

유전알고리즘

(Genetic Algorithm)

# 유전알고리즘

- 다윈의 적자생존 이론을 기본 개념으로 한 알고리즘

- 다윈의 적자생존 이론

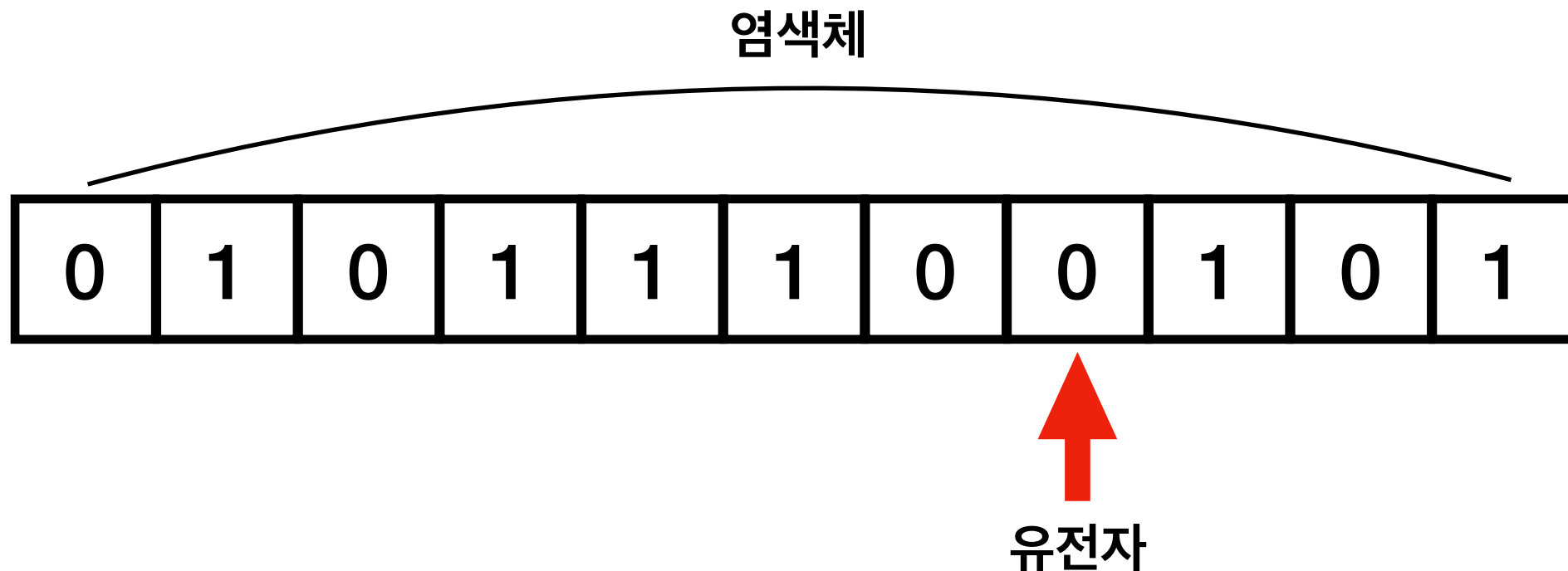
- 생물 집단은 환경에 적응하면서 증식

- 증식을 할 때 자신의 유전 정보를 자손에게 전달

- 적응하지 못한 개체는 수명이 짧고, 증식을 할 가능성이 낮으며, 자연 도태됨

"결국 살아남는 종은 강인한 종도 아니고,  
지적 능력이 뛰어난 종도 아니다."  
"종국에 살아남는 것은 변화에  
가장 잘 **적응**하는 종이다."  
- 찰스 로버트 다윈

# 용어 정리

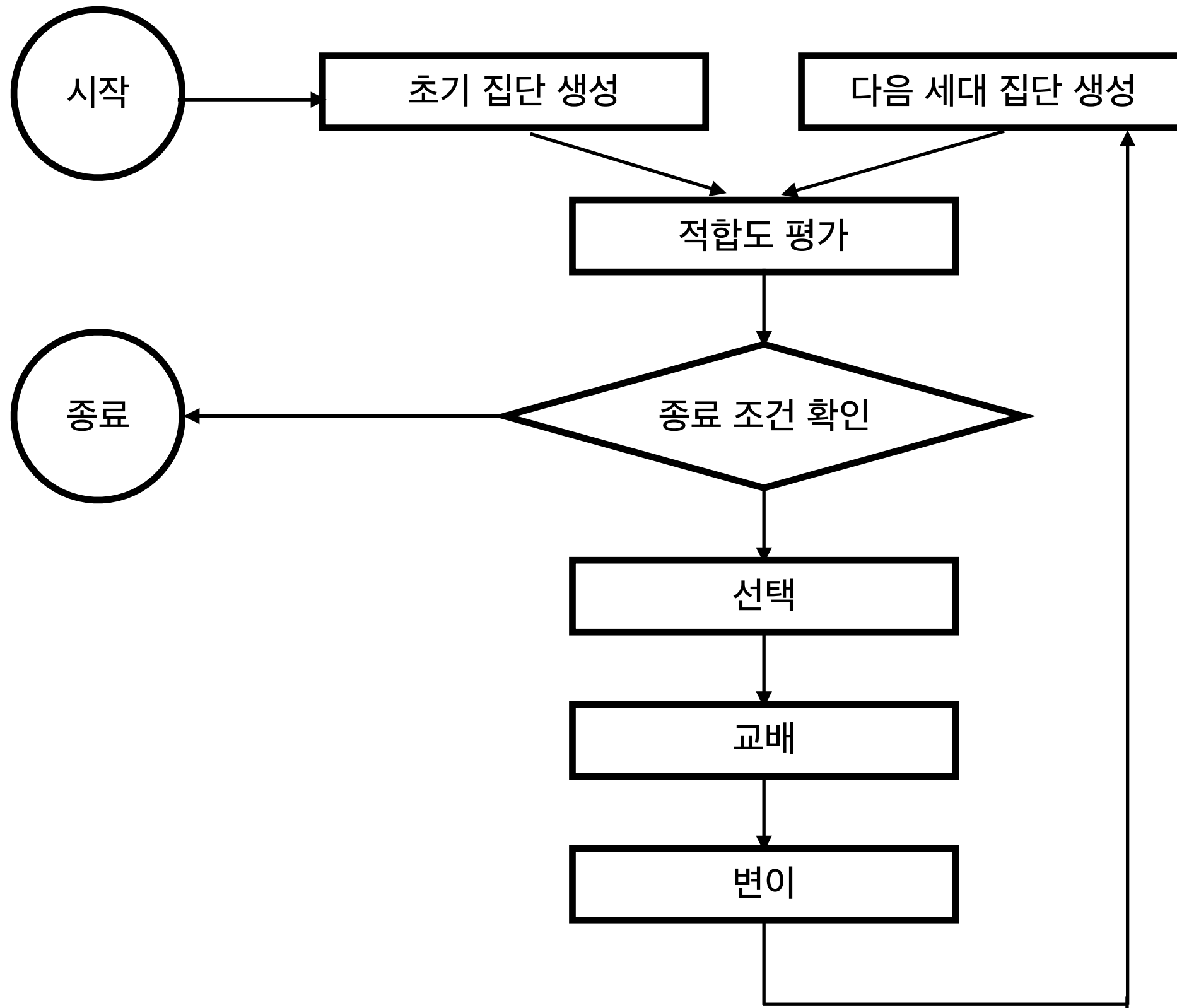


- 염색체 (Chromosome) : 유전 정보를 담고 있는 하나의 집합
- 유전자 (Gene) : 염색체를 구성하는 유전 정보

# 용어 정리

- **적합도** : 염색체가 주어진 환경에 얼마나 적응한 상태인지 나타내는 값
- **선택** : 현재 세대에서 다음 세대 염색체를 만들어낼 후보를 선택하는 과정
- **교배** : 선택된 후보 유전자를 조합해서 다음 세대 염색체를 만드는 과정
- **변이** : 교배 과정에서 일정 확률로 특정 유전자 정보가 변형되는 과정

# 유전알고리즘



# 유전알고리즘 적용

- 4자리 이진수 중 가장 큰 수 찾기

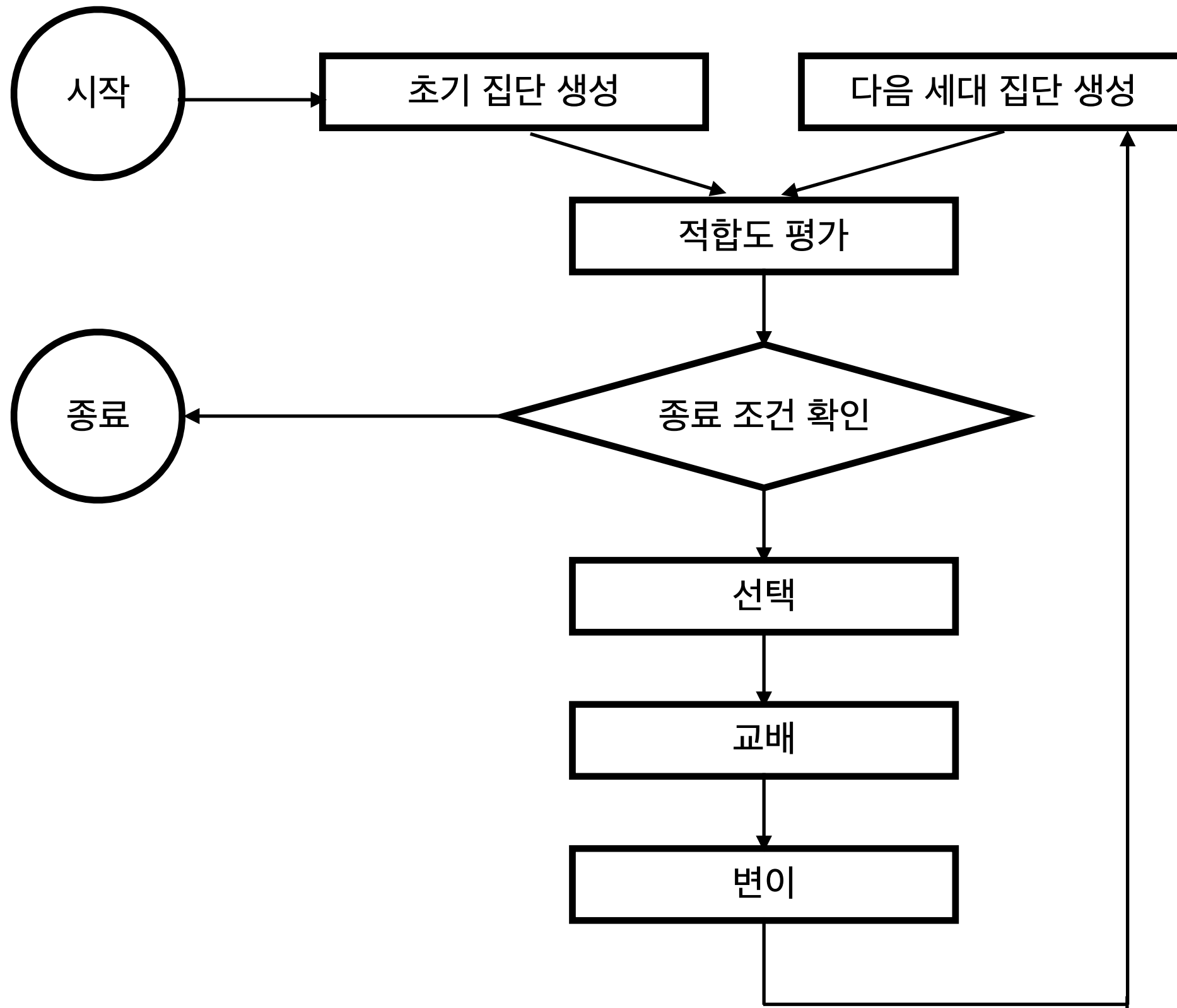
????<sub>(2)</sub>

# 유전알고리즘 적용

- 4자리 이진수 중 가장 큰 수 찾기

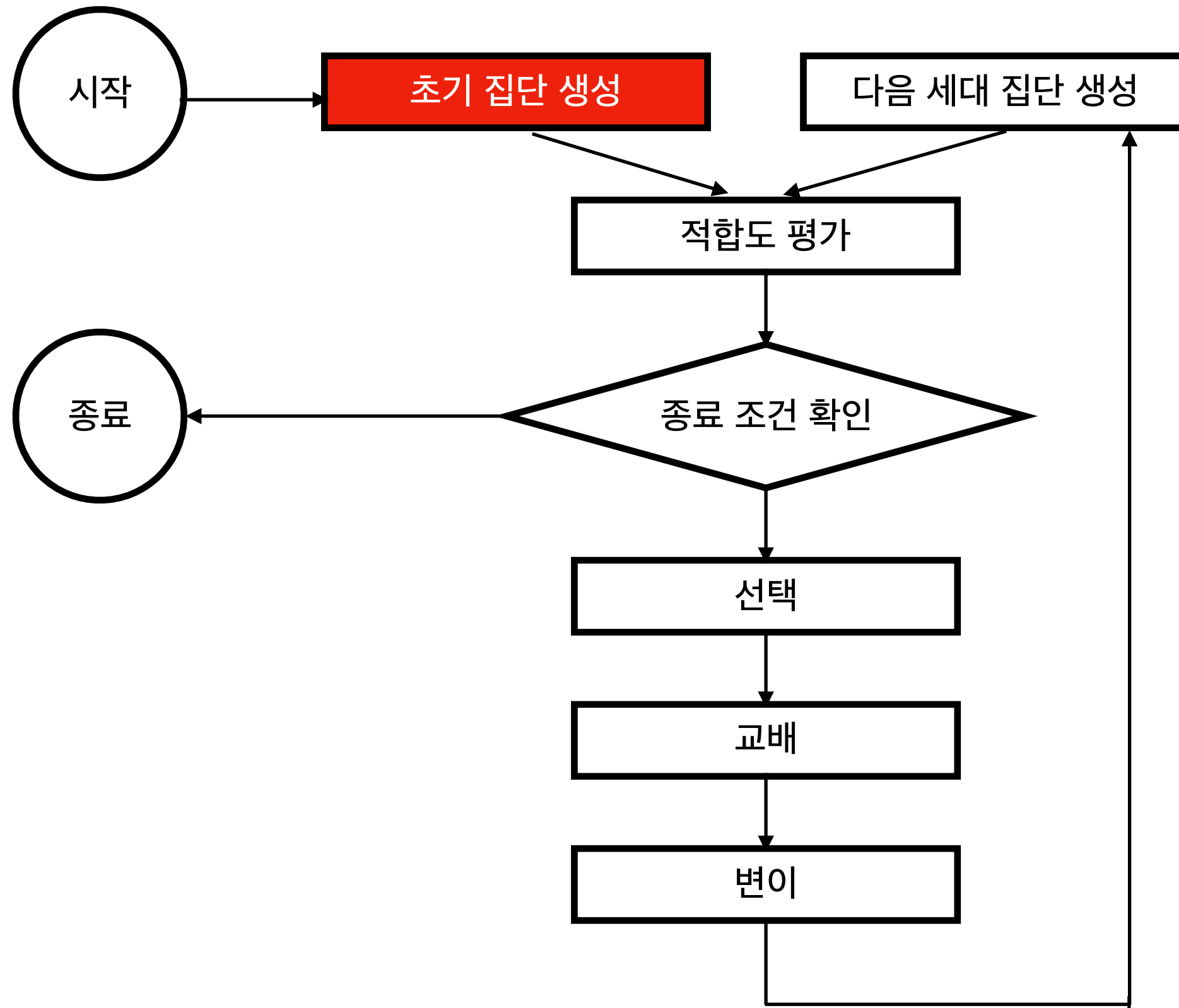
1111<sub>(2)</sub>

# 유전알고리즘





# 유전알고리즘



0

0

0

1

$0001_{(2)}$

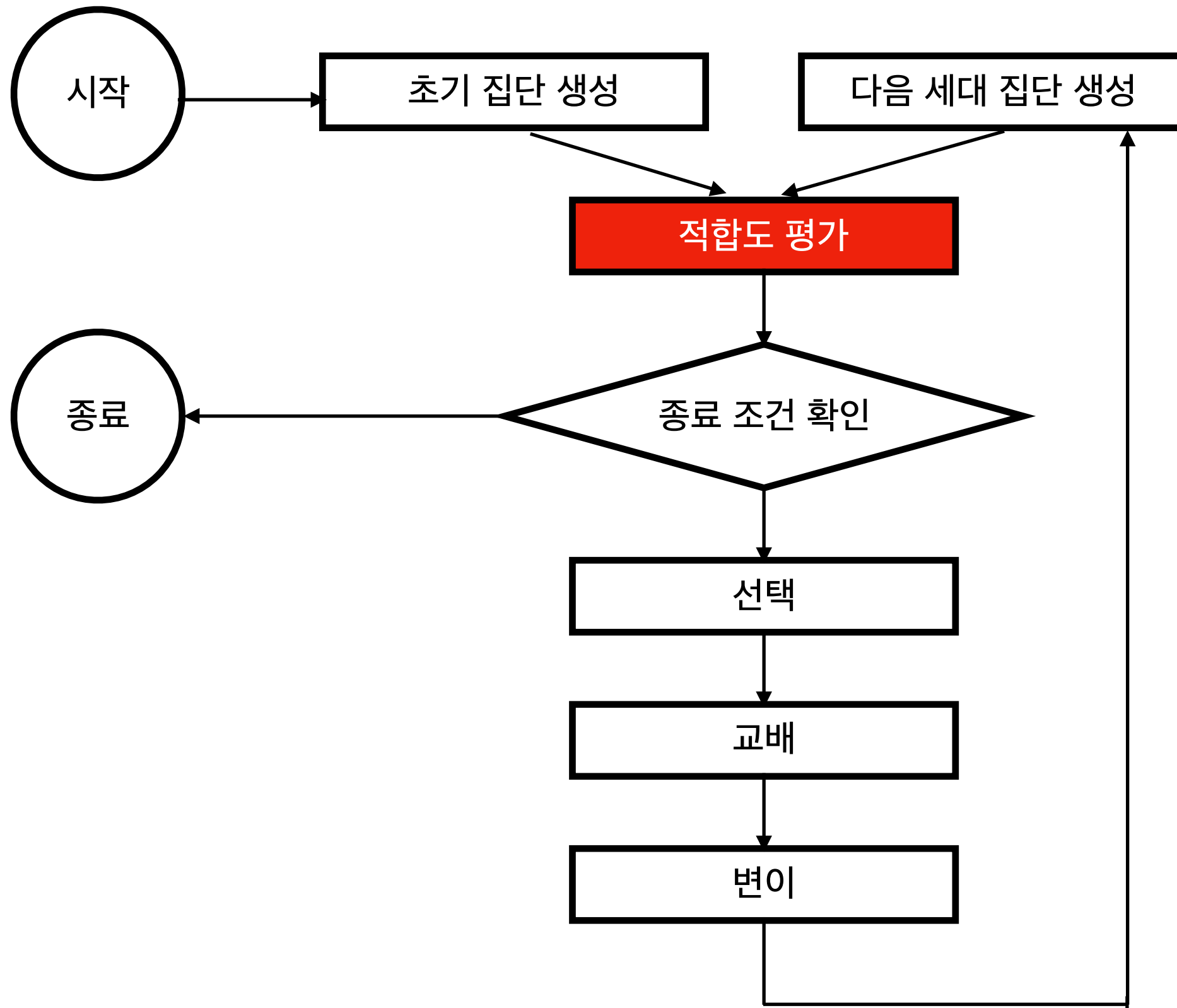
$0001_{(2)}$

$1101_{(2)}$

$1010_{(2)}$

$0111_{(2)}$

# 유전알고리즘



$0001_{(2)}$

**1**

$1101_{(2)}$

**2**

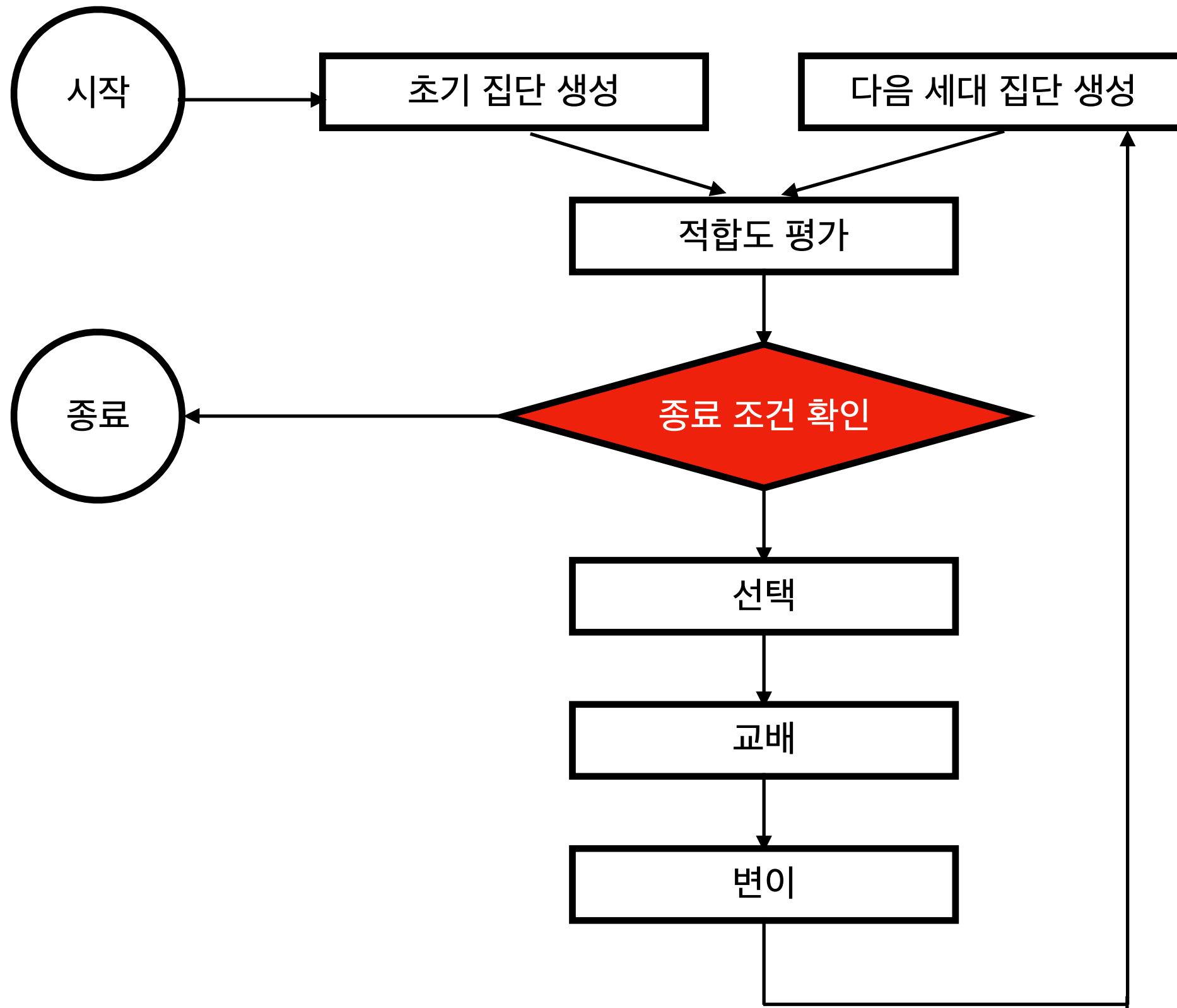
$1010_{(2)}$

**3**

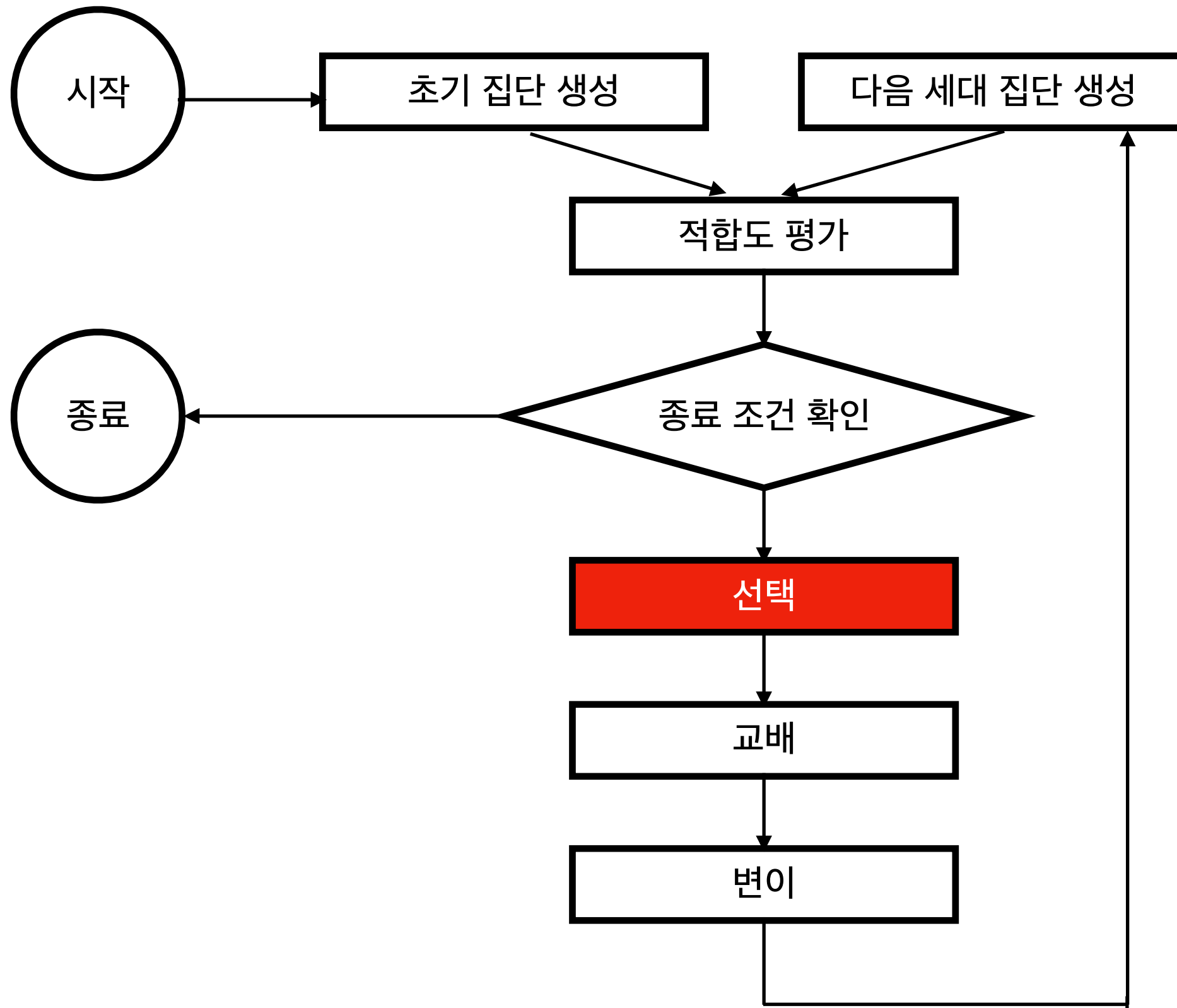
$0111_{(2)}$

**4**

# 유전알고리즘



# 유전알고리즘



$0001_{(2)}$

**1**

$1101_{(2)}$

**2**

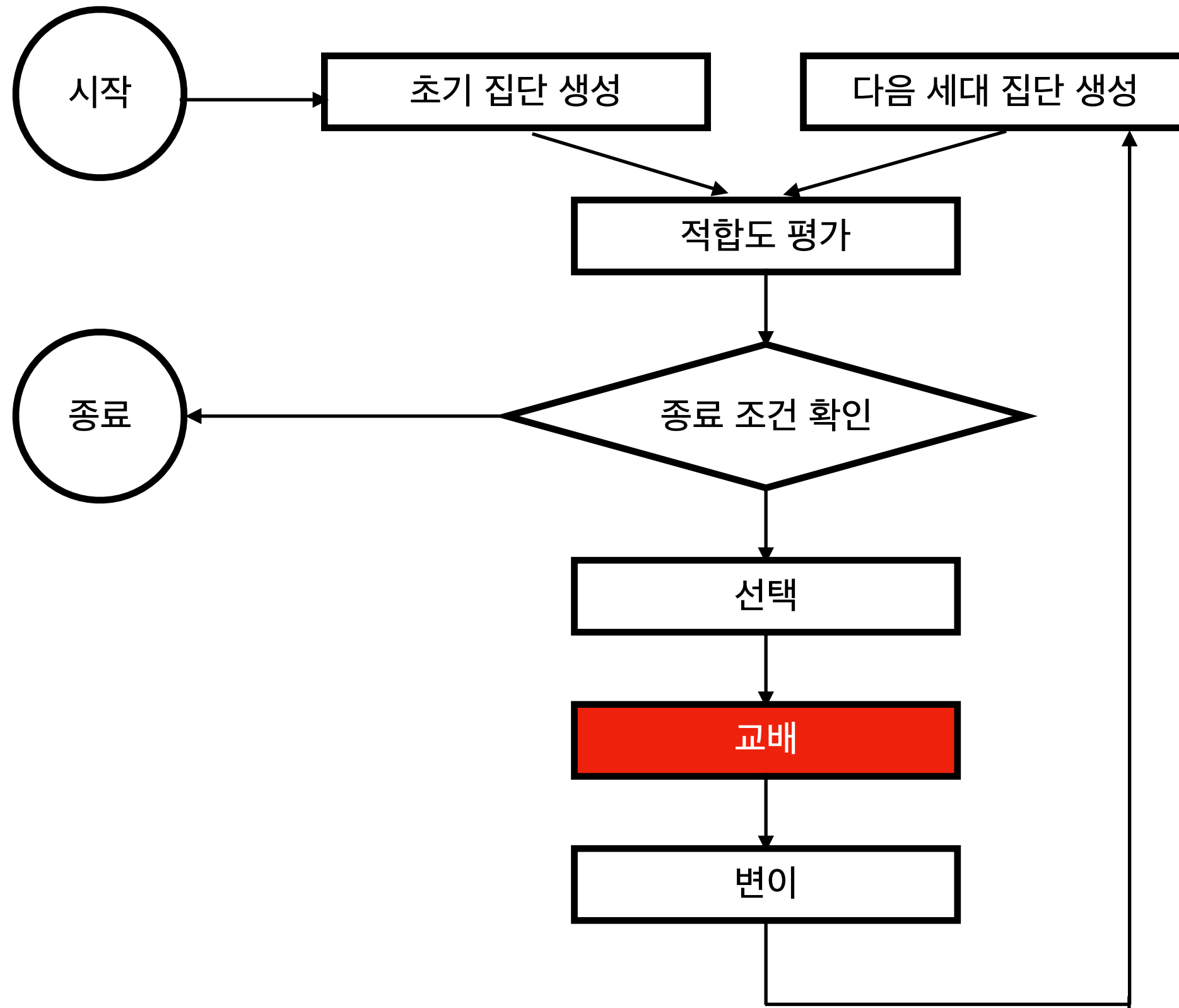
$1010_{(2)}$

**3**

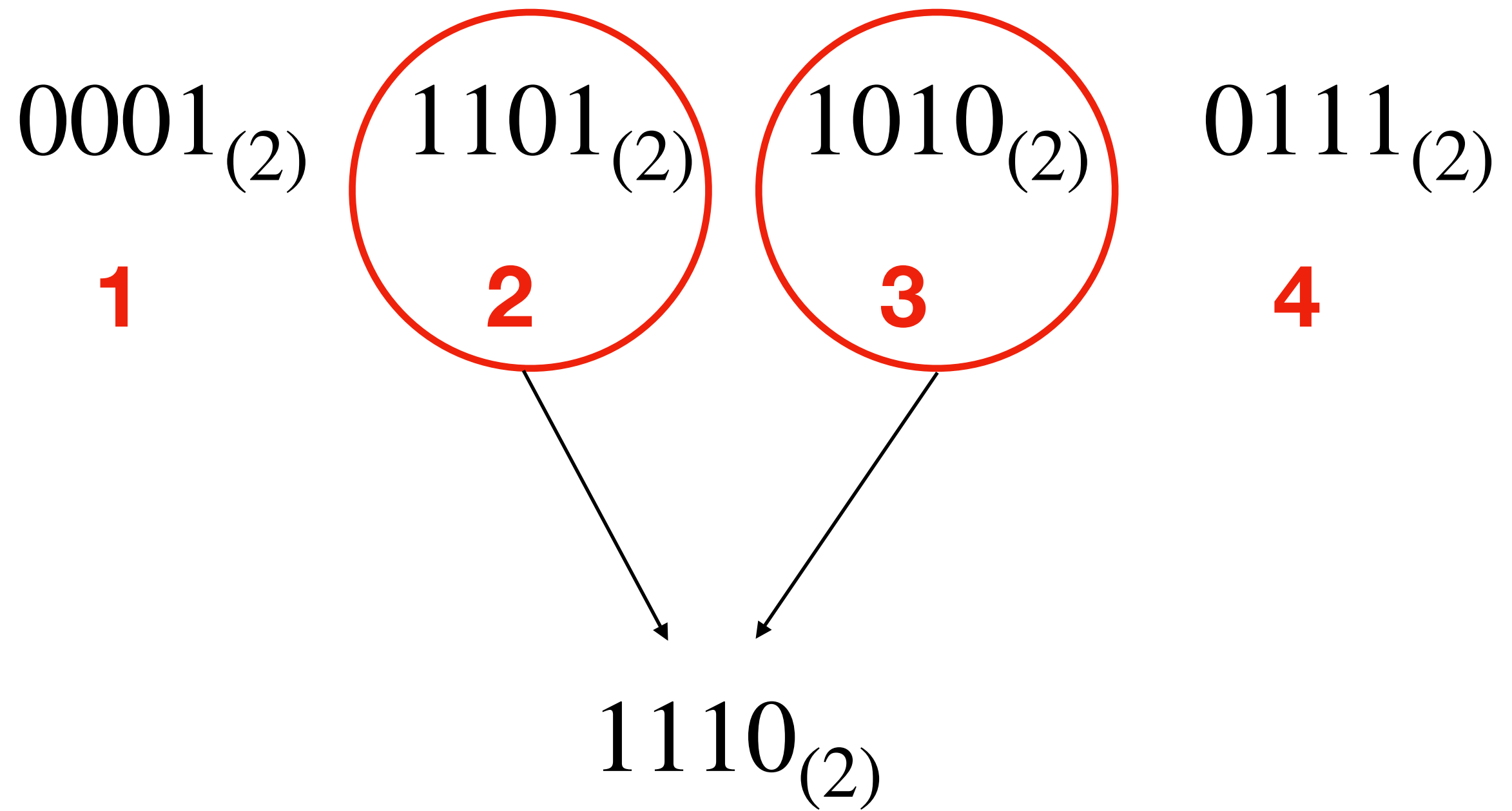
$0111_{(2)}$

**4**

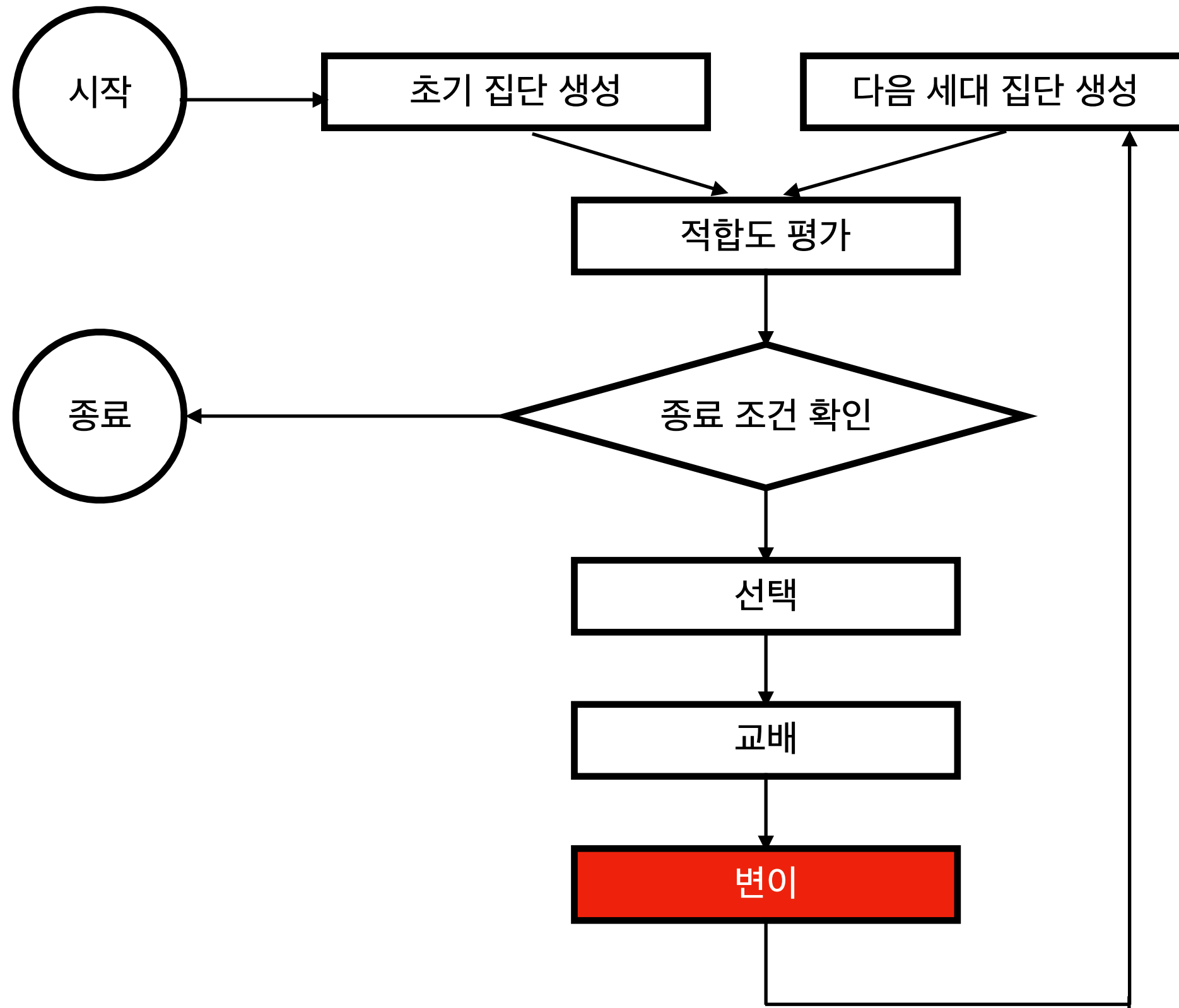
# 유전알고리즘

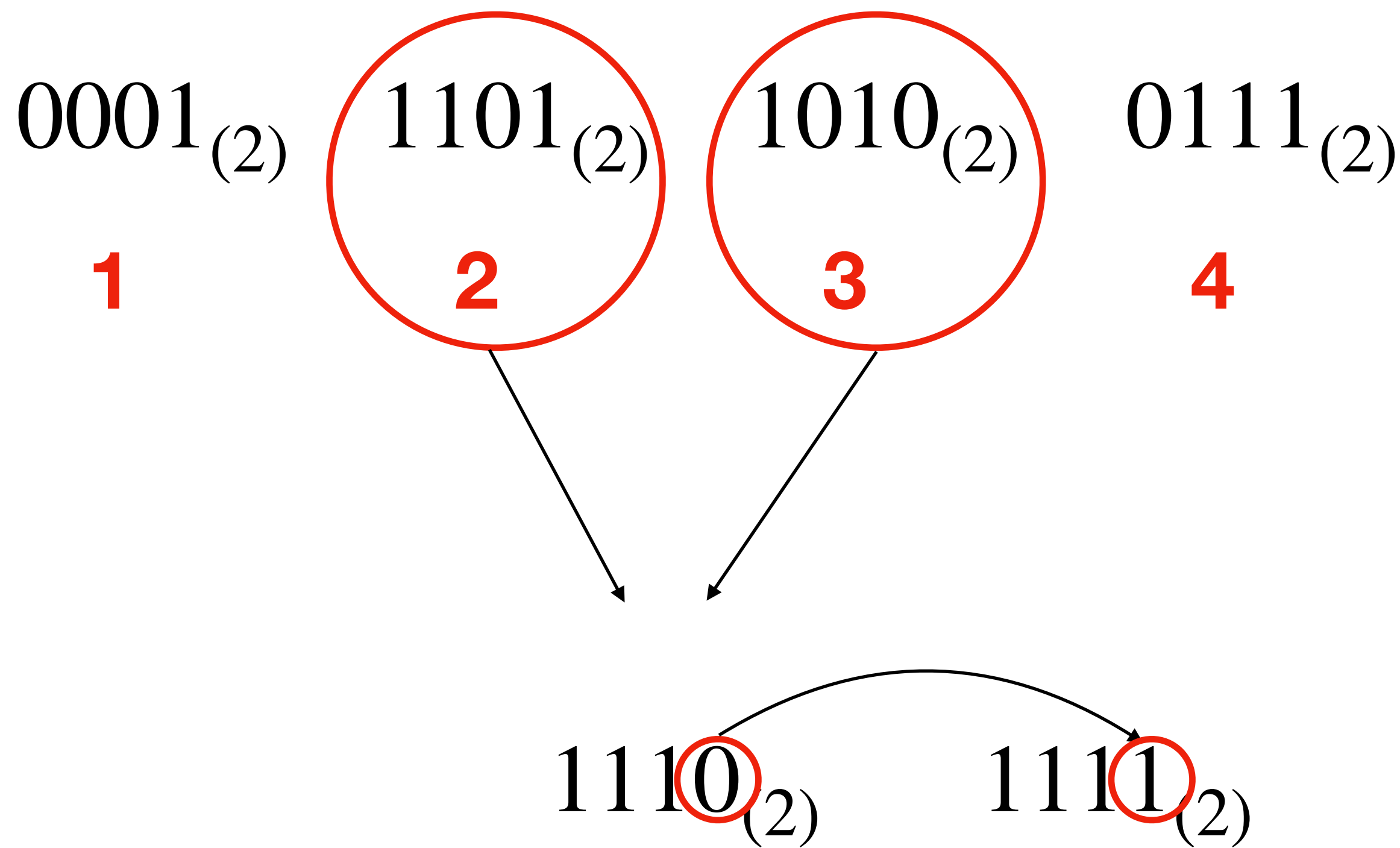




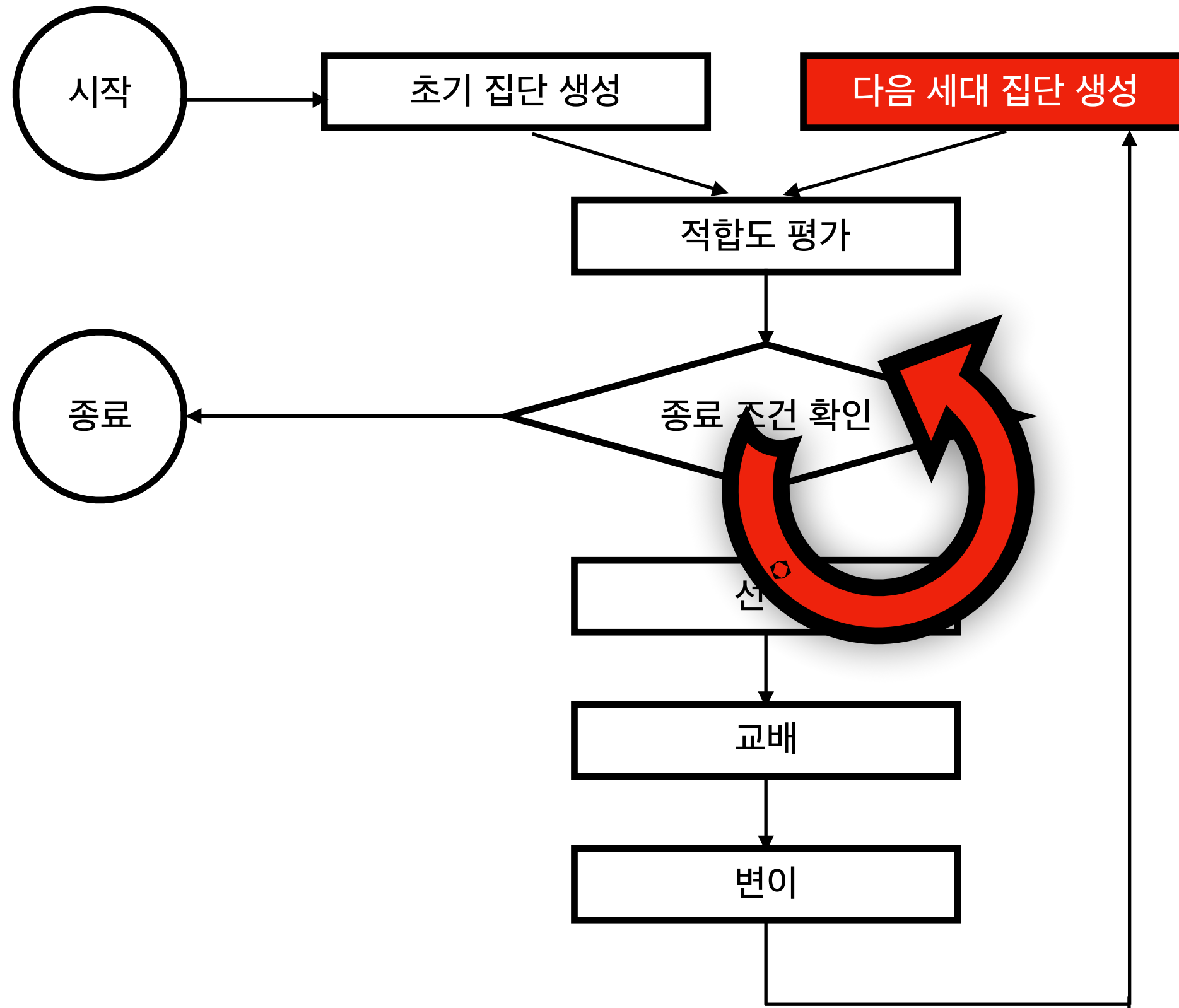


# 유전알고리즘





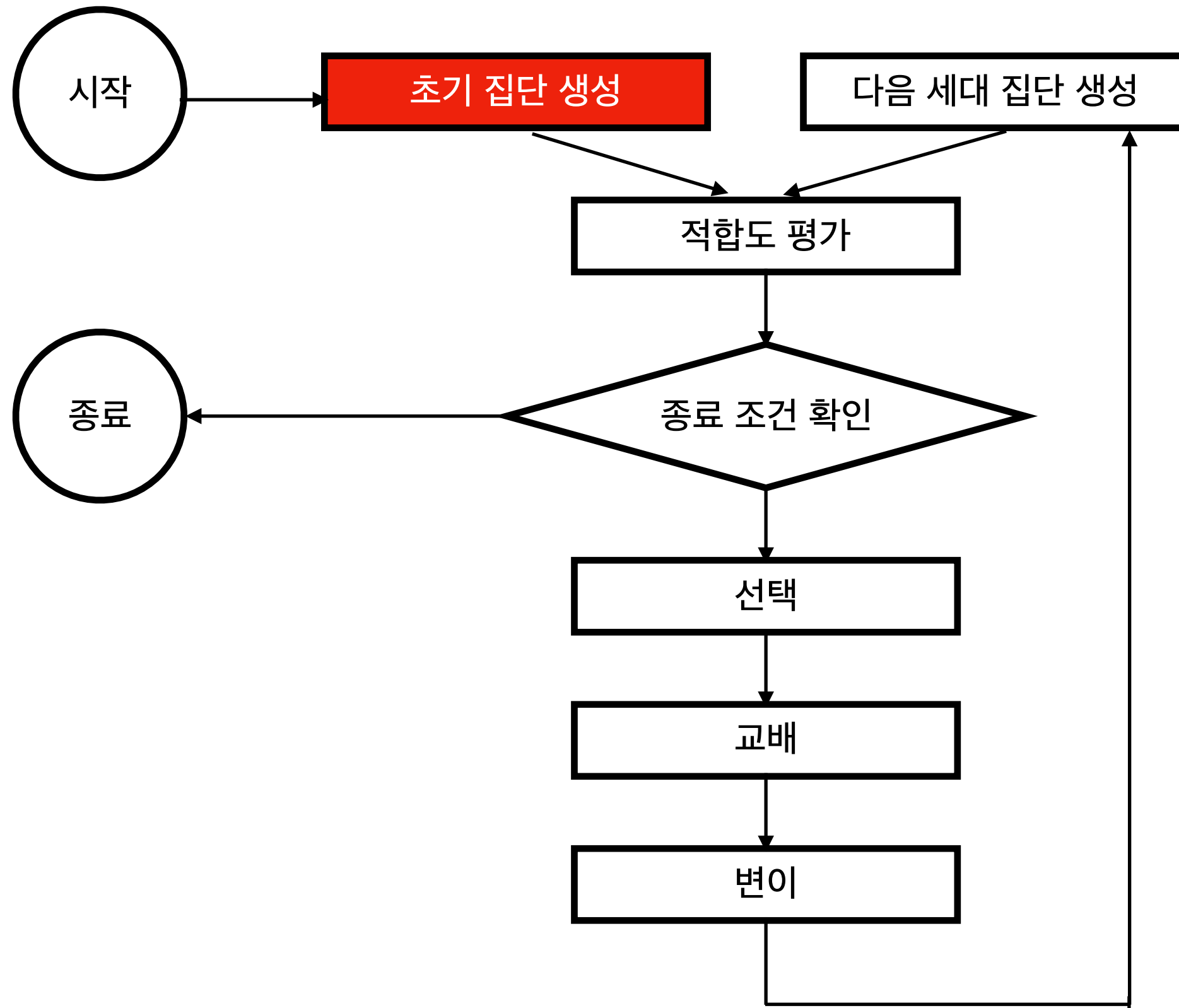
# 유전알고리즘



# GitHub

**<https://github.com/JungHyeonPark/GeneticAlgorithm>**

# 유전알고리즘

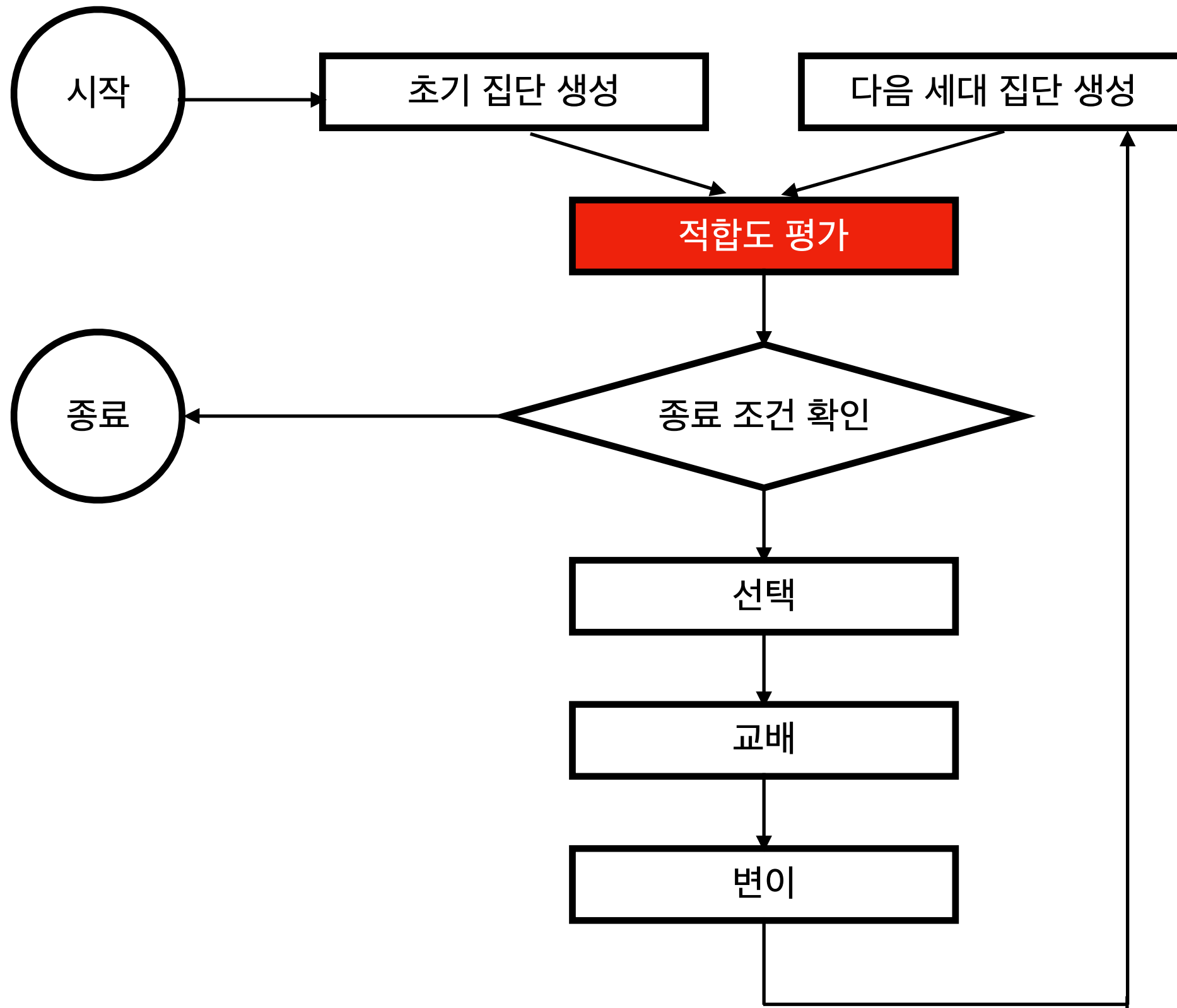


# 초기 집단 생성 (Initialize)

- 다음 세대로 진화해가는 흐름의 시작점 역할
- 시작 데이터의 적합도는 중요하지 않기때문에 랜덤 생성

$0001_{(2)}$      $1101_{(2)}$      $1010_{(2)}$      $0111_{(2)}$

# 유전알고리즘



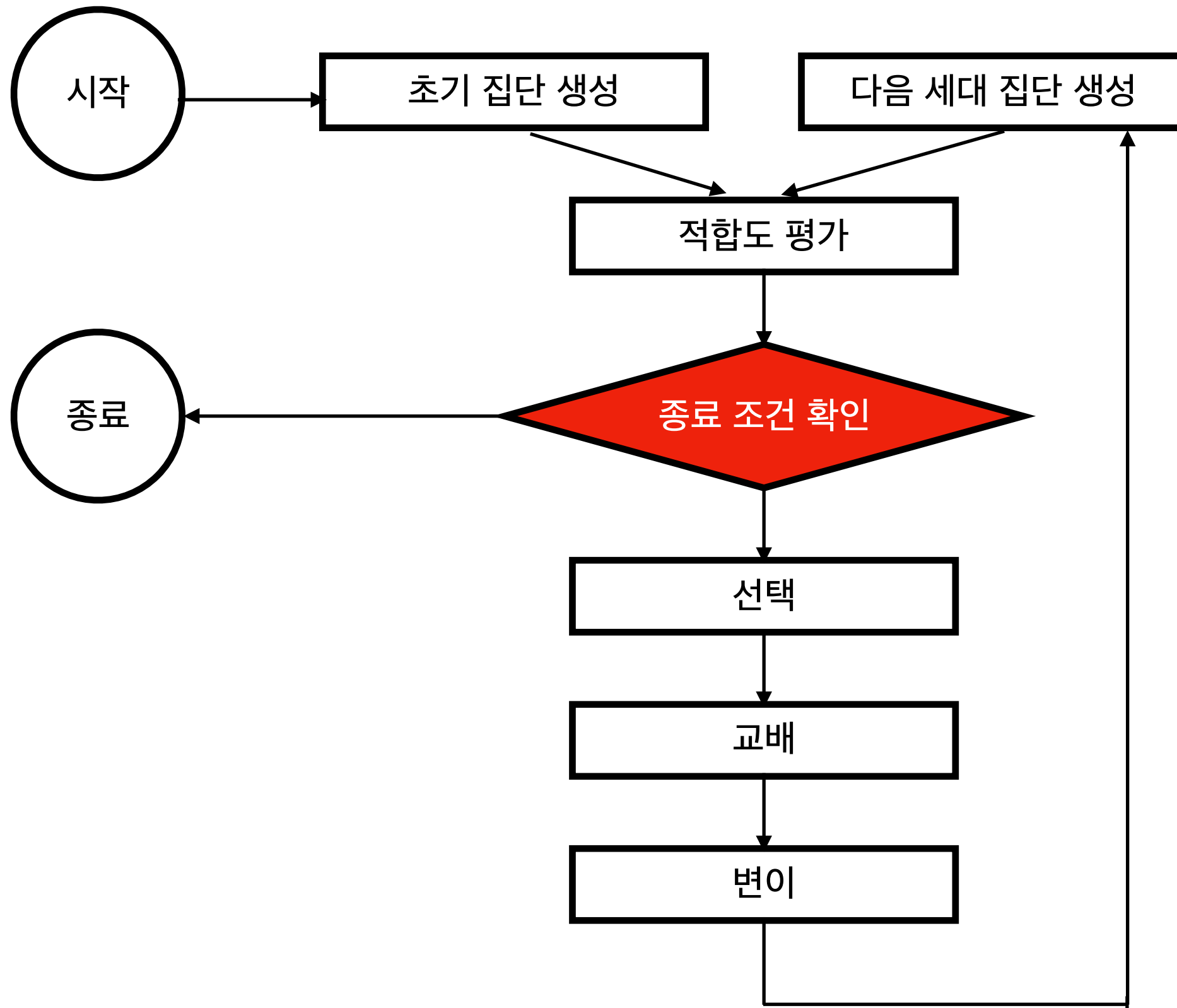


# 적합도 평가

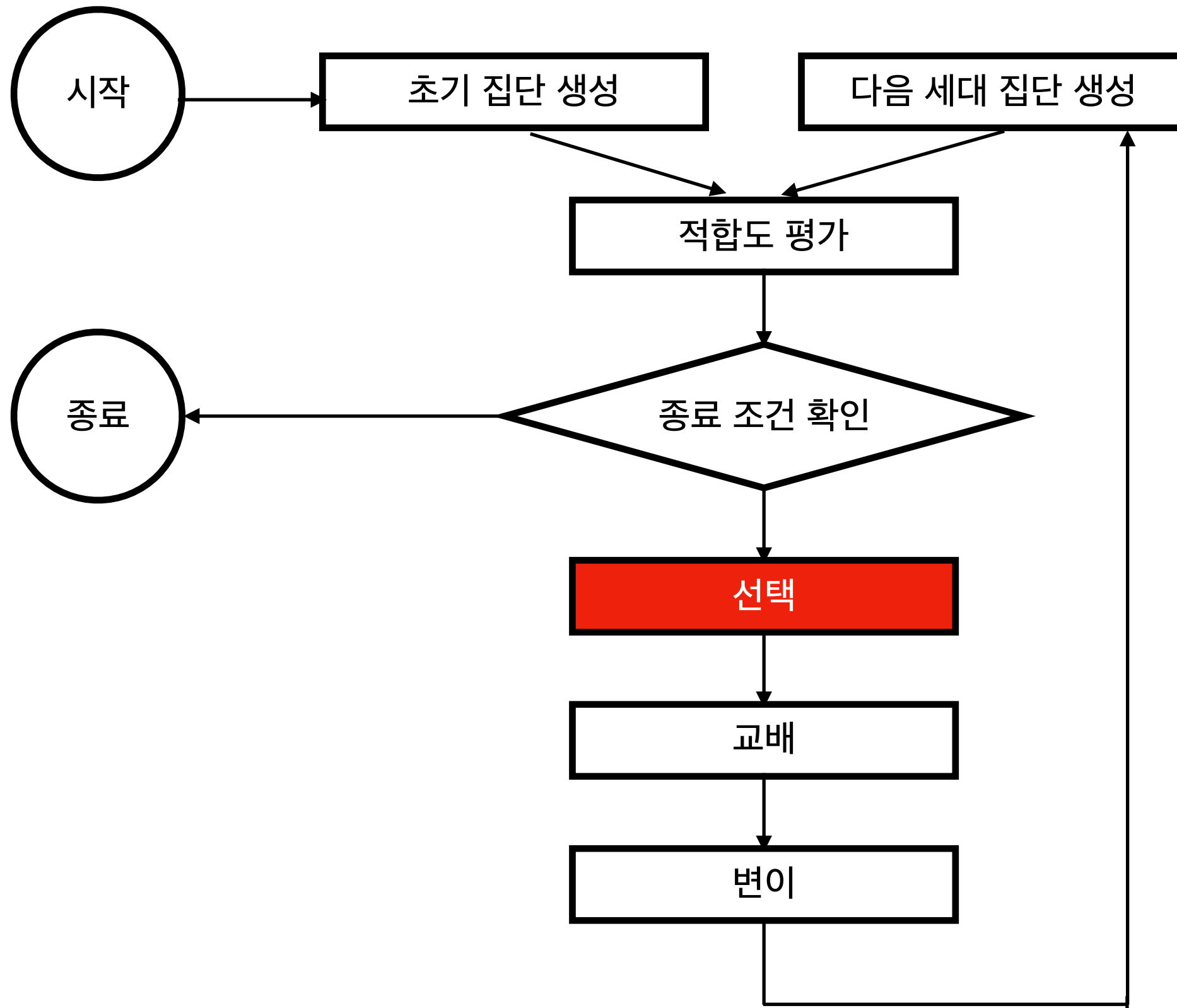
- 평가 함수(= 적합도 함수)를 이용해서 각 염색체의 적합도 평가
- 평가 함수  $f(x)$  = 이진수  $x$ 를 십진수로 변환한 값

$0001_{(2)}$	$1101_{(2)}$	$1010_{(2)}$	$0111_{(2)}$
<b>1</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>7</b>

# 유전알고리즘



# 유전알고리즘



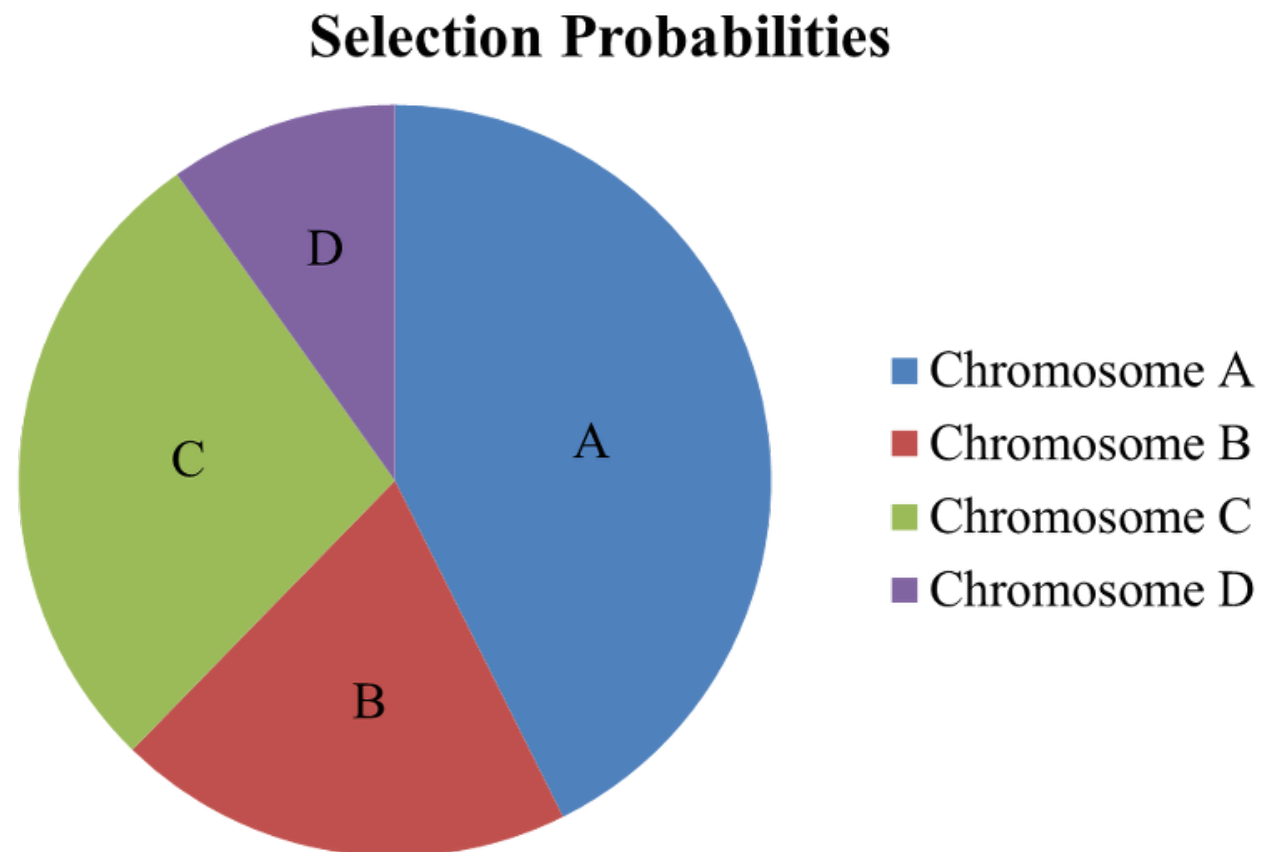
# 선택 연산

- 자식 염색체를 만들어 낼 부모 염색체 2개를 선택하는 과정
- 대표적인 선택 연산
  - 룰렛 휠 선택
  - 랭킹 선택
  - 엘리트 보존 선택
  - 토너먼트 선택

# 룰렛 휠 선택

## (Roulette wheel selection)

- 각 염색체마다 적합도에 비례하는 만큼 룰렛의 영역을 할당해주고 룰렛을 돌려서 염색체를 선택하는 방법
- 적합도가 높은 염색체가 선택될 확률이 높음



# 룰렛 휠 선택

## (Roulette wheel selection)

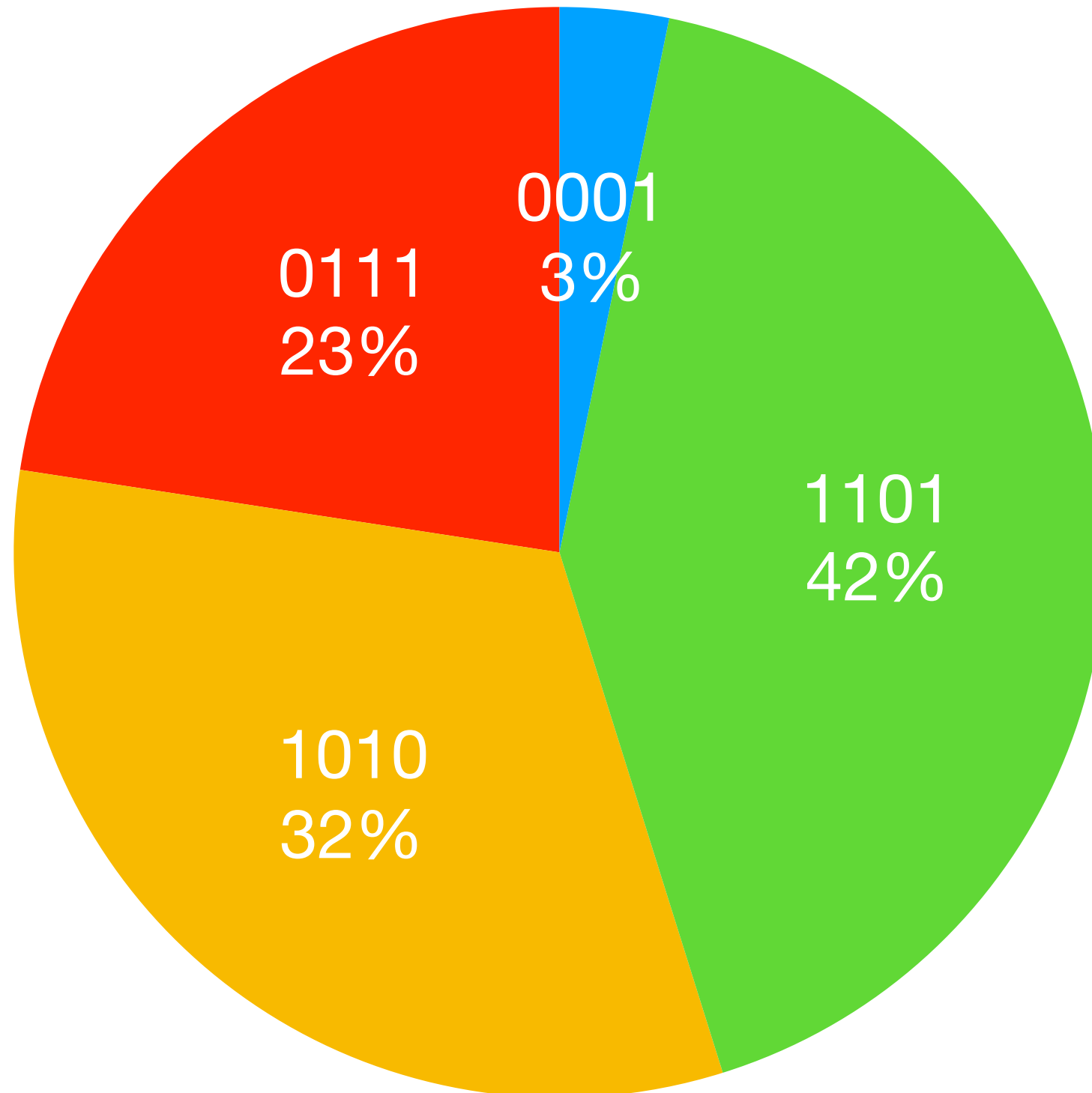
$0001_{(2)}$      $1101_{(2)}$      $1010_{(2)}$      $0111_{(2)}$   
**1**                    **13**                    **10**                    **7**

염색체	적합도	적합도 / 총합	선택될 확률
$0001_{(2)}$	1	1/31	3.225806452%
$1101_{(2)}$	13	13/31	41.935483871%
$1010_{(2)}$	10	10/31	32.258064516%
$0111_{(2)}$	7	7/31	22.580645161%

총합 : 31

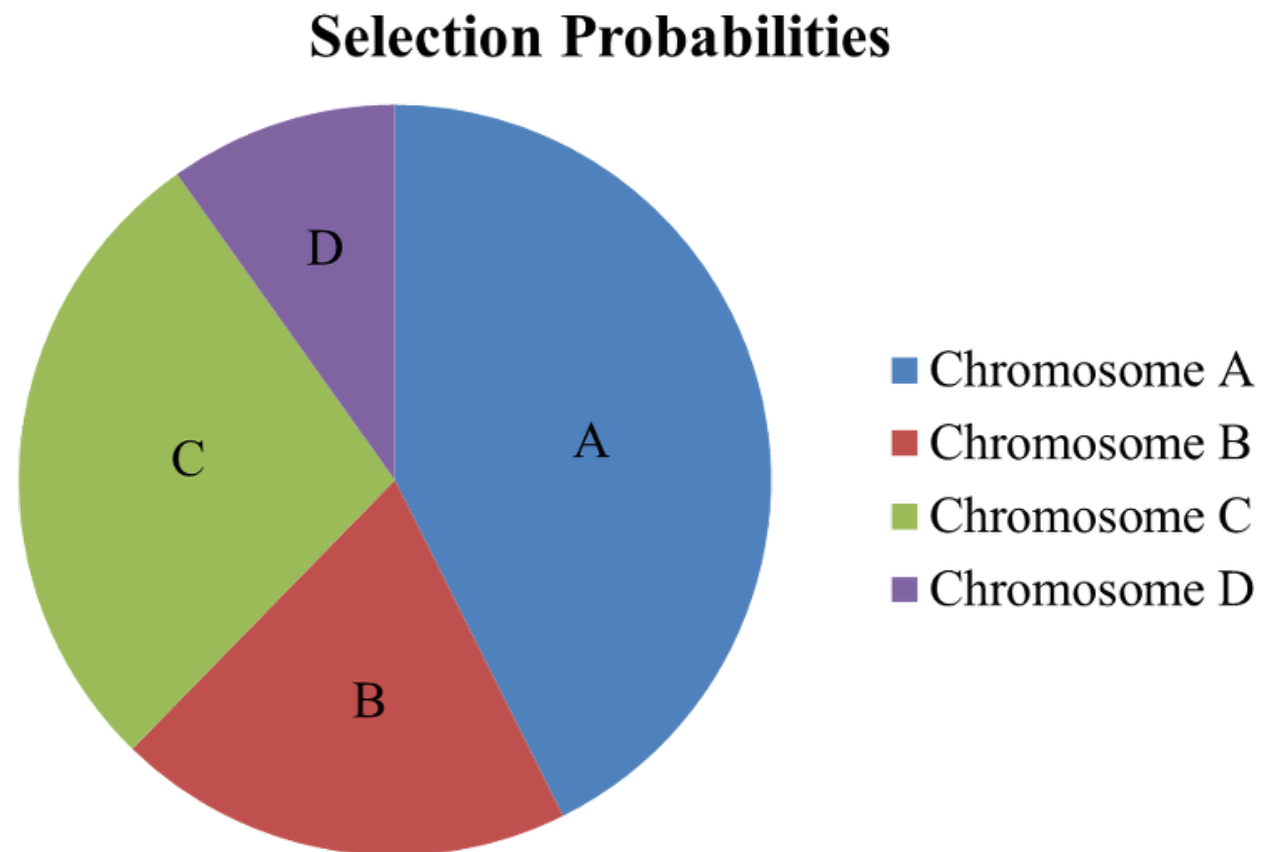
# 룰렛 휠 선택

(Roulette wheel selection)



# 랭킹 선택 (Ranking selection)

- 염색체를 적합도에 따라 순위를 매기고, 그 순위에 따라 각 염색체가 선택될 확률을 결정하는 방식
- 확률은 사전에 결정해둔 확률에 따라 지정





# 랭킹 선택

## (Ranking selection)

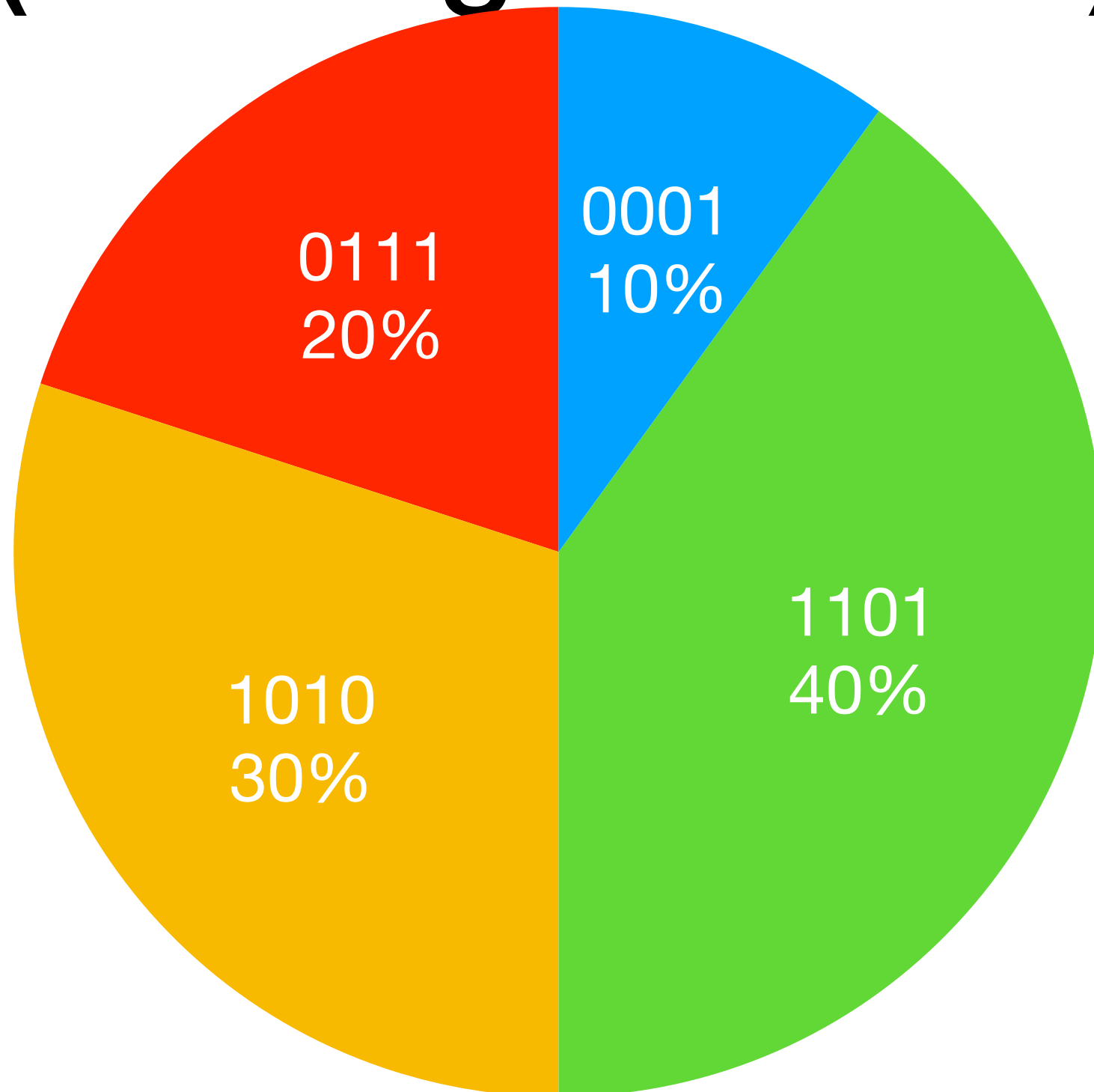
$0001_{(2)}$        $1101_{(2)}$        $1010_{(2)}$        $0111_{(2)}$   
**1**                      **13**                      **10**                      **7**

염색체	적합도	순위	선택될 확률
$0001_{(2)}$	1	4	10%
$1101_{(2)}$	13	1	40%
$1010_{(2)}$	10	2	30%
$0111_{(2)}$	7	3	20%

총합 : 31

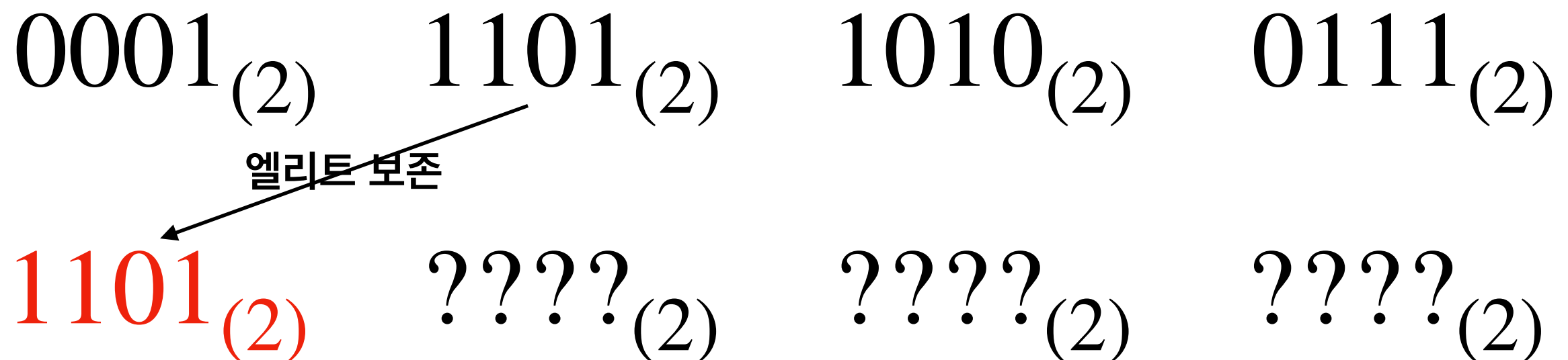
# 랭킹 선택

## (Ranking selection)



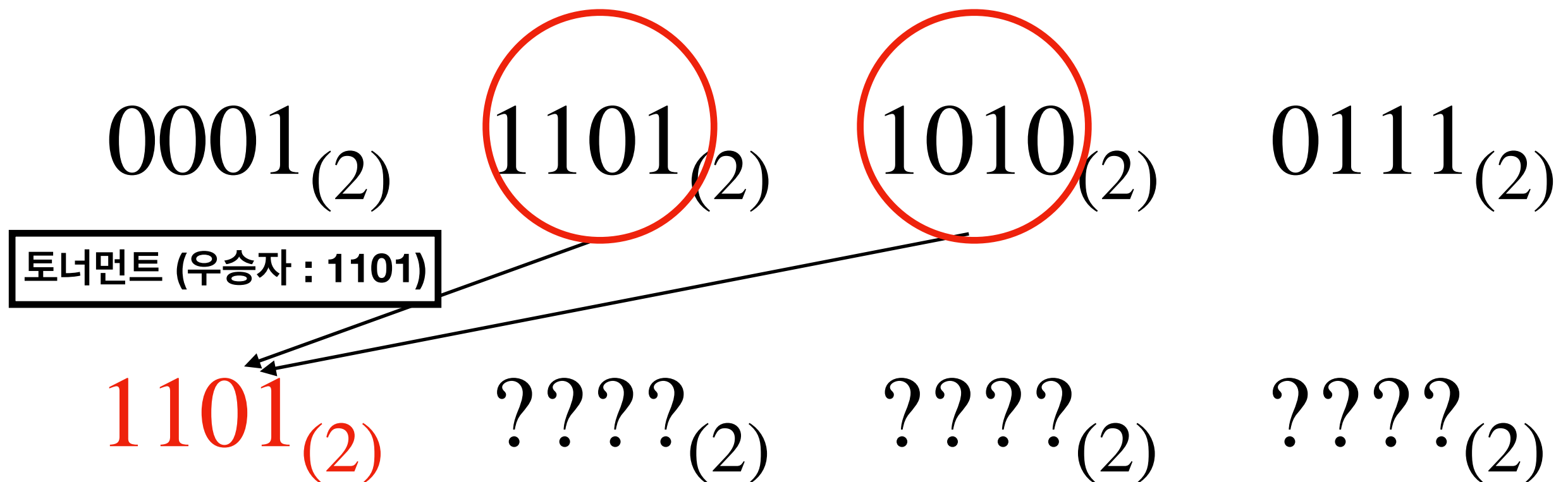
# 엘리트 보존 선택 (Elitist preserving selection)

- 현재 세대에서 적합도가 높은 염색체를 다음 세대에 그대로 전달하는 방법
- 다른 교배 연산에서 부모 염색체보다 적합도가 낮은 자식 염색체가 나오더라도 집단의 수준이 떨어지지 않게 유지가능

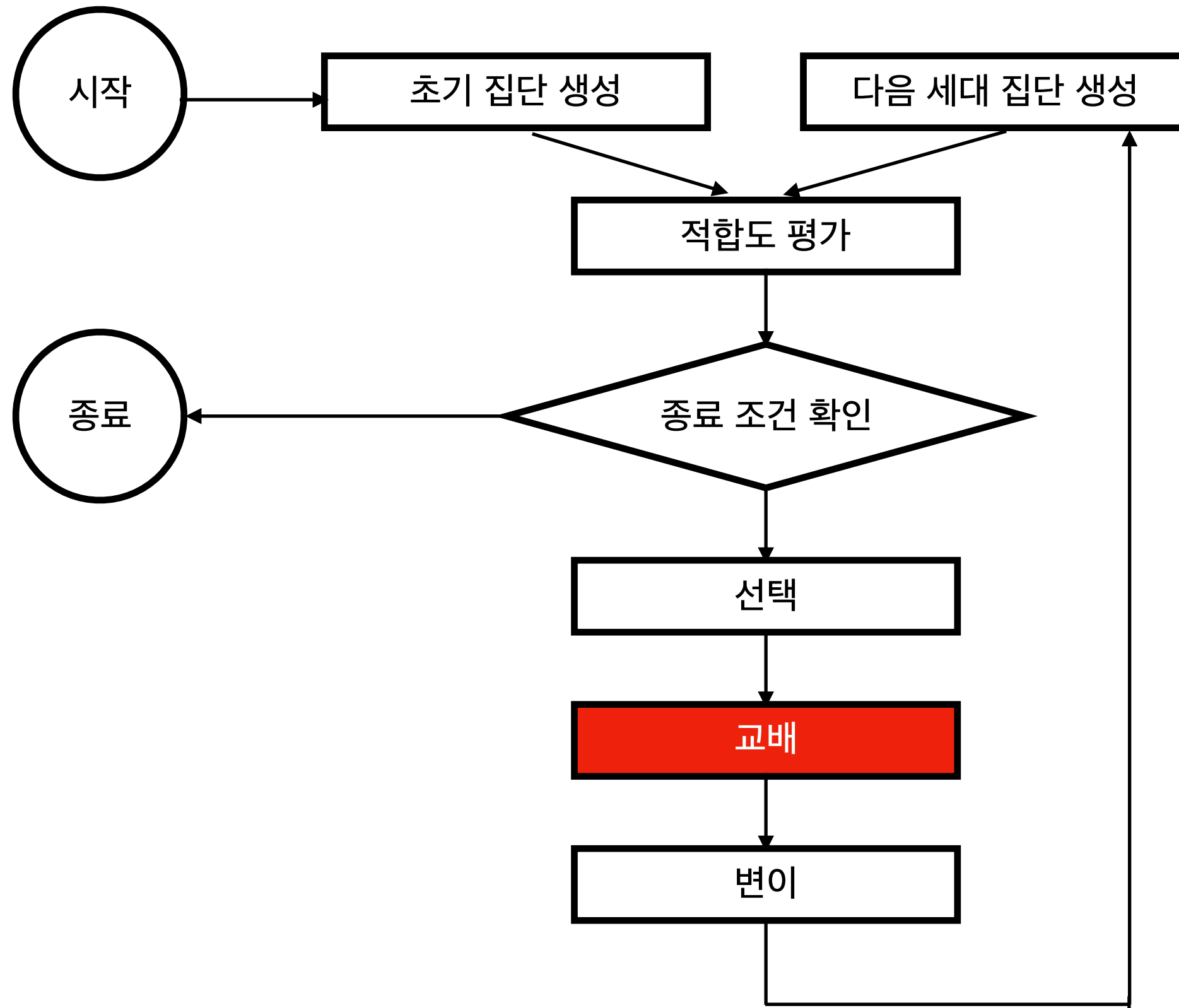


# 토너먼트 선택 (Tournament selection)

- 현재 세대 개체들 중 일부를 무작위로 선택하고, 그 중에서 가장 적합도가 높은 개체를 선택하는 방식



# 유전알고리즘

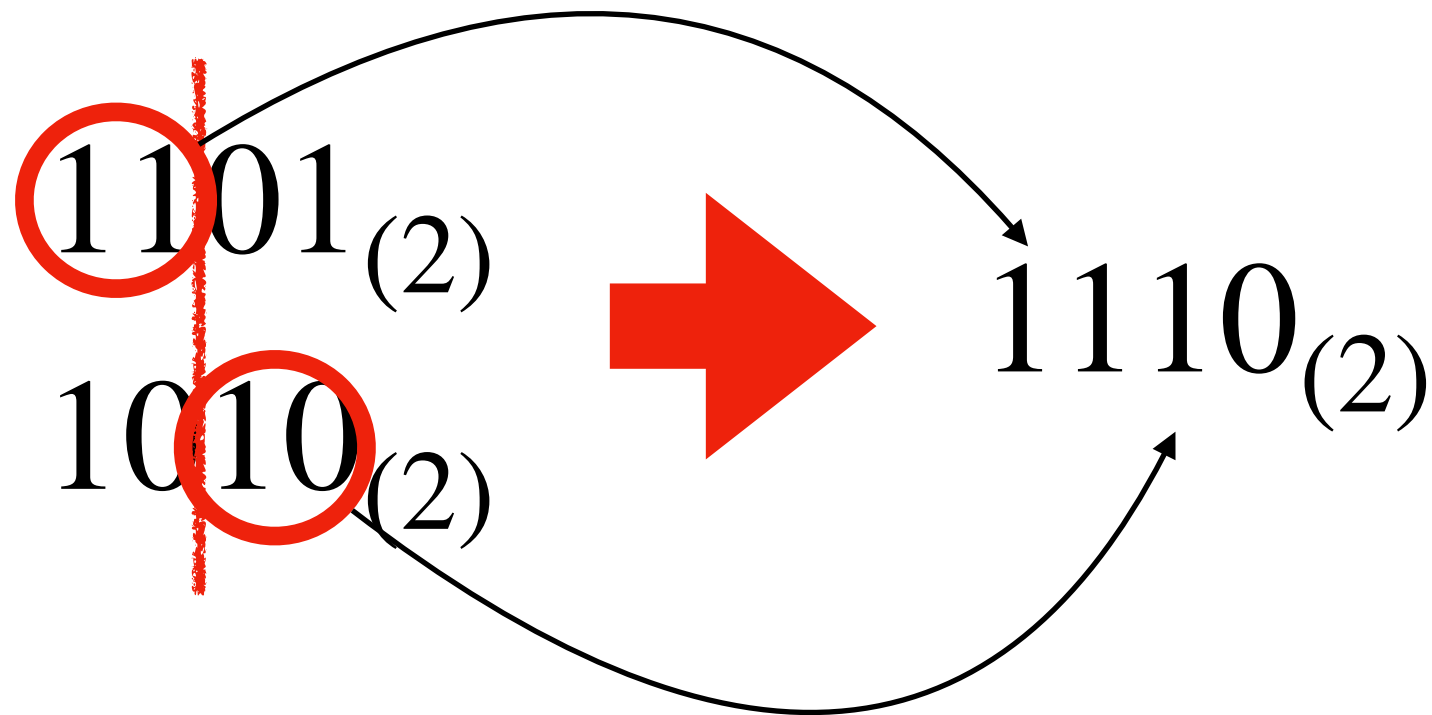


# 교배 연산

- 선택된 두 염색체가 다음 세대 염색체를 생성하는 과정
- 대표적인 교배 연산
  - 일점 교차
  - 다점 교차
  - 균등 교차
  - 산술 교차

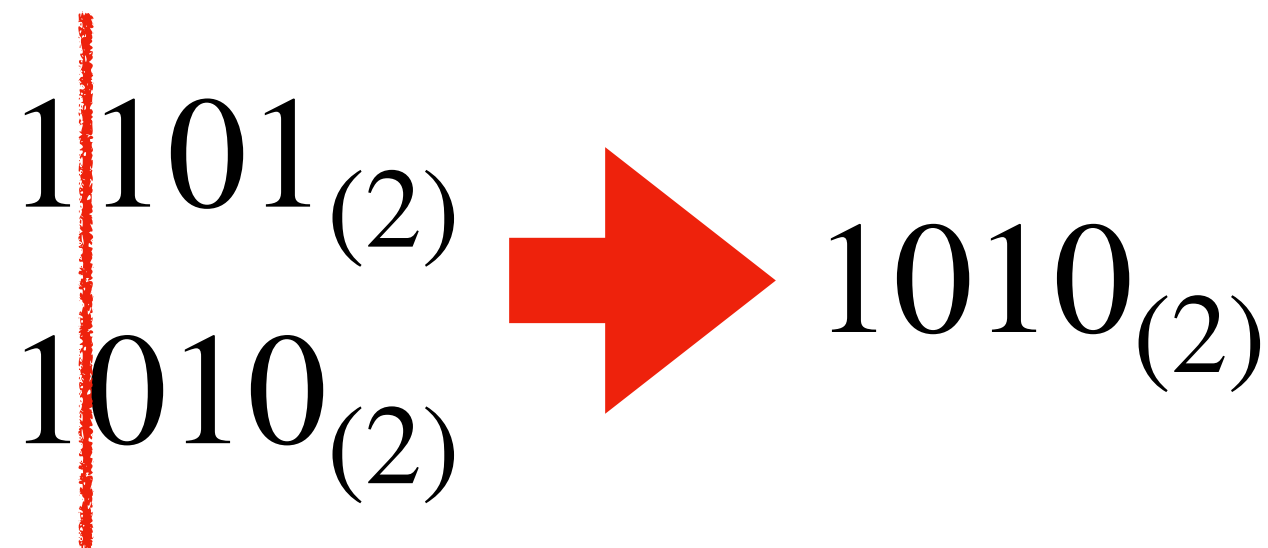
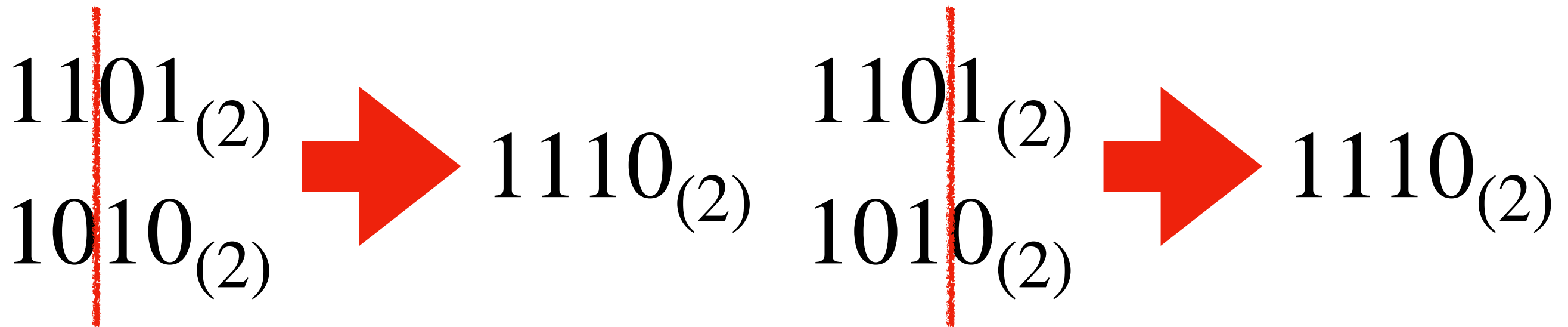
# 일점 교차 (Single-point crossover)

- 염색체 상에서 하나의 교차점을 설정해서, 교차점으로 나뉜 두 구간의 유전자들을 서로 교환하는 방식



# 일점 교차

(Single-point crossover)

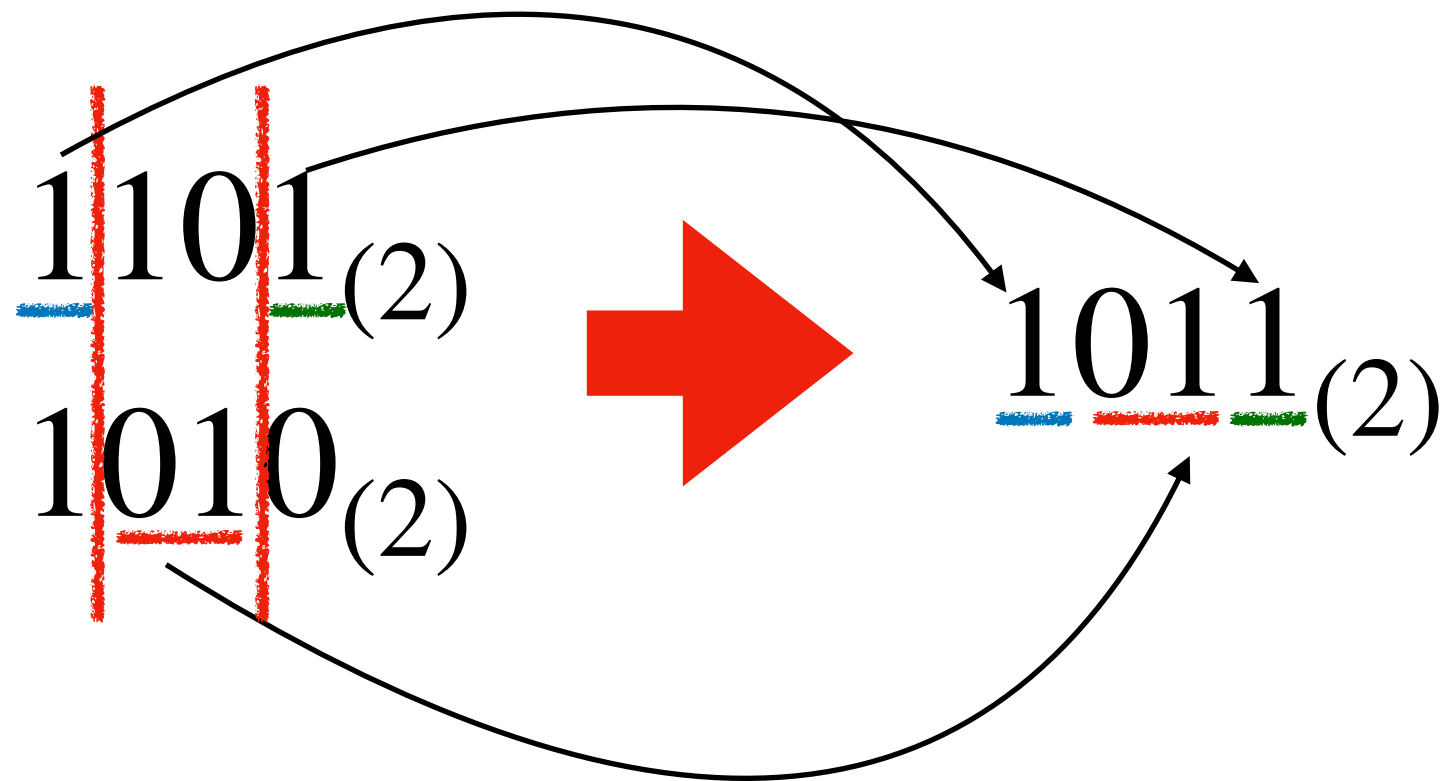


교차점 선택 경우의 수 :  $N(\text{이진수길이}) - 1$  가지



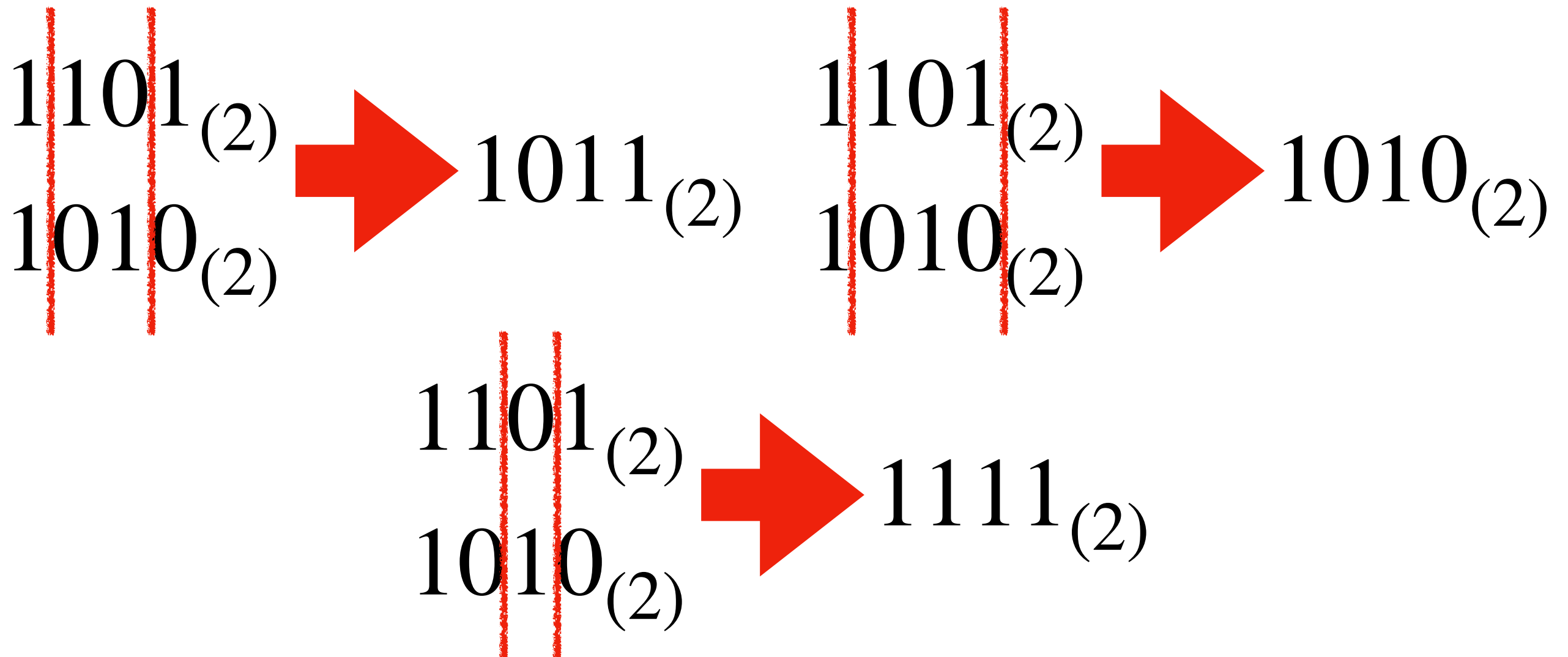
# 다점 교차 (Multi-point crossover)

- 여러 개의 교차점을 설정해서, 교차점으로 생기는 각 구간에 대해 유전자를 서로 교환하는 방식



# 다점 교차

## (Multi-point crossover)



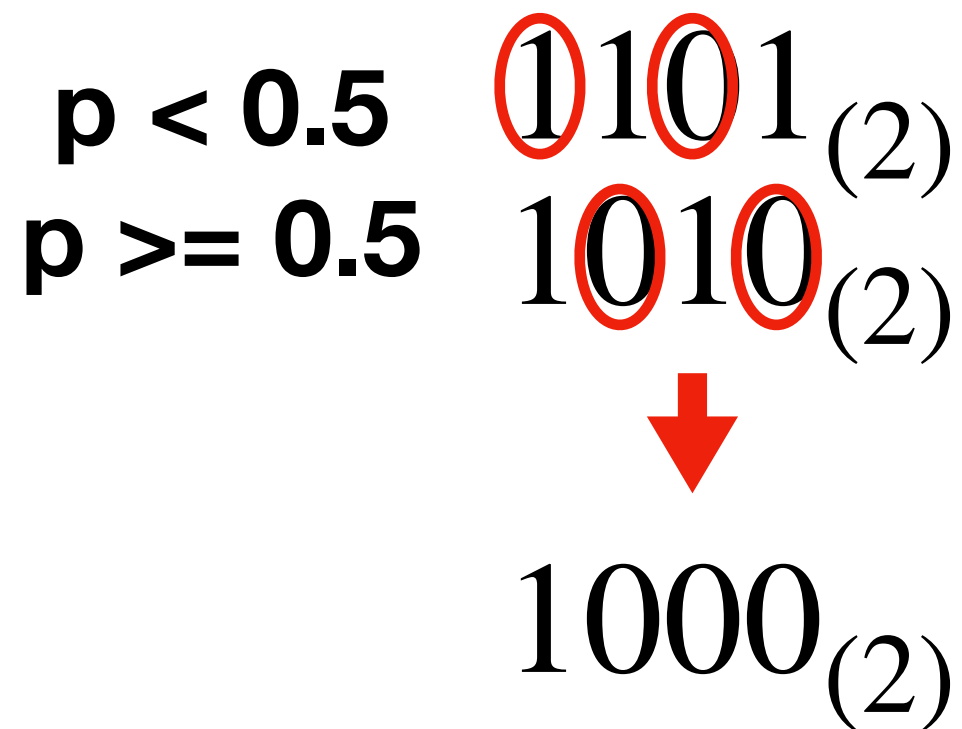
$n$  : 이진수 자리수,  $k$  : 교차선 개수

교차점 선택 경우의 수 :  ${}_nC_k$  가지

# 균등 교차

## (Uniform crossover)

- 교차점을 만들지 않고 각 유전자가 선택될 확률을 만들어서 확률을 기반으로 교차하는 방식
- 일반적인 확률 값은 0.5(50%)



# 산술 교차

## (Arithmetical crossover)

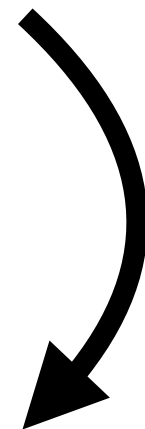
- 산술 연산이 가능한 자료형으로 표현되는 염색체들에 대해서 유전자로 나눠서 조합하지 않고 두 염색체의 평균을 자식 염색체로 만들어내는 방법

1101<sub>(2)</sub> (13)

1010<sub>(2)</sub> (10)



1011<sub>(2)</sub> (11)

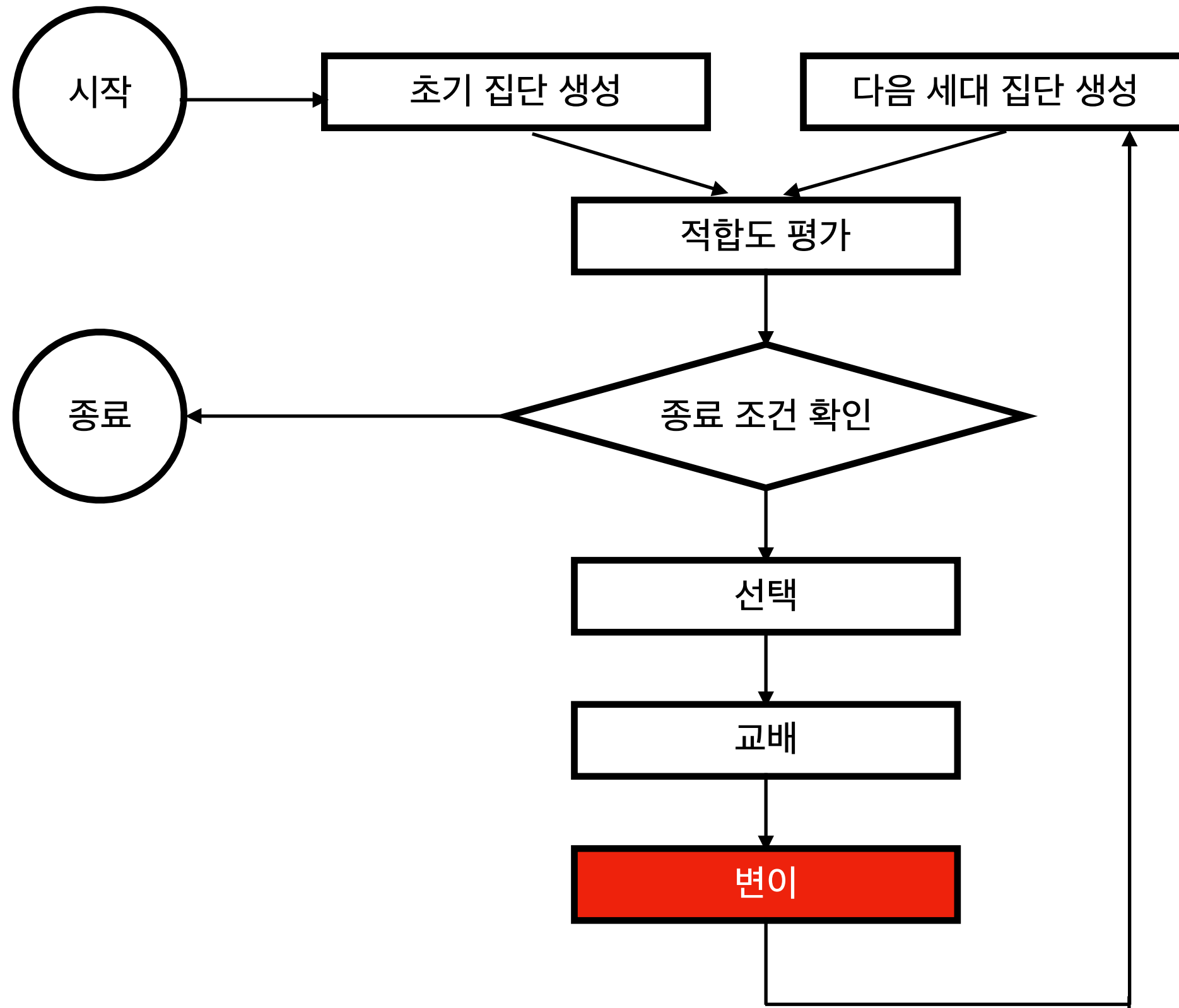


$$(13 + 10) / 2 = 11.5$$

# 그 밖의 교차 연산

- 사이클 교차
- 순서 교차
- 휴리스틱 교차
- PMX
- 간선 재결합 교차
- 다차원 교차
- 내추럴 교차

# 유전알고리즘



# 변이 연산

$0001_{(2)}$

$1001_{(2)}$

$1011_{(2)}$

$0100_{(2)}$

$xx\cancel{xx}_{(2)}$

# 변이 연산

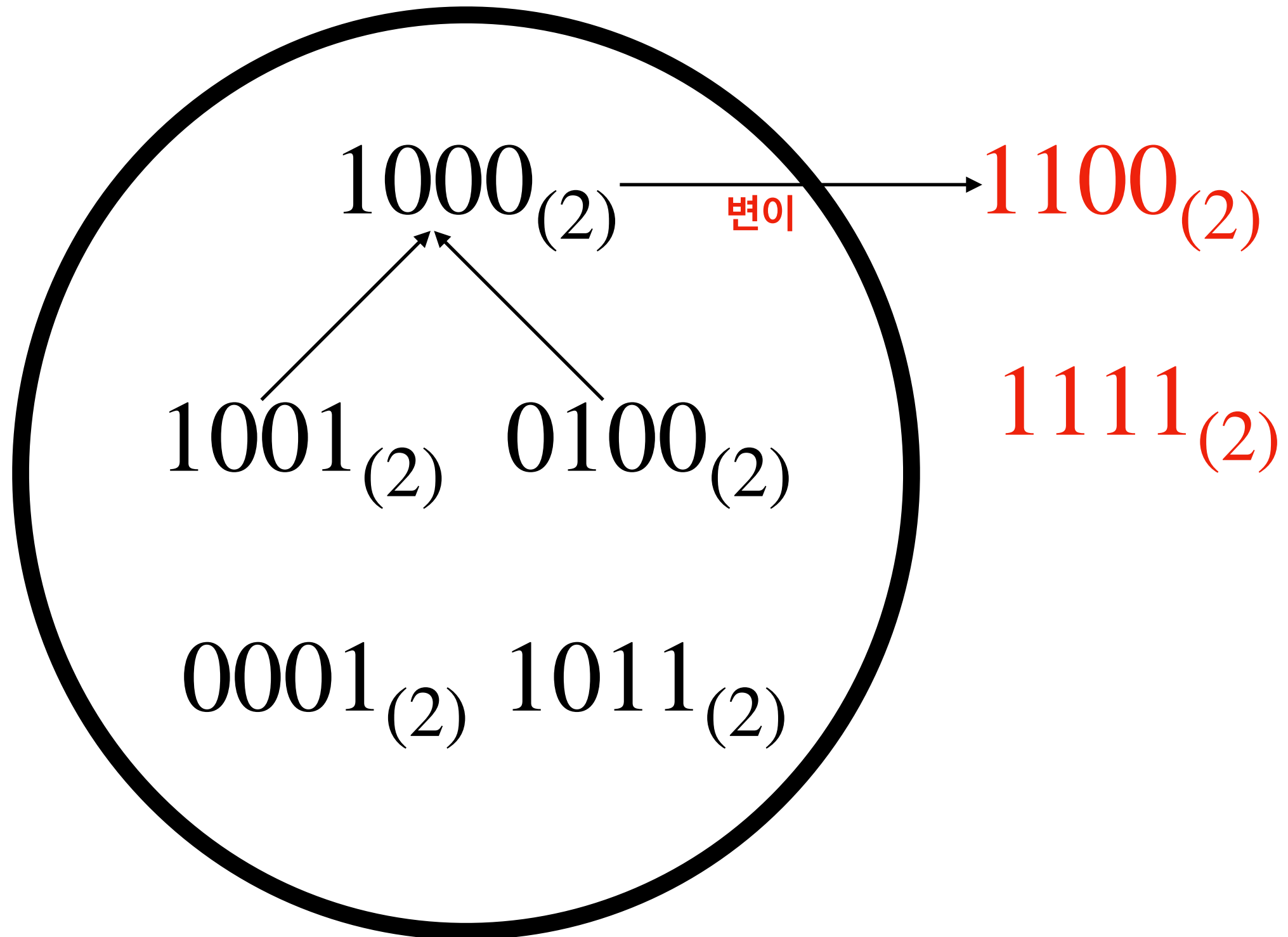
$1001_{(2)}$     $0100_{(2)}$

$0001_{(2)}$     $1011_{(2)}$

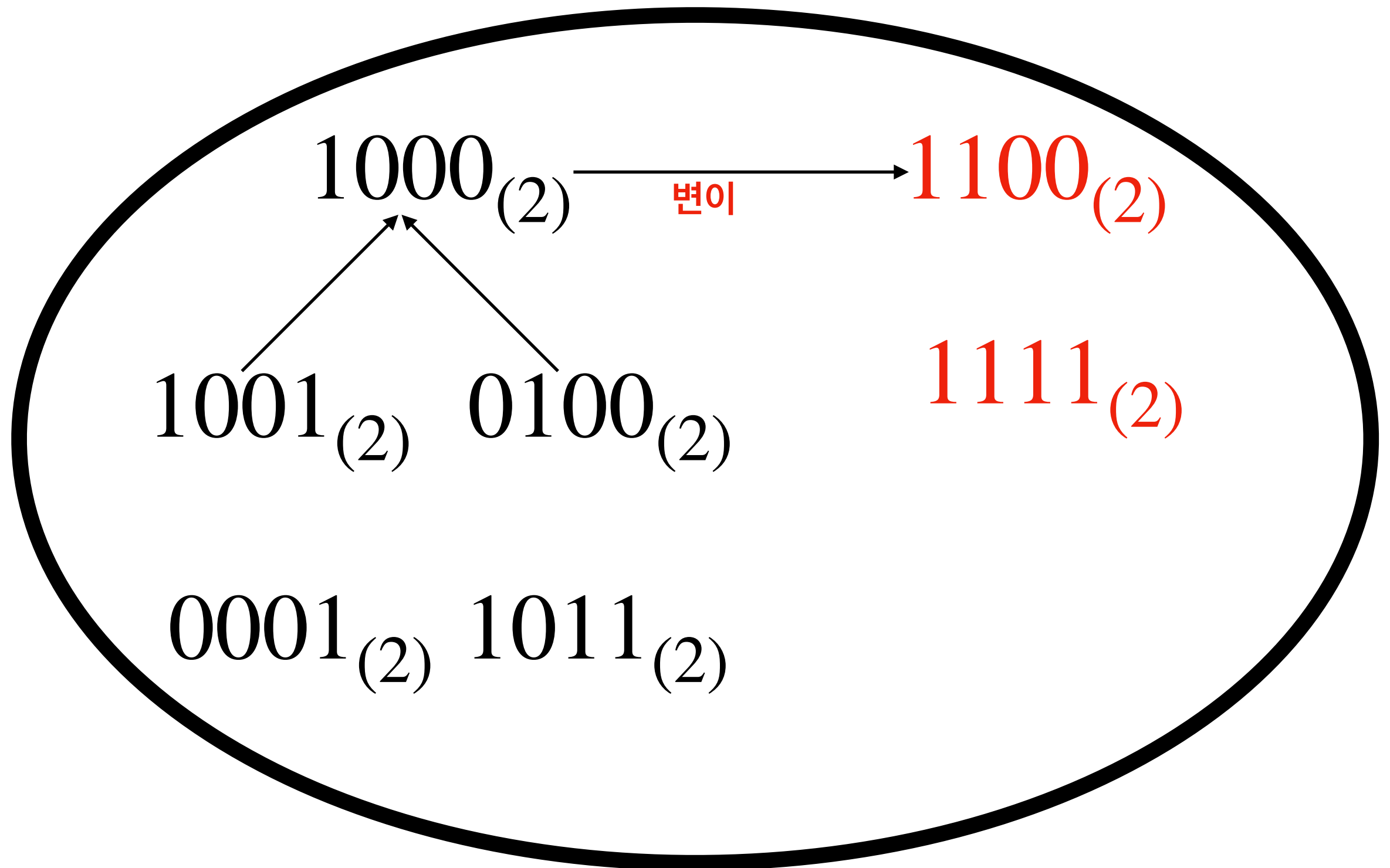
$1111_{(2)}$



# 변이 연산



# 변이 연산

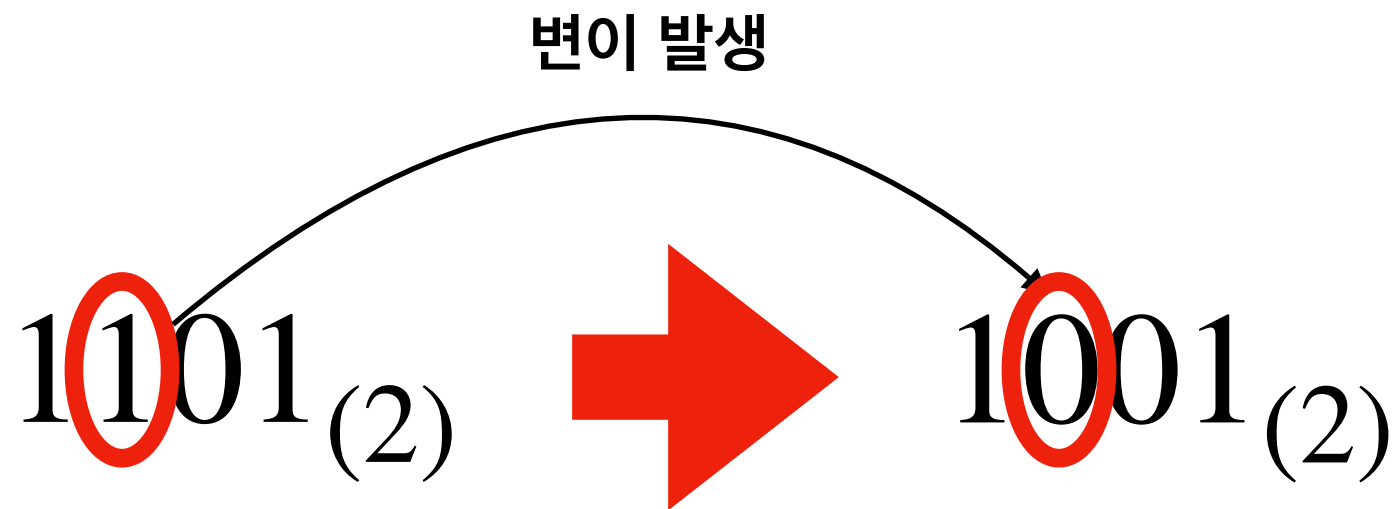


# 변이 연산

- 교차 연산을 통해서 생성된 자식 염색체에 일부 유전자를 변형시키는 연산
- 부모 염색체들의 조합으로는 만들 수 없는 속성이 생겨날 수 있도록 하는 것이 목적
- 대표적인 변이 연산
  - 전형적 변이 (정적 변이)
  - 비균등 변이 (동적 변이)

# 정적 변이

- 염색체의 각 유전자들에 대해서 미리 정해놓은 고정된(변하지 않는) 변이 확률에 따라 변이가 발생하면 해당 유전자의 값을 임의로 변경하는 연산



# 정적 변이

- 정적 변이에서 고정된 확률 임계값은 보통 0.0015(0.15%) 정도로 매우 낮은 확률로 설정
- 대부분의 변이 결과는 부정적이지만 시간이 흐르면서 자연스럽게 도태되어 사라지고, 가끔 발생하는 성공적인 변이는 집단 전체의 품질을 향상시키는 역할을 함

# 변이 확률의 중요성



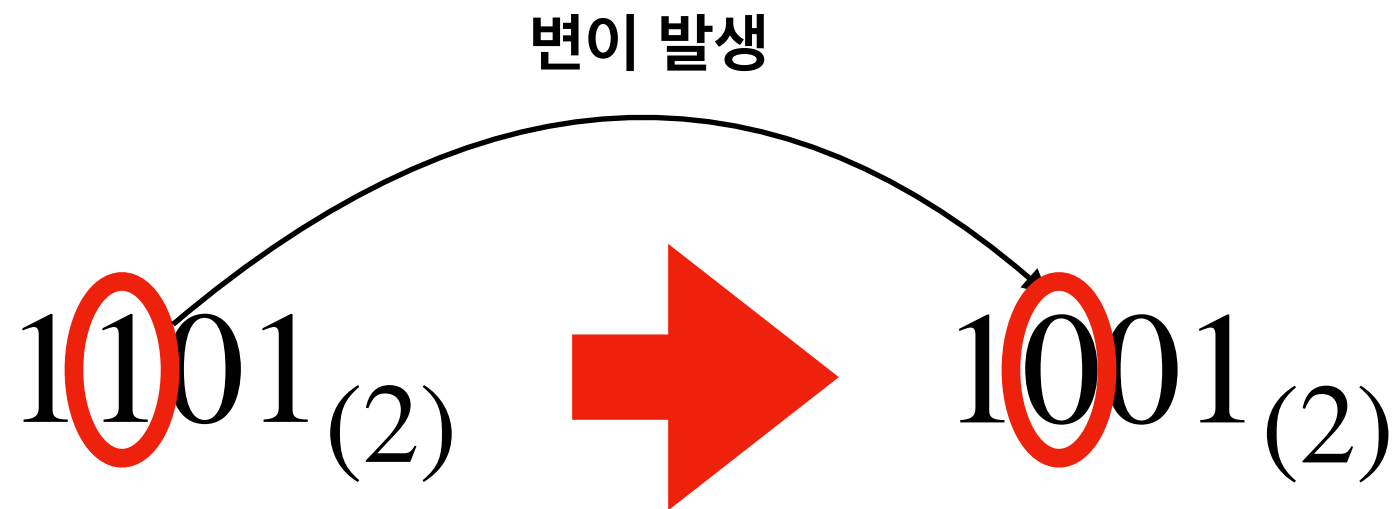
진화 초기에 다양한 속성을 빠르게 접해볼 때 유리



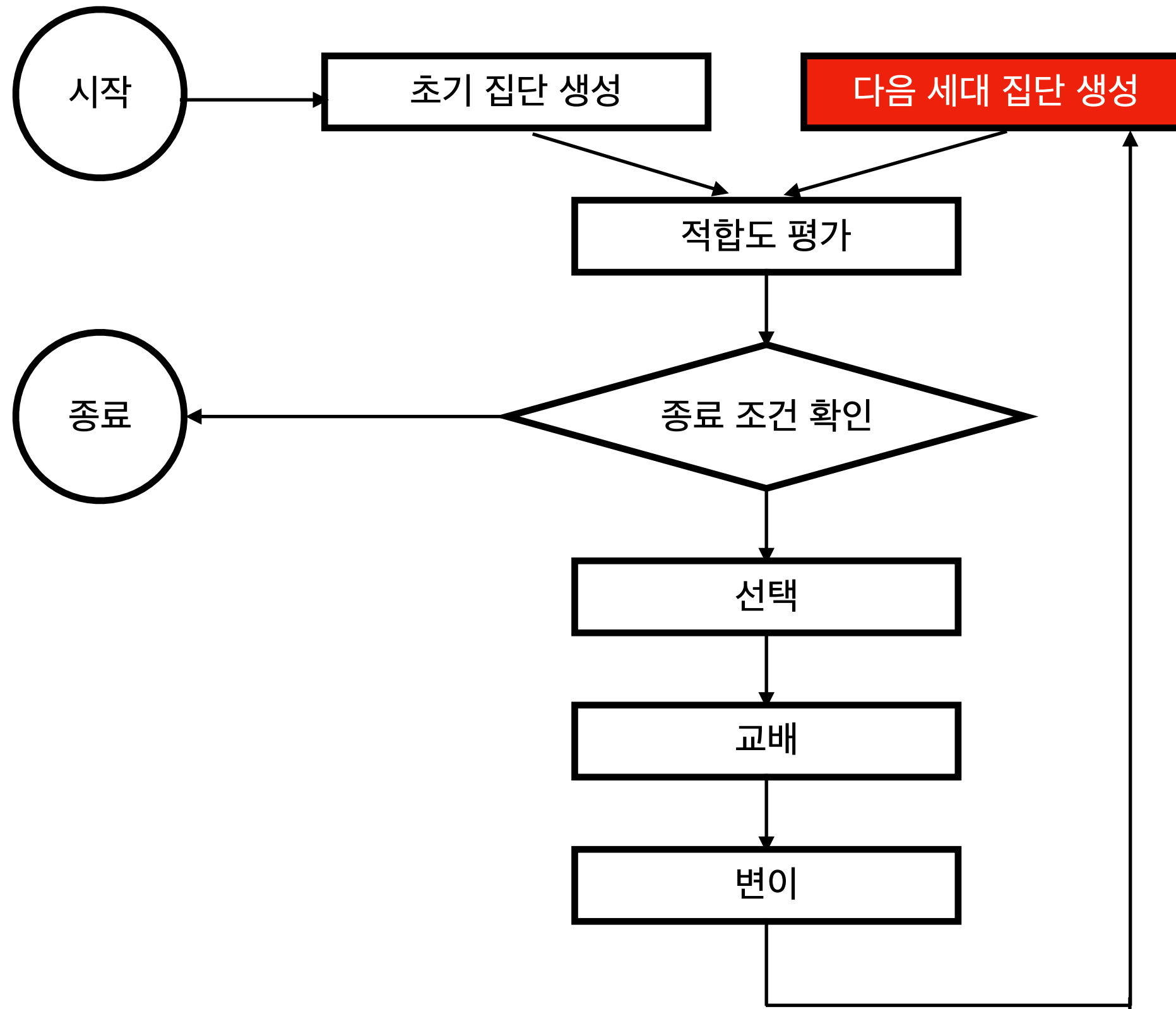
진화 후반에 많은 속성을 확보한 상태에서 빠르게 적응할 때 유리

# 동적 변이

- 많은 세대가 거듭되어 집단이 주어진 환경에 적응한 상태에서는 변이가 많이 일어나면 집단의 품질 향상에 오히려 부정적인 영향을 끼칠 수 있음
- 품질이 좋지 않은 초기 세대에는 변이 확률을 높이고, 후반에는 변이 확률을 감소시키는 방법 사용

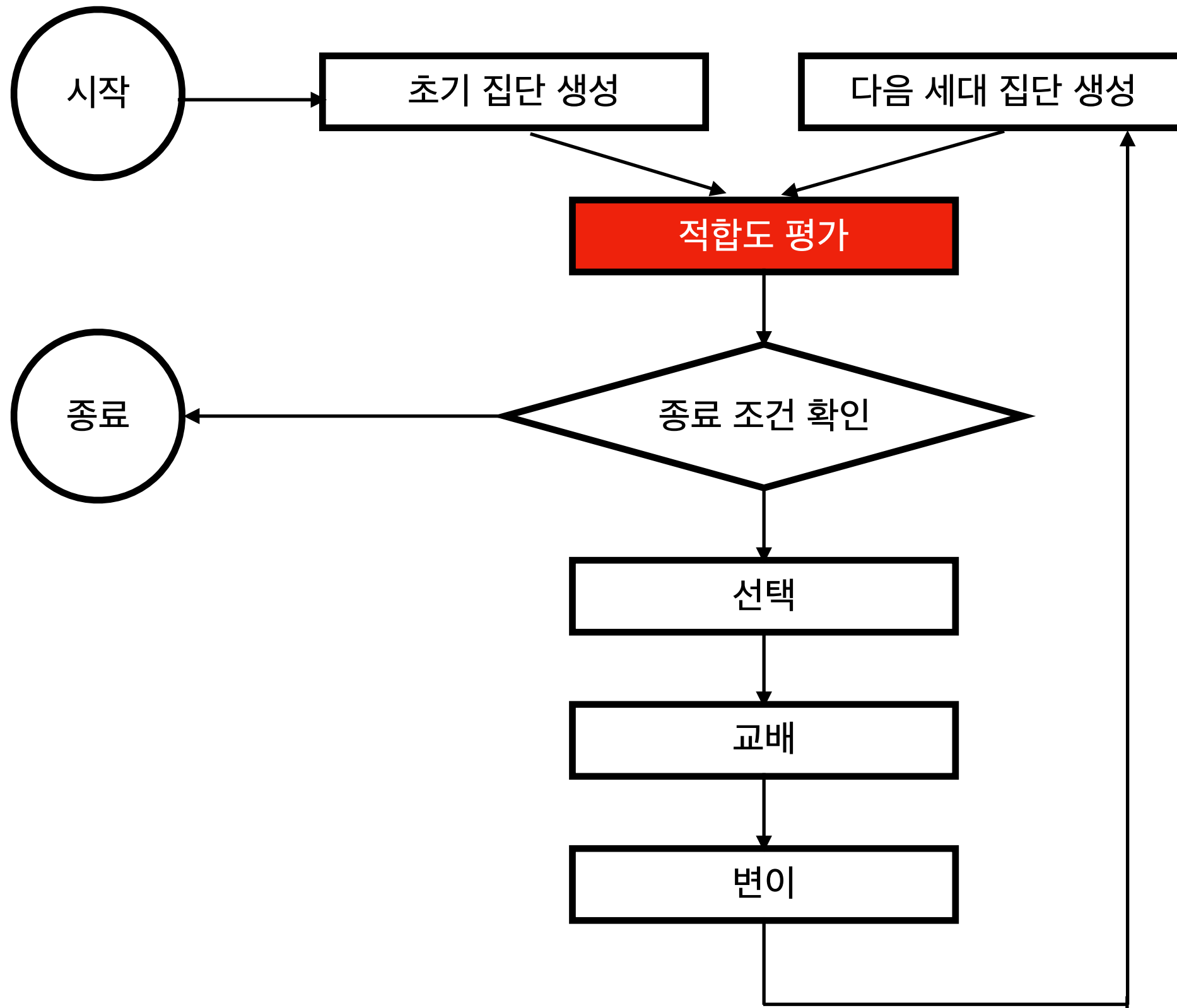


# 유전알고리즘

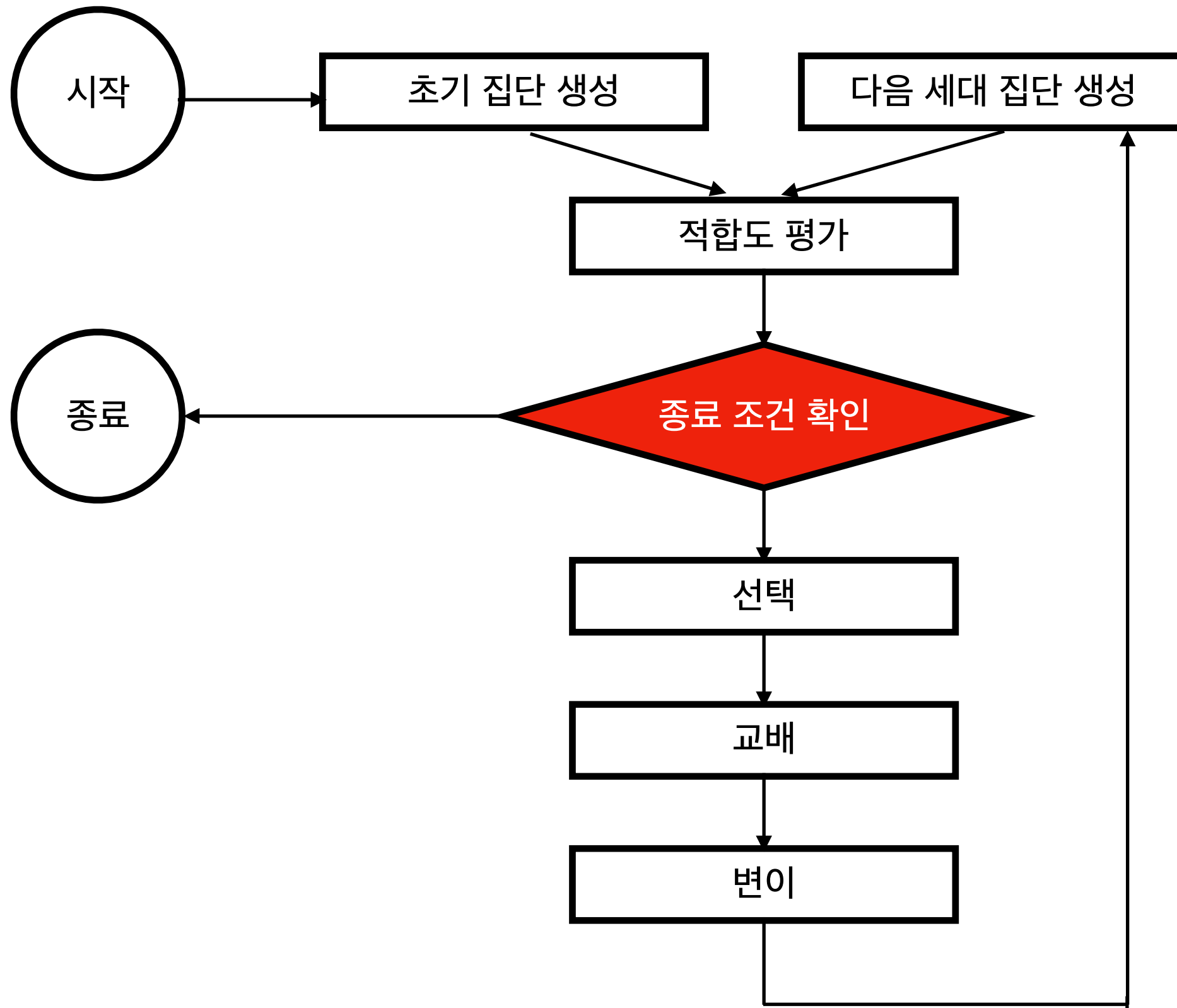




# 유전알고리즘



# 유전알고리즘



# 종료 조건

- 자연계의 진화에는 끝이 없기때문에 진화의 끝을 결정할 조건이 필요
- 대표적인 종료 조건
  - 적합도의 값 : 미리 정해둔 목표 적합도에 도달했을 때
  - 현재 세대 : 미리 정해둔 세대에 도달했을 때
  - 적합도의 변화 : 일정 세대 동안 적합도의 변화가 없을 때