

■ 상호연결 네트워크 구조

● 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)

one-dimensional
structure

Linear Array

two-dimensional
structure

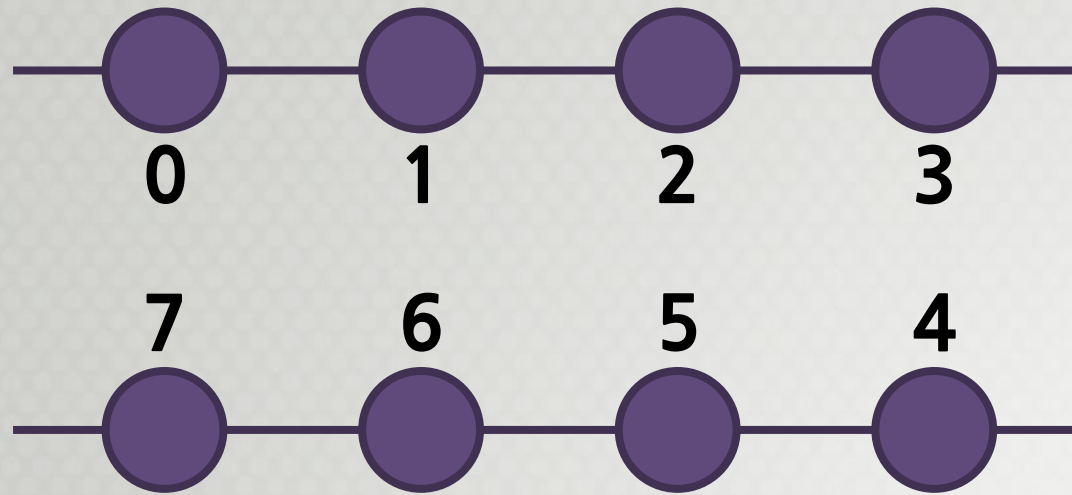
Ring, Star, Tree, Mesh, Systolic Array

three-dimensional
structure

Completely connected, Chordal Ring

■ 상호연결 네트워크 구조

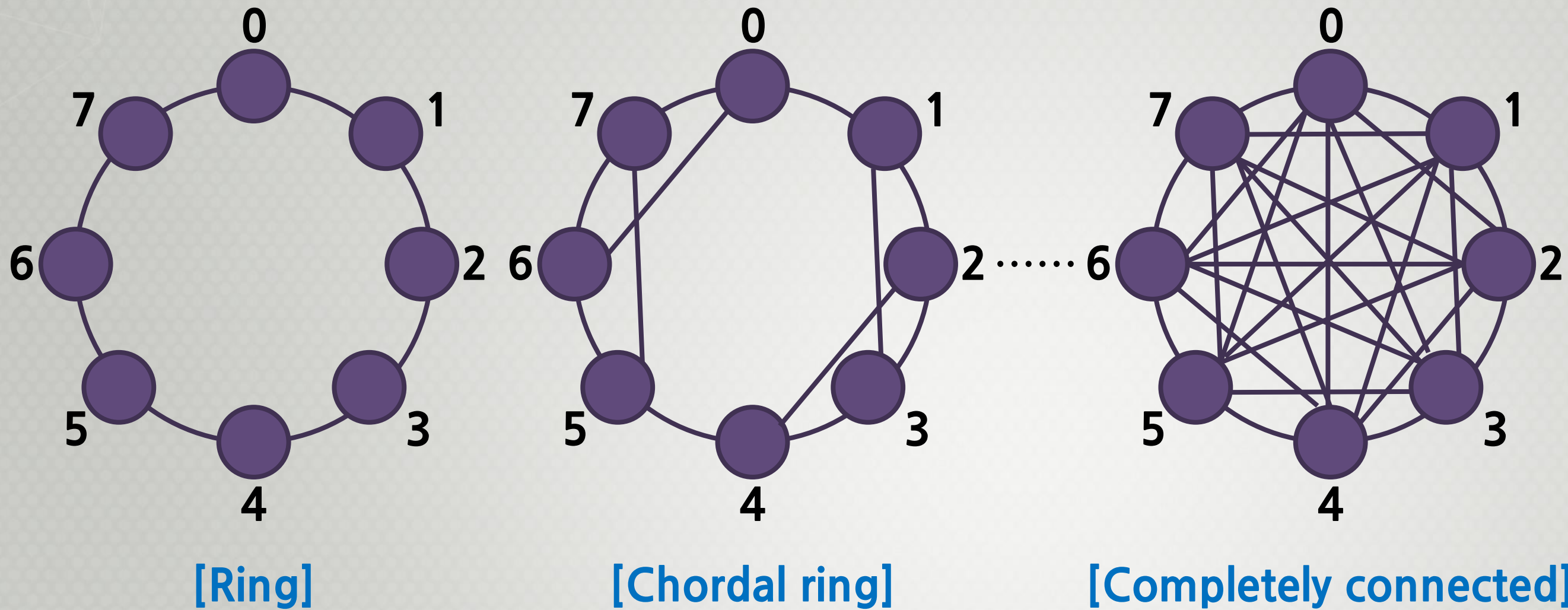
- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 선형배열(Linear Array)



Properties	<ul style="list-style-type: none">» 가장 간단한 구조이다.» 노드가 2일 때는 매우 경제적이지만 그 수에 따라 통신시간이 비례한다.» 서로 다른 소스 및 목적지 노드 쌍에 대해서는 동시성이 존재한다.
Diameter	<ul style="list-style-type: none">» $N-1$
Degree	<ul style="list-style-type: none">» 처음과 마지막 노드: 1, 중간 노드: 2

상호연결 네트워크 구조

- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 원형배열(Ring and Chordal ring)



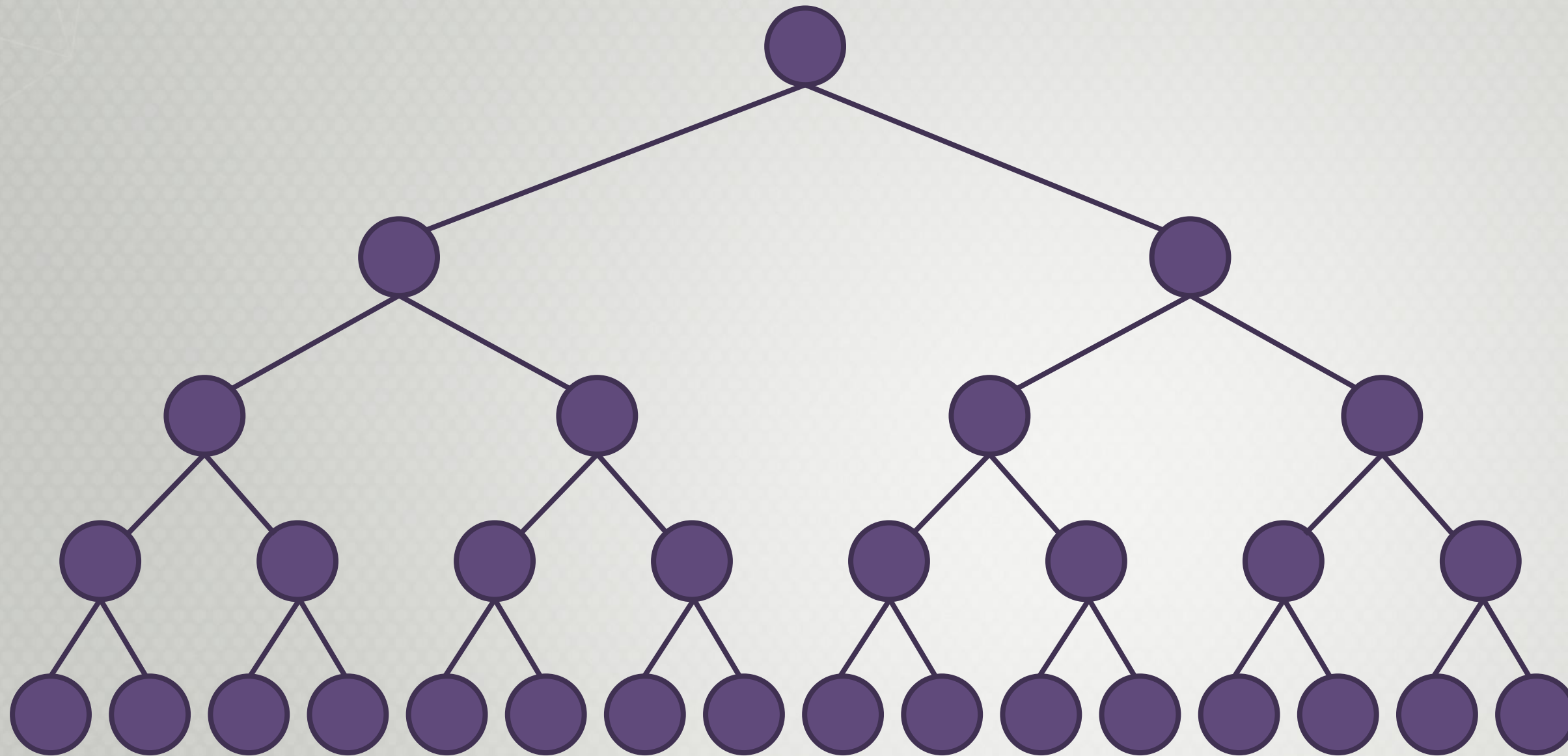
■ 상호연결 네트워크 구조

- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 원형배열(Ring and Chordal ring)

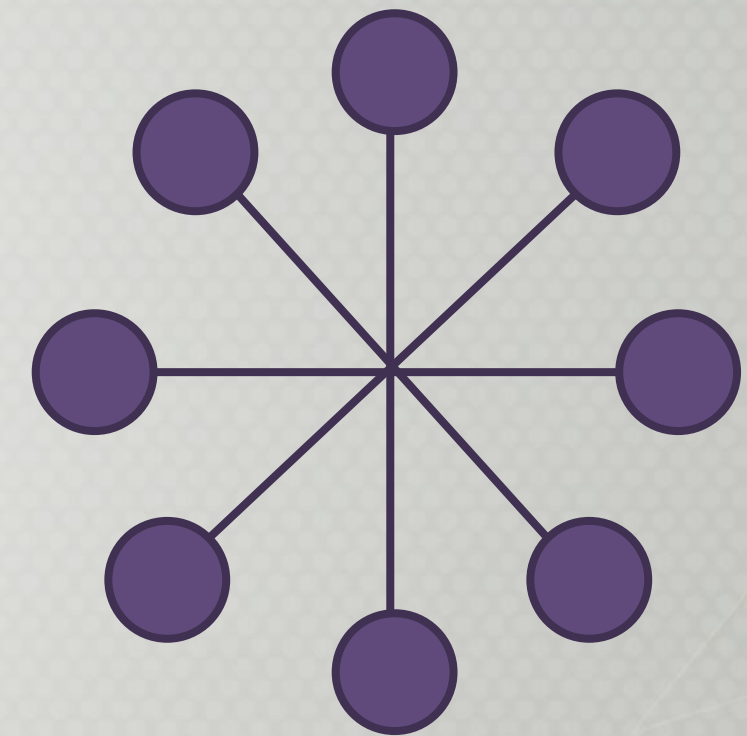
Properties	<ul style="list-style-type: none">» 선형배열의 양쪽 끝을 연결한 구조이다.» 단방향 또는 양방향이다.» Chordal ring은 ring 구조에 연결을 추가함으로써 각 노드의 degree는 증가하고 네트워크 지름은 감소한다.» Barrel Shifter: 네트워크의 크기가 $N=2^n$ 이고, 연결의 추가하여 $\text{degree}=2n-1$ 일 때, 네트워크 지름(D)=$\lceil n/2 \rceil$이 되는 것을 말한다.
Diameter	<ul style="list-style-type: none">» $\lfloor N/2 \rfloor, \dots, 1$
Degree	<ul style="list-style-type: none">» Ring: 2, Chordal Ring: 3, 4, ... , Completely connected: $N-1$

상호연결 네트워크 구조

- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 2진 트리와 성형 구조(Binary tree and Star)



[Binary tree]



[Star]

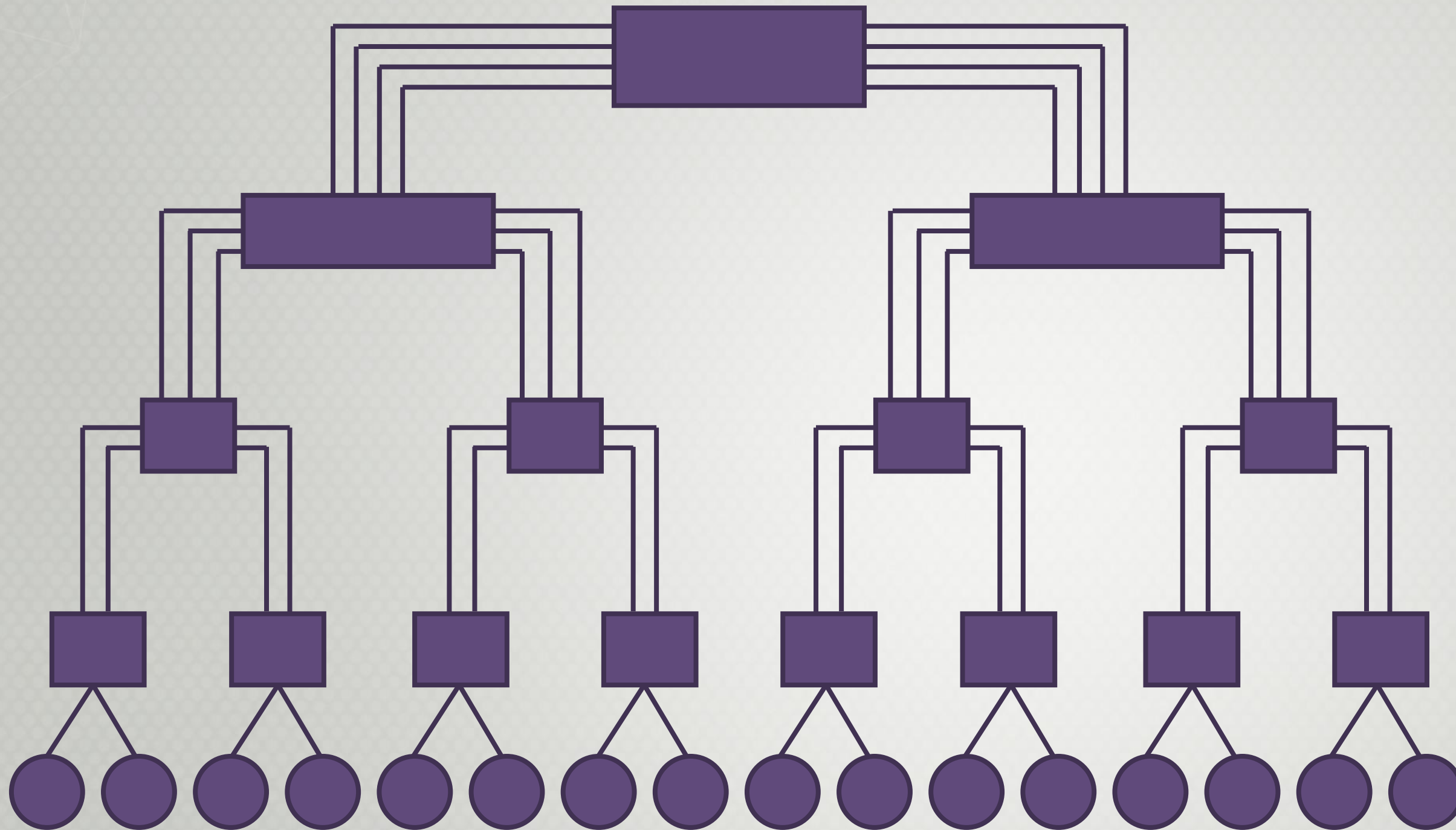
■ 상호연결 네트워크 구조

- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 2진 트리와 성형 구조(Binary tree and Star)

Properties	<ul style="list-style-type: none">» Binary tree<ul style="list-style-type: none">▪ 2진 트리: 레벨이 k 이면 전체 노드의 수=2^k-1이다.▪ 일정한 degree를 갖는다.▪ 확장성이 가능한 구조이다.▪ 네트워크 지름은 크다.» Star<ul style="list-style-type: none">▪ 2 레벨 트리구조이다.▪ 중심 노드를 제외하면, 항상 네트워크 지름이 2이다.
Diameter	» Binary tree: $2(k-1)$, Star: 2
Degree	» Binary tree: 3, Star: $N-1$

상호연결 네트워크 구조

- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 팻트리구조(Fat tree)



■ 상호연결 네트워크 구조

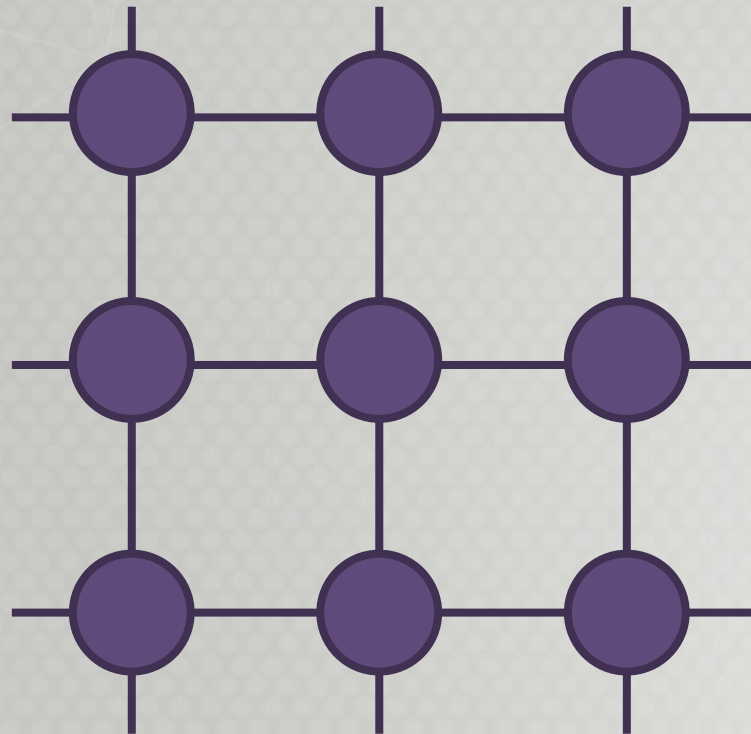
- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
- 팻트리구조(Fat tree)

Properties	<ul style="list-style-type: none">» 상위 레벨로 올라갈수록 노드 간의 통신 채널 수가 증가하는 구조이다.» 병목현상 감소한다.» Thinking Machine사의 CM-5 시스템에서 실제로 사용했다.
Diameter	<ul style="list-style-type: none">» $2k-1$
Degree	<ul style="list-style-type: none">» undefined

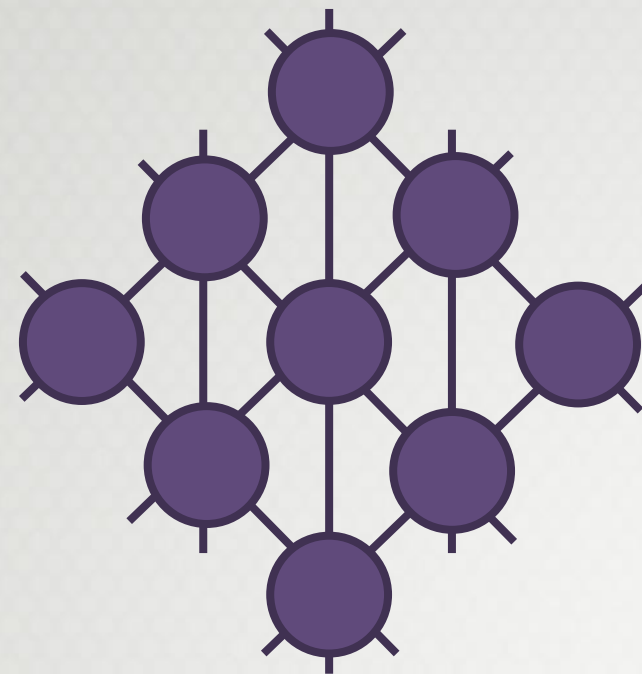
상호연결 네트워크 구조

정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)

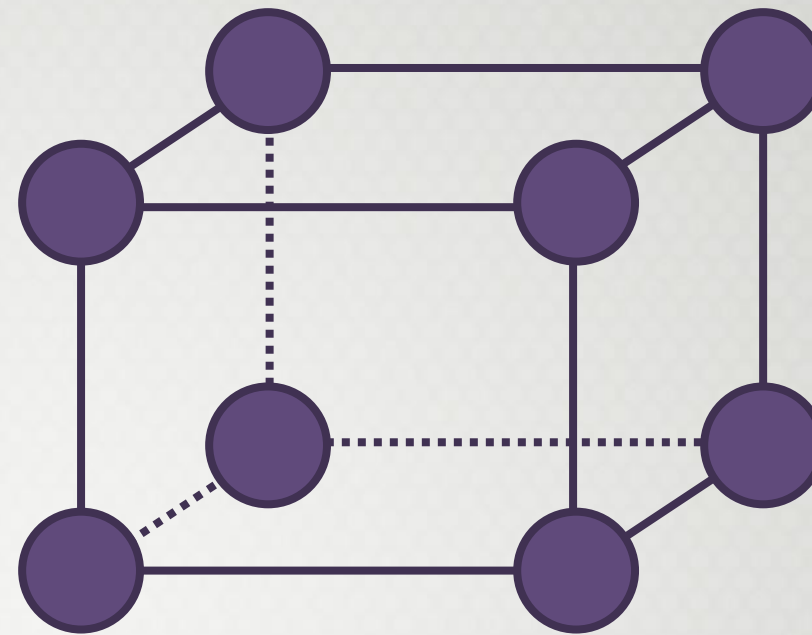
기타구조



[Mesh]



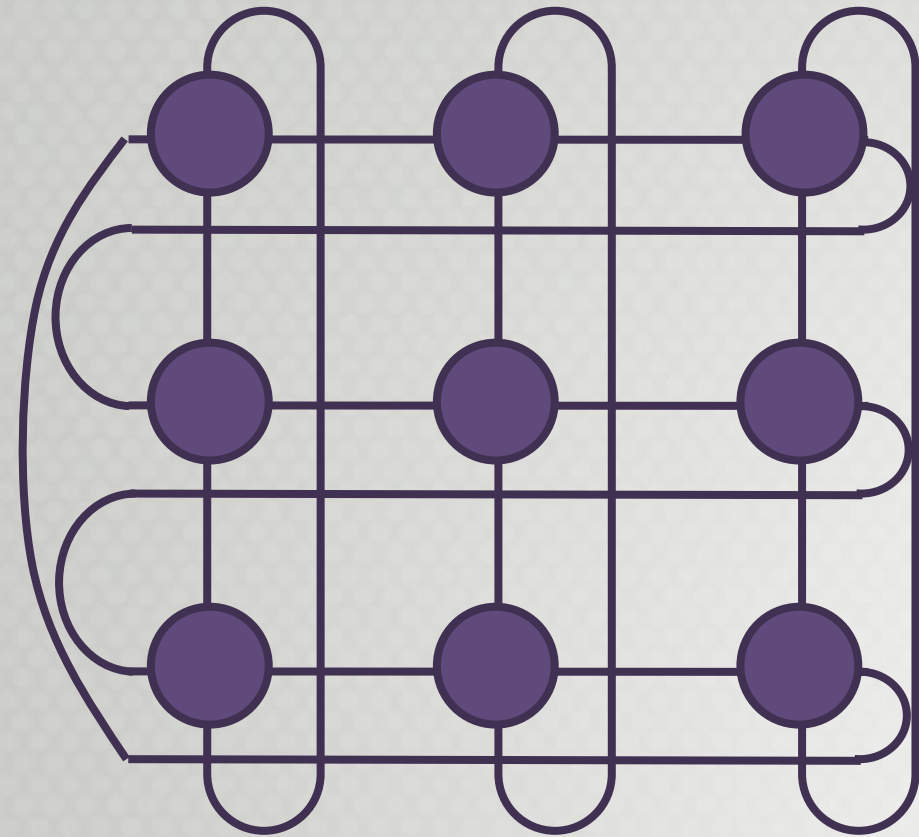
[Systolic array]



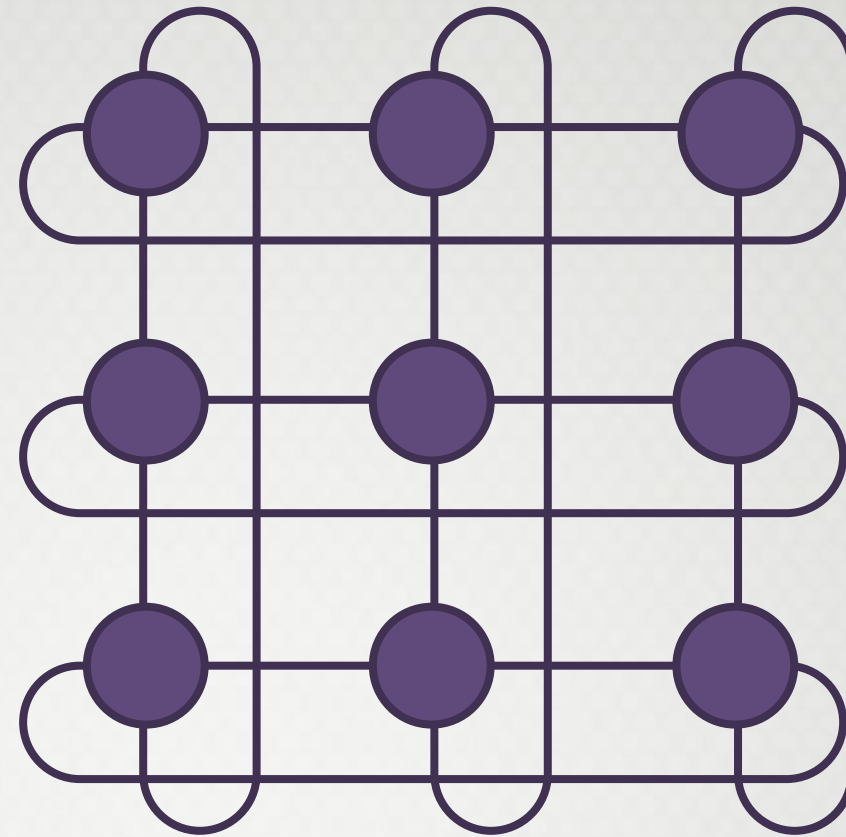
[3-cube]

■ 상호연결 네트워크 구조

- 정적 상호연결 네트워크(static interconnection network)
 - 기타구조



[Illiac mesh]



[Torus]

■ 상호연결 네트워크 구조

● 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)

일반적으로 다용도를 목적으로 한다.

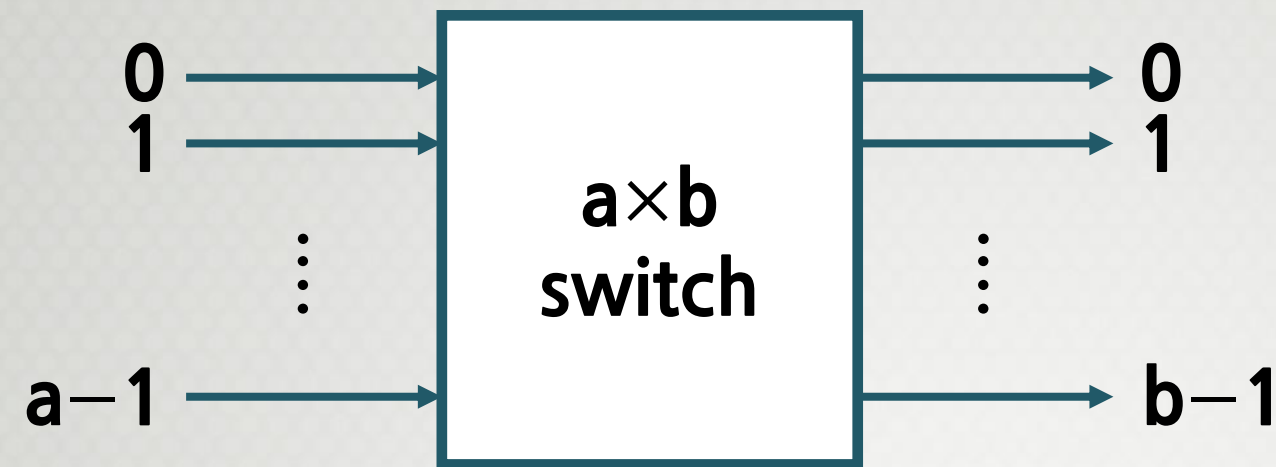
프로그램 요구에 따라 모든 통신 패턴이 설정된다.

고정 연결대신에 스위치(switch) 혹은 중재기(arbiter)를 사용한다.

Bus systems, MIN, crossbar switch 등을 사용한다.

■ 상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
 - Switch Modules

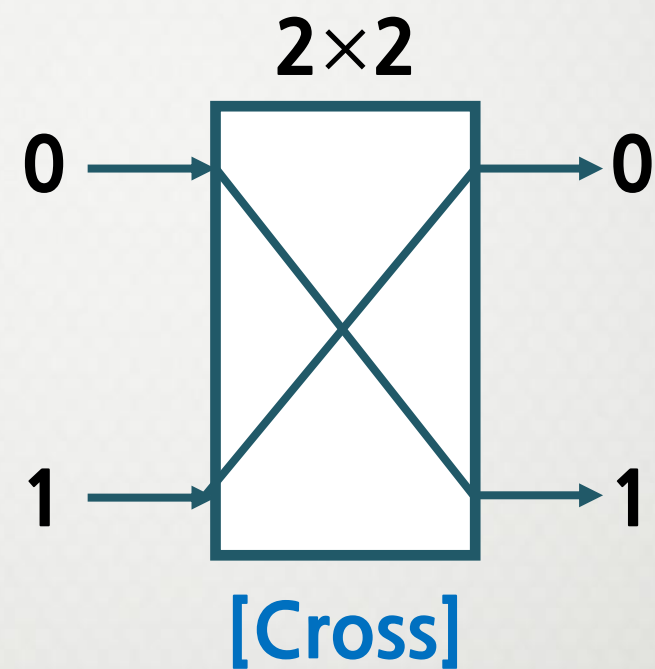
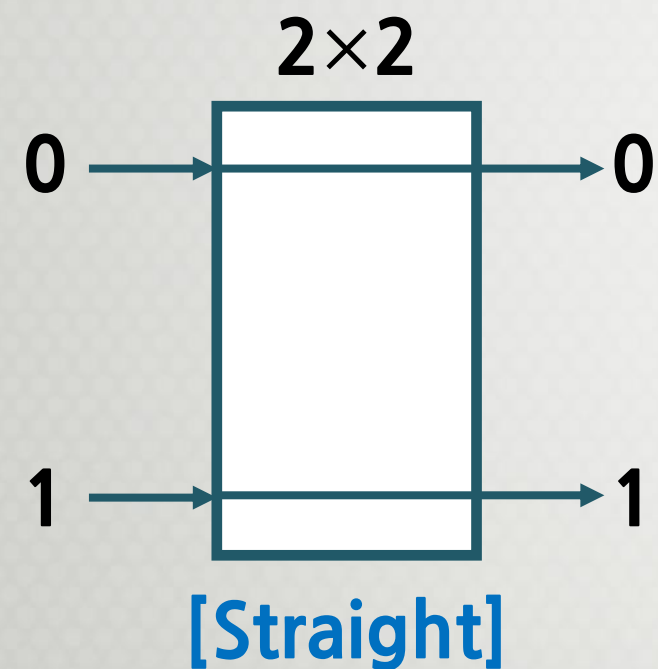


- » 이론적으로 a 와 b 는 항상 같을 필요는 없다.
- » 실질적으로는 $a=b=2^k(k>1)$ 를 사용한다.
- » $a=2, b=2$ 일 때, 즉 2×2 를 2진-스위치(binary switch) 라고 한다.

상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
 - 2진-스위치(binary Switch)의 연결의 종류

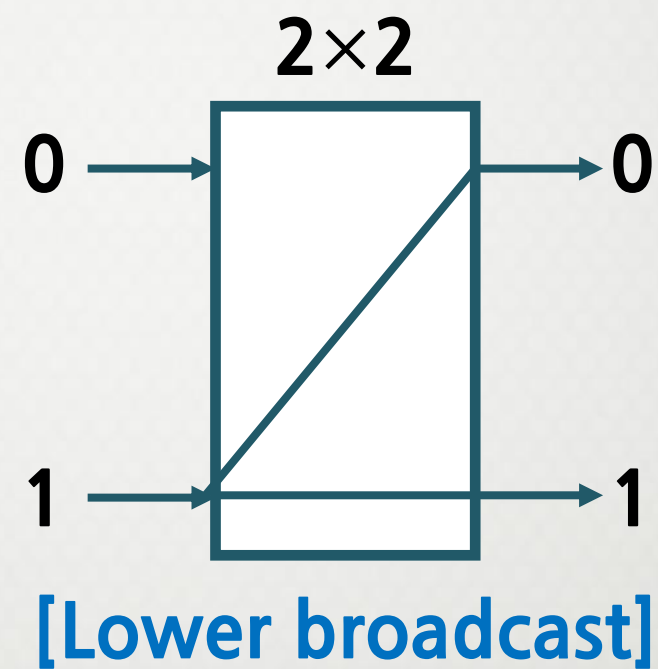
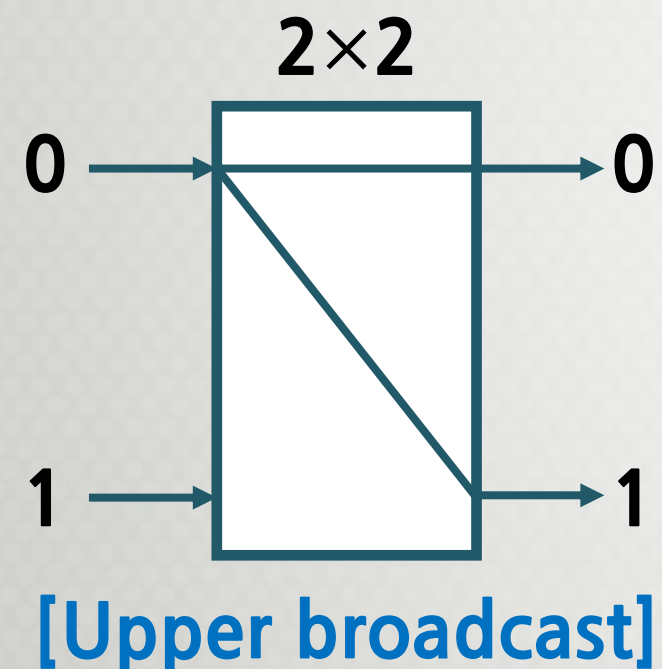
직진 (Straight)	같은 위치의 입출력 단자들 간의 연결
교차 (Cross)	다른 위치의 입출력 단자들 간의 연결



상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
- 2진-스위치(binary Switch)의 연결의 종류

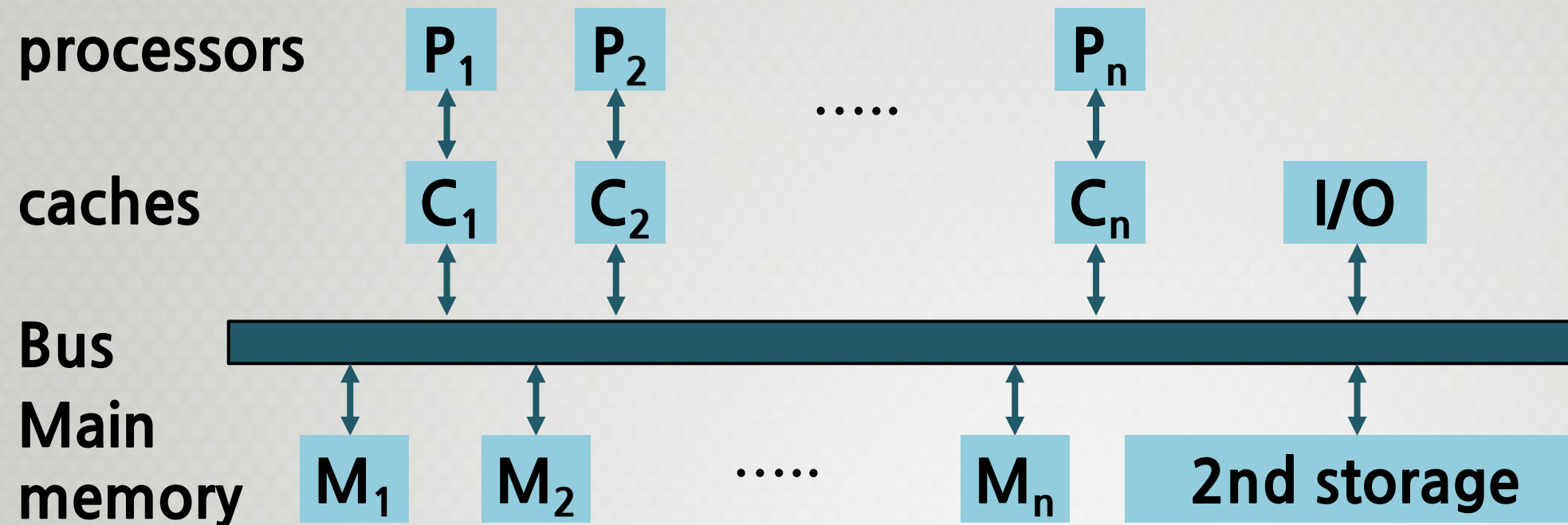
상위 방송 (Upper Broadcast)	상단의 입력 단자가 모든 출력 단자들로 연결
하위 방송 (Lower Broadcast)	하단의 입력 단자가 모든 출력 단자들로 연결



■ 상호연결 네트워크 구조

● 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)

● Bus system



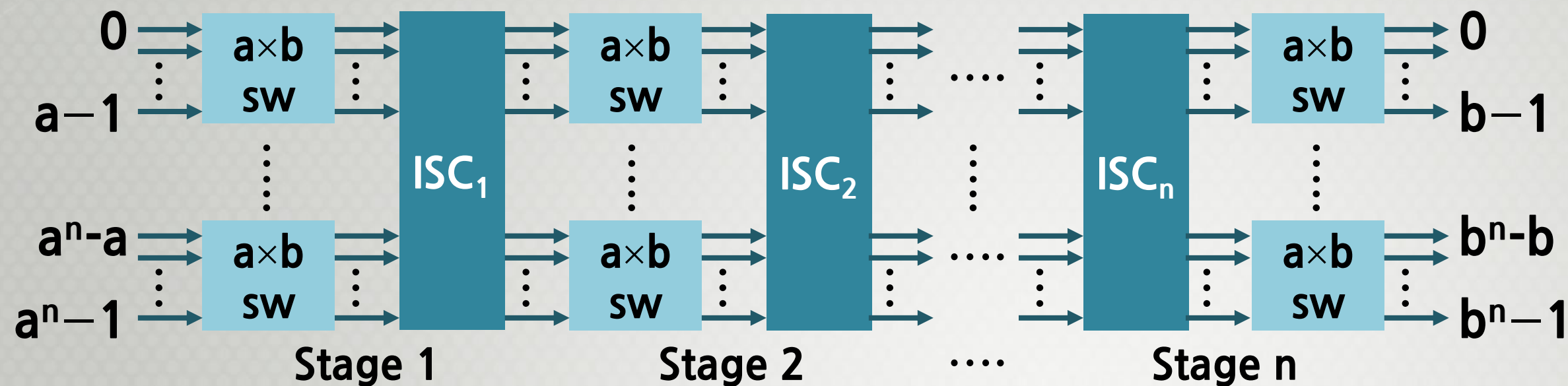
- » 하드웨어가 매우 단순하다(선의 집합).
- » 다수가 사용하기 때문에 잦은 경합이 발생한다. 따라서 지연 시간이 발생한다.
- » 경합을 줄이기 위하여 버스의 수를 증가시킨다.
- » 계층적 버스 구조(Hierarchical Bus Structure) 도입한다.
- » System bus는 PCB 상에 backplane으로 구현한다.

상호연결 네트워크 구조

동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)

MIN(Multistage Interconnection Network)

▶ MIN의 일반적인 구조

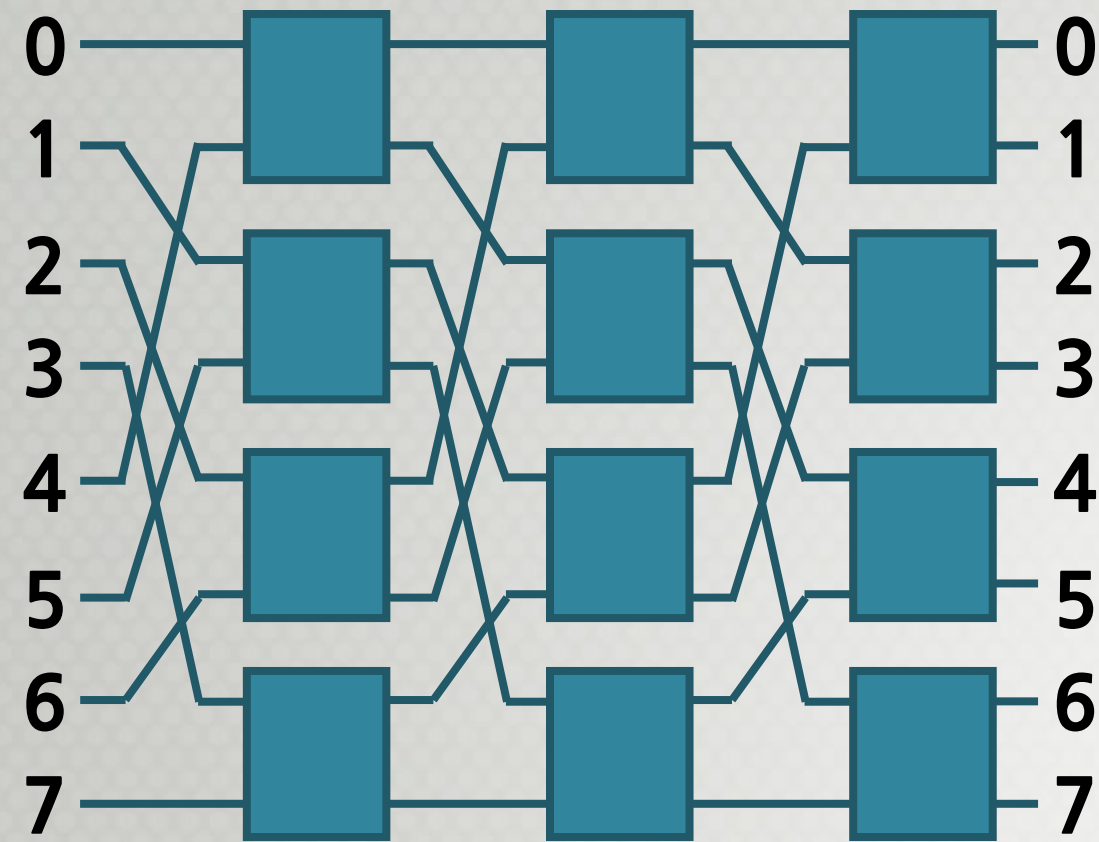


- » MIN 구조는 주로 MIMD 와 SIMD 컴퓨터구조에서 사용된다.
- » 단계(stage)와 단계 사이에는 고정된 연결을 사용한다.
- » 스위치는 입력과 출력 사이에 원하는 연결 상태로 설정된다.
- » 많은 종류의 MIN은 스테이지간의 연결(ISC)의 선택과 스위치 모듈의 선택에 따라 다양한 형성된다.

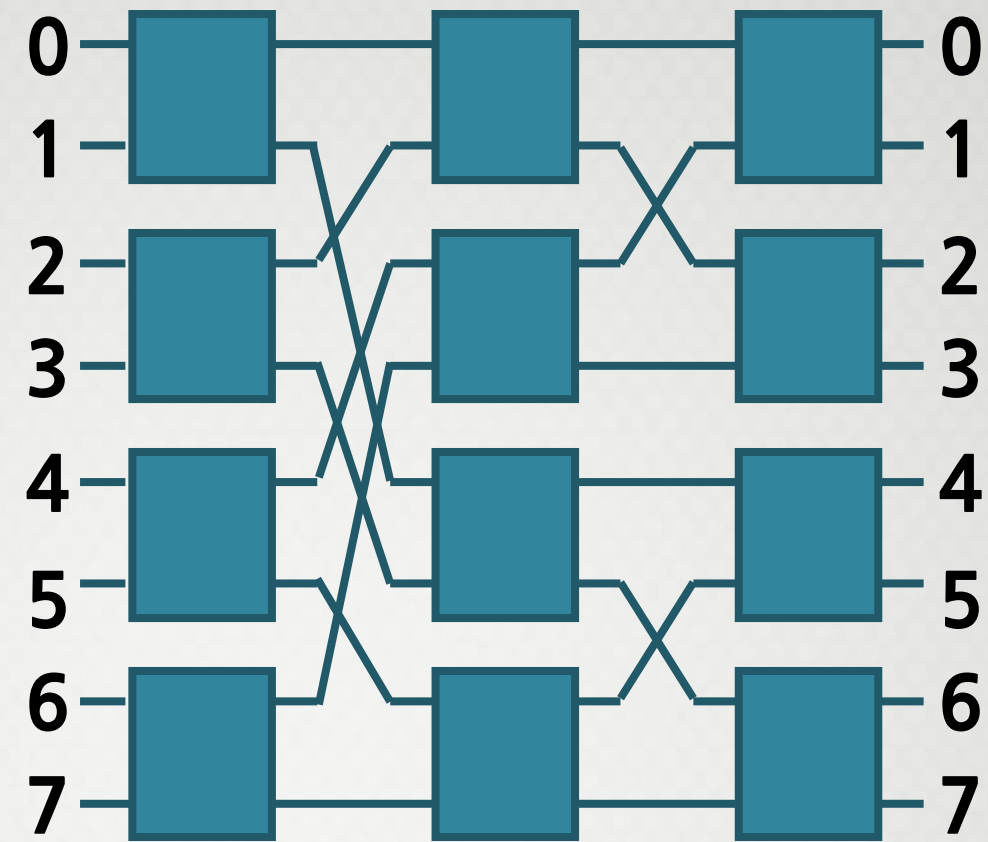
상호연결 네트워크 구조

동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)

MIN(Multistage Interconnection Network)



8x8 Omega network



8x8 Baseline network

■ 상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
- MIN(Multistage Interconnection Network)

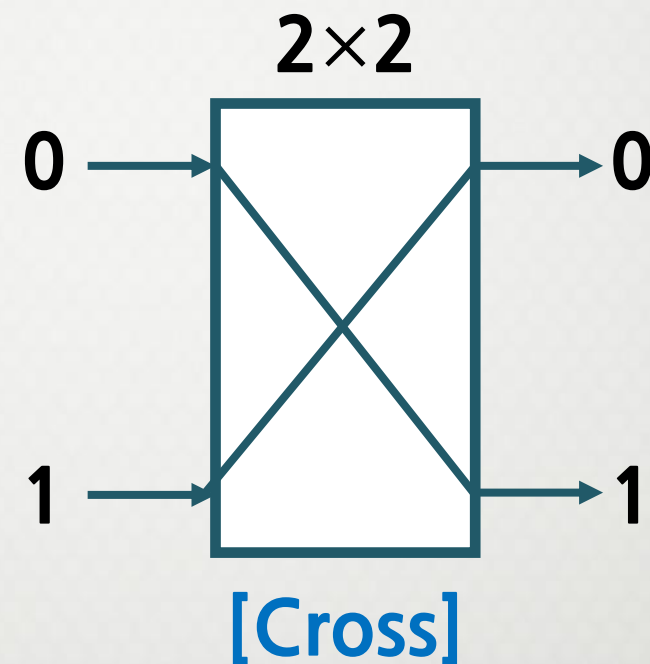
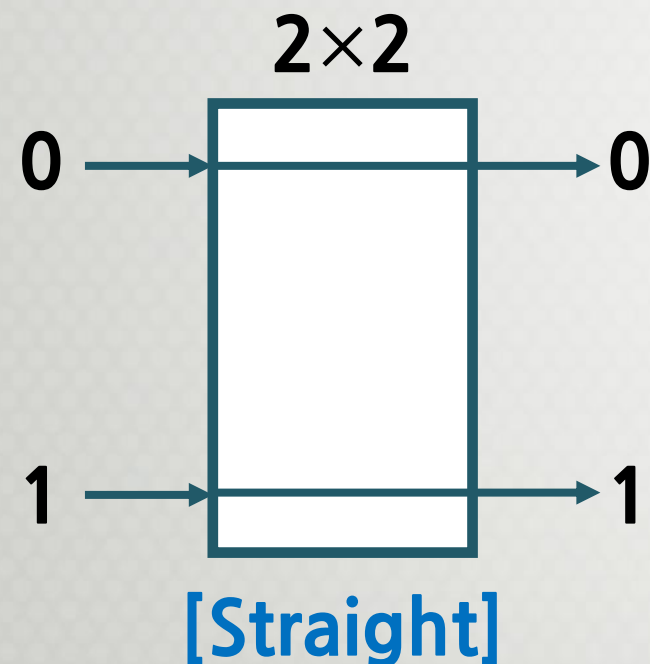
- » 각 스테이지가 2진-스위치(2×2)들로 구성되고 입력단과 출력단의 수가 각각 N 개인 경우
- » 요구되는 단계(Stage)의 수
→ $s = \log_2 N$
- » 각 단계의 스위치들의 수
→ $m = \frac{N}{2}$
- » 따라서 전체 스위치의 총 개수
→ $t = \frac{N}{2} \log_2 N$

상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
- 오메가 네트워크(Omega Network)의 라우팅 알고리즘

» Source node 번호의 2진수 표현: $SRC = s_{n-1}, \dots, s_1, s_0$
» Destination node 번호의 2진수 표현: $DST = d_{n-1}, \dots, d_1, d_0$

$s_i = d_i$	Stage i의 스위치 연결 → Straight
$s_i \neq d_i$	Stage i의 스위치 연결 → Cross



상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
- 오메가 네트워크(Omega Network)의 라우팅 알고리즘

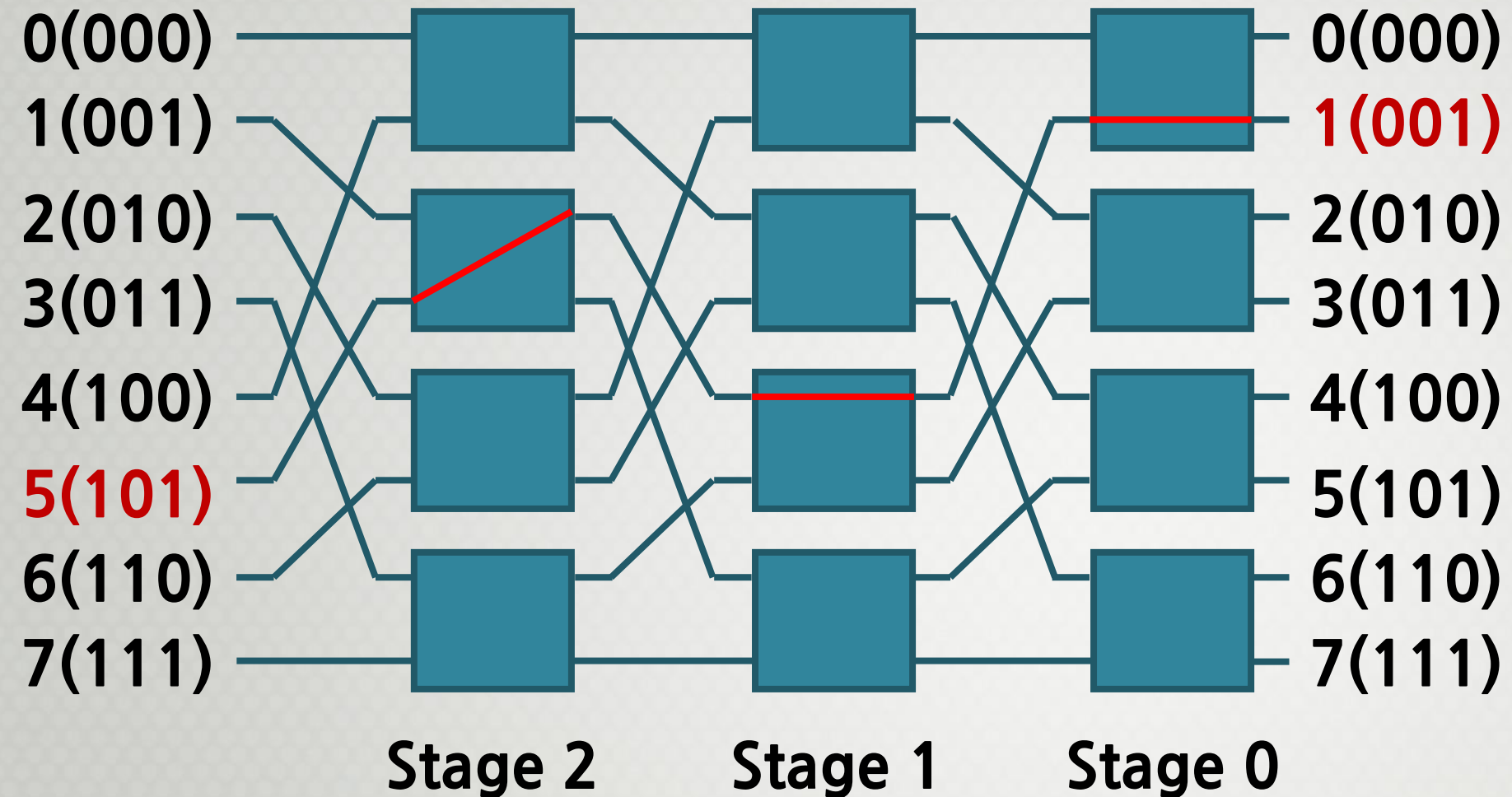
Ex) SRC=5(101)과 DST=1(001) 사이의 경로 설정

$(s_2=1) \oplus (d_2=0) = 1$	Stage 2 → Cross
$(s_1=0) \oplus (d_1=0) = 0$	Stage 1 → straight
$(s_0=1) \oplus (d_0=1) = 0$	Stage 0 → straight

상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
- 오메가 네트워크(Omega Network)의 라우팅 알고리즘

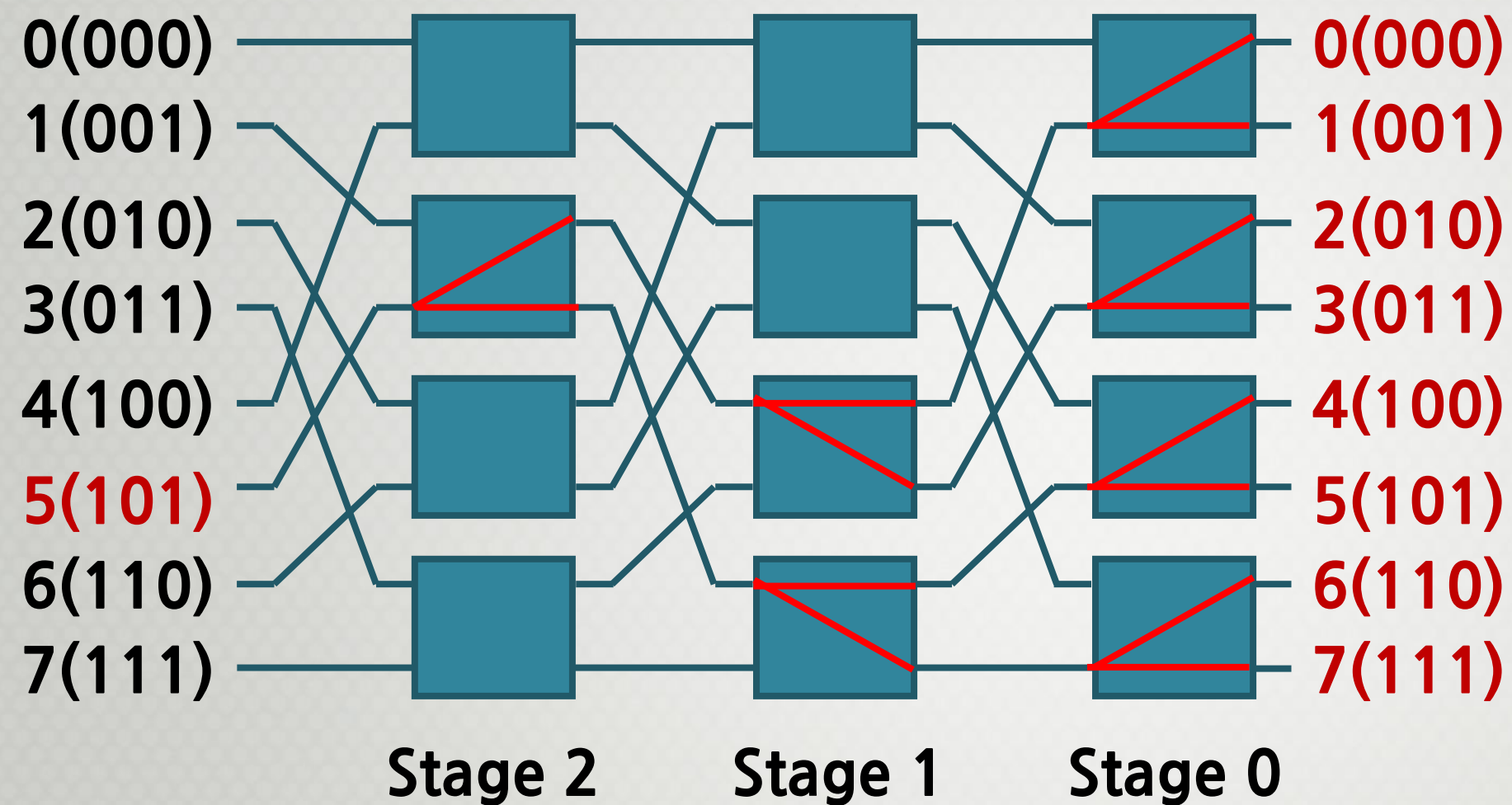
Ex) SRC=5(101)과 DST=1(001) 사이의 경로 설정



상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
- 오메가 네트워크(Omega Network)의 라우팅 알고리즘

Ex) SRC=5(101) 로 부터 모든 DST=0(000) ~ 7(111)까지
경로 설정 → **Broadcast**



상호연결 네트워크 구조

- 동적 상호연결 네트워크(dynamic interconnection network)
 - 크로스바 스위치(Crossbar Switch)

» 프로세서들과 기억장치들 간의 **완전 연결(Full Connectivity)**
» 하드웨어가 복잡하므로 비용이 많이 증가한다.

