

# 물리적 특성을 고려한 빠른 번개 렌더링

윤정수, 윤성의  
대용량 그래픽스 연구실 (sglab.kaist.ac.kr)  
KAIST 전산학부

## 요약

본 논문에서는 번개의 물리적 특성을 고려하여 기존의 랜덤 트리 기반의 번개 경로 생성 알고리즘보다 사실적이며, 물리 기반 시뮬레이션 알고리즘보다 빠른 번개 경로 생성 알고리즘을 제시한다. 절연 파괴 현상을 물리적으로 접근한 Dielectric Breakdown Model을 사용하고, 전위장(Electric potential field)의 특징을 빠르게 근사하여 번개의 경로를 생성하는 알고리즘을 제시한다. 번개 잔가지의 두께와 밝기의 물리적 특성을 고려하여 빠르고 사실적인 번개를 렌더링 한다. 본 논문에서 제시한 번개 경로는 약 1.56의 프랙탈 차원(Fractal dimension)을 가져 자연 현상의 번개와 유사한 결과를 보여주고, 기존의 물리 기반 알고리즘에 비해 월등히 빠르게 경로를 생성한다. 다만, 실시간 게임에 적용 가능한 성능을 위한 추가적인 작업이 필요하고, 향후 GPU를 활용하여 번개 경로 생성 알고리즘을 개선하면 실시간 게임에 충분히 적용할 수 있을 것이라 판단한다.

## 연구 목표

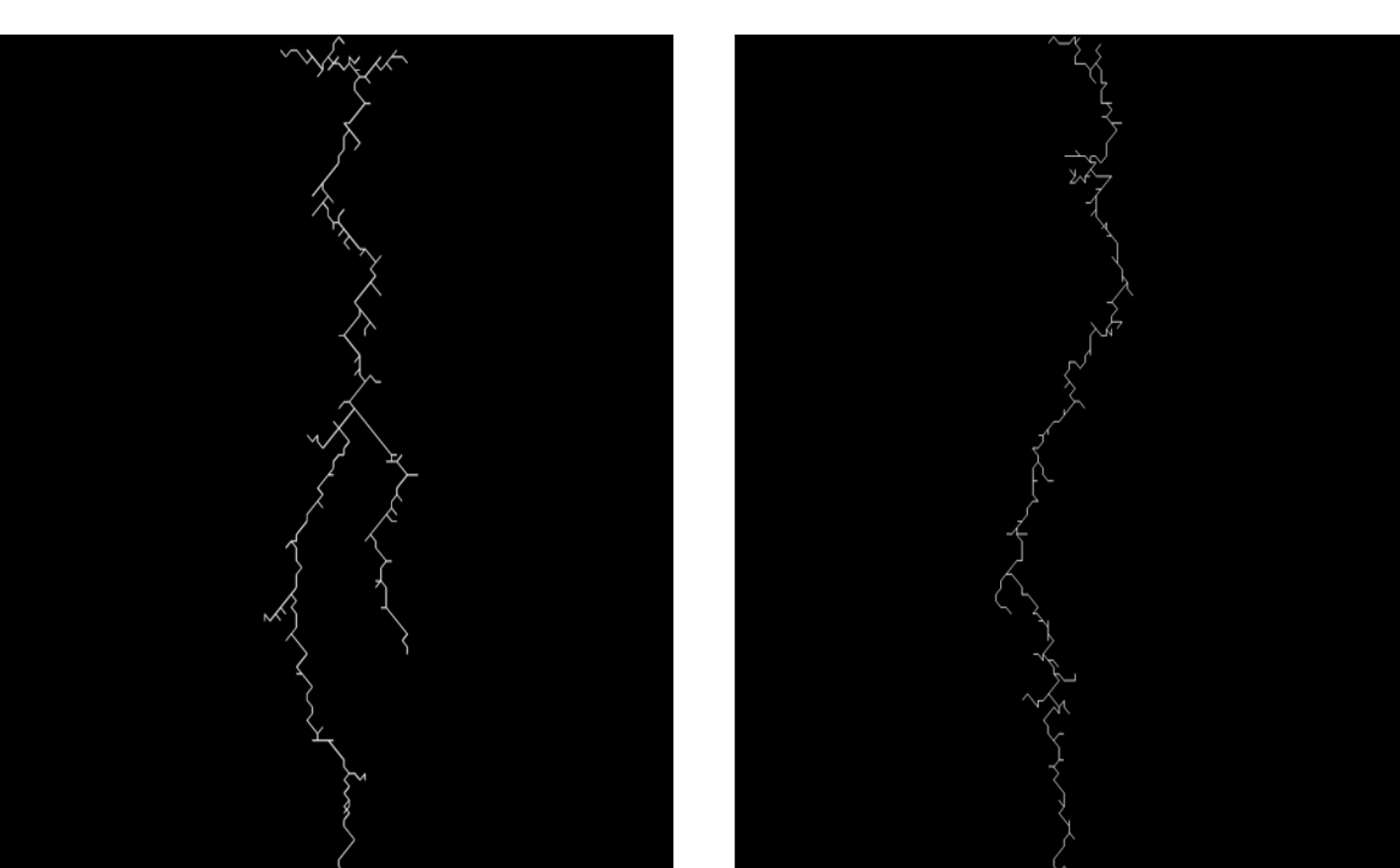
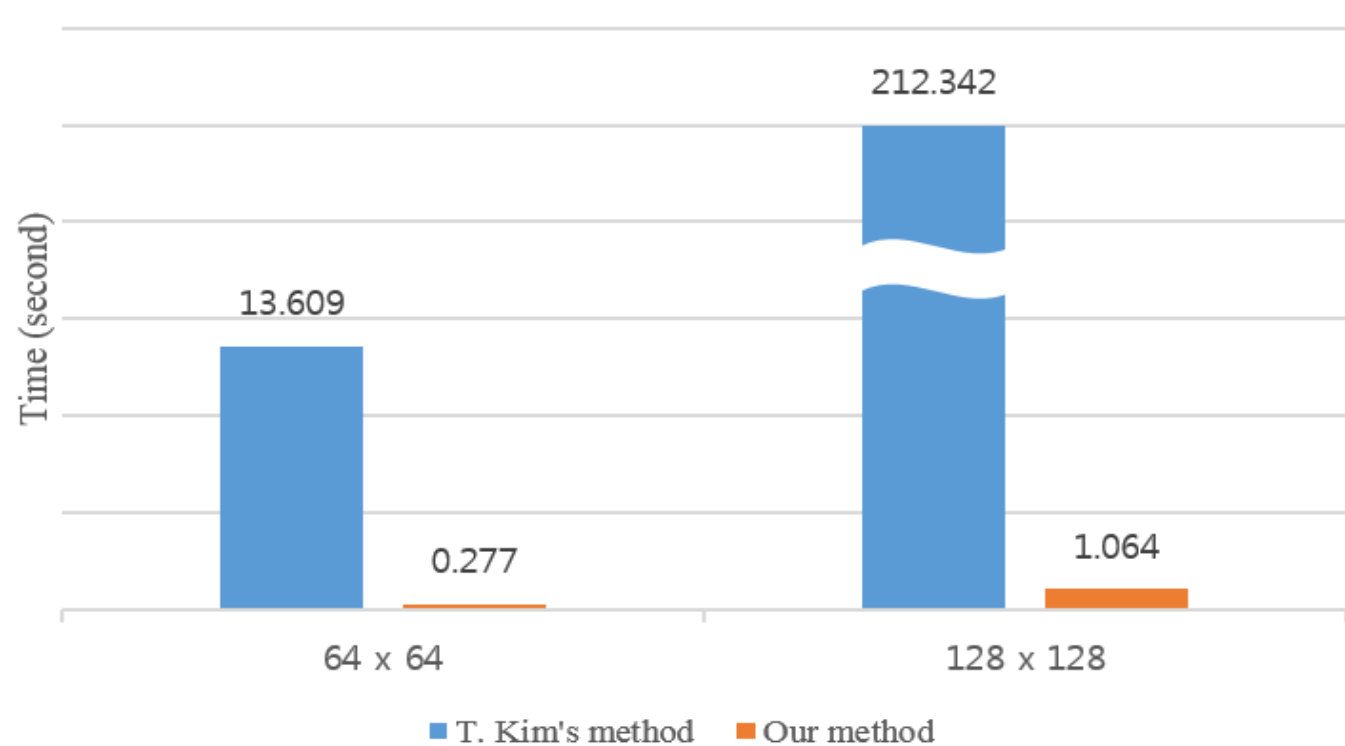
- ◆ 번개의 물리적 특성을 고려한 사실적인 번개 경로 생성
- ◆ 전위장 특징을 근사한 번개 경로 생성 시간 향상
- ◆ 번개 잔가지의 밝기와 두께의 물리적 특성을 고려한 빠른 번개 렌더링

## 선행 연구

- ◆ 물리 기반으로 절연 파괴 현상을 설명
  - Dielectric Breakdown Model [L. Niemeyer et al., 1984]
  - 격자 기반 전위 계산
- ◆ 물리 기반 번개 경로 생성 방법
  - DBM 사용
  - 사실적인 번개 경로 생성
  - 느린 경로 생성 시간
  - 전위 공식을 사용하여 전위 계산 [B. Sosorbaram et al., 2001]
  - Conjugate gradient Method를 사용하여 전위 계산 [T. Kim et al., 2004, 2007]
- ◆ 랜덤 이진 트리 기반의 번개 경로 생성 방법
  - GPU를 활용한 빠른 경로 생성
  - 랜덤으로 인한 사실적이지 않은 번개 경로
  - 장애물을 고려하지 않음
  - [Nvidia, 2007]

## 연구 결과

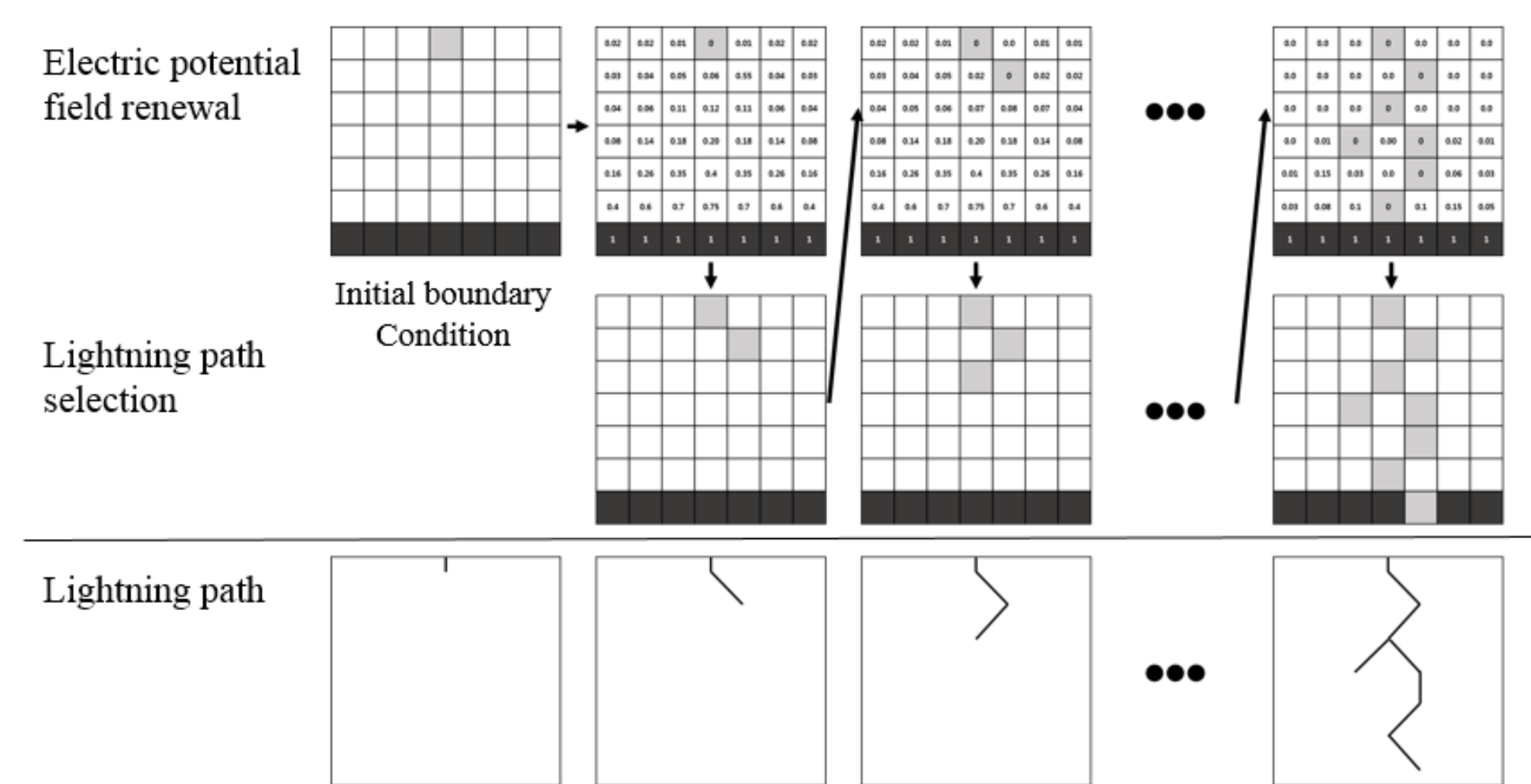
- ◆ T. Kim의 번개 경로 생성 알고리즘에 비해 약 200배 속도 향상
- ◆ 약 1.56의 프랙탈 차원값을 보여, 자연 현상의 1.7에 근접함
- ◆ T. Kim의 결과에 비해 잔가지가 적게 나타남



야경 장면에서 적용한 번개 렌더링 결과  
- 128 x 128 격자 사용  
- 번개 경로 생성 시간 : 1.01 초

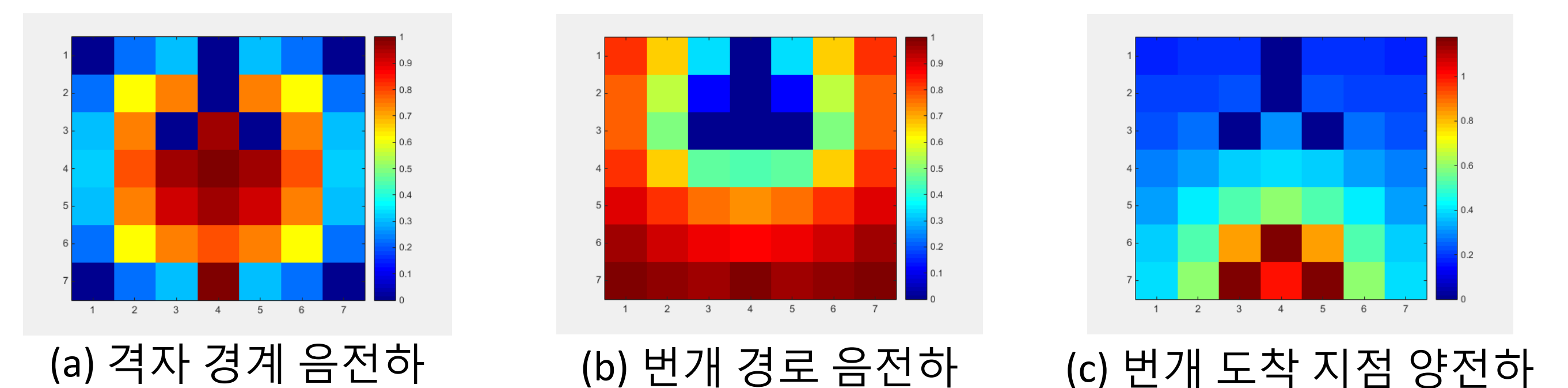
## 연구 내용

### ◆ DBM을 사용한 번개 경로 생성 프로세스



### ◆ 번개 경로 생성

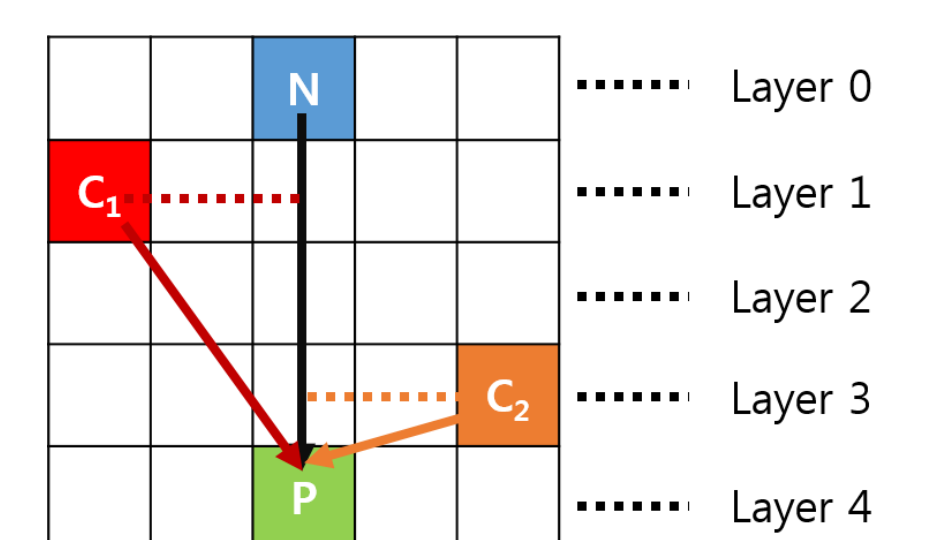
- 격자 경계 음전하, 번개 경로 음전하, 번개 도착 지점 양전하를 분리하여 전위 공식 적용



- 고정 값인 격자 경계 음전하의 전위는 미리 계산 (B)
- 번개 경로 음전하의 전위는 격자에 인접한 음전하 개수로 근사 (N)
- 번개 도착 양전하는 1개로 가정하며, 격자와 양전하의 거리 (P)
- 각 전하에 대한 전위 공식 값을 이용하여 전위장 특징을 근사하여 전위 계산
- 후보 격자 간 전위 값의 차이를 크게 하기위해 각 값을 곱함
- 양전하 방향으로 전위 값을 약 2배씩 증가시키는 단계 값을 적용 (G)

$$P_i = \frac{1}{B \times N \times P} \cdot 2^G$$

< 후보 격자의 전위 값 근사 >

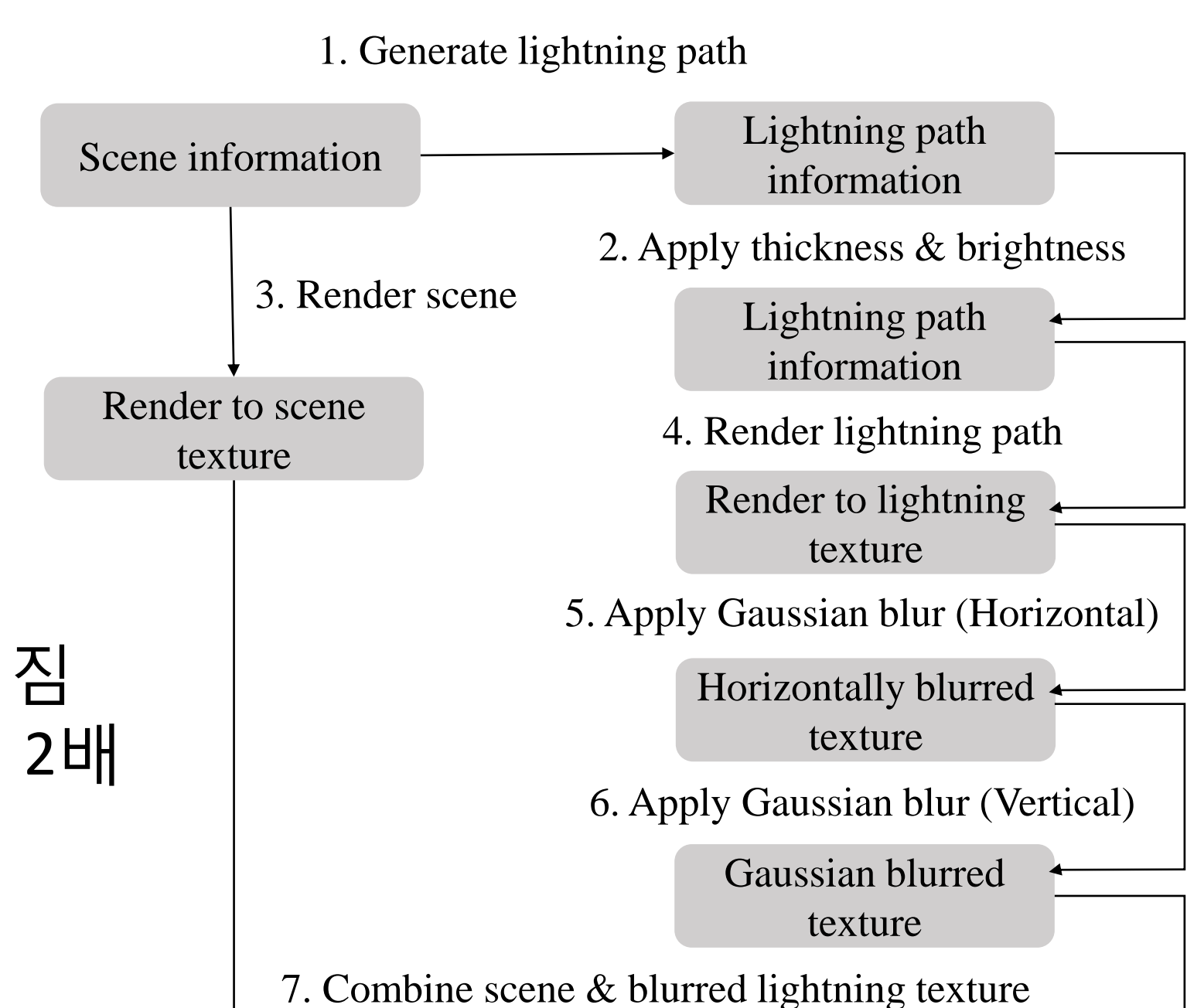


< 벡터 투영으로 단계 값(G) 계산 >

- 후보 격자의 전위 값을 확률로 랜덤으로 다음 번개 경로 선택

### ◆ 번개 렌더링

- Deferred 렌더링
  - 장면 렌더링 + 번개 경로 렌더링
- 번개 경로 렌더링
  - 지터링 샘플링 적용
  - 메인 채널의 밝기는 고정
  - 주변 채널의 밝기는 점점 어두워짐
  - 메인 채널의 두께는 주변 채널의 2배
  - 2단계 가우시안 블러 필터 적용



<번개 렌더링 프로세스>