 외부 시계보다 느리게 흐른다.

2.2 Event Horizon Telescope 프로젝트

2019년, 과학자들은 사건의 지평선 망원경 (Event Horizon Telescope, EHT)를 이용하여 첫 번째 블랙홀 사진을 촬영하는데에 성공하였다. 은하 M87 중심부에 있는 $6.5 \times 10^9 M_\odot$ 의 질량을 가진 블랙홀을 촬영한 것인데, 이를 위해서 막대한 인력 투입과 대대적인 투자가 이루어졌다.

EHT는 하와이에서 유럽, 남극까지 지구상에 분포한 세계 최대의 전파 망원경을 동기화하여 가상의 지구 크기의 접시를 만들었다. 즉, 지구 총 면적의 절반을 하나의 렌즈로 취급하여 블랙홀에서부터 날아온 전자기파 신호를 수집하였다. 이를 위해 전 세계에 분포한 전파 망원경을 동기화하는 과정이 필요했다. 동기화를 위해서 원자 시계까지 도입될 정도로 정확함과 정밀함이 필요했다. 그결과 EHT는 약 20×10^{-6} 초각의 놀라운 각 분해능을 얻었다. 각 관측소에서 얻은 방대한 전파 신호 데이터는 중앙 슈퍼컴퓨터로 전송하여 처리하였다. EHT 관측 데이터는 인터넷으로 전송하지 않고 하드디스크 모듈을 비행기로 실어 나르는 스니커넷(sneakernet) 방식을 사용하였다. 이는 페타바이트급 자료를 가장 빠르고 확실하게 이동시키는 방법이 하드디스크 물류이기 때문이다.



Figure 2: 전파 망원경



Figure 3: EHT의 세계적인 분포 지도

그러나 EHT는 전통적인 사진 촬영 기법을 사용할 수 없었다. 대신, 들어오는 전파가 형성하는 간섭 패턴을 기록하였다. 블랙홀은 그 자체로 슬릿의 역할을 하며 EHT에 수집되는 데이터는 직접적인 광자가 아니라 간섭된 회절 무늬이다. 이 패턴을 해석하기 위해서 역푸리에 변환을 적용하였고 블랙홀의 전파 방출과 그림자 이미지를 재구성하였다. 이 푸리에 기반 이미지

재구성을 통해서 EHT는 유명한 도넛 모양의 M87 블랙홀 이미지를 얻었다.

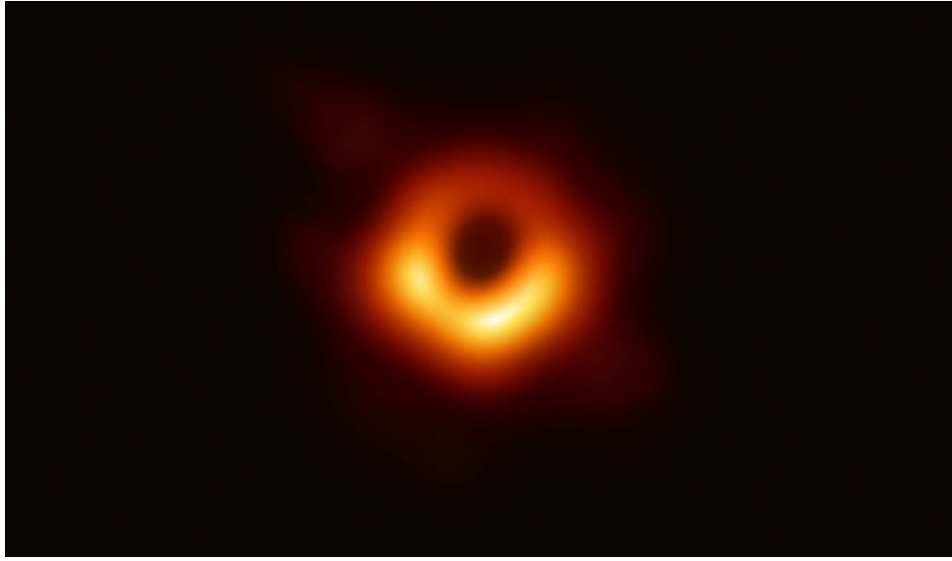


Figure 4: EHT로 관측한 M87 블랙홀

EHT 프로젝트는 지구의 절반을 사용하여 진행할 정도로 큰 프로젝트만큼 엄청난 인력이 투입되었고, 그 과정에서 200명이 넘는 연구자들이 인류 최초의 블랙홀 이미지를 포착하기 위한 공동 프로젝트에 참여하였다. 그들은 전부 하나의 팀으로 움직이며 패턴들은 분석한 것이 아니다. 서로 작은 팀으로 쪼개져서 각자 수많은 데이터를 분석하여 최적의 블랙홀 이미지를 역추적하였으며, 이 기간 동안 다른 팀과의 그 어떤 상호작용도 이루어지지 않았다. 조금의 정보 교환이 있어도 데이터를 바라보는 편견이 생길 수 있기 때문이었다. 이후 모든 팀의 분석이 끝난 후 한자리에 모든 사진 후보들을 띄우며 최적의 이미지를 토의를 통해서 확정하였다.

2.3 맥스웰 방정식

맥스웰의 방정식은 고전 전자기학을 이루는 네 개의 기본 방정식으로, 전기장과 자기장의 생성 및 상호작용을 수학적으로 서술한다. 제임스 클러크 맥스웰은 이 방정식을 통해 전기와 자기를 하나의 통합된 이론으로 설명하였다. 블랙홀에서는 맥스웰 방정식이 설명하는 전자기파와 전자기파의 간섭이 발생하므로, 맥스웰 방정식은 필수적이다.

가우스의 법칙 (Gauss's Law)

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2)$$

전기장은 전하로부터 발생하며, 전기장의 발산은 전하 밀도에 비례한다.

가우스의 자기 법칙 (Gauss's Law for Magnetism)

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (3)$$

자기장은 항상 폐곡선 형태로 존재하며, 자기 단극은 존재하지 않는다.

패러데이의 유도 법칙 (Faraday's Law)

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (4)$$

변화하는 자기장은 전기장을 유도한다. 이는 전자기 유도 현상의 기초가 된다.

맥스웰-암페르 법칙 (Ampère-Maxwell Law)

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (5)$$

자기장은 전류 뿐만 아니라 시간에 따라 변하는 전기장에 의해서도 생성될 수 있다.

전자기파 방정식의 유도

위의 방정식들을 결합하면 전자기파 방정식을 도출할 수 있다:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (6)$$

이는 진공에서의 파동 방정식이며, 전자기파가 빛의 형태로 퍼져나감을 의미한다.

우선 블랙홀은 하나의 평면 $z = 0$ 에만 존재하며, 광원의 방정식은 나머지 변수인 x 와 y 로 표현되어 $\sigma(x, y)$ 로 표현된다고 하자. 블랙홀을 광원으로 하여 발생하는 전류 밀도는 다음과 같이 표현된다:

$$J_x = \delta(z) v_0 \cos(\omega t) \cdot \sigma(x, y)$$

Dirac δ -function을 통해 $z = 0$ 에만 존재하는 평면 광원임을 표현하였다. 결론적으로, 다음과 같은 적분을 얻을 수 있는데,

$$\begin{aligned} \int dx dy f(x) \exp \left(i\omega t + \frac{\omega}{c} r - \frac{\omega}{c} \frac{x^2 + y^2}{r} \right), \quad \omega^2 = \frac{c^2}{z_0^2} \\ \implies \frac{\mu_0 b}{4\pi} \delta(x^2 + y^2) \end{aligned}$$

이를 통해 평면 벡터만 구할 수 있고, 상이 맺혀 측정되었다면 이를 바탕으로 광원의 기하학적 형태를 결정할 수 있음을 구할 수 있다. 푸리에 변환을 통해서 위 공식을 증명할 수 있다.

2.4 (역)푸리에 변환의 기초

주기 함수 $f(t)$ 가 주기 T 에 대해 다음 조건을 만족한다면,

$$f(t) = f(t + T)$$

이 주기함수를 표현하는 푸리에 급수 전개는 다음과 같다:

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos \left(\frac{2\pi n t}{T} \right) + b_n \sin \left(\frac{2\pi n t}{T} \right)$$

이는 $f(t)$ 가 주기 함수일 경우에 유일하게 표현될 수 있으며 exact value임이 증명되었다. 즉, $f(t)$ 가 위의 전개식을 만족하려면, 고유의 계수 a_n, b_n 이 존재해야 한다.

이 계수들은 다음 코사인 함수의 적분에 대한 직교성을 만족한다:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(nx) \cos(mx) dx = \begin{cases} 0 & (n \neq m) \\ \pi & (n = m) \end{cases} \quad (n, m: \text{정수})$$

이 성질을 이용하면 계수들을 결정할 수 있다. 임의의 n 값을 잡고 적분하면 원하는 항만 제외하고 전부 0으로 수렴하도록 할 수 있게 때문이다. 따라서 주기함수 $f(t)$ 에 대해 푸리에 급수 전개는 다음과 같이 표현할 수 있다:

$$\int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos \left(\frac{2\pi n}{T} t \right) dt = \frac{T}{2} a_n$$

$$\int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin\left(\frac{2\pi n}{T}t\right) dt = \frac{T}{2} b_n$$

a_n, b_n 를 계산하여 계수 결정 가능하다. 삼각함수는 허수와 자연로그를 이용한 지수함수 형태로 표현 가능하다. 이럴 경우에는 계수의 종류가 하나로 감소한다.

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \exp\left(-i\frac{2\pi n}{T}t\right)$$

푸리에 계수 c_n 는 다음과 같이 주어진다:

$$c_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp\left(i\frac{2\pi n}{T}t\right) dt$$

최종적으로 모든 결과를 정리하자면, 원함수 $f(x)$ 에 대해서 각 진동수 별 초등삼각함수의 세기를 정의역으로 하는 함수 $F(\omega)$ 를 정의할 수 있으며, 두 함수는 서로 푸리에 변환 (혹은 역과정)으로 연관되어 있다. 그 공식은 아래와 같다.

$$F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp(-i\omega t) dt$$

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \exp(i\omega t) d\omega$$

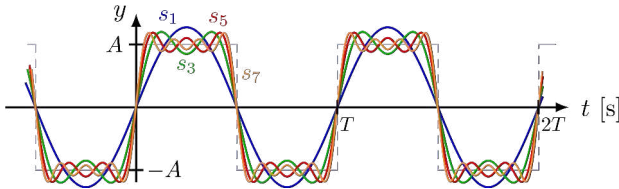


Figure 5: Neptune

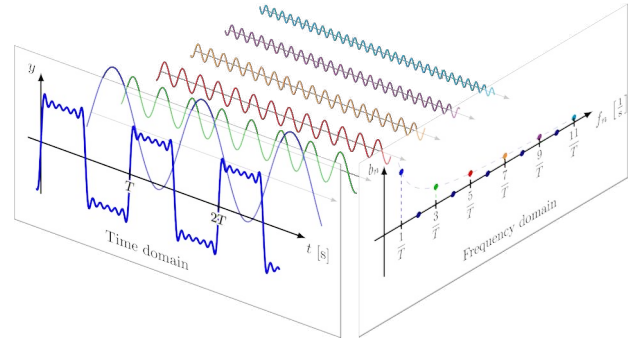


Figure 6: Pluto

3차원 공간에서의 전자기 벡터 포텐셜 $A(x, y, z, t)$ 에 대해 다음이 성립한다:

$$\frac{\partial^2 A_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A_x}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_x}{\partial t^2} = -\mu_0 J_x(x, y, z, t)$$

이를 벡터 연산으로 표현하면:

$$\nabla^2 A_x(\mathbf{r}, t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_x(\mathbf{r}, t)}{\partial t^2} = -\mu_0 J_x(\mathbf{r}, t)$$

이는 벡터 파동 방정식의 형태로, 전류밀도 J_x 에 의한 전자기장 발생을 설명한다. 벡터 퍼텐셜 $A_x(\mathbf{r}, t)$ 는 다음과 같이 주어진다:

$$A_x(\mathbf{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint \frac{J_x(\mathbf{r}', t')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \delta\left(t - t' - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}{c}\right) dx' dy' dz' dt'$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint \frac{J_x(\mathbf{r}', t - \frac{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}{c})}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} dx' dy' dz'$$

여기서 $\mathbf{r}' = (x', y', z')$, $\mathbf{r} = (x, y, z)$. 이 이후에 수많은 계산 과정은 물리적으로 의미가 있는 것이 아니라 수학적 계산일 뿐이므로, 운영 계획안에서는 생략하였다. 결론적으로, 우리는 회절된 간섭무늬를 통해 슬릿의 무늬를 역추적하는 알고리즘을 유도하였고, 이를 이용한 활동을 제작하였다.

위 알고리즘은 C언어로 구현하여 참가자들이 활용할 수 있는 웹사이트 기능으로 종속시킬 예정이다.

3 과학경연활동 진행과정

3.1 OT (4월 15일)

과학경연활동팀이 처음으로 만나 간단하게 교류하였다. 강태연 선생님께서 겨울방학부터 준비하고 있던 주제를 소개해주었으며, 별다른 대체 의견이 없어 해당 주제로 확정되었다.

3.2 이론적 배경 (4월 28일, 5월 8일)

회절 무늬로부터 슬릿 무늬 역변환 과정을 이해하기 위해서 자세한 물리학적 지식을 강태연 선생님께서 강의 형식으로 소개해주셨다.

3.3 프로그램 세부 기획 (5월 19일, 5월 26일)

과학 경연 프로그램의 전체적인 틀을 잡고 세부 기획에 들어갔다. 논의해야 하는 부분이 조금 남아있기는 하나 두 번에 걸친 미팅을 통해 대부분의 프로그램 기획을 마무리하고, 이후 팀원들 역할 분담을 진행하였다.

3.4 프로그램 개발 (5월 27일, 6월 13일, 6월 14일)

프로그램 개발을 어떻게 진행할지 논의하였다. 전체적인 프로그램의 방향성을 결정하고, 어떻게 구현할지 결정하고, 대략적인 타임라인을 잡아 프로그램이 원활히 개발될 수 있도록 준비하였다. 본격적인 개발 업무는 들어가지 않아 진행률은 미미하다.

4 과학경연활동 진행현황

4.1 역할 분담

원활한 행사 진행을 위해서는 각 팀원의 강점과 희망 사항을 고려한 효율적인 역할 분담이 필수적이다. 팀원 간의 논의 및 추천을 통해 다음과 같이 역할을 확정하였으며, 각 역할의 내용은 아래와 같다.

- 사회자: 경연의 전반적인 흐름을 주도하고, 참여자들의 참여를 유도하며 각 단계를 명확하게 안내하는 역할을 수행한다. 행사는 영어로 진행되는 만큼 기본적인 영어 구사 능력이 있으면 좋다.
- 발표자 & PPT 제작: 경연의 도입 부분에서 과학적 원리를 설명하고, 각 단계 별로 어떻게 진행하는지 설명한다. 이를 위한 PPT 제작도 같이 진행한다.
- 매뉴얼 제작: 참가자들에게 배포할 매뉴얼을 제작한다. 경연의 규칙, 단계별 과제, 프로그램 사용법, 헛갈릴 만한 요소 등을 상세히 기재하여 참가자들의 이해를 돕는다.

- 프로그램 제작: 경연의 핵심 부분인 데이터 업로드, 이미지 변환 및 투표 시스템 등을 포함하는 웹을 개발한다. 또한 경연 과정 중 발생한 여러 기술적 문제들을 해결한다.
- 세부 기획: 프로그램 기획 대부분이 완료되기는 하였으나 미처 논의하지 못한 부분, 기획 자체의 허술한 점 등을 파고들어 정리한다. 또한 단계별 시간 배분을 구체화하고, 동선 관리, 비상 상황 대처 등 현장 운영에 필요한 모든 것을 기획하고 문서로 정리하여 운영진들에게 전달한다.
- 문제 출제: 경연의 핵심 과제인 회절 무늬의 원본 슬릿 형태를 설계한다. 참가자들이 쉽게 정답을 맞출 수도 있으면서도 적당히 어려운 문제를 설계한다.
- 소규모 리허설: 경연 전반의 흐름을 사전에 점검하고, 각 단계별 소요 시간과 예상 문제점을 파악하여 기획안을 수정 및 보완한다. 소규모 리허설을 진행할 때 주최측이 되어 실제로 테스트를 해본다.
- 대강당 꾸미기: 참가자들의 몰입감을 높일 수 있도록 블랙홀, 우주 배경 등 경연 주제와 관련된 시각 자료 및 안내문 등을 활용하여 대강당을 꾸미고 장식한다.

역할	이름
사회자	최원, 김재원
발표자 & PPT 제작	최원, 김석진, 김예준
매뉴얼 제작	최원, 김석진
프로그램 제작	최원, 김민승, 구연후, 김재원
세부 기획	강태연, 최원, 김재원, 박종휘, 박지환
문제 출제	강태연, 최원, 김민승
소규모 리허설	강태연, 최원, 박종휘
대강당 꾸미기	구연후, 김예준

Table 1. 역할 분담표

4.2 프로그램 기획

현재까지 확정된 프로그램 기획안이다. 일부 세부 사항은 리허설 과정에서 수정될 수 있으나, 전체적인 흐름은 아래의 구조를 따른다.

Intro: EHT 프로젝트 원리 소개 (10분)

EHT(이벤트 호라이즌 망원경)가 전 세계의 전파망원경을 연결하여 거대한 가상의 망원경을 만들어 블랙홀의 이미지를 관측한 원리를 소개한다. 본 경연이 바로 이 원리(여러 위치에서 관측된 데이터를 조합하여 전체 이미지를 복원하는 과정)를 간접적으로 체험하는 활동임을 설명하여 참가자들의 이해와 동기를 부여한다.

Stage 0: 오리엔테이션 및 체험 (시뮬레이션)

참가자들이 본 경연의 과정을 미리 체험하여 진행 방식을 숙지하도록 돕는 단계이다.

1. 전면 스크린에 예시 문제의 정답 슬릿 형태를 공개하고, 바닥에는 해당 슬릿이 만들어내는 전체 회절 무늬를 투사한다.
2. 도우미들이 시범 조교가 되어 지정된 위치로 이동 후, 각자 위치의 회절 무늬 일부를 촬영하고 이를 프로그램에 업로드하는 과정을 시연한다. 사진 촬영은 사전에 예시 문제로 해놓고, 참가자들에게는 사진 찍는 방식만 안내하는 방식으로 진행한다.

- 업로드된 부분적인 사진들을 조합하여 전체 회절 무늬 퍼즐을 완성하고, 소프트웨어의 변환 기능을 사용해 원본 슬릿 이미지를 복원하는 과정을 보여준다.
- 시연이 끝나면 참가자들을 본 게임의 팀별 위치로 안내하며 시뮬레이션을 종료한다. 시연 시에는 대강당 중 앞에서 진행하고, stage 1 부터는 A4 용지를 갈아 놓은 부분으로 이동해서 진행한다.

Stage 1: 데이터 수집 (회절 무늬 촬영)

- 실제 문제의 회절 무늬가 바닥에 투사된다. 참가자들은 팀별로 지정된 위치에서 바닥의 무늬를 촬영한다.
- 촬영한 무늬 중, 사전에 안내된 특정 조건(음수에 대응되는 무늬)에 해당하는 부분만 잘라내어 프로그램에 업로드한다.
- 모든 팀의 사진이 업로드되면, 전체 사진 공유 시스템이 활성화된다. 각 팀은 다른 팀이 촬영한 사진을 보고, 조금 더 오른쪽에서 찍어달라, 각도를 들어서 다시 업로드해달라 등 데이터 보정을 위한 구체적인 요구를 원
- 무분별한 요구로 인한 혼란을 방지하기 위해, 팀별로 통신 담당자 1명을 지정하여 소통을 전담하게 하거나, 요구사항 발송 전 팀 내 투표를 거쳐 가장 필요하다고 판단되는 요청만 보내도록 규칙을 설정해본다.
- 과학적 탐구의 현실성을 반영하여, 이 단계가 종료된 후에는 추가적인 사진 촬영 및 업로드를 금지하는 것을 원칙으로 한다.

Stage 2: 데이터 처리 및 이미지 재구성 (퍼즐 맞추기)

- 각 팀은 업로드 된 사진 조각들을 조합하여 전체 회절 무늬의 모습을 추측하고, 가상 캔버스 위에서 올바른 위치, 각도, 크기로 배치한다.
- 경연의 난이도를 높이기 위해 Stage 1 종료 후 바닥에 투사되었던 전체 회절 무늬를 소등해본다. 이로써 팀 들은 오직 수집한 불완전한 데이터 조각들에만 의존하여 퍼즐을 완성해야 한다.
- 회절 무늬는 상하좌우 대칭이라는 물리적 힌트를 제공하여, 논리적 추론을 통해 퍼즐을 맞출 수 있도록 유도한다.
- 팀들은 퍼즐을 맞춘 뒤 변환 기능을 통해 복원된 슬릿 이미지를 확인할 수 있다.
- 만족스러운 결과가 나올 때까지 제한 시간 내에 퍼즐 수정과 역변환 시도를 반복할 수 있으며, 제한 시간이 종료되면 퍼즐 수정 및 변환 기능이 모두 비활성화된다

Stage 3: 결과 분석 및 최종 답안 제출

- 각 팀은 자신들이 복원한 슬릿 이미지를 분석하여 원본 슬릿의 가장 가능성 높은 형태를 최종적으로 추론한다.
- 주최 측에서 제공하는 표준 답안지에 최종 추론한 슬릿의 형태를 그려 프로그램으로 제출한다.

Stage 4: 결과 공유 및 동료 검증 (Peer Review)

- 모든 팀이 제출한 최종 답안과 회절무늬들이 대형 스크린에 익명으로 공개된다.
- 온/오프라인 하이브리드 회의 방식을 제안한다
 - 온라인 댓글 토론 공개된 답안들을 보며, 각 답안의 논리적 근거와 허점을 분석하는 댓글을 게시판에 작성.
 - 오프라인 패널 토의 각 팀의 대표가 무대로 나와 다른 팀의 결과에 대해 질문하고 자신의 답안을 방어하는 공개 토론
- 충분한 토의가 이루어진 후, 모든 참가자가 가장 과학적이고 합리적이라고 생각하는 하나의 최종 답안에 투표한다. 최다 득표를 한 답안이 공식 채택되고 경연이 마무리된다.

End: 정답 공개 및 강평

4.3 프로그램 개발

본 경연을 원활하게 진행하기 위해서 경연의 핵심적인 기능이 포함되어 있는 웹을 개발한다. 프로그램의 기능을 경연의 흐름에 따라 총 8단계로 나누어 개발할 것이다.

- **Step 0: Log-in**

팀별로 아이디와 비밀번호를 하나씩 배정하여 제공한다. 운영진이 전체적인 상황을 컨트롤하기 위한 관리자용 아이디와 비밀번호도 하나 만들어 제공한다. 별도의 회원가입 기능이나 아이디/비밀번호 찾기 기능은 필요하지 않기에 단순히 아이디/비밀번호 일치 여부만 확인하면 된다. 이를 통해 각각의 팀을 식별하고, 각각의 팀에서 결과물을 제출할 수 있도록 한다.

- **Step 1: OT**

경연 안내 텍스트 및 영상을 보여준다. 전체적인 흐름은 대강당에서 발표자가 강연할 예정이기는 하나, 웹에도 하나 만들어 두어 참가자들이 확인할 수 있도록 한다. 이외에 별도로 시작 전 규칙 및 정보들도 확인할 수 있는 내용도 담아서 원활한 경연 활동이 이루어질 수 있도록 한다. 단순히 정보를 보여주는 페이지이기에 프론트엔드만으로도 충분하여 구현이 간단하다.

- **Step 2: Upload**

참가자들이 회절 무늬를 찍은 사진을 업로드할 수 있는 공간을 만든다. JPG 등의 사진 촬영본을 업로드하고, 다른 참가자들이 올린 사진을 확인할 수 있도록 만든다. 시간이 남는다면 옵션으로 간단한 이미지 편집 기능, 예를 들어 자르기나 회전 기능 또한 사이트 안에서 가능하도록 포함할 수 있을 것 같다. 사진을 업로드하고, 다른 참가자들과 사진을 공유해야 하는 만큼, 데이터베이스가 필요하여 구현이 꽤 복잡할 것으로 예상된다.

- **Step 3: Conversion**

각각의 참가자들이 찍은 회절 무늬 사진을 조합하여 하나의 커다란 회절 무늬를 만든다. 이는 드로그 앤 드롭 퍼즐 기능으로 구성될 예정이며 추후 변경될 가능성 또한 있다. 하나의 회절 무늬를 만든 다음에는 역변환 소프트웨어를 통해 원래의 슬릿 모양을 추정할 수 있다. 슬릿 모양 추정할 때에는 스크롤 바를 주어 임계값을 참가자들이 자유롭게 조정할 수 있도록 할 예정이다. 드로그 앤 드롭 기능을 구현해야 하고, 이미지를 밝기 정보로 바꾼 뒤, 이를 역변환 소프트웨어에 집어넣어야 하는 만큼, 가장 중요하고 가장 복잡한 단계이다. 프로그램 개발은 이 단계를 중점적으로 개발할 예정이다.

- **Step 4: Submission**

최종 답안을 제출한다. 답안의 경우에는 10*10 혹은 15*15의 빈칸에 클릭하는 형식으로 빈칸을 채워 슬릿 모양을 그려 답안을 제출하도록 할 것이다. 마우스 버튼을 꼭 누르고 있으면 연속해서 클릭되는 기능 또한 구현이 필요하다. 또한 관리자 계정에선 각 참가자가 제출한 코드를 확인할 수 있어야 한다. 서버와의 통신이 필요한 만큼, 구현 난이도는 간단하지 않을 것으로 보인다. 시간이 남는다면 옵션으로 관리자 페이지에서 참가자들의 제출한 응답에 대한 자동 채점 기능도 포함되면 좋을 것 같다.

- **Step 5: Vote**

18개의 전체 팀 제출물 중에서 투표를 통해 상위 4개의 팀을 뽑는다. 투표는 아이디 당 4개 혹은 5개의 표를 뽑을 수 있도록 할 예정이다. 관리자 페이지에서는 각 팀의 투표 내역 및 득표수 또한 알 수 있다. 구현은 어렵지 않을 것으로 보인다.

- **Step 6: Vote 2**

본선에서 뽑힌 5개의 팀 중에서 하나의 팀만을 고른다. 우선순위 투표를 하던, 결선투표를 진행하던 어떤 방식으로 투표하여 최종적으로 하나의 정답을 뽑는다. 팀 당 한 표로 할지 개인별 투표를 할지는 논의가 필요하다.

- **Step 7: Result**

최종적으로 선출된 결과물을 보여준다. 또한 정답도 보여주고, 역변환 및 정변환 소프트웨어를 모두 제공하여 참가자들이 자유롭게 테스트하며 정답을 이해할 수 있도록 한다. 구현 난이도는 쉬워보인다.

본격적인 프로그램 개발은 이번주부터 진행할 예정이며, 개발은 아래와 같이 두 단계로 나뉘어 진행할 예정이다.

- 1단계: 로그인, 오리엔테이션, 사진 업로드, 이미지 역변환 등 경연 진행에 필수적인 핵심 기능의 프로토타입을 우선적으로 완성한다.
- 2단계: 답안 제출, 투표 시스템, 결과 발표 등 후반부 기능과 전체적인 UI/UX 디자인을 마무리하여 최종 버전을 완성하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 행사 시작 전 충분한 테스트와 안정화 기간을 확보할 계획이다.