Experiment

Q2-1

Korean (Korea (Republic of))

음향 블랙박스[1]

음원이 x-y 평면에서 반지름 R 인 원 위를 일정한 각속력 ω 로 움직인다. 이 원 자체도 x 축과 각 $\beta(0^\circ < \beta < 90^\circ)$ 를 이루는 방향으로 일정한 속도 v_S 로 움직인다. 그림 1은 음원의 궤적을 빨간색 일점쇄선으로 나타낸 것이다. 시각 $t = 0$ 에서 원의 중심은 좌표가 $(X_\mathrm{C}, Y_\mathrm{C})$ 인 점 C에 있고, 음원의 위치는 C로부터의 벡터 $\vec{CA}$ 로 주어진다. 또한 음원 S는 반시계 방향으로 움직이기 시작하면서(그림 1 참조) 동시에 시각 $t = 0$ 에 진동수 f_0 의 소리를 낸다. 벡터 $\vec{CA}$ 는 $t = 0$ 에서 x 축과 각 ϕ 를 이룬다(그림 1(a)에서 $\angle BCA = \phi$). 검출기 D는 같은 평면(x-y) 안에 있으며, 원점으로부터의 거리와 위치 벡터가 x 축과 이루는 각은 각각 r_D 와 θ 이다(그림 1(b)). 검출기 D와 음원 S를 잇는 직선은 x 축과 각 α 를 이룬다. 음원과 검출기의 모든 운동은 x-y 평면 안에서만 일어난다. 소리의 속력 c 는 330 m/s이다. 또한 음원의 알짜 속력은 c 보다 작다.

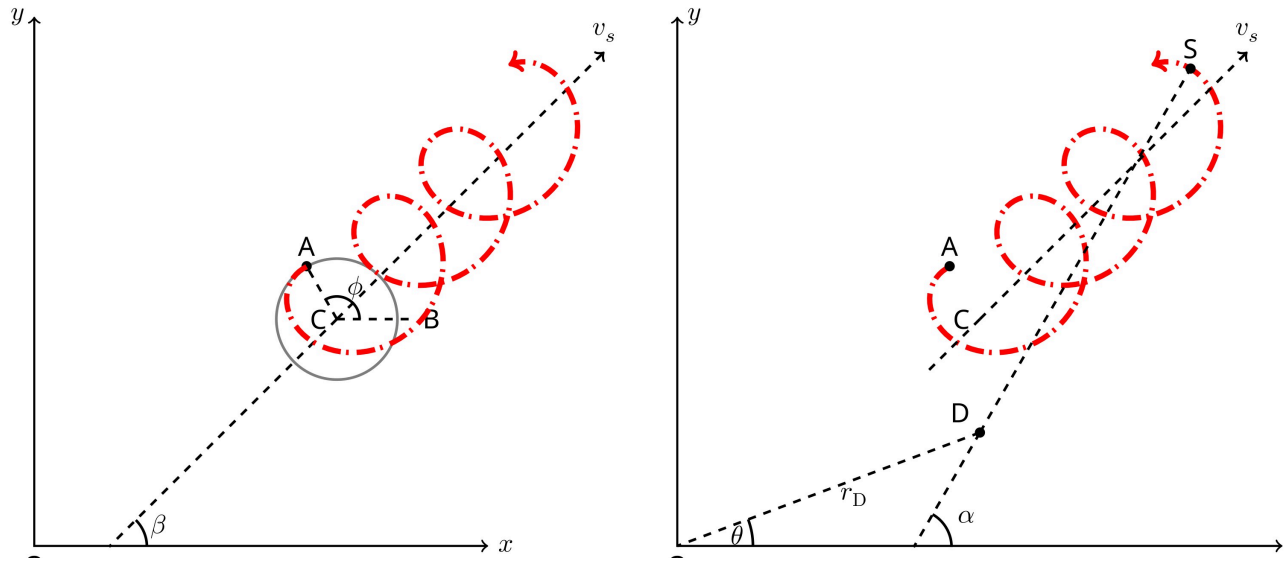


그림 1 (a) 음원의 처음 위치. (b) 음원의 궤적.

음원이 낸 소리는 시각 t 에 진동수 $f(t)$ 로 검출기에 검출된다. 모의실험은 검출된 진동수 $f(t)$ 를 보여 준다.

A.1	음원의 궤적 $(x(t), y(t))$ 의 식을 β, ϕ, v_s 및 관련된 다른 양들로 구하라.	0.2pt

실험 시험을 위해 시험 포털에서 "EQ2- Acoustic Black box"를 클릭하라.

1 Siddharth Tiwary(IIT 파와이 뭄바이), Siddhant Mukherjee(영국 케임브리지 대학교), Chandan Relekar(IISc 방갈로르), Charudutt Kadolkar(IIT 구와하티), Praveen Pathak(HBCSE-TIFR 뭄바이)가 이 문제의 주 저자이다. 학술위원회와 국제이사회의 기여에 감사드린다.

Experiment

Q2-2

Korean (Korea (Republic of))

모의실험에 대하여:

모의실험은 두 부분으로 되어 있다. 패널의 위쪽은 검출기 변수를 넣는 입력부이고, 아래쪽은 검출기가 시각 t 에 검출한 진동수 $f(t)$ 를 그래프로 보여 주는 출력부이다.

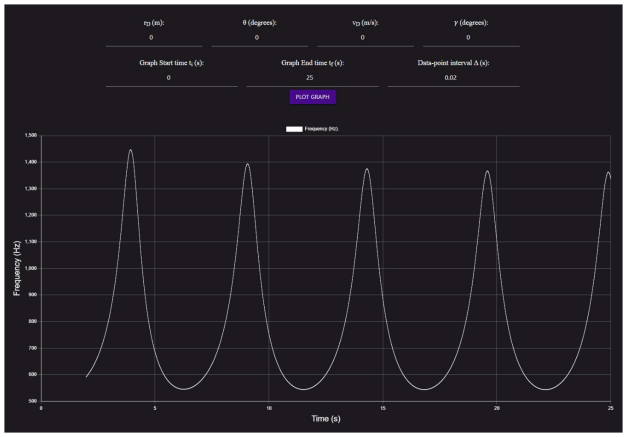


그림 2: 기본 모의실험 화면

입력 패널에 r_D 와 θ 값을 넣어 검출기의 위치를 바꿀 수 있다. 패널의 값을 바꾸었다면 "PLOT GRAPH"를 클릭해야 바뀐 $f(t)$ 출력을 볼 수 있다. "Data-point interval Δ" 칸에서 자료를 모으는 간격을 바꿀 수 있다. 이 간격은 0.001 s의 배수만 가능함에 유의하라.

속력 v_d 와, 속도 벡터 $\vec{v}_d$ 가 x 축과 이루는 각 γ 를 넣어 검출기를 등속 운동시킬 수도 있다. 이때에도 바뀐 변수에 대한 출력을 보려면 "PLOT GRAPH" 버튼을 눌러야 한다.

PLOT GRAPH 버튼을 누르면 "Graph Start time (t_i)"부터 "Graph End time (t_f)"까지의 구간에 대한 그래프가 표시된다. 그림 (2)에서 패널은 0에서 25 s까지의 그래프를 보여 준다.

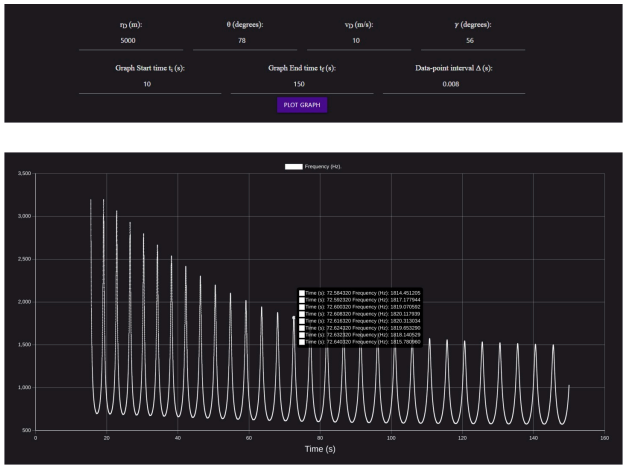


그림 3: 입력값을 바꾸었을 때의 모의실험 화면

Q2-3

Graph Start time과 End time 입력은 그래프의 일부를 확대하는 데에도 쓸 수 있다. 예를 들어 그림 (3)은 검출기를 각 78°, 거리 5000 m에 놓았을 때의 출력이다. 그래프는 10–150 s 구간에 대해 그려져 있다. 자료는 0.008 s마다 모은다. 곡선의 자료점 위에 커서를 놓으면 그 자료점의 값이 나타난다. 시간 간격이 매우 작으므로 곡선 위에 커서를 놓으면 여러 자료점의 값이 함께 나타날 수 있다. 그림 (3)에는 여덟 개의 자료점이 나타나 있다. **주의:** 자료점 간격(Δ)을 아주 작게(예: 0.001) 두고 긴 시간 구간(예: Graph Start time $t_i = 0$ 에서 Graph End time $t_f = 25\,s$)에 대해 그리면, 모의실험이 오래 걸리고 컴퓨터 성능에 따라 멈출 수도 있다. 그런 상황에 빠졌다면 일반 지침에 있는 절차를 따르라. 아주 작은 Δ는 짧은 시간 구간의 그래프에만 쓸 수 있다. 모의실험을 실행할 때 Graph End time (t_f (s))과 관계없이 모의실험기가 그릴 수 있는 자료점의 최대 개수는 25000개이다.

모의실험에서 검출기 변수의 여러 값을 넣어 보고 그 출력을 주의 깊게 관찰하라. 다음 문항들의 계산에는 그래프의 출력을 이용하라. 필요하면 어느 문항에서든 모눈종이를 써도 된다.

A.2 모의실험에서 검출기를 $r_{\mathrm{D}} = \theta = 0$ 에 정지시켜 두라. 그래프 시작 시각과 끝 시각을 각각 5 s와 55 s로 하여 $f(t)$ 의 출력 그래프를 관찰하라. 그 구간의 모든 극소값($f_{\min}$ 과 그에 대응하는 시각 t)을 표로 만들라. $f_{\min}$ 대 t 를 그리라. 1.2pt

A.3 검출기를 정지시켜 두었을 때 결국 검출하게 될 최소 진동수의 표현식을 구하라. 답을 v_s, ω, R 및 관련 변수들로 나타내라. 1.0pt

다음 문항들의 답을 얻기 위해 패널에 여러 입력값을 넣게 될 것이다. A2-4쪽의 표에, 어떤 양이나 중간 식을 얻기 위해 사용한 r_{D}, θ, v_{D}, γ, t_i, t_f, Δ 값을 적으라. 또한 그 입력값에 대응하는 양이나 식도 함께 적으라.

이 부분을 푸는 데 쓴 공식이나 식은 모두 연습지에 자세히 적어야 한다. 최종 답만으로는 점수를 주지 않는다. 그래프를 쓰고 싶다면 답안지에 모눈종이 번호를 적으라. 이 문제에서는 오차 평가가 필요하지 않음에 유의하라.

다음 네 문항은 편한 순서대로 풀어도 된다.

A.4 음원의 처음 좌표 $(X_{\mathrm{A}}, Y_{\mathrm{A}})$, 즉 시각 $t = 0$ 에서 점 A의 좌표를 미터 단위로 구하라. 1.4pt

Q2-4

Korean (Korea (Republic of))

A.5	f_0, ω, R, v_s 의 값을 구하라.	2.1pt
A.6	β 의 값을 도(°) 단위로 구하라.	2.0pt
A.7	음원이 도는 원의 처음 중심 좌표 (X_C, Y_C), 즉 점 C의 좌표를 미터 단위로 구하라.	2.1pt