



하나의 그룹 **FH/FDMA** 시스템에서 겹쳐지는 슬롯 수에 따른 성능분석

구정우

jwku@eve.yonsei.ac.kr

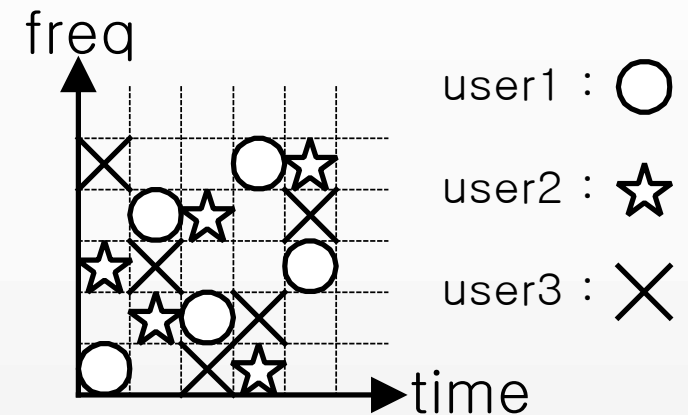
2000. 4. 27

Coding & Information Theory Lab.
Department of Electrical and Computer Engineering, Yonsei Univ.

1. 도입(Introduction)
2. 순방향 링크 **FH/FDMA System** 의 송신기
3. 문제 제기
4. 모의 실험/ 결과 분석
5. 결론

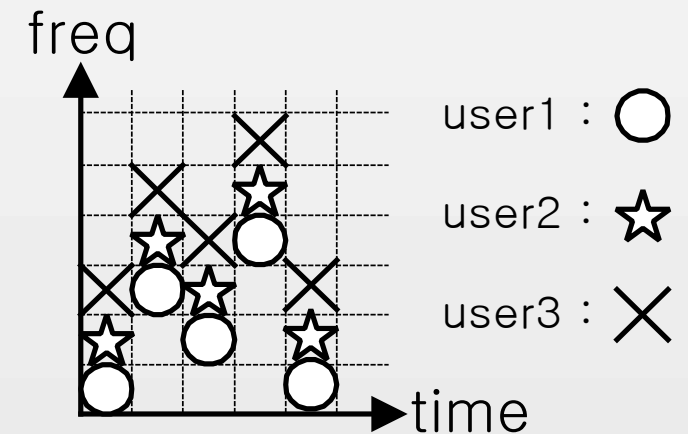
■ FH/CDMA 시스템이란 ?

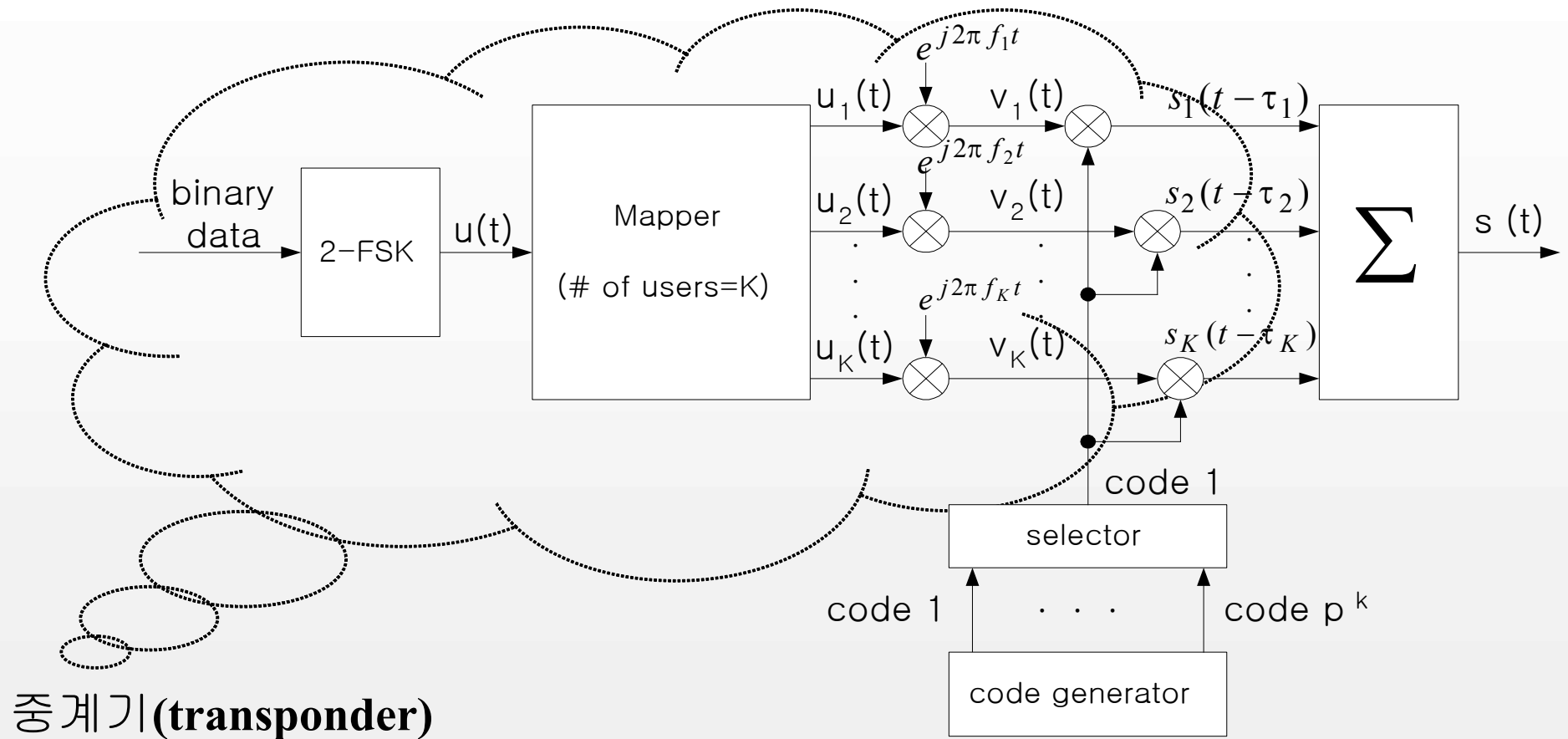
- ▶ 다중 사용자를 각각 다른 주파수 도약 패턴을 사용해서 구분



■ FH/FDMA 시스템이란 ?

- ▶ 다중 사용자를 주파수 분할방식으로 구분하고 그룹으로 묶어서 그룹별로 도약





- ▶ 통신위성체내 중계기(transponder)의 출력단에 해당
- ▶ **K**명의 사용자 신호를 동일한 도약패턴을 사용해서 그룹으로 전송

문제 제기(FDMA Group Hopping)

■ 주파수 도약 슬롯들의 직교를 보장했을 때 수신기의 검출 개념도

user1 : ○
user2 : ☆

hopping pattern

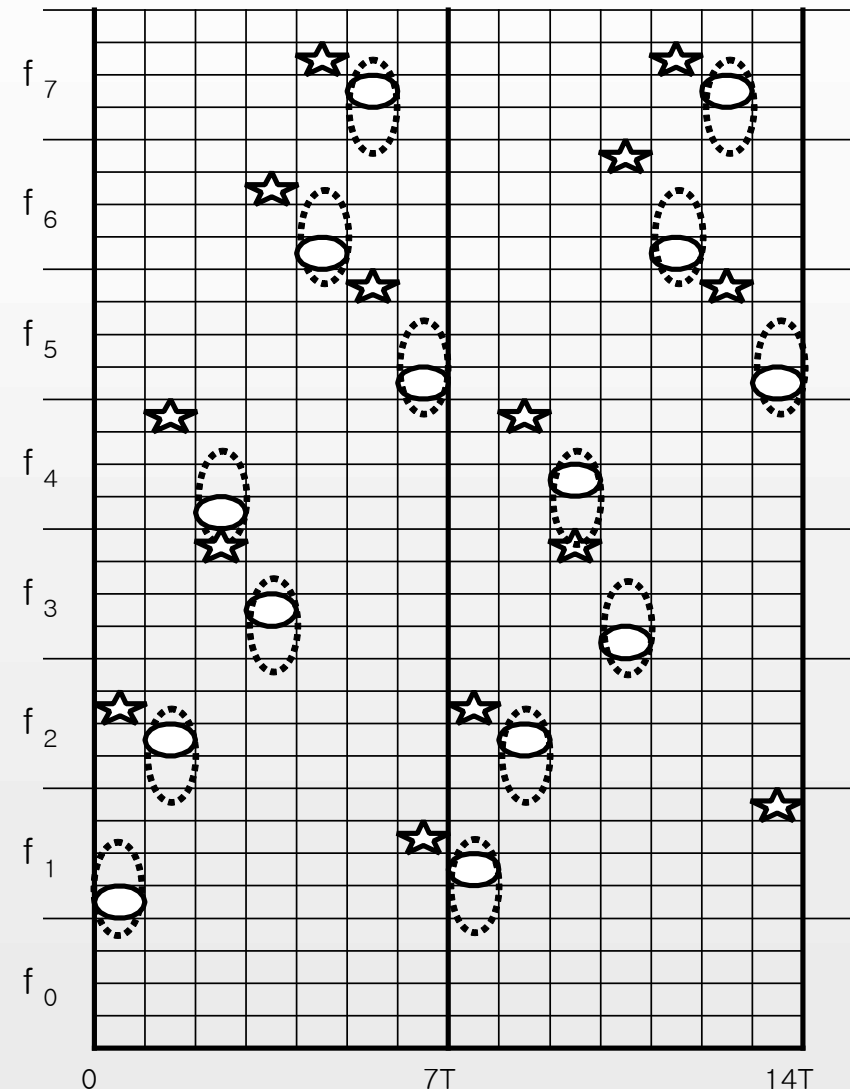
user1 : 1 2 4 3 6 7 5 1 2 4 3 6 7 5

user2 : 2 4 3 6 7 5 1 2 4 3 6 7 5 1

transmitted data bit

user1 : 0 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0

user2 : 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1



문제 제기(FDMA Group Hopping)

■ 주파수 도약 슬롯들이 비직교일 경우 수신기의 검출 개념도

user1 : ○

user2 : ☆

hopping pattern

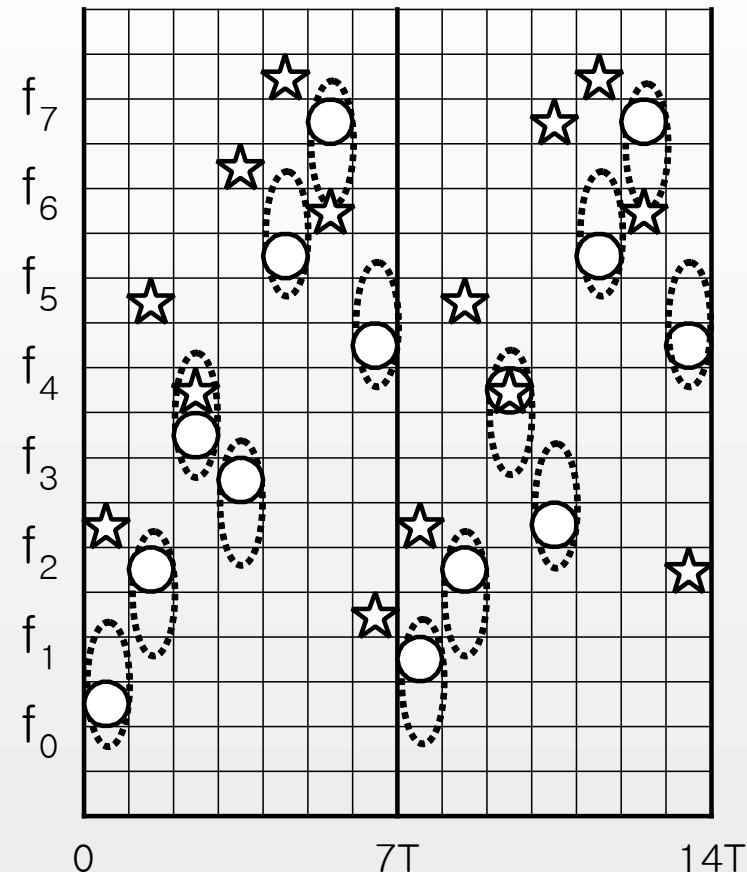
user1 : 1 2 4 3 6 7 5 1 2 4 3 6 7 5

user2 : 2 4 3 6 7 5 1 2 4 3 6 7 5 1

transmitted data bit

user1 : 0 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0

user2 : 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1



=> $\text{prob}(\text{error}|\text{when a hit occurs}) = 1/2$



=> $\text{prob}(\text{error}|\text{when a hit occurs}) = 0$

■ 앞의 두 그림에 대한 비교/ 분석

구분	직교성 보장	직교성 무시
user2 에 의한 hit	발생 안함	발생

of slots

■ 문제 제기

- ▶ 한정된 주파수 도약 대역폭 : 주파수 도약 심볼간의 직교성 불가능
- ▶ 주파수 도약 슬롯간의 겹침 현상 : 동기를 잃은 사용자에게 의한 **hit** 발생
- ▶ 실험을 통해 성능 저하를 최소화 하는 최적의 **q** 값을 제안하고자 함

모의 실험 / 결과 분석

■ 모의 실험에 적용된 파라미터/ 도약 패턴/ 실험 방법

- ▶ 시스템의 주파수 도약 대역폭에 따른 직교 주파수 도약 슬롯 수(q_{ortho})

구분	2-FSK	4-FSK
data rate		

- ▶ 주파수 도약 패턴(Lempel-Greenberger 방법 이용)

- 차수 $n = 9$ 이고, 원시 다항식 $h(x) = x^9 + x^4 + 1$
- 도약 시퀀스 특성 : $q=2^k$ ($k=3, 4, \dots, 9$), $L=511$, $H_{\max}(F)=2^{9-k}$, $N=2^k$

- ▶ **2-FSK**에서 주파수 도약 대역폭과 주파수 도약 패턴 심볼의 크기에 따른 겹쳐지는 슬롯 수
of overlapping slots,

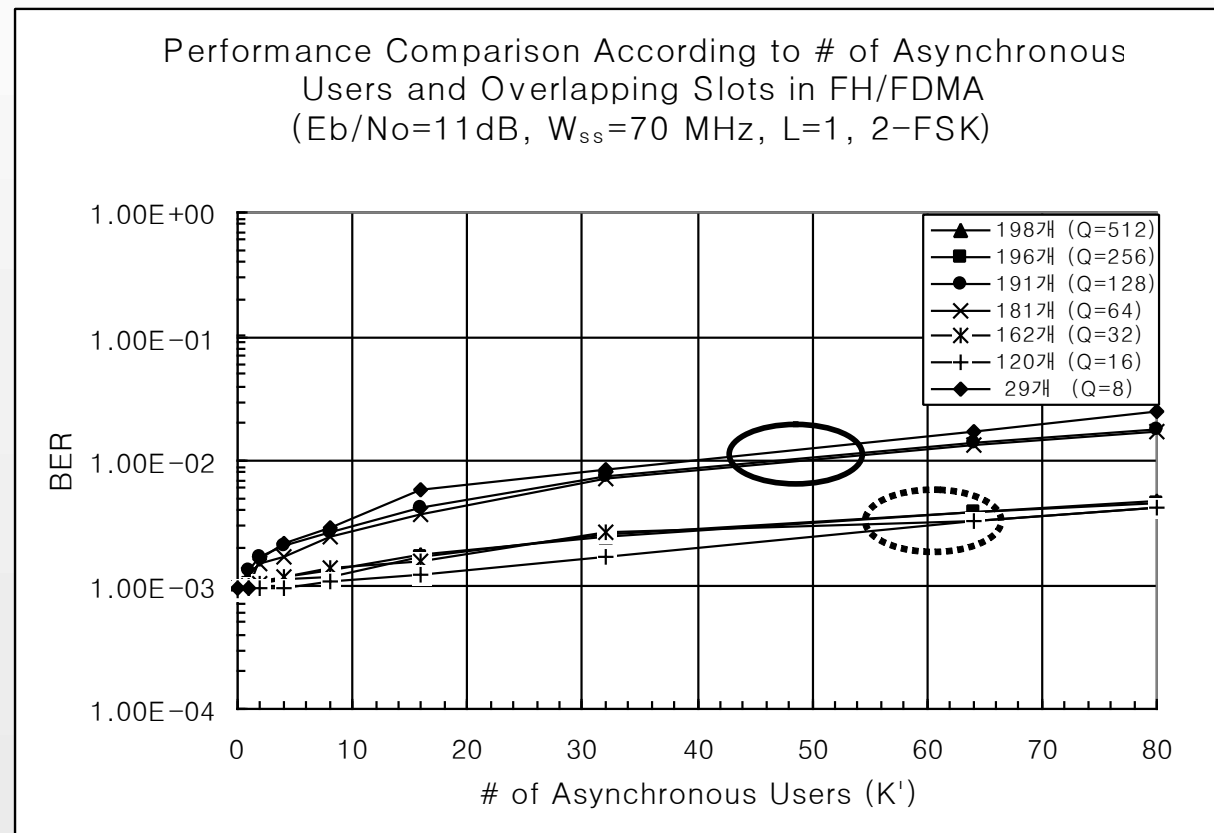
- ▶ **4-FSK**에서 주파수 도약 대역폭과 주파수 도약 패턴 심볼의 크기에 따른 겹쳐지는 슬롯 수

Ref. 겹쳐지는 슬롯 수 : $N_{slot} = KM - \left\lfloor \frac{KM(q_{ortho} - 1)}{q - 1} \right\rfloor$, ($N_{slot} > 0$ 인 정수)

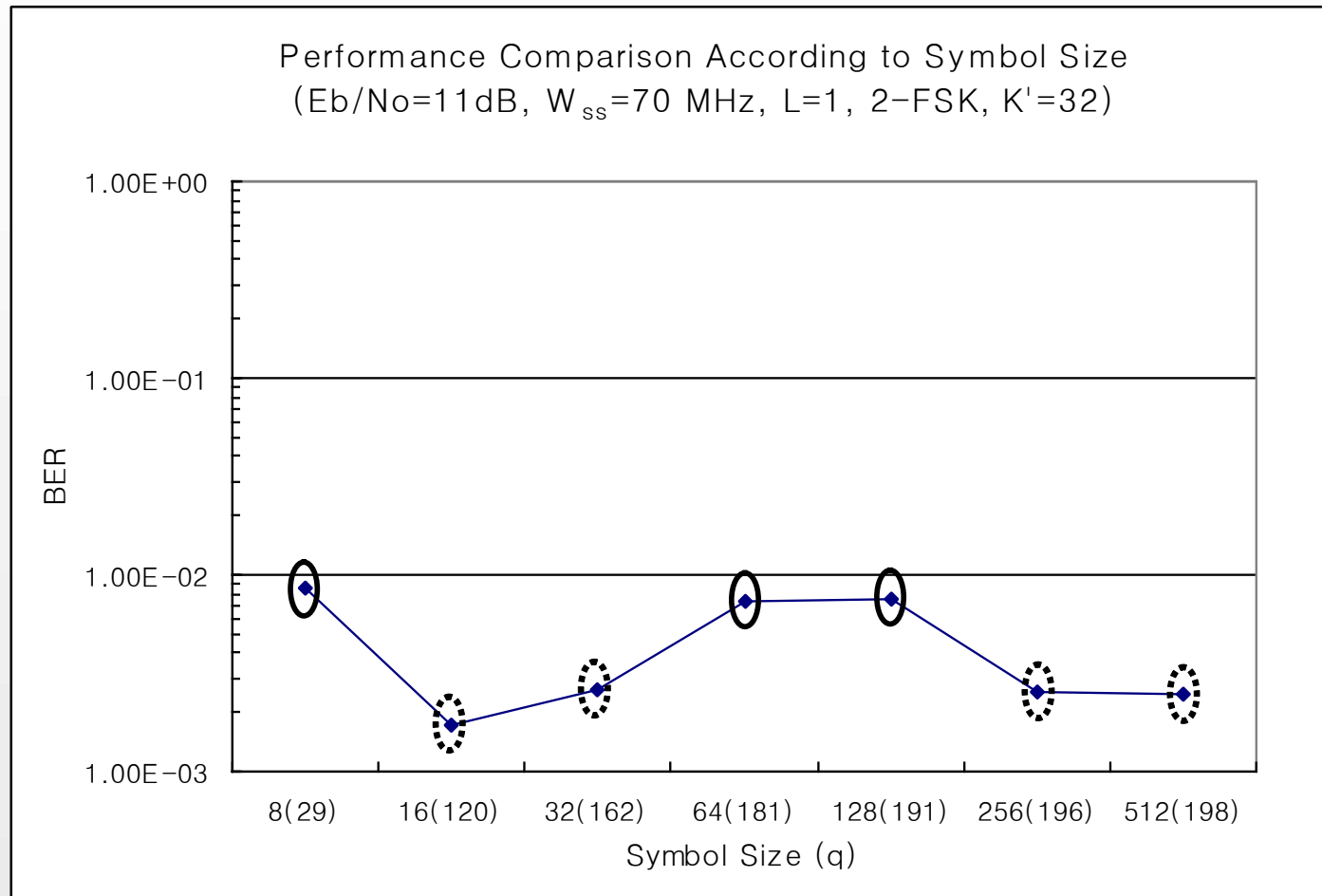
■ 2-FSK일 때 성능 분석

▶ $w_{ss} = 70 \text{ MHz}$

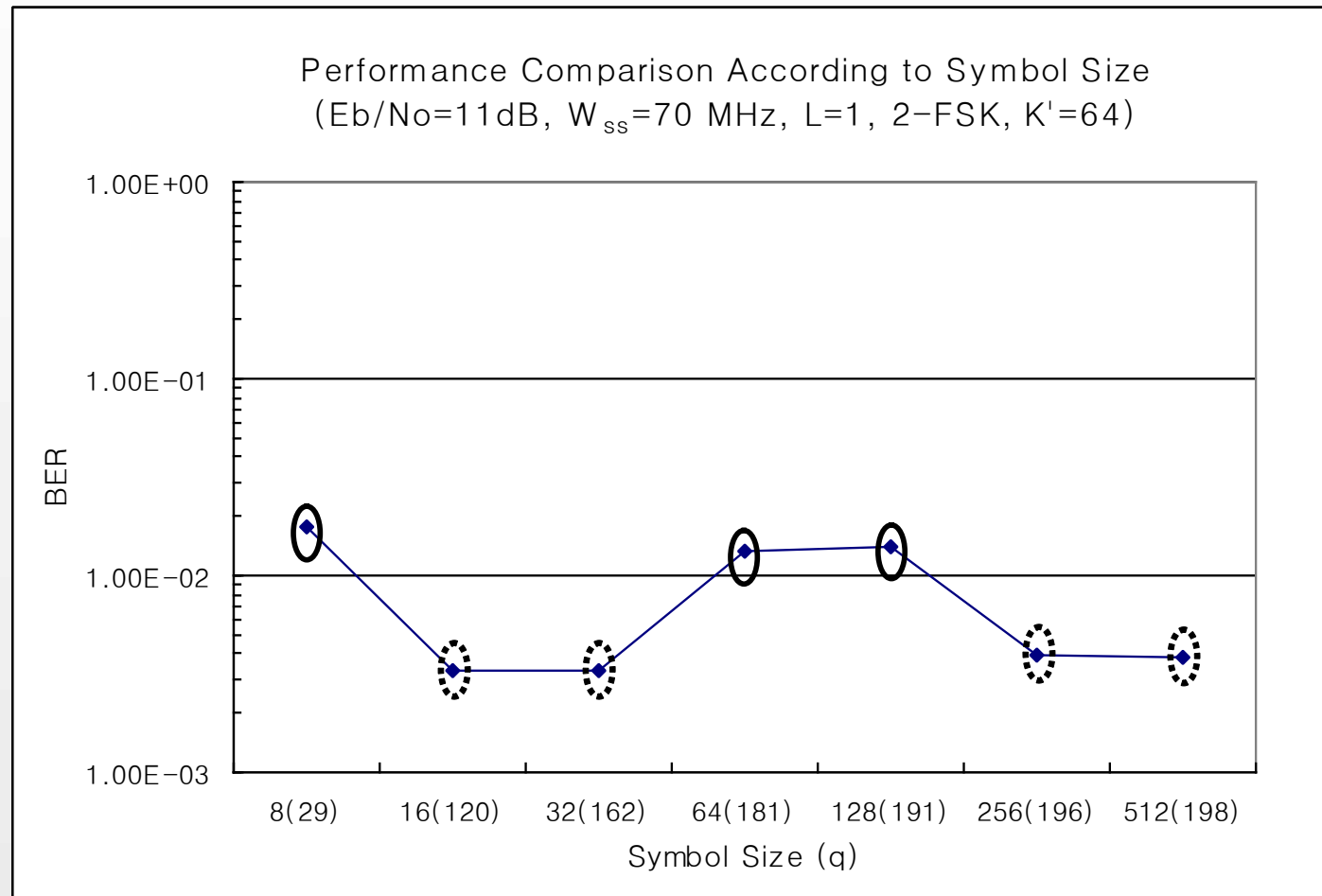
- 동기를 잃은 사용자 수와 겹쳐지는 슬롯 수에 따른 결과



- $K'=32$ 일 때 주파수 도약 심볼 크기에 따른 결과



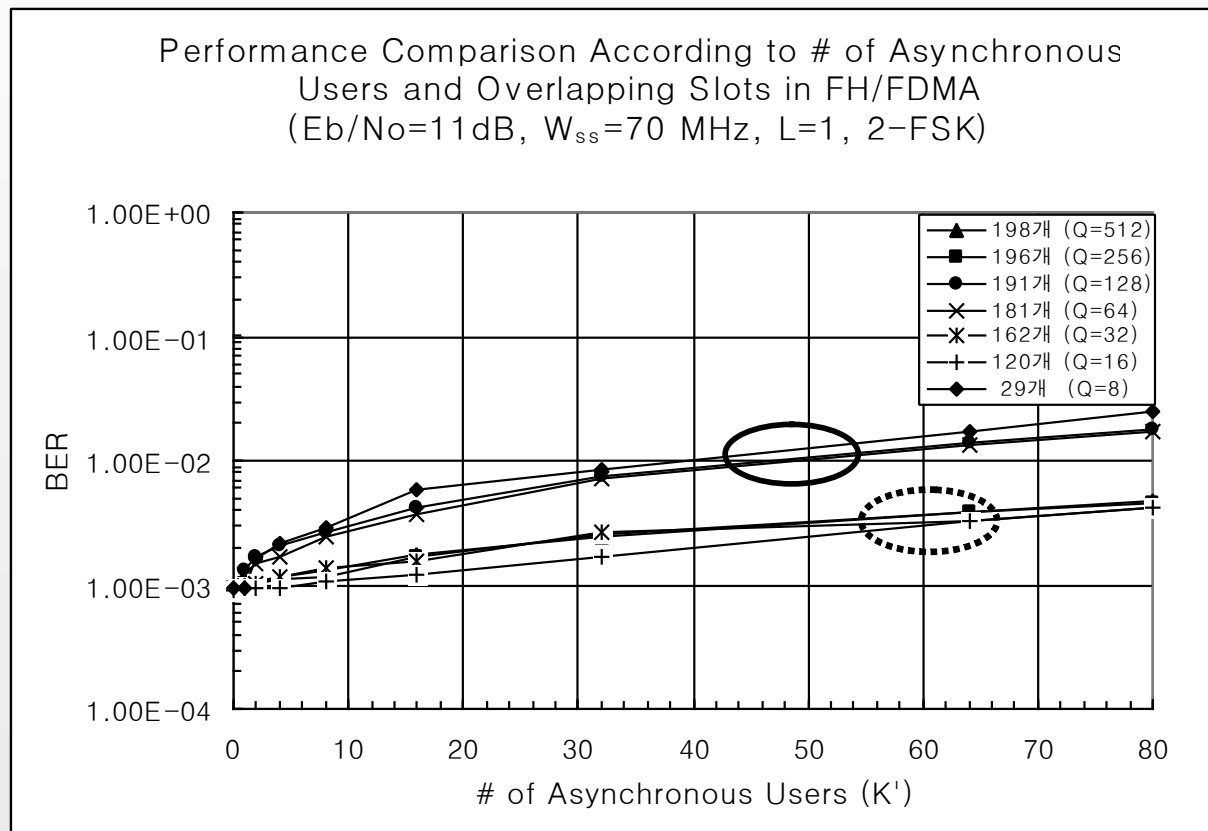
- $K'=64$ 일 때 주파수 도약 심볼 크기에 따른 결과



■ 2-FSK일 때 성능 분석

▶ $w_{ss} = 70 \text{ MHz}$

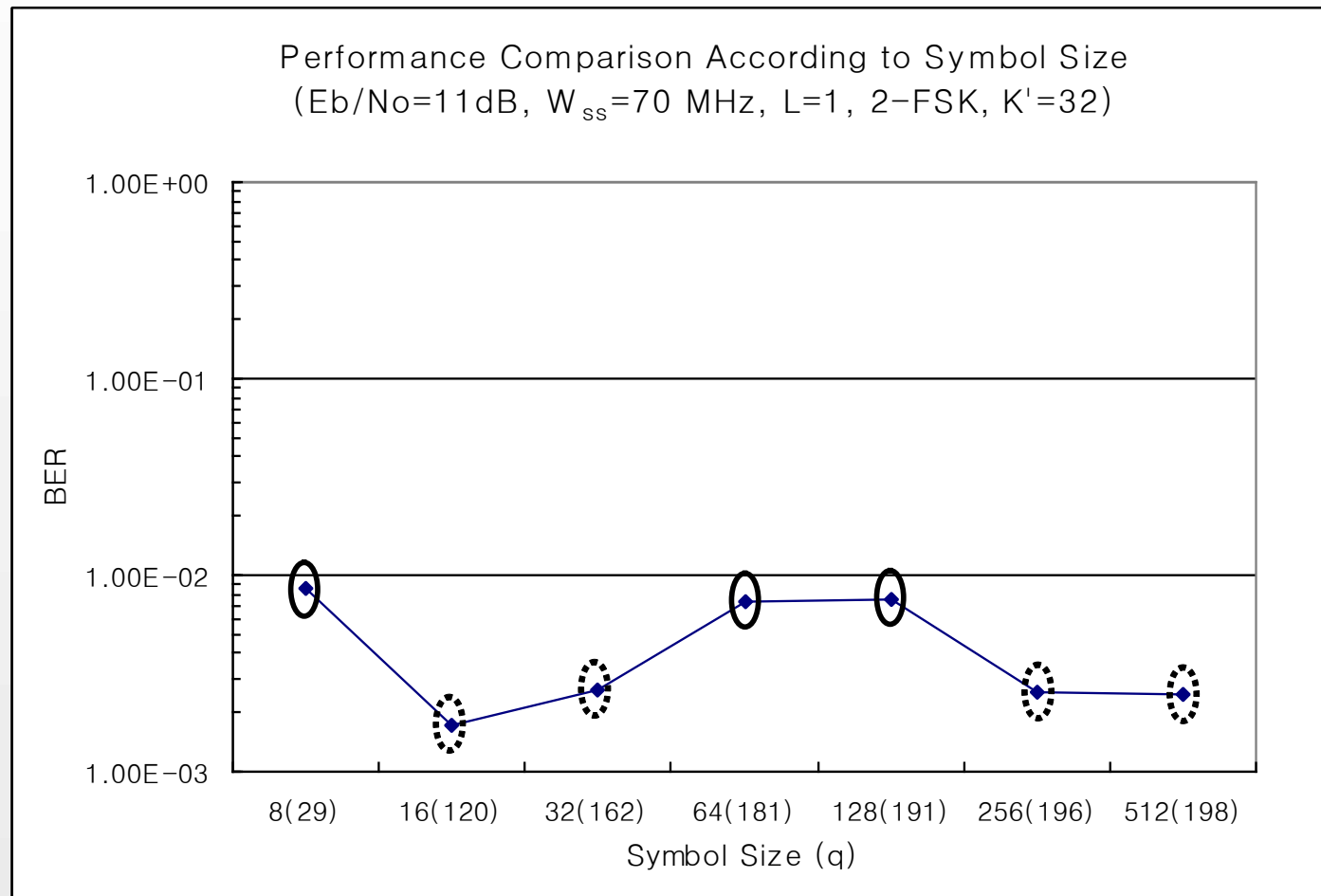
- 동기를 잃은 사용자 수와 겹쳐지는 슬롯 수에 따른 결과



○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 1$)

○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 0$)

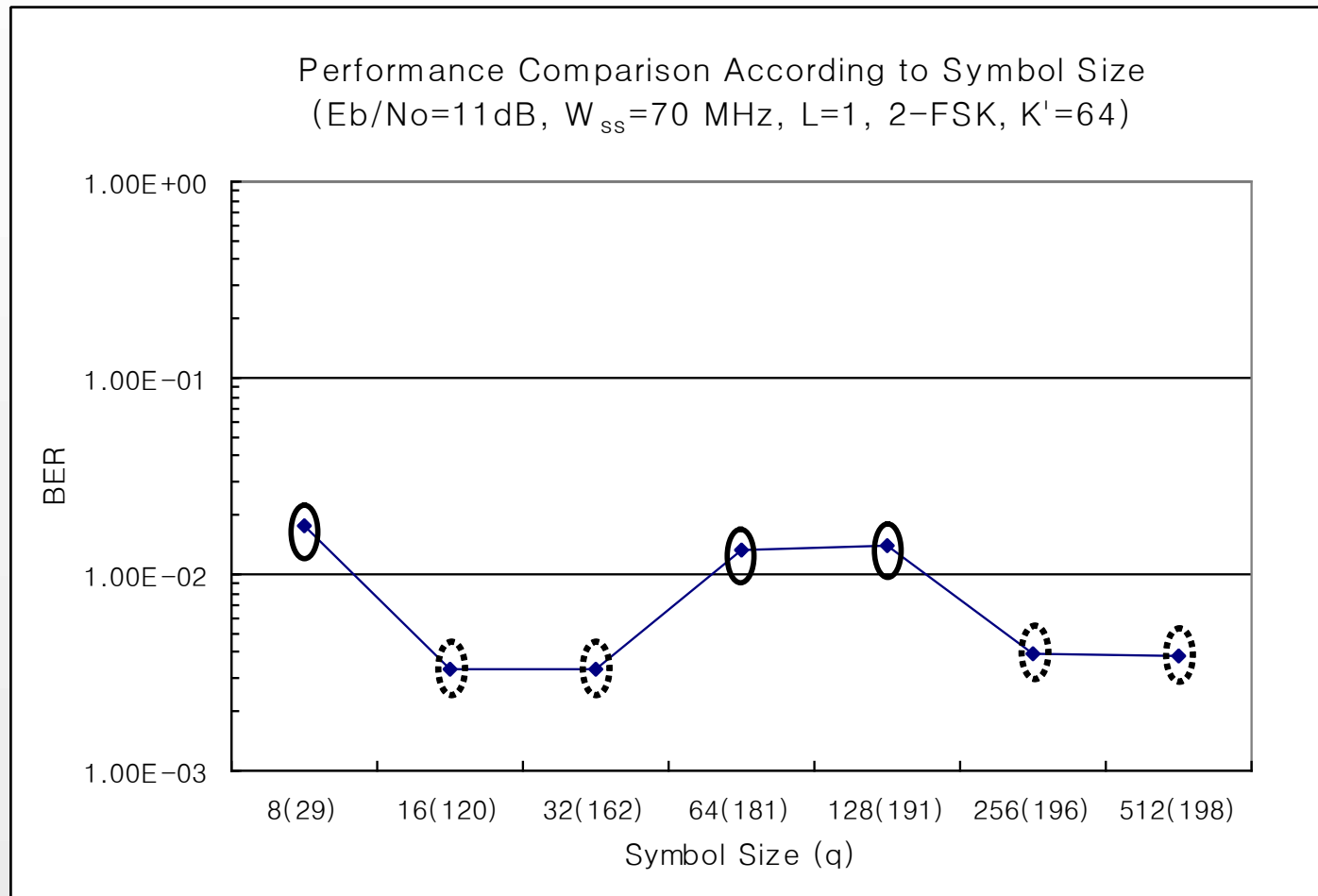
- $K'=32$ 일 때 주파수 도약 심볼 크기에 따른 결과



$$\bigcirc \quad (N_{slot} \bmod 2) \equiv 1$$

$$\bigodot \quad (N_{slot} \bmod 2) \equiv 0$$

- $K'=64$ 일 때 주파수 도약 심볼 크기에 따른 결과

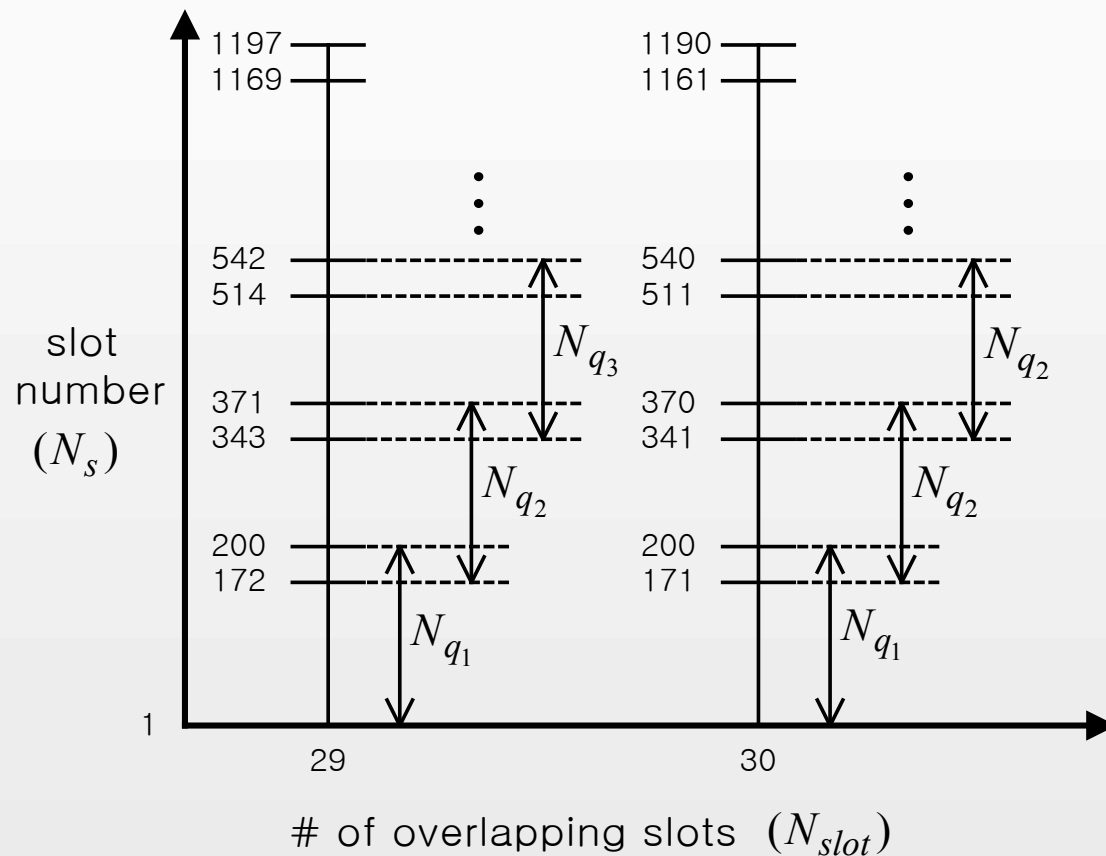


$$\bigcirc \quad (N_{slot} \bmod 2) \equiv 1$$

$$\bigodot \quad (N_{slot} \bmod 2) \equiv 0$$

• 결과 분석

(1) 왜 $(N_{slot} \bmod 2) \equiv 0$ 인 경우가 $(N_{slot} \bmod 2) \equiv 1$ 인 경우보다 성능이 우수한가 ?



주파수 도약 슬롯 수 $q=8$,

사용자 수 $K=100$,

user1이 위치한 주파수 도약 슬롯 = q_2

⇒ $N_{slot} = 29 \ ((N_{slot} \bmod 2) \equiv 1)$

→ user1의 슬롯 위치 : $N_s=172(0)$ or $173(1)$

→ user1을 hit할 가능성이 있는 사용자의 슬롯 위치

: user86 ($N_s=171$ or 172)

: user87 ($N_s=\underline{173}$ or 174)

→ $p_h (K'=1) = 2/99 \times \text{Prob(Async. users exist in } q_{i-1} \text{ and user1 exists in } q_i)$

⇒ $N_{slot} = 30 \ ((N_{slot} \bmod 2) \equiv 0)$

→ user1의 슬롯 : $N_s=171(0)$ or $172(1)$

→ user1을 hit할 가능성이 있는 사용자의 슬롯

: user86 ($N_s=\underline{171}$ or 172)

→ $p_h (K'=1) = 1/99 \times \text{Prob(Async. users exist in } q_{i-1} \text{ and user1 exists in } q_i)$

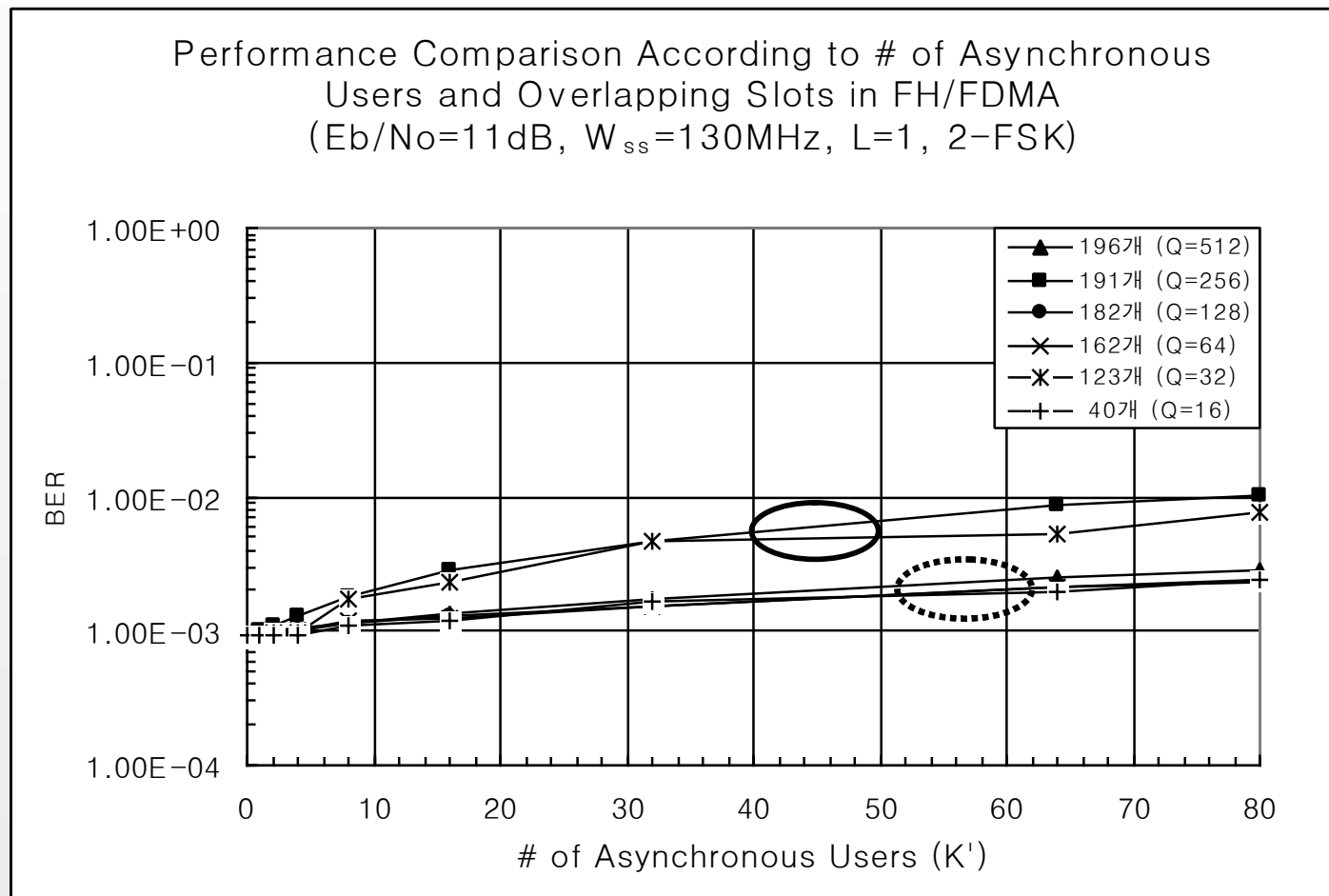
Note : $N_{slot} = 30$ 일 때 성능 우수

(2) 왜 $(N_{slot} \bmod 2)$ 의 값이 동일할 때 성능이 비슷한가 ?

⇒ q 의 증가 : # of overlapping slots, N_{slot} 이 증가하므로 성능 저하를 가져옴

⇒ q 의 증가 : 주파수 도약 패턴의 **processing gain**을 증가시키므로 성능 향상을 가져옴

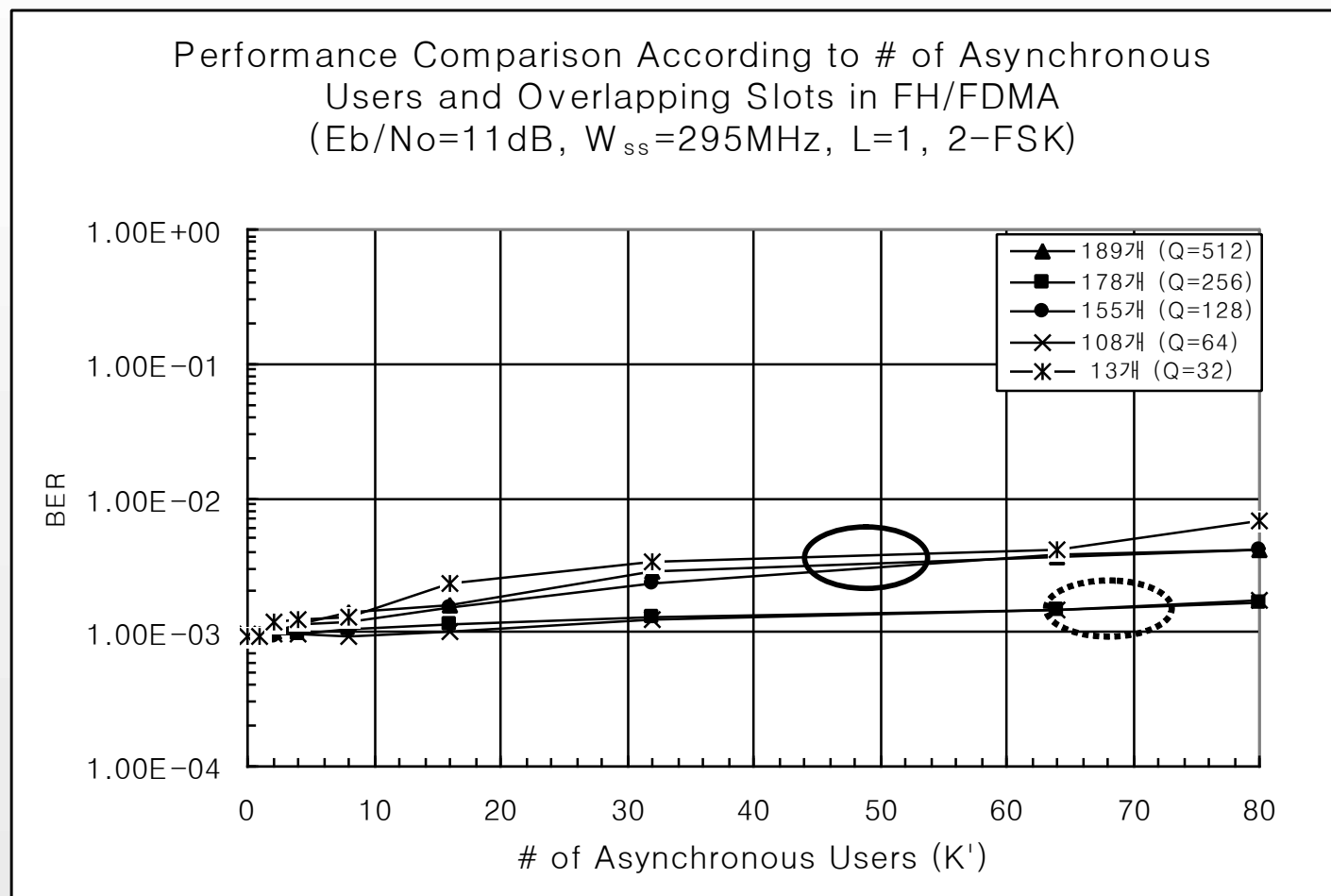
▶ $w_{ss} = 130 \text{ MHz}$



○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 1$)

○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 0$)

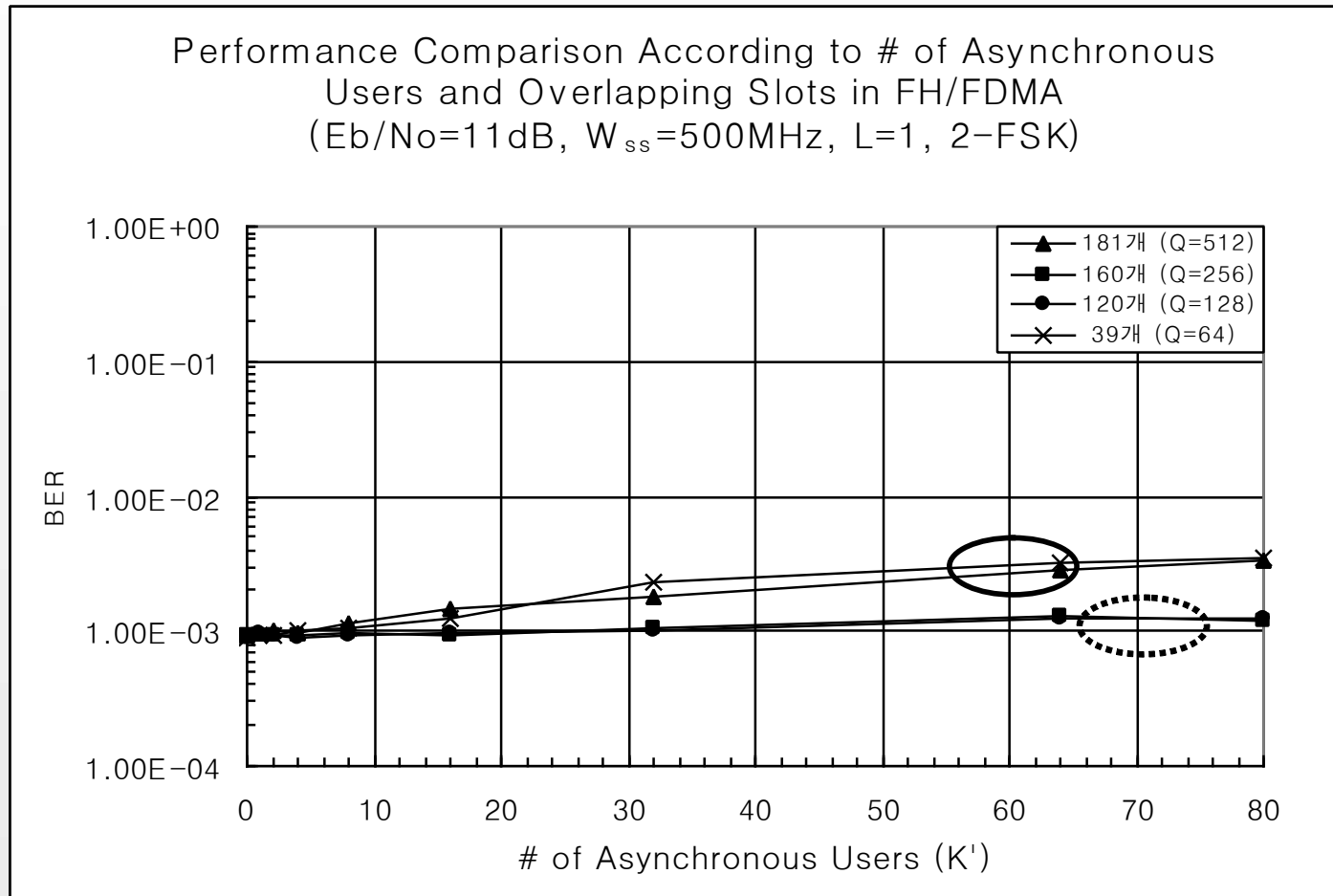
▶ $w_{ss} = 295 \text{ MHz}$



○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 1$)

○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 0$)

▶ $w_{ss} = 500 \text{ MHz}$



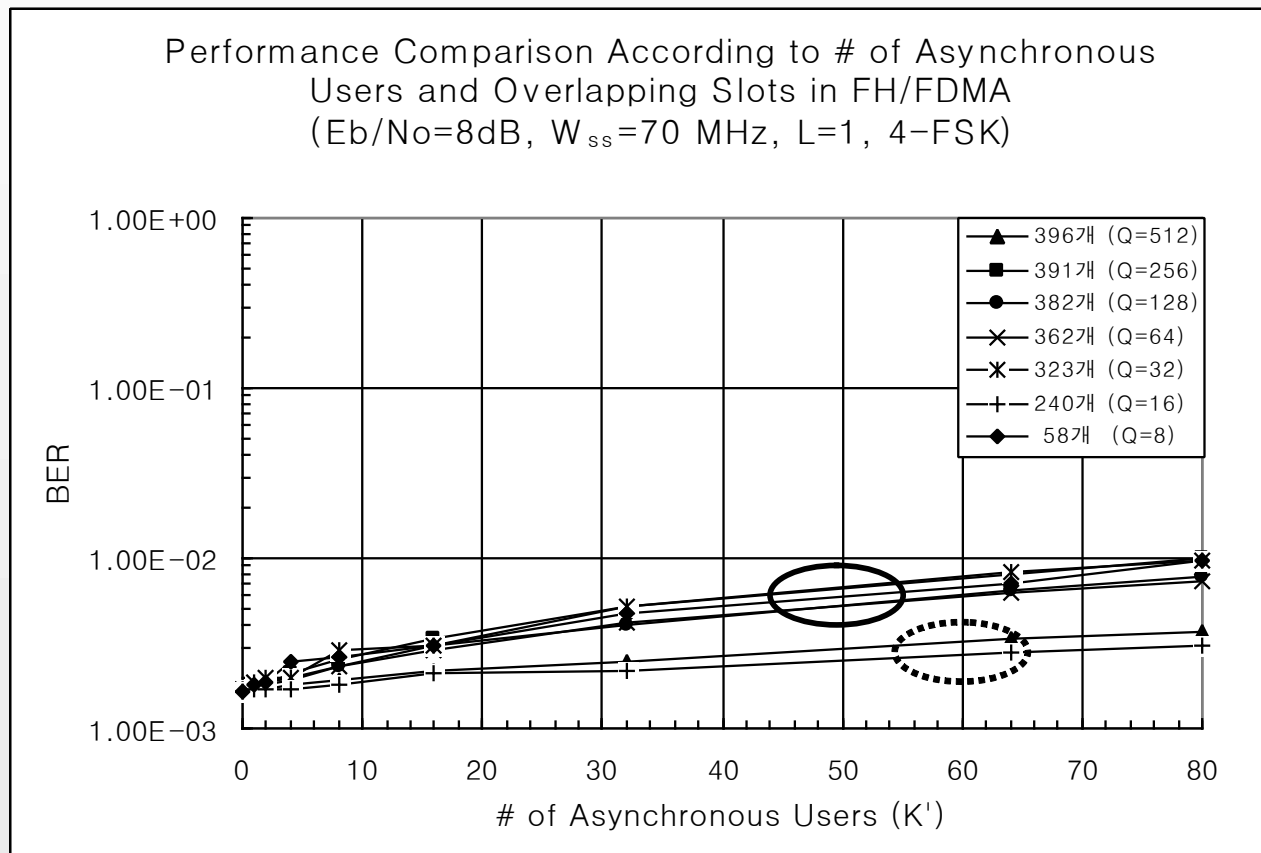
○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 1$)

○ ($N_{slot} \bmod 2 \equiv 0$)

■ 4-FSK일 때 성능 분석

▶ $w_{ss} = 70 \text{ MHz}$

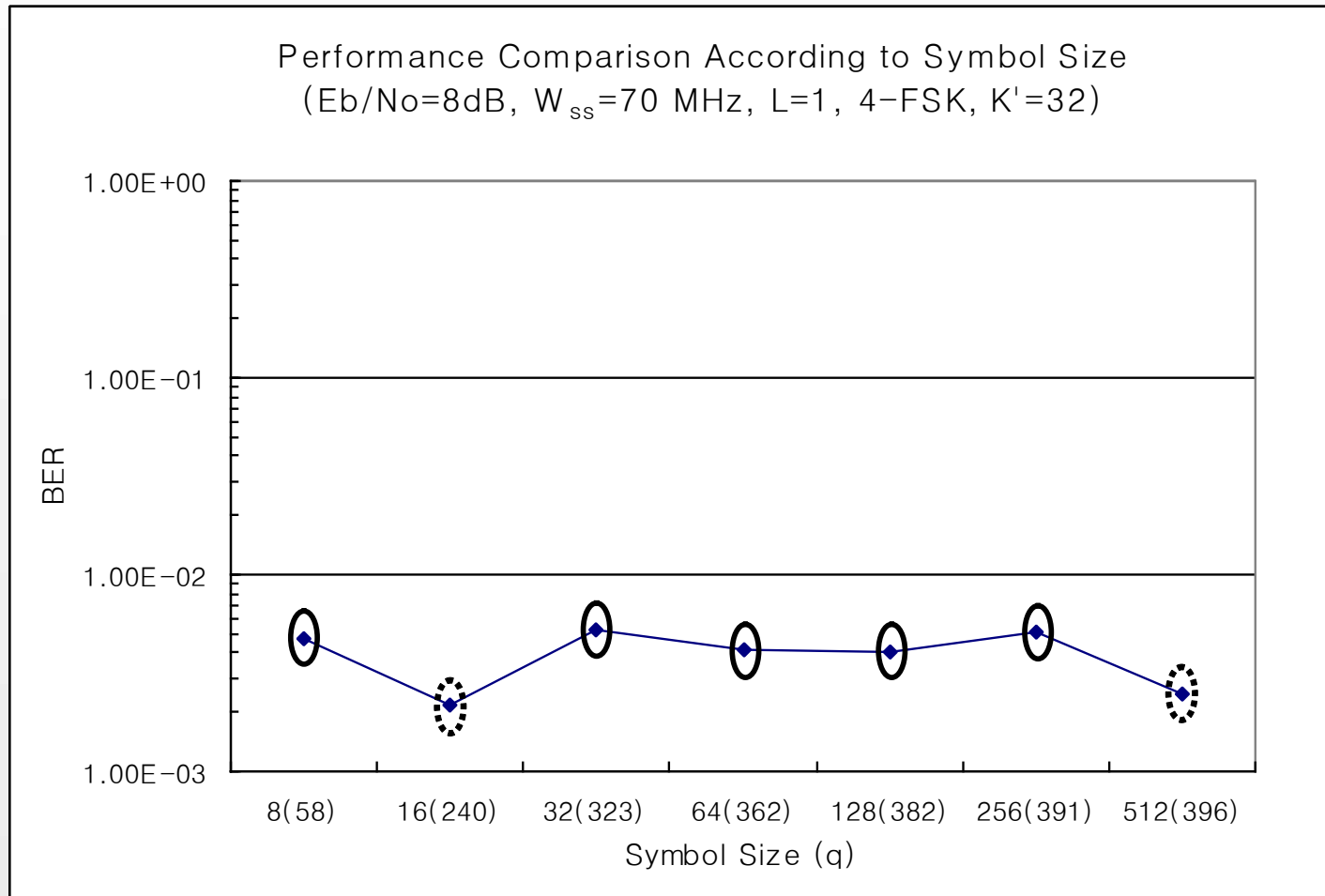
- 동기를 잃은 사용자 수와 겹쳐지는 슬롯 수에 따른 결과



○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 2,3$)

○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 0$)

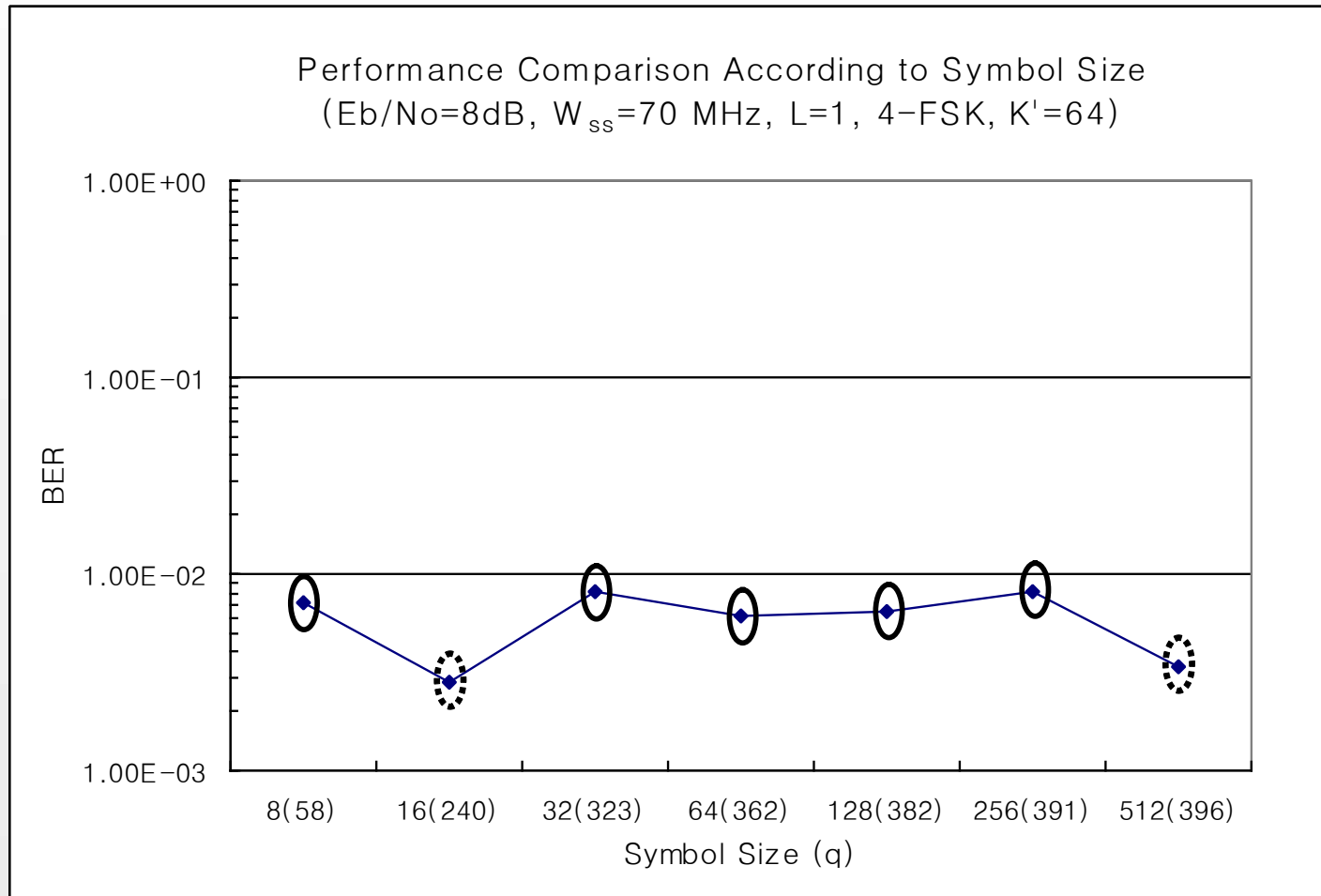
- $K'=32$ 일 때 주파수 도약 심볼 크기에 따른 결과



$\bigcirc$ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 2,3$)

$\bigodot$ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 0$)

- $K'=64$ 일 때 주파수 도약 심볼 크기에 따른 결과



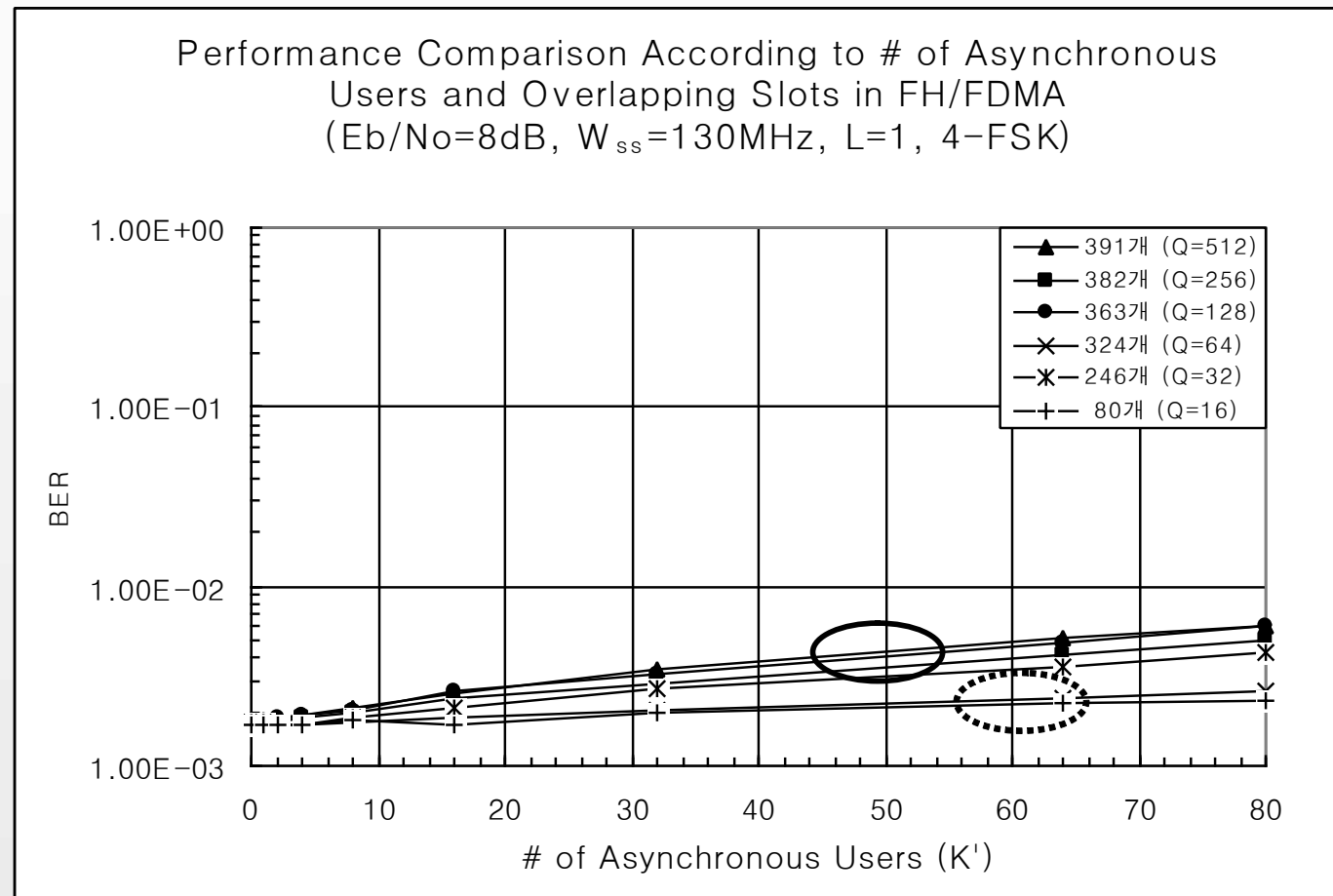
○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 2,3$)

⊘ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 0$)

- 결과 분석

(1) **2-FSK**와 마찬가지로 $(N_{slot} \bmod 4) \equiv 0$ 인 경우가 $(N_{slot} \bmod 4) \equiv 2, 3$ 보다
성능 우수

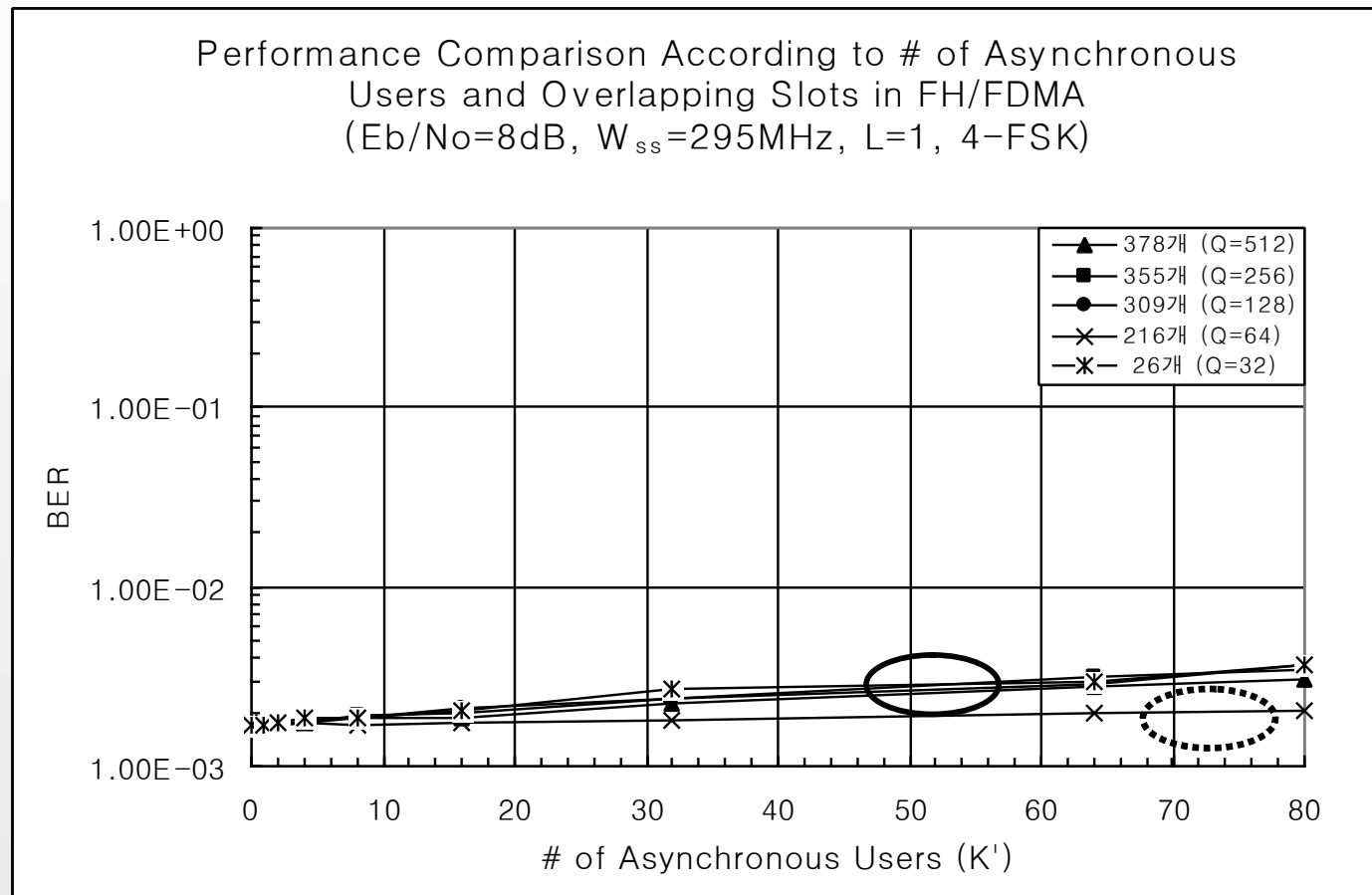
▶ $w_{ss} = 130 \text{ MHz}$



○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 2,3$)

○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 0$)

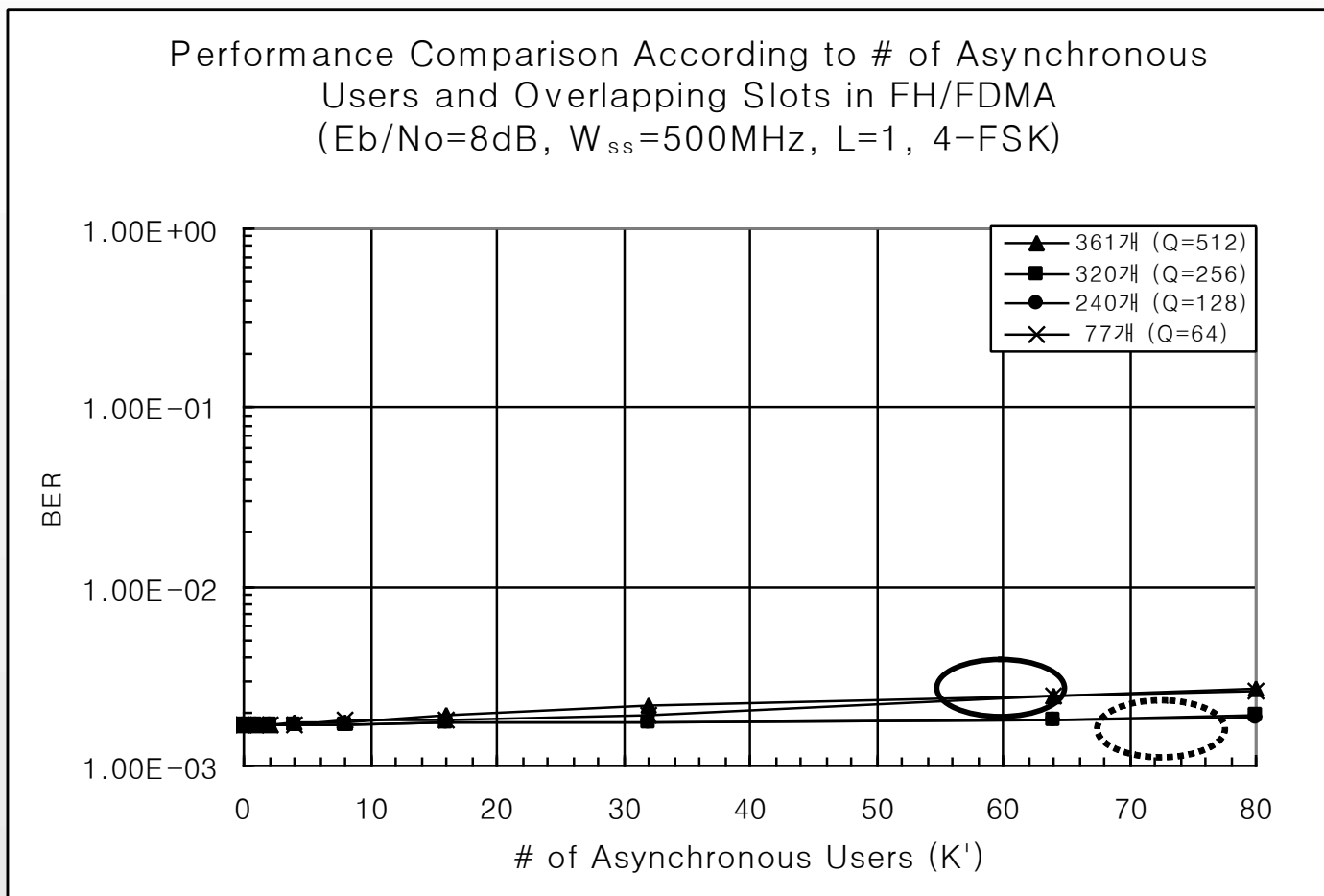
▶ $w_{ss} = 295 \text{ MHz}$



○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 1, 2, 3$)

⋯ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 0$)

▶ $w_{ss} = 500 \text{ MHz}$



○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 1$)

○ ($N_{slot} \bmod 4 \equiv 0$)

■ 2-FSK 시스템

- ▶ $(N_{slot} \bmod 2) \equiv 0$ 인 경우에 성능 우수
- ▶ $K' = 32$ 와 64 일 때 $(N_{slot} \bmod 2) \equiv 0$ 인 경우가 **noncoherent** 변조방식을 사용했을 때의 비슷한 **BER** 범위를 고려한다면, $(N_{slot} \bmod 2) \equiv 1$ 보다 대략 **1dB**의 이득이 있음

■ 4-FSK 시스템

- ▶ $(N_{slot} \bmod 4) \equiv 0$ 인 경우에 성능이 가장 우수
- ▶ $(N_{slot} \bmod 4) \equiv 0$ 인 경우가 다른 경우에 비해 대략 **1dB**의 이득이 있음

Note : M-ary FSK 변조방식을 택하는 **FH/FDMA** 시스템에서는 $(N_{slot} \bmod M) \equiv 0$ 을 만족하는 주파수 도약 슬롯 수 **q**를 선택해야 함

■ 위 결과에 대한 정확한 성능 분석은 계속 진행되어야 함