2020/01/17 2020보안 기초 세미나

Network Security Essential

- Chapter 2 대칭 암호와 메시지 기밀성(2) -

발표자: 박 재 형(jaehyoung@pel.smuc.ac.kr)

상명대학교 프로토콜공학연구실

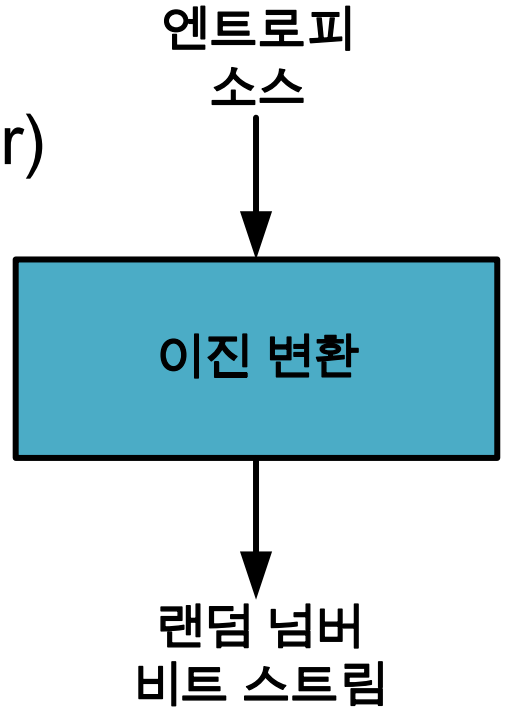
목차

랜덤 넘버와 의사 랜덤 넘버

- 랜덤 넘버 (Random Number)
  - 정의
    - 비트 크기 같은 범위 내에서 무작위로 추출된 수
  - 특징
    - 무작위성 (Randomness)
      - 수열이 어느 한 쪽으로 치우치지 않고 무작위로 분포 되어야 함
      - 균등 분포 (Uniform distribution)
        - 비트열에 나타나는 0과 1이 나타나는 빈도가 비슷해야 함
      - 독립성 (Independence)
        - 수열에서 추출한 부분 수열이 다른 수열로부터 추측할 수 없어야 함
    - 예측불가능성
      - 수열의 일부를 보고 이어지는 수를 예측할 수 없어야 함

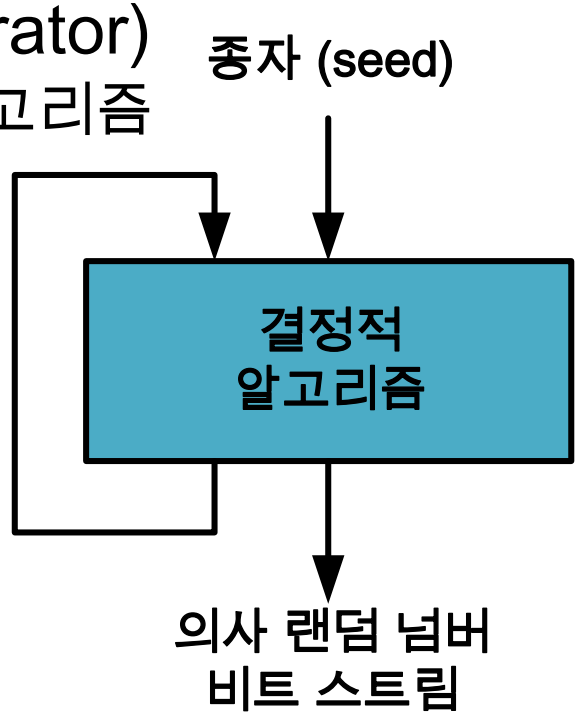
랜덤 넘버와 의사 랜덤 넘버

- 랜덤 넘버 (Random Number)
  - 진성 랜덤 넘버 (True Random Number)
    - 입력 값이 실제로 랜덤한 정보
    - 엔트로피 소스 (Entropy source)
      - 컴퓨터에서 물리적으로 얻을 수 있는 랜덤 정보
      - e.g., 키 입력 타이밍 패턴, 마우스 움직임 등
    - TRNG (True Random Number Generator)
      - 입력으로 엔트로피 소스를 사용하여 랜덤한 바이너리를 출력 함



랜덤 넘버와 의사 랜덤 넘버

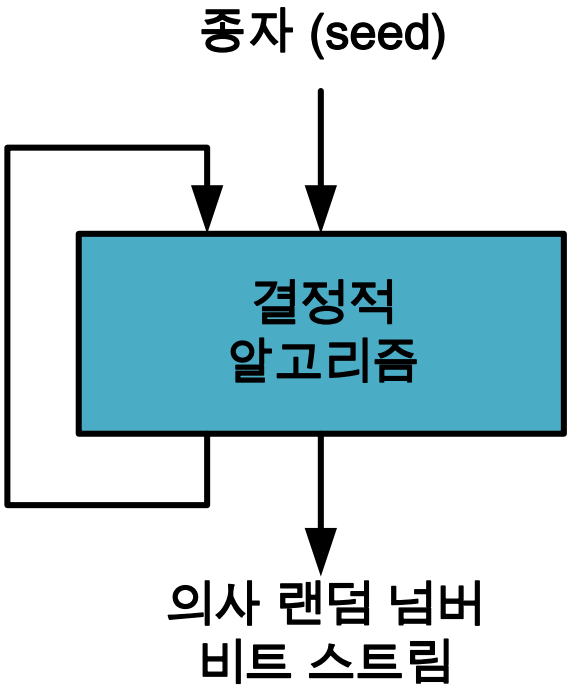
- 랜덤 넘버 (Random Number)
  - 의사 랜덤 넘버 (Pseudo Random Number)
    - 알고리즘 기법에 기초하여 생성되고 무작위성 테스트를 통과 할 수 있는 수열
      - 완전한 난수는 아님
    - PRNG (Pseudo Random Number Generator)
      - 무한 비트열을 생성 하기 위해 사용 되는 알고리즘
      - 종자 (Seed)는 고정된 값
        - 입력 받은 값
      - 종자 값에 따라 난수 결정
      - 결정적 알고리즘 사용
        - 종자 값이 같으면 출력 값이 같은 알고리즘
        - e.g.,중앙 제곱법



랜덤 넘버와 의사 랜덤 넘버

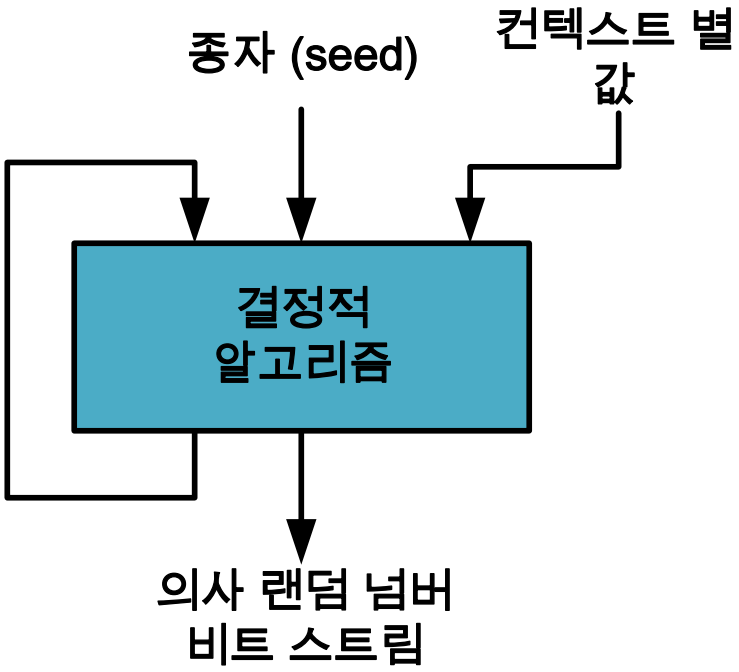
- PRNG
  - 중앙 제곱법

Seed	제곱	난수
1234	1522756	5227
5227	27321529	3215
3215	10336225	3362



랜덤 넘버와 의사 랜덤 넘버

- 랜덤 넘버 (Random Number)
  - 의사 랜덤 넘버 (Pseudo Random Number)
    - PRF (Pseudo Random Function)
      - 공정 길이 의사 랜덤 비트열을 생성 하는데 사용되는 함수
      - 컨텍스트별 값은 상황에 따른 입력 값
        - 사용자 ID, 응용프로그램 ID
      - 생성되는 비트열만 다를 뿐 PRNG와 차이점이 없음

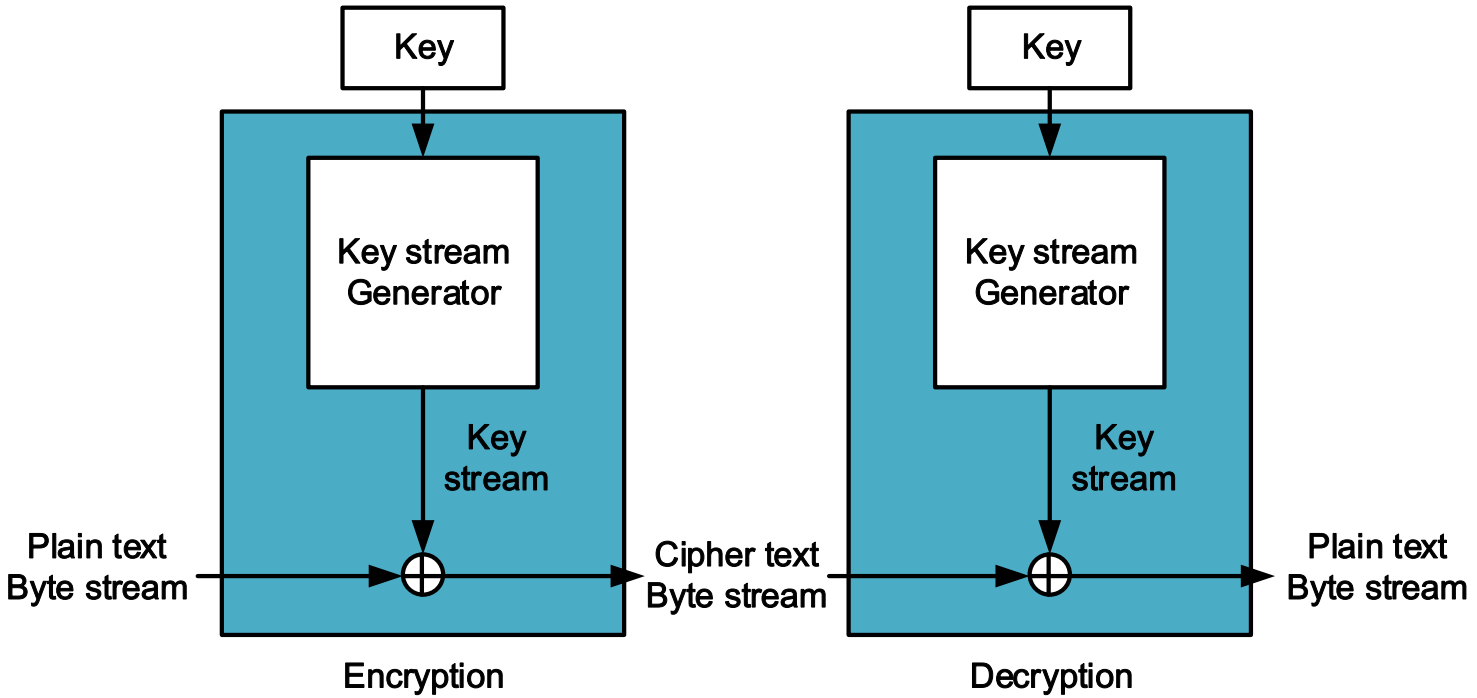


스트림 암호

- 스트림 암호 (Stream cipher)
  - 정의
    - 비트나 바이트 단위로 입력되는 요소를 연속적으로 처리하는 대칭키 암호 알고리즘
  - 특징
    - 키스트림 생성기 사용
    - 최소한의 전수 조사 공격을 대응하기위해128 bits 이상의 키 길이를 가져야 함
    - 평문과 키스트림에서 출력된 값을 XOR하여 암호문을 얻음

스트림 암호

- 스트림 암호 (Stream cipher)
  - 스트림 암호의 구조
    - PRNG의 출력 값인 키스트림과 평문을 XOR연산하여 암호문을 만들어냄
    - 키는 공유된 키(대칭 암호)



스트림 암호

- 스트림 암호 (Stream cipher)
  - e.g.,

11001100	평문		10100000	암호문	
⊕ 01101100	키 스트림		⊕ 01101100	키 스트림	
10100000	암호문		11001100	평문	

스트림 암호

- 스트림 암호 (Stream cipher)
  - 스트림 암호 설계시 주의 할 점
    - 키스트림 주기가 커야 함
      - PRNG는 결국에는 반복적으로 나타나는 비트스트림을 만들어 냄
      - 최소한 128 bits의 키를 입력 받아 해독이 어렵도록 해야 함
    - 키스트림은 가능하면 진성랜덤 스트림의 특성에 근사
      - 0과 1의 개수가 거의 동일해야 함(균등 분포)
    - 입력 키의 길이가 충분히 길어야 함
      - 입력되는 키의 값이 전수공격을 차단해야 함(최소 128 bits)

스트림 암호

- 스트림 암호 (Stream cipher)
  - 스트림 암호의 장점
    - 패딩이 필요하지 않음
    - 블록 암호보다 속도가 빠르고 적은 양의 코드 사용
    - 실시간 사용 가능
    - 동일한 크기의 키를 사용하는 블록 암호만큼 안전
  - 스트림 암호의 단점
    - 서로 다른 평문을 동일한 키스트림으로 암호화 할 때 암호 해독이 단순해짐
    - 키스트림이 노출되면 모든 암호문은 공격자에게 노출 됨

스트림 암호

- 스트림 암호 (Stream cipher)
  - 두개의 평문을 같은 키로 암호화 한다면 암호해독이 단순해지는 경우가 간혹 생김
  - 두개의 암호문을 XOR시키면 원래 평문과의 XOR값
    - e.g., 평문1:10110111 암호문1:11011011
      평문2:11001100 암호문2:10100000

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ \oplus\ 11001100 \\ \hline 01111011 \end{array}$$

< 평문 XOR >

$$\begin{array}{r} 11011011 \\ \oplus\ 10100000 \\ \hline 01111011 \end{array}$$

< 암호문 XOR >

    - 키스트림:01111011

스트림 암호

- 블록 암호와 스트림 암호의 실행 속도 비교

암호 알고리즘	키 길이(bits)	속도(Mbps)	암호 종류
DES	56	9	블록 암호
3DES	168	3	
RC2	다양한 길이	0.9	
RC4	다양한 길이	45	스트림 암호

RC4 알고리즘

- RC4
  - 개요
    - 미국의 암호학자인 로널드 로린 라이베스(Ronald Lorin Rivest)가 스트림암호인 RC4를 만듬
  - 특징
    - 스트림 암호의 종류중 하나
    - 바이트 단위로 작동됨, 다양한 크기의 키 사용
      - 1~256 byte
    - 랜덤 치환 방식을 기반으로 함
    - 하나의 바이트를 출력하기 위해 8에서 16번의 연산이 필요
      - 소프트웨어 상에서 매우 빠르게 동작 함

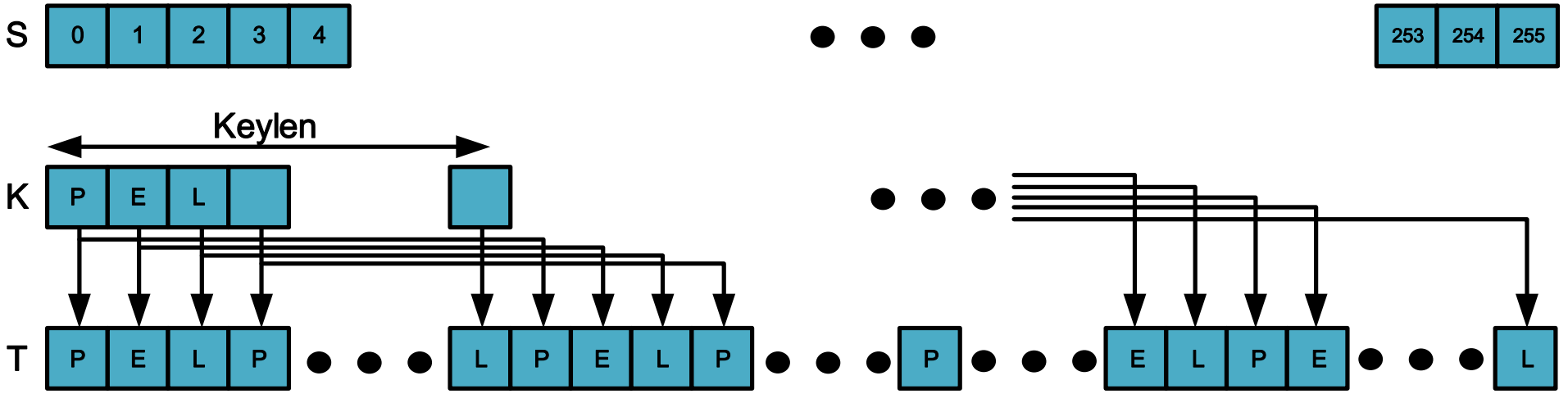
RC4 알고리즘

- RC4
  - 동작 과정
    1. 벡터 S의 초기화
    2. 벡터S의 초기치환
    3. 스트림 생성

RC4 알고리즘

- 벡터 S의 초기화
  - 키를 입력으로 받아 키 배열을 생성하고 S의 값을 0~255까지 오름차순으로 초기화

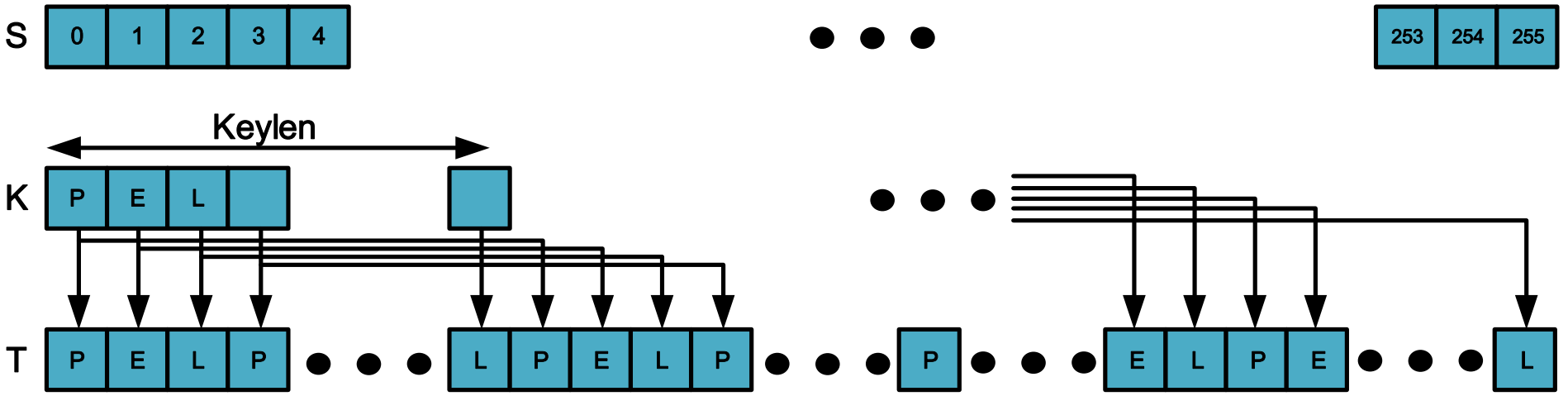
```
for i = 0 to 255 do
S[ i ] = i;
T[ i ] = K[ i mod keylen ];
```



RC4 알고리즘

- 벡터 S의 초기화
  - 임시 벡터 T 생성
    - 키 길이가 256바이트인 경우
      - 키를 그대로 임시벡터 T에 저장
    - 키 길이가 256바이트 미만인 경우
      - 키 길이만큼 T에 저장, T가 채워질 때까지 키를 반복 복사

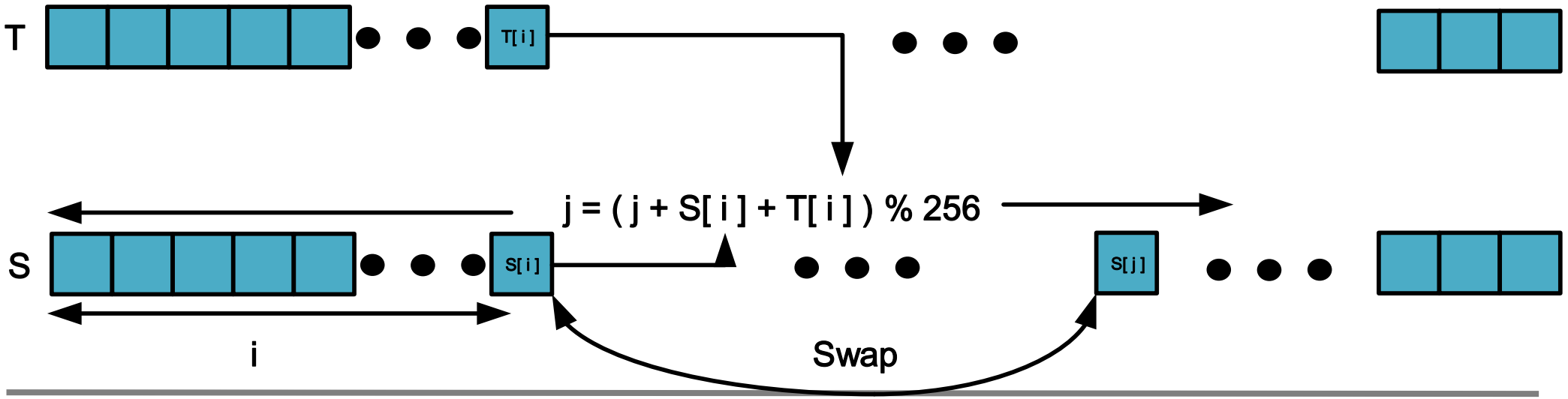
```
for i = 0 to 255 do
S[ i ] = i;
T[ i ] = K[ i mod keylen ];
```



RC4 알고리즘

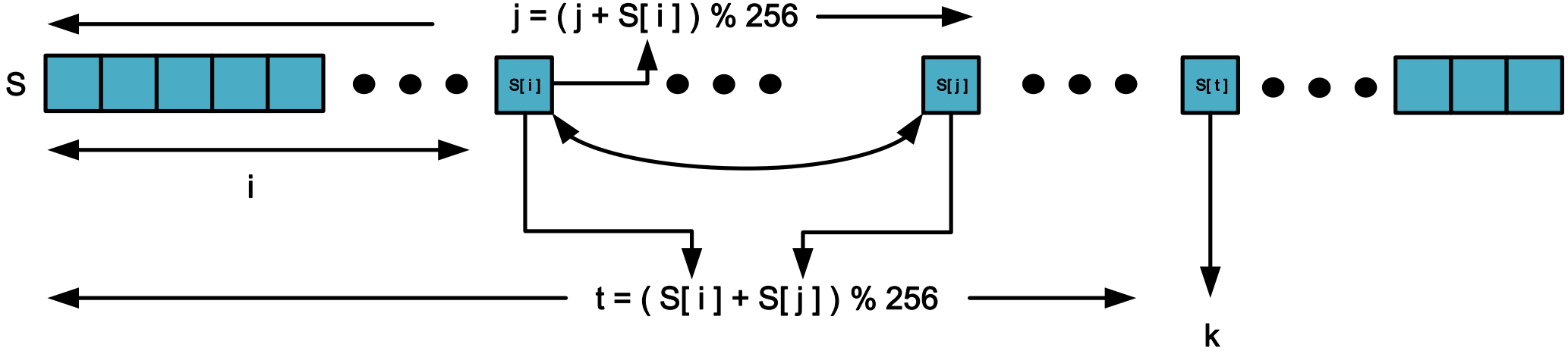
- 벡터S의 초기 치환
  - 벡터 T와 S[i]를 이용하여 치환할 인덱스 j를 계산
  - 벡터 S의 값을 섞어주기 위해 S[i]와 S[j]의 위치 교환

```
j = 0;
for i = 0 to 255 do
  j = ( j + S[ i ] + T[ i ] ) mod 256;
  Swap( S[ i ], S[ j ] );
```



RC4 알고리즘

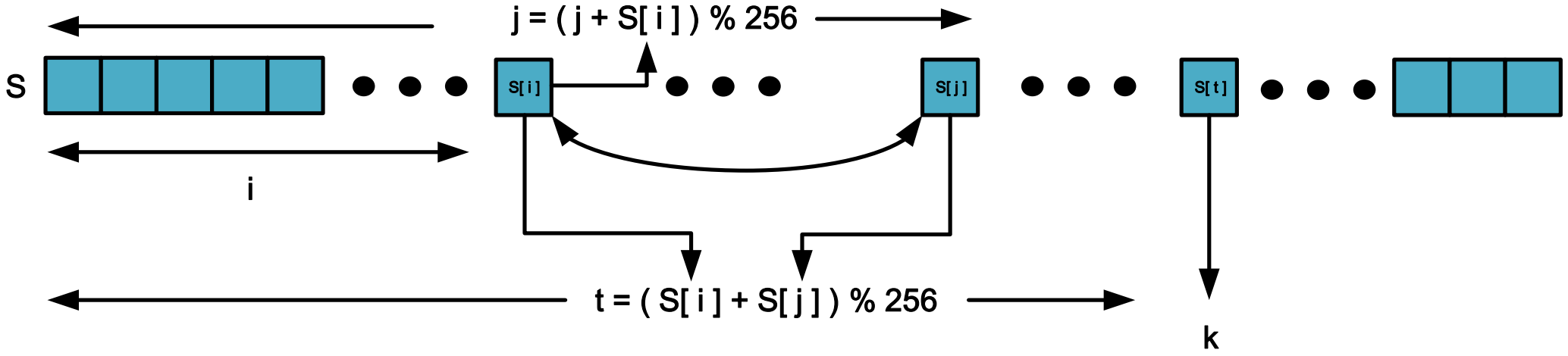
- 키 스트림 생성
  - 각 S [i]는 현재 상태 값에 따라 값이 교환 됨
  - S [i] 와 S [j] 를 이용하여 인덱스 t를 계산
  - S [t] 에 있는 값을 키 스트림으로 생성
  - S [255] 까지 도달하면 S [0] 에서 처음부터 과정 반복



RC4 알고리즘

- 키 스트림 생성

```
i, j = 0;
While (true)
  i = ( i  + 1 ) mod 256;
  j = ( j + S[ i ] ) mod 256;
    Swap ( S[ i ], S[ j ] );
    t = ( S[ i ] + S[ j ] ) mod 256;
    k = S[ t ];
    i ++;
```



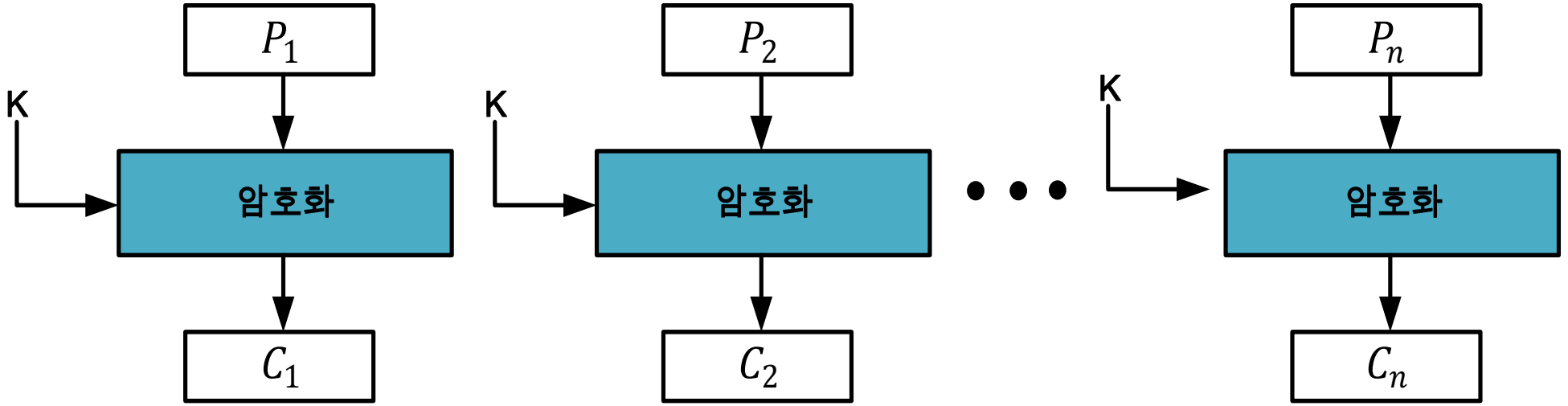
블록 암호 운용 모드

- 블록 암호 운용 모드
  - 하나의 키를 사용하여 블록 암호를 반복적으로 이용하는 암호화 방식
  - 길이가 가변적인 데이터를 암호화 하는 방법

  - NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 5가지 운용 모드를 정의
    - 전자 코드북 (ECB, Electronic Bodebook) 모드
    - 암호 블록 체인 (CBC, Cipher Block Chaining) 모드
    - 암호 피드백 (CFB, Cipher Feedback) 모드
    - 출력 피드백 (OFB, Output Feedback) 모드
    - 카운터 (CTR, Counter) 모드

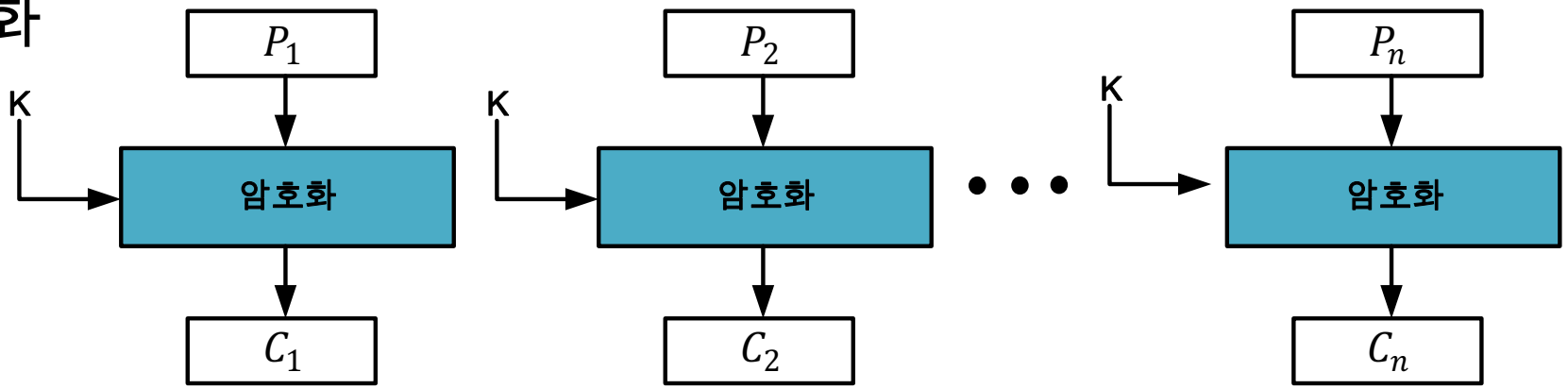
블록 암호 운용 모드

- 전자 코드북 (ECB, Electronic Codebook) 모드
  - 평문을 일정한 블록으로 나누어 동일한 키로 암호화 하는 방식

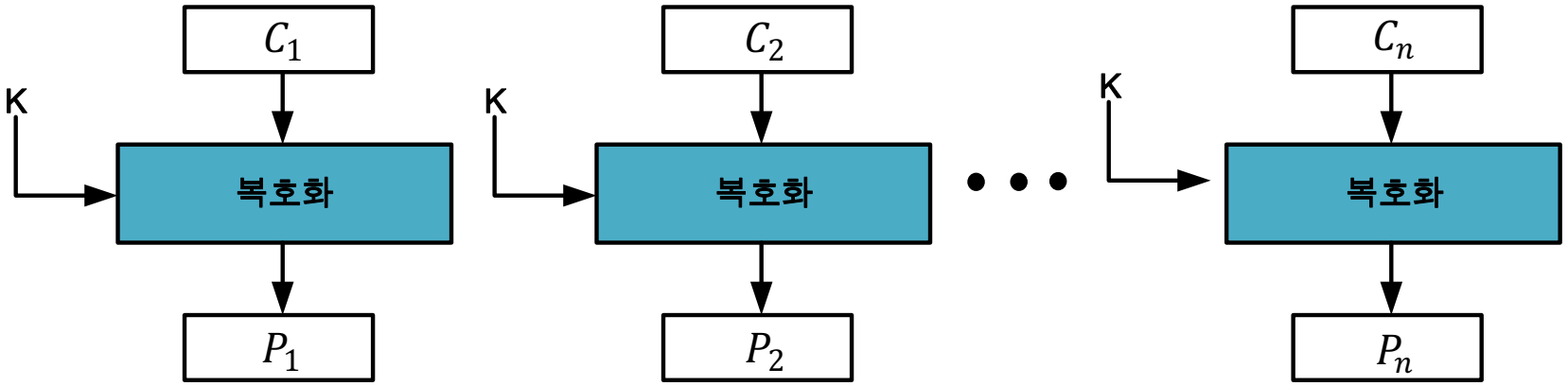


블록 암호 운용 모드

- ECB
  - 구조
    - 암호화



    - 복호화

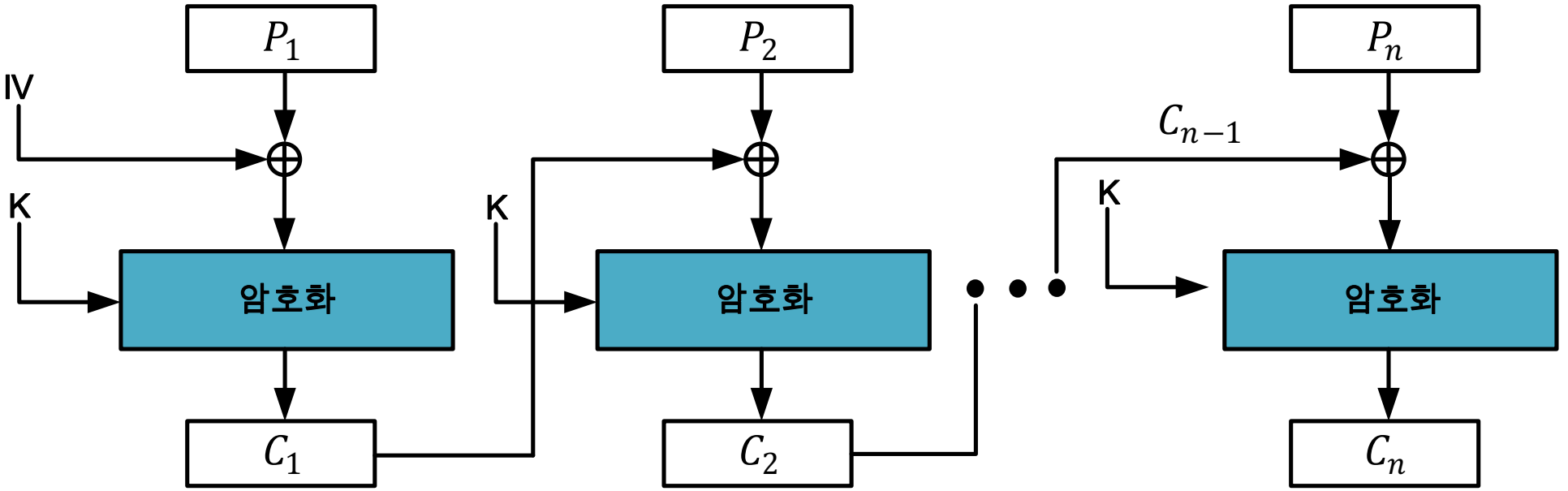


블록 암호 운용 모드

- ECB
  - 장점
    - 암/복호화 처리 속도가 빠름
    - 병렬 처리 가능
    - 오류가 확산되지 않음
  - 단점
    - 패딩이 필요함
    - 평문의 반복 패턴이 드러남
      - 패턴 공격에 취약

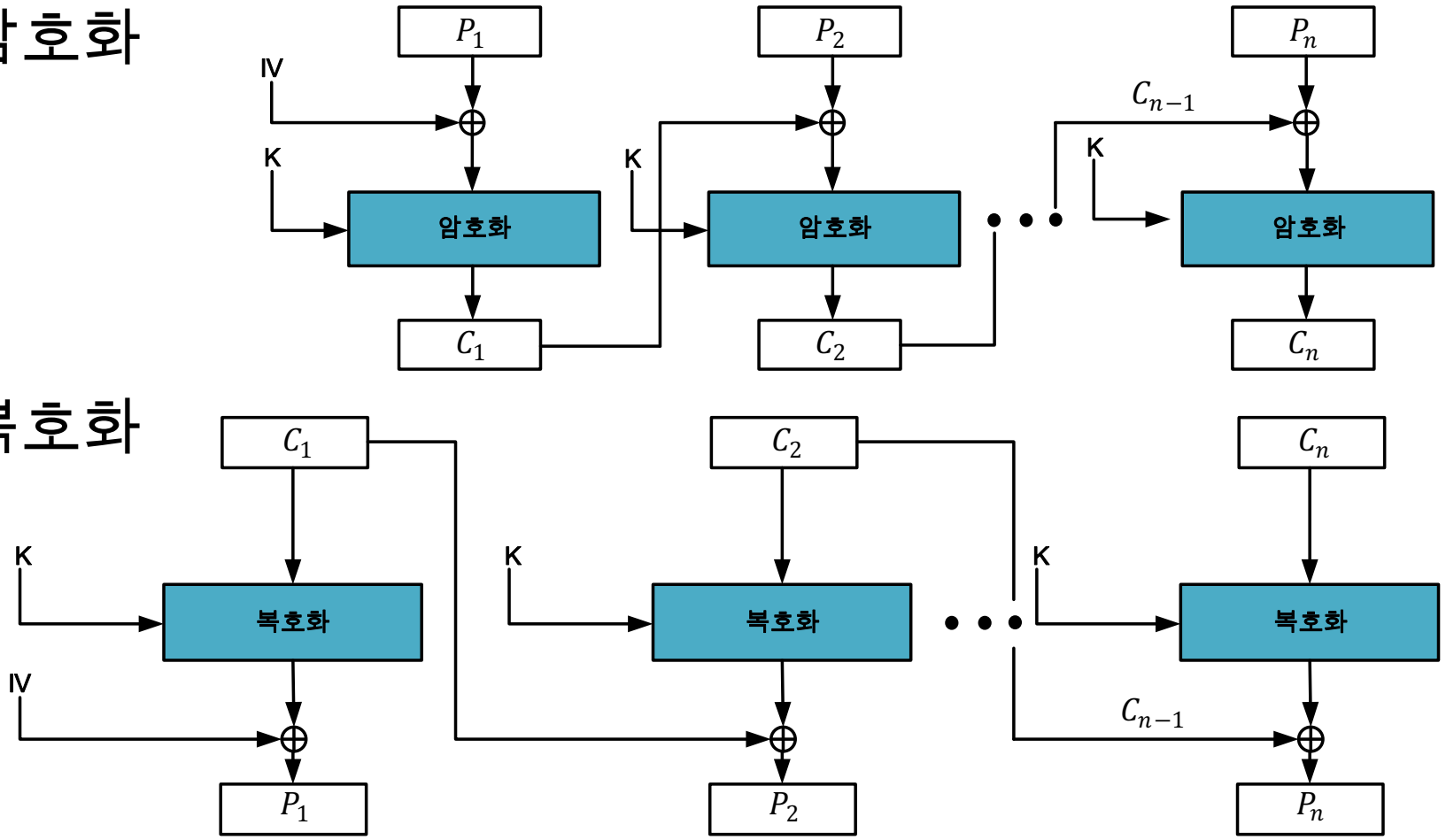
블록 암호 운용모드

- 암호 블록 체인 (CBC, Cipher Block Chaining)모드
  - 체인 구조를 형성하여 각 암호문 블록이 이전 단계 암호문 블록의 영향을 받도록 만든 방식
  - 초기화 벡터 (IV, Initial Vector)사용



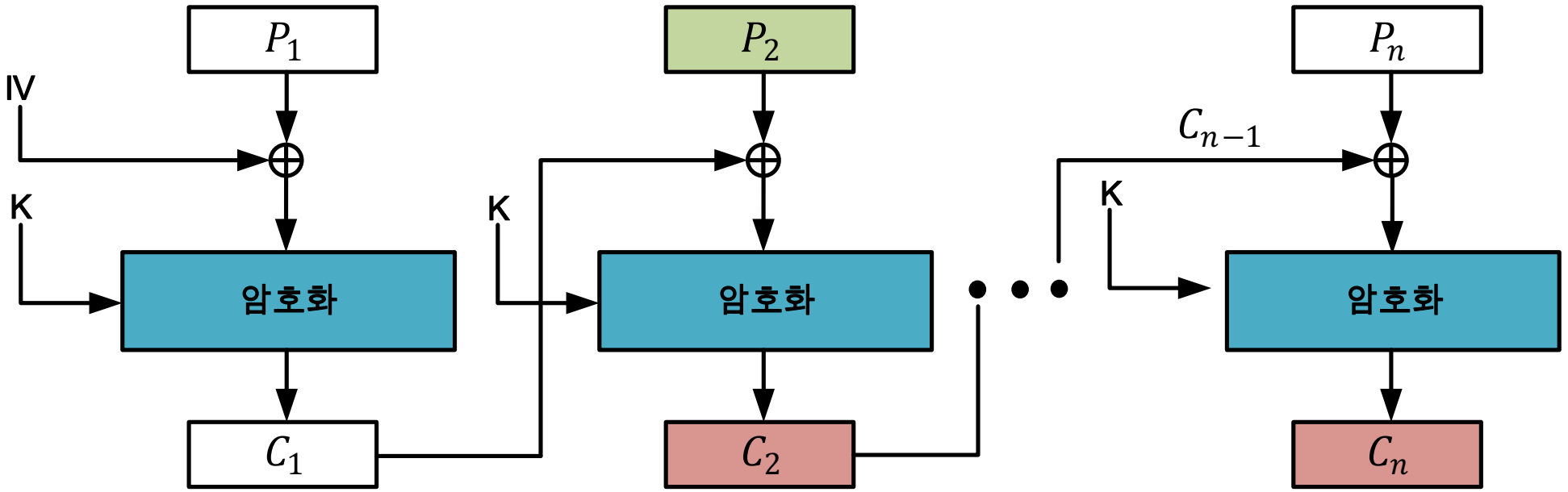
블록 암호 운용모드

- CBC
  - 구조
    - 암호화
    - 복호화



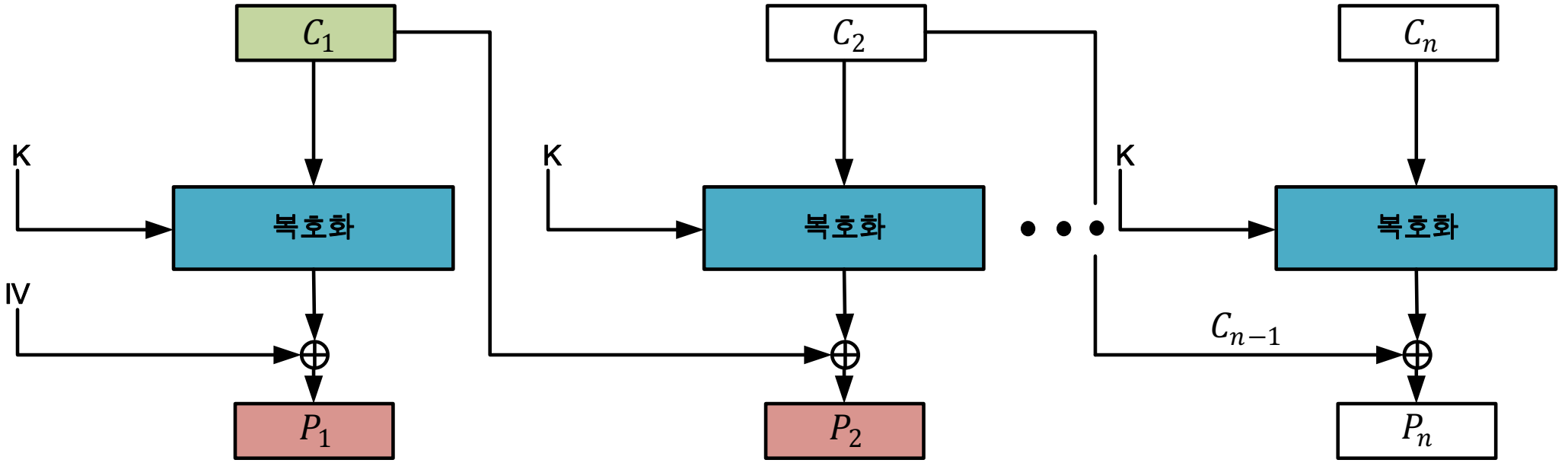
블록 암호 운용모드

- CBC
  - 오류 확산
    - 암호화 과정
      - 평문 블록 하나가 오류 났을 때, 현재 암호문 블록 이후 전체 암호문 블록에 영향



블록 암호 운용모드

- CBC
  - 오류 확산
    - 복화화 과정
      - 암호문 블록 하나가 오류 났을 때, 현재 평문 블록과 다음 평문 블록에만 영향

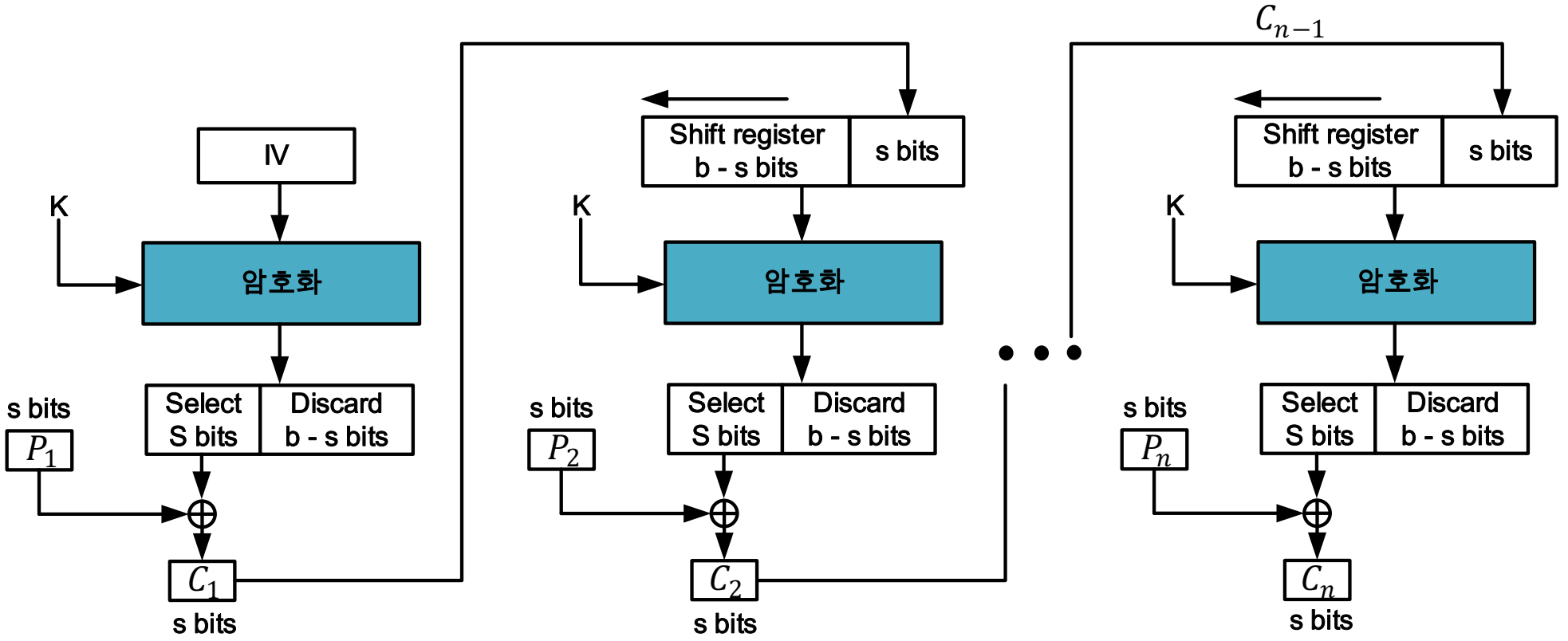


블록 암호 운용모드

- CBC
  - 장점
    - 평문의 반복 패턴이 드러나지 않음
      - 체인구조로 연속해서 XOR연산
  - 단점
    - 오류가 확산됨
    - 암호화 과정은 병렬 처리 불가능
    - 패딩이 필요함

블록 암호 운용모드

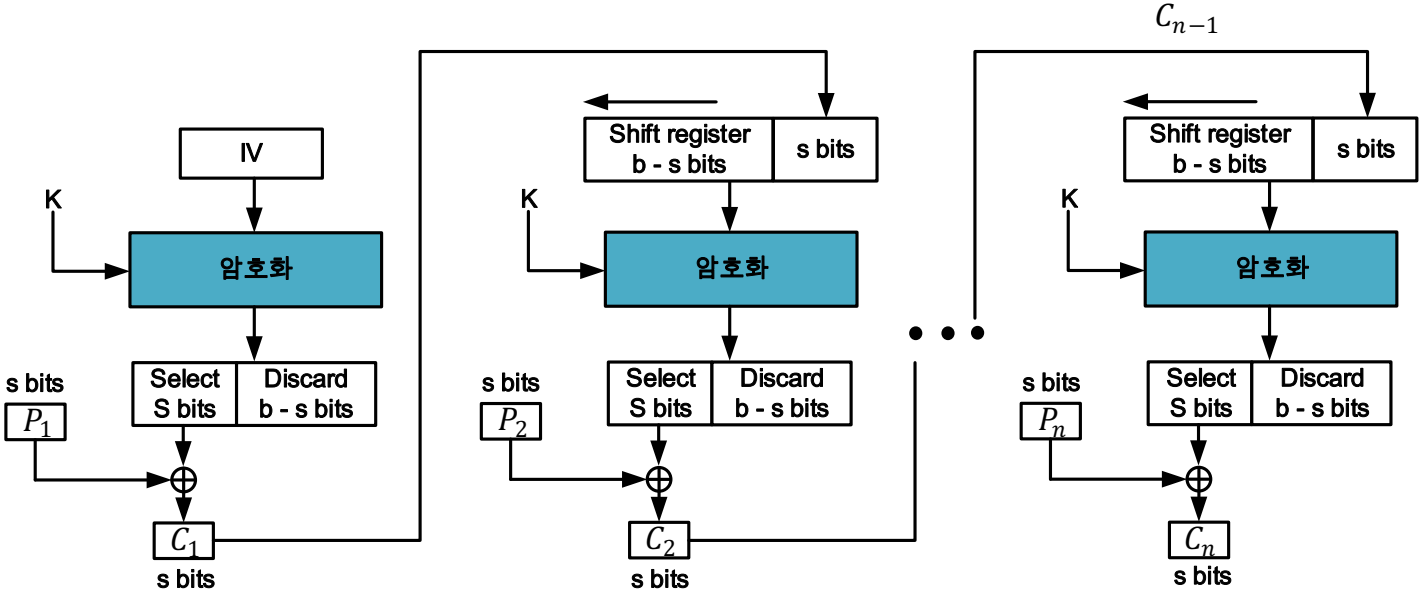
- 암호 피드백 (CFB, Cipher Feedback)모드
  - CBC의 변형으로, 블록 암호를 스트림 암호로 변환하여 암/복호화하는 방식



블록 암호 운용모드

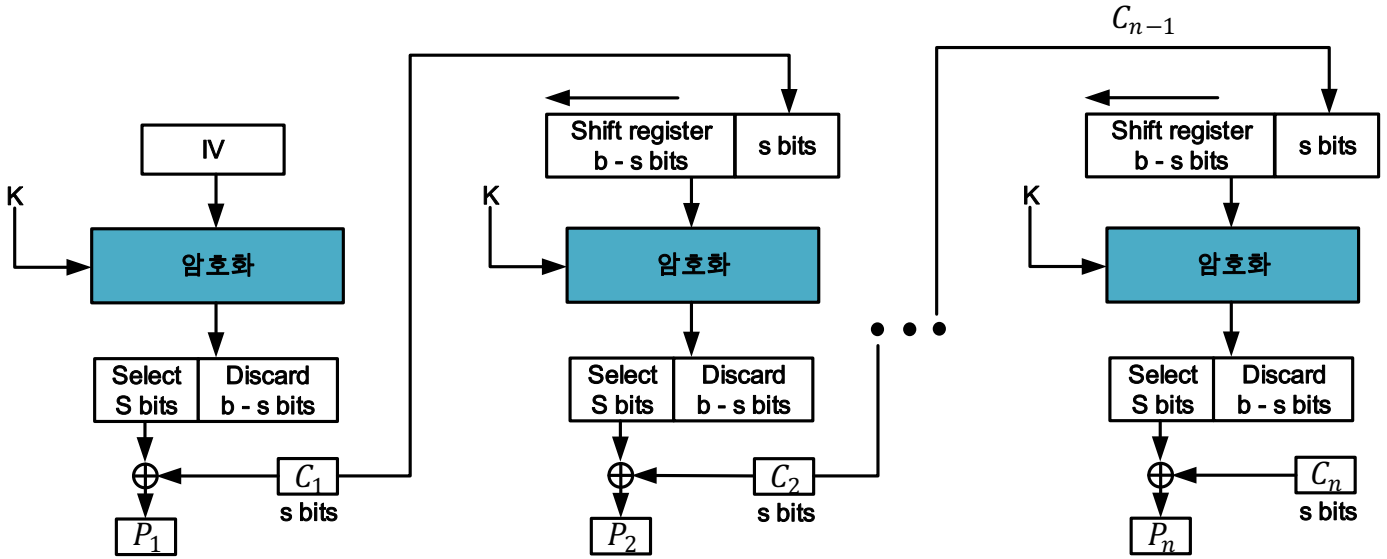
- CFB
  - 구조
    - 암호화

$C_1 = P_1 \oplus S_S[E(K,IV)]$



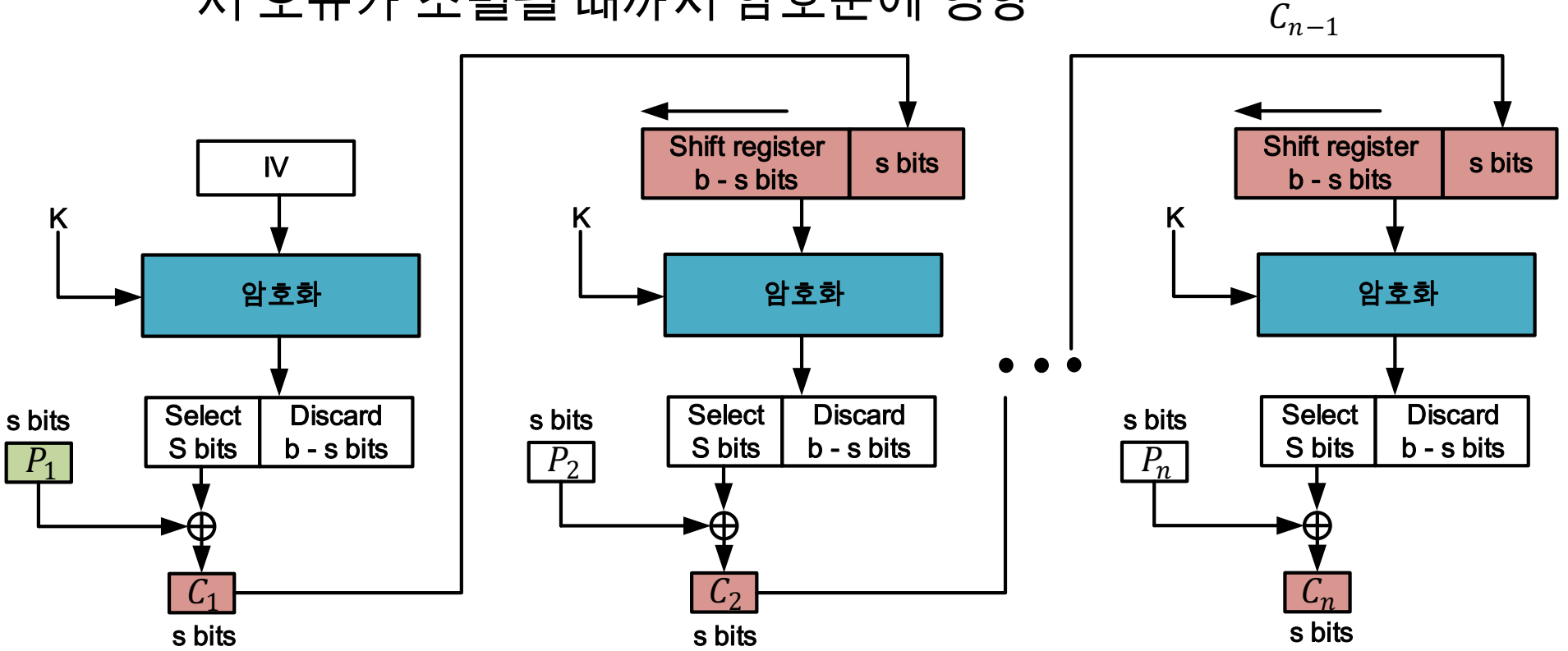
    - 복호화

$P_1 = C_1 \oplus S_S[E(K,IV)]$



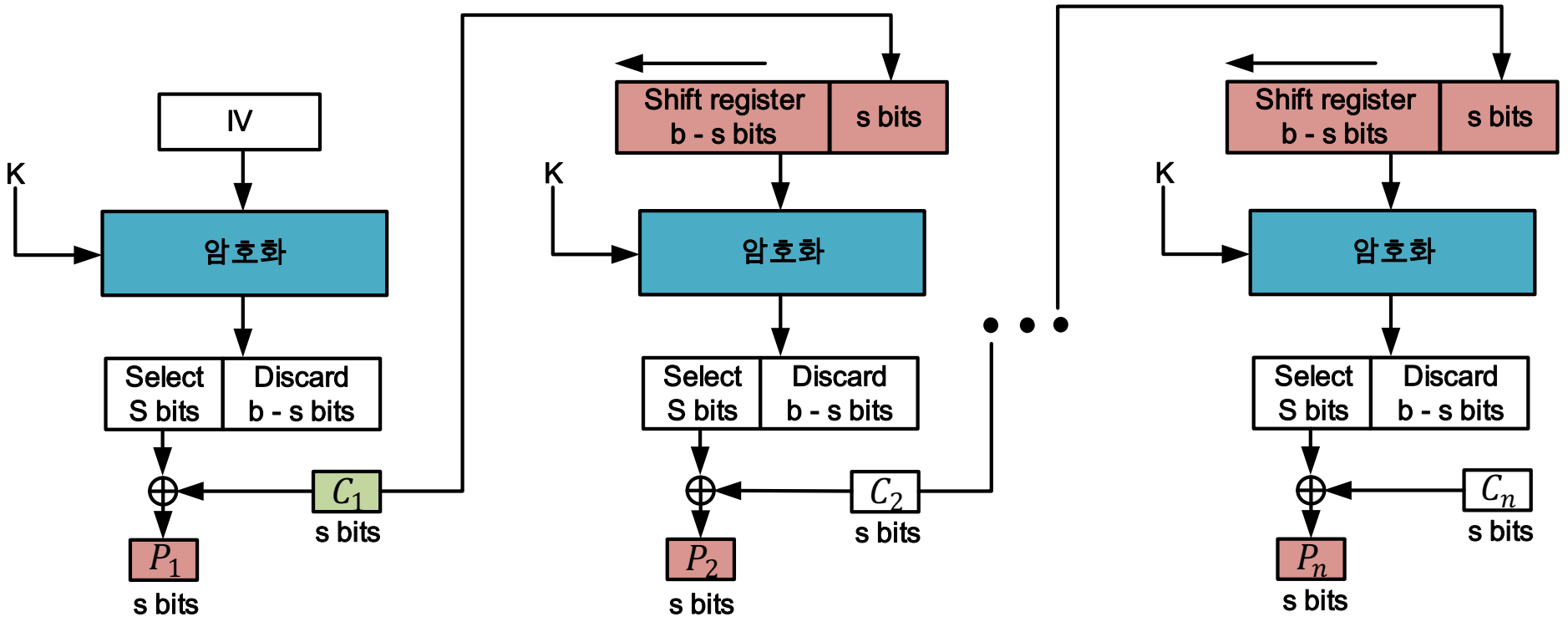
블록 암호 운용모드

- CFB
  - 오류 확산
    - 암호화 과정
      - 평문 블록 하나가 오류 나면, 현재 암호문 블록이후 Shift register에서 오류가 소멸될 때까지 암호문에 영향



블록 암호 운용모드

- CFB
  - 오류 확산
    - 복호화 과정
      - 암호문 블록 하나가 오류 났을 때, 현재 평문 블록 이후 Shift register 에서 오류가 소멸 될 때까지 평문 블록에 영향

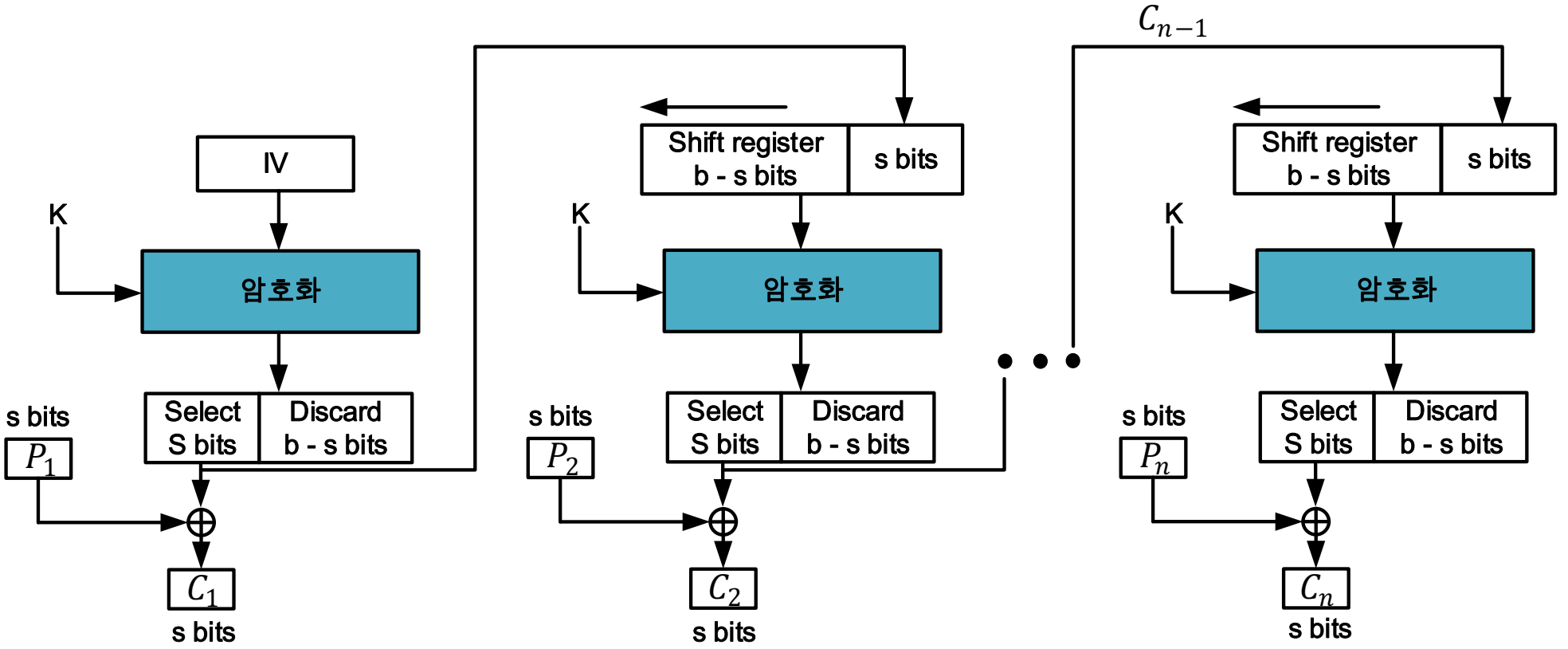


블록 암호 운용모드

- CFB
  - 장점
    - 패딩이 필요하지 않음
  - 단점
    - 암호화 과정은 병렬 처리 불가능
    - 오류가 확산됨

블록 암호 운용모드

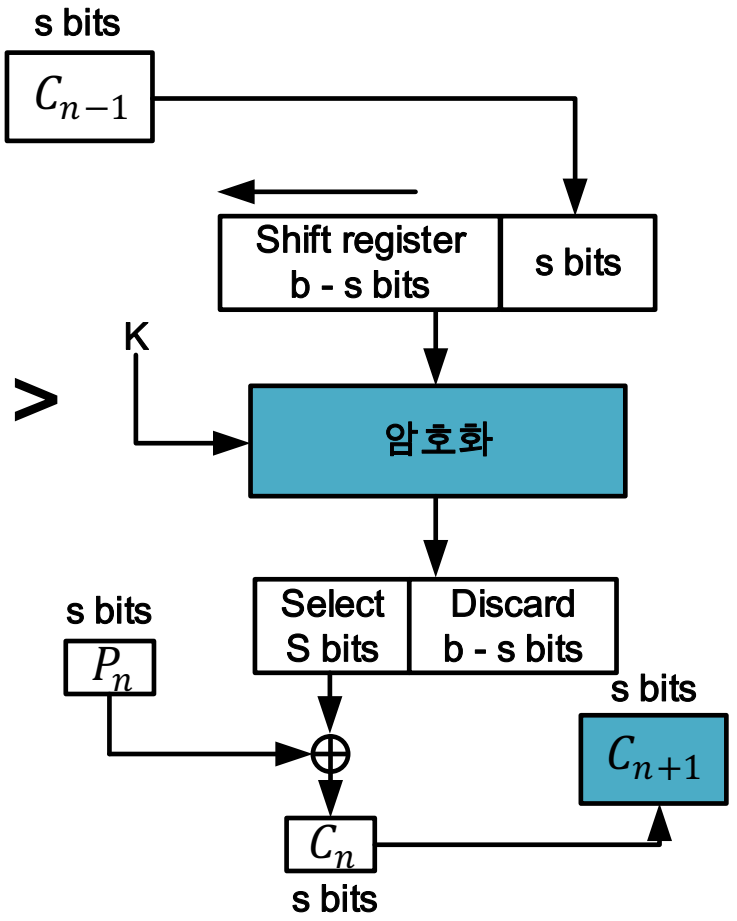
- 출력 피드백 (OFB, Output Feed Back)모드
  - CFB의 변형으로, 각 암호문 블록이 이전 단계 암호문 블록들과 독립적인 방식



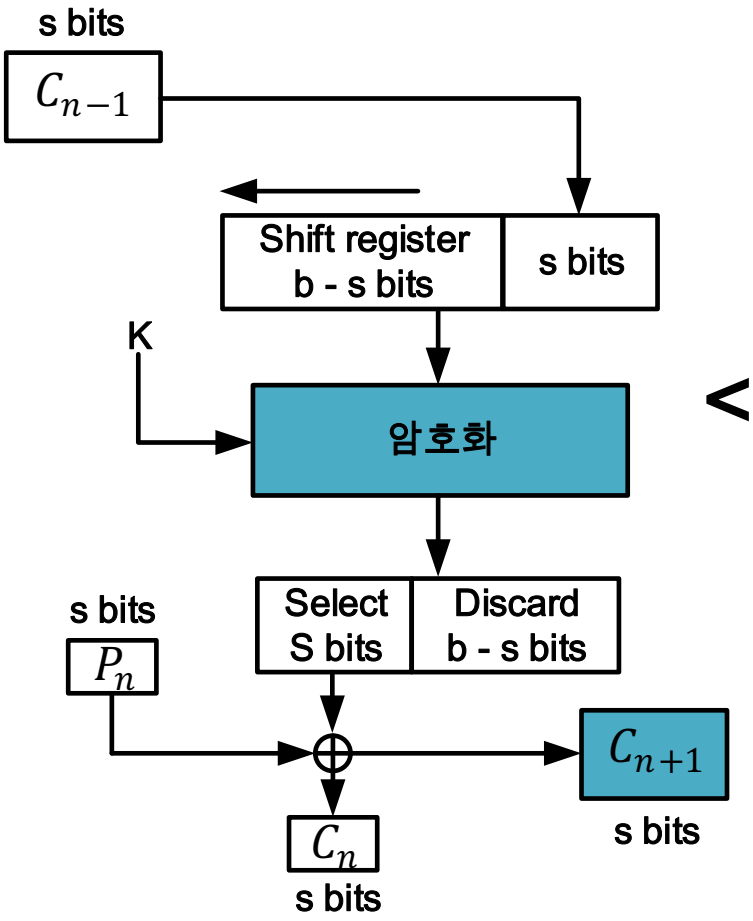
블록 암호 운용모드

- OFB
  - CFB와 OFB의 비교

< CFB >

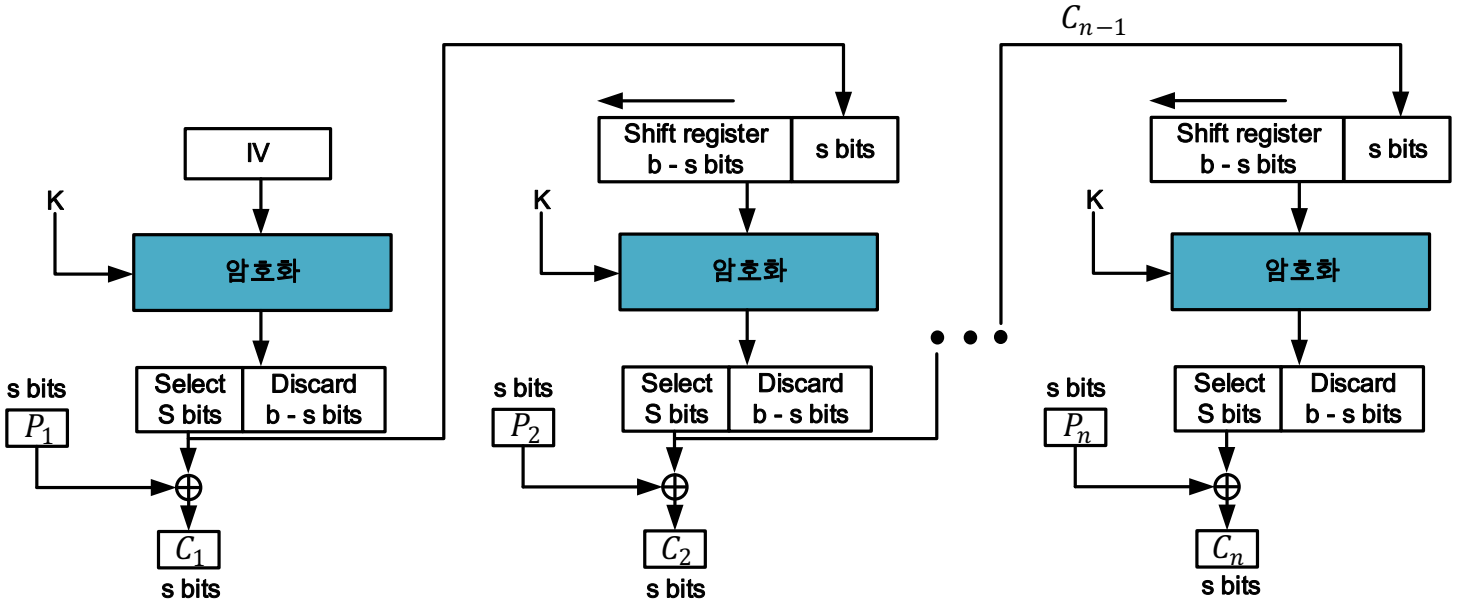


< OFB >

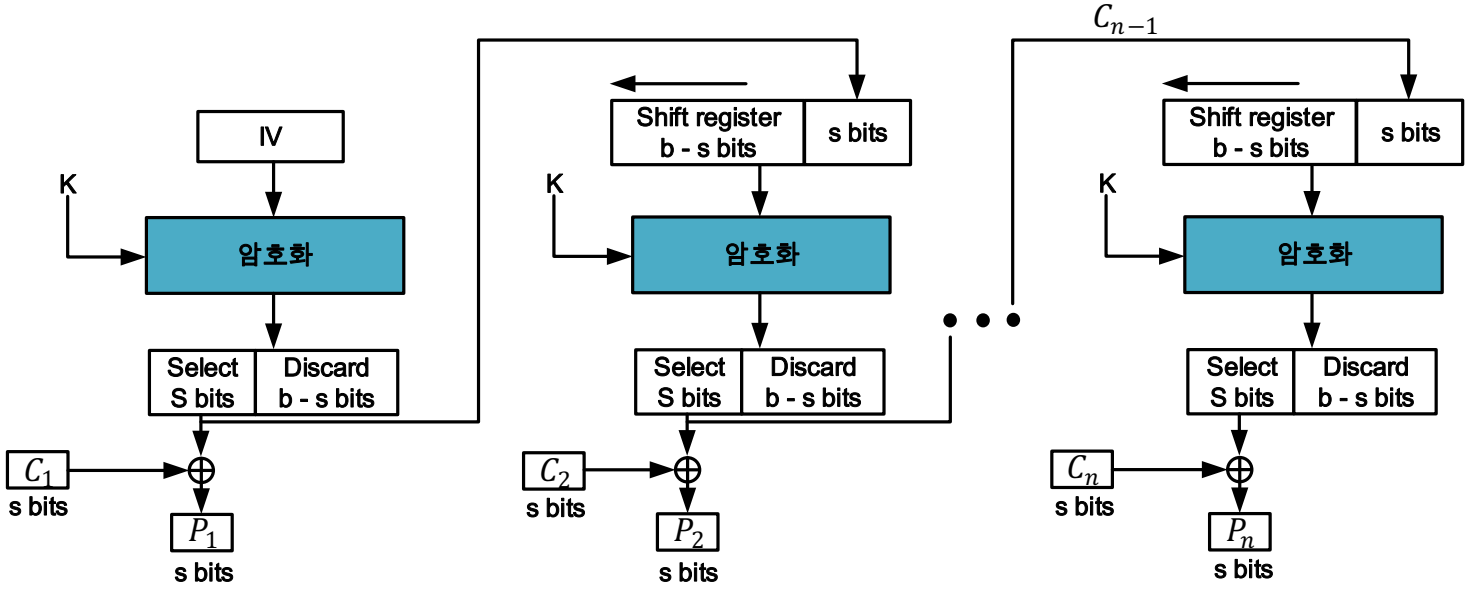


블록 암호 운용모드

- OFB
  - 구조
    - 암호화



    - 복호화

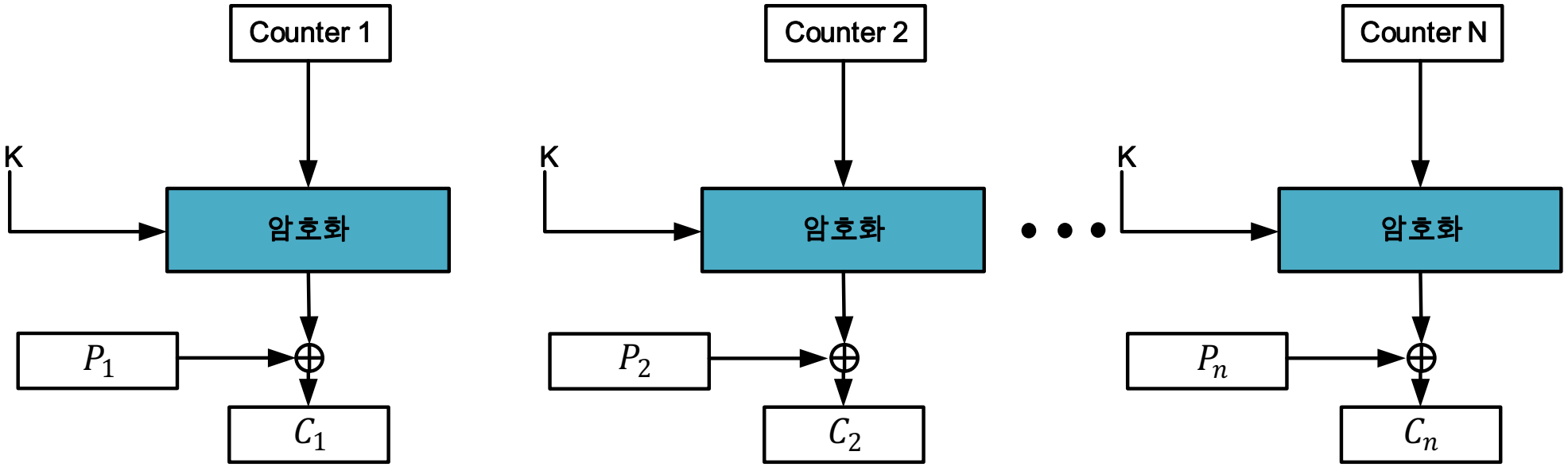


블록 암호 운용모드

- OFB
  - 장점
    - 오류가 확산되지 않음
    - 패딩이 필요하지 않음
  - 단점
    - 병렬 처리 불가능

블록 암호 운용모드

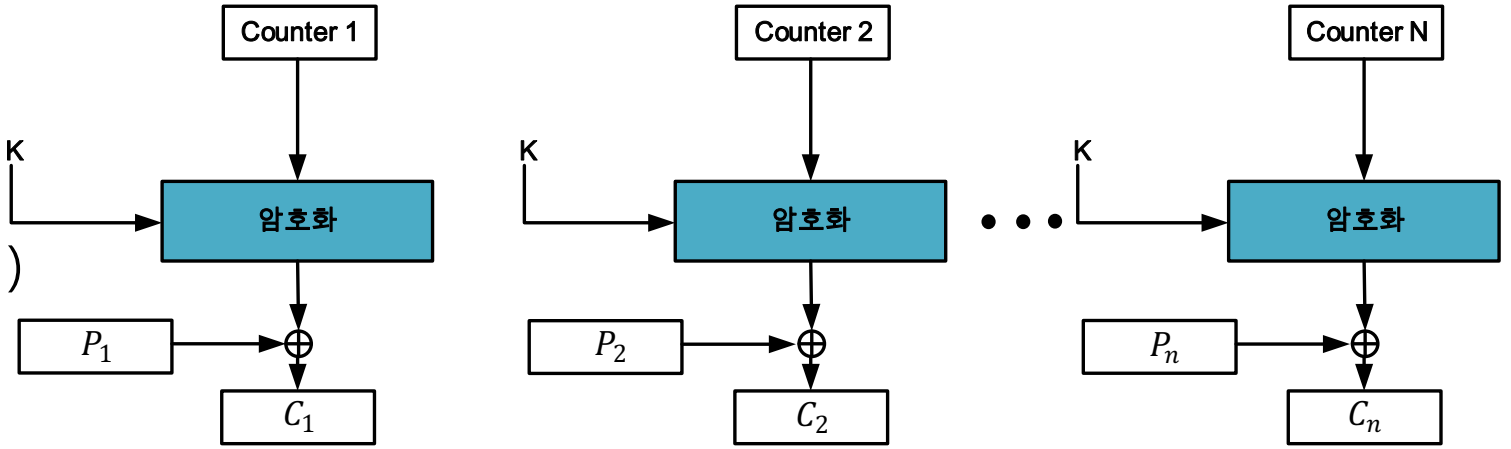
- 카운터 (CTR, Counter)모드
  - 모든 암호문 블록이 이전 단계 암호문 블록들과 독립적인 방식



블록 암호 운용모드

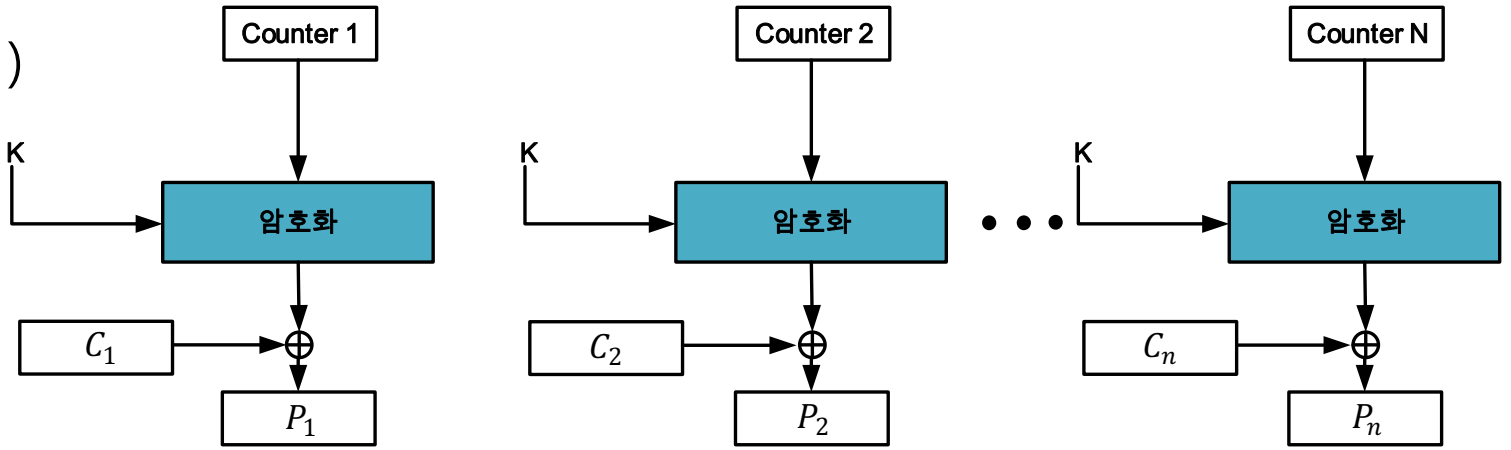
- 카운터 (CTR, Counter)모드
  - 구조
    - 암호화

$C_1 = P_1 \oplus E(K, Counter1)$



    - 복호화

$P_1 = C_1 \oplus E(K, Counter1)$



블록 암호 운용모드

- 카운터 (CTR, Counter)모드
  - 장점
    - 병렬 처리 가능
    - 오류가 확산되지 않음
    - 패딩이 필요하지 않음
  - 단점
    - Counter 1 bits가 반전되면 다른 블록에서 1bits가 반전됨

블록 암호 운용모드

- 블록 암호 운용 모드 비교 표

암호 운용 모드	병렬 처리	패딩	랜덤 접근	초기화 벡터	오류 확산
ECB	O	O	O	X	X
CBC	복호화만	O	복호화만	O	E : 해당 블록이후 모든 블록 D : 해당 블록과 다음 블록
CFB	복호화만	X	복호화만	O	Shift registe에서 오류가 완전히 소멸 될때까지
CTR	O	X	O	X	X

Thanks!

박 재 형 (jaehyoung@pel.smuc.ac.kr)