긴 코드 획득을 위한 폴딩 방식에 대한 연구

김강산*, 최효정*, 채상원*, 노홍준**, 송홍엽*

채널코딩 연구실 *
연세대학교 전기전자공학과

C4I 연구소 **
LIG Nex 1

제 34회 통신정보 합동학술대회

서론

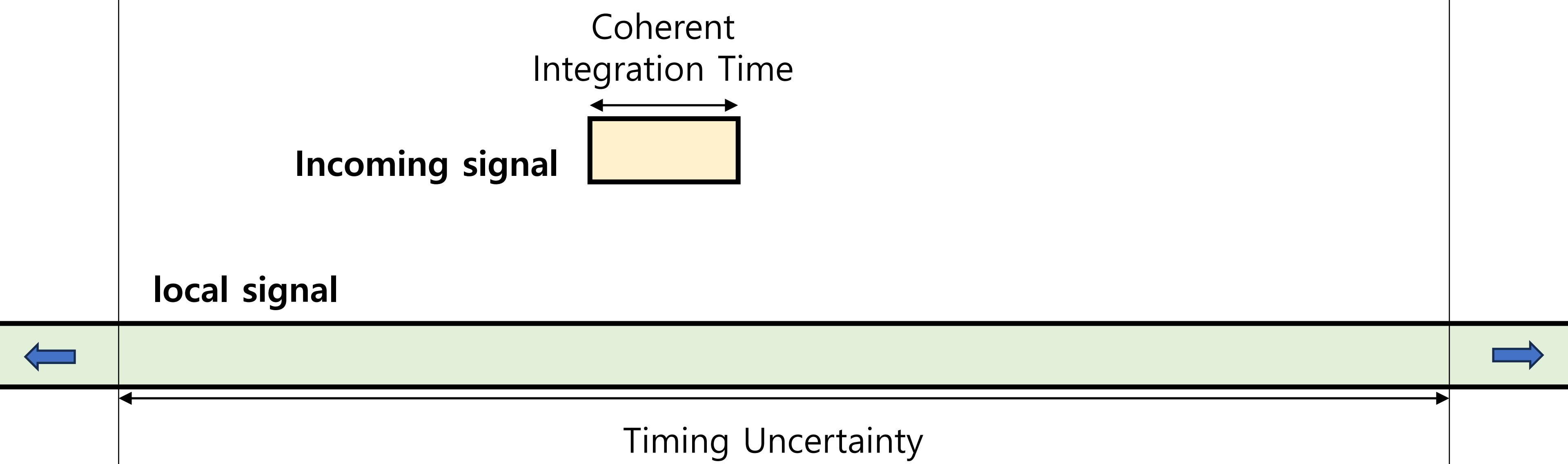
- 직접 수열 대역 확산(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)은 현재 통신 시스템에서 널리 활용되고 있음

- DSSS를 사용할 때 대역 확산 코드의 길이가 길어질수록 재밍이나 스푸핑에 강인하다고 알려져 있음.

- 따라서 강력한 보안성을 요구하는 통신 시스템에서는 매우 긴 길이의 대역 확산 코드가 고려되고 있음. (GPS P 코드의 경우 약 6.18×10^{12} chip)

- 본 논문에서는 긴 대역 확산 코드를 획득하는 방식에 대해 다룸

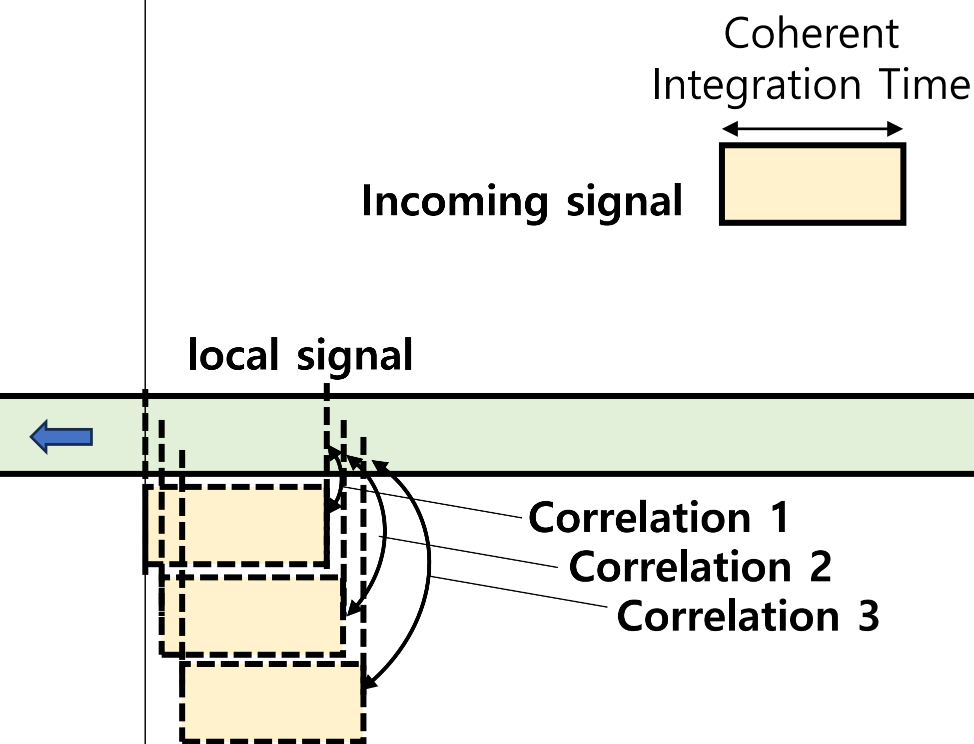
긴 코드 획득 문제



Incoming signal과 local signal의 동기 범위가
Timing Uncertainty로 주어졌을 때,

Coherent integration time 범위의 Incoming signal과
Local Signal을 이용하여 동기를 맞추어야 함.

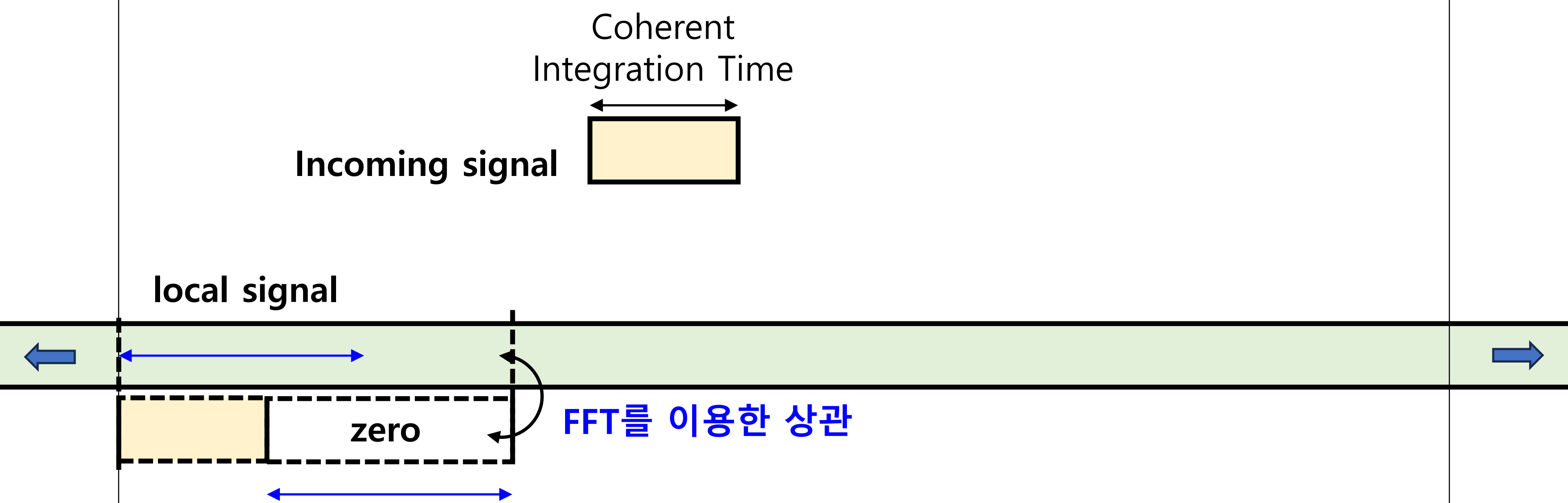
직렬 탐색 (Serial Search)



Phase 하나마다 correlation 계산을 하는 가장 기본적인 방식으로 매우 큰 계산량이 필요한 방식

계산량을 줄이기 위해 FFT 기반의 병렬 phase 탐색 방식이 필요함

Zero Padding 방식

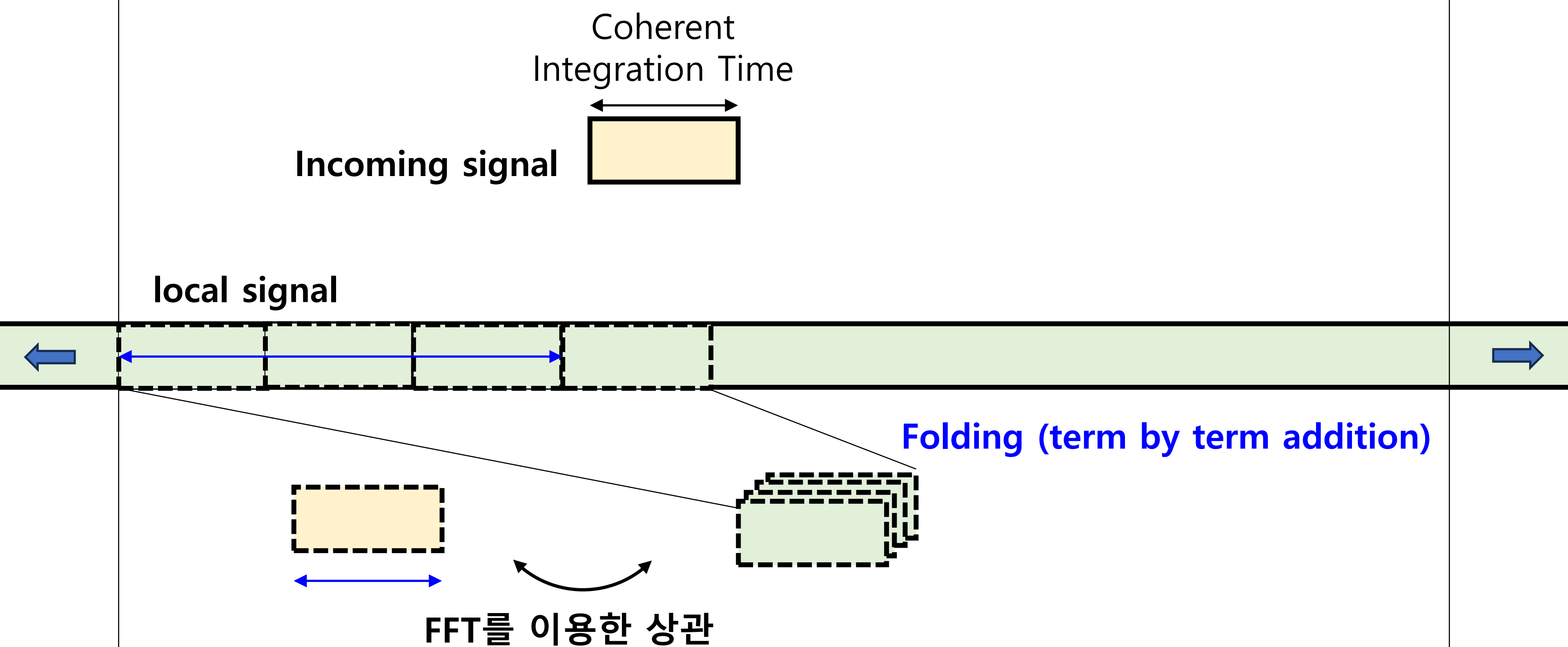


Incoming signal에 zero padding을 붙여
FFT를 이용한 상관을 진행함.

한번에 zero padding 길이만큼의 phase를 탐색할 수 있음.

한번에 FFT의 input 길이보다 작은 phase만큼만 탐색 가능

Extended replica acquisition search technique (XFAST)

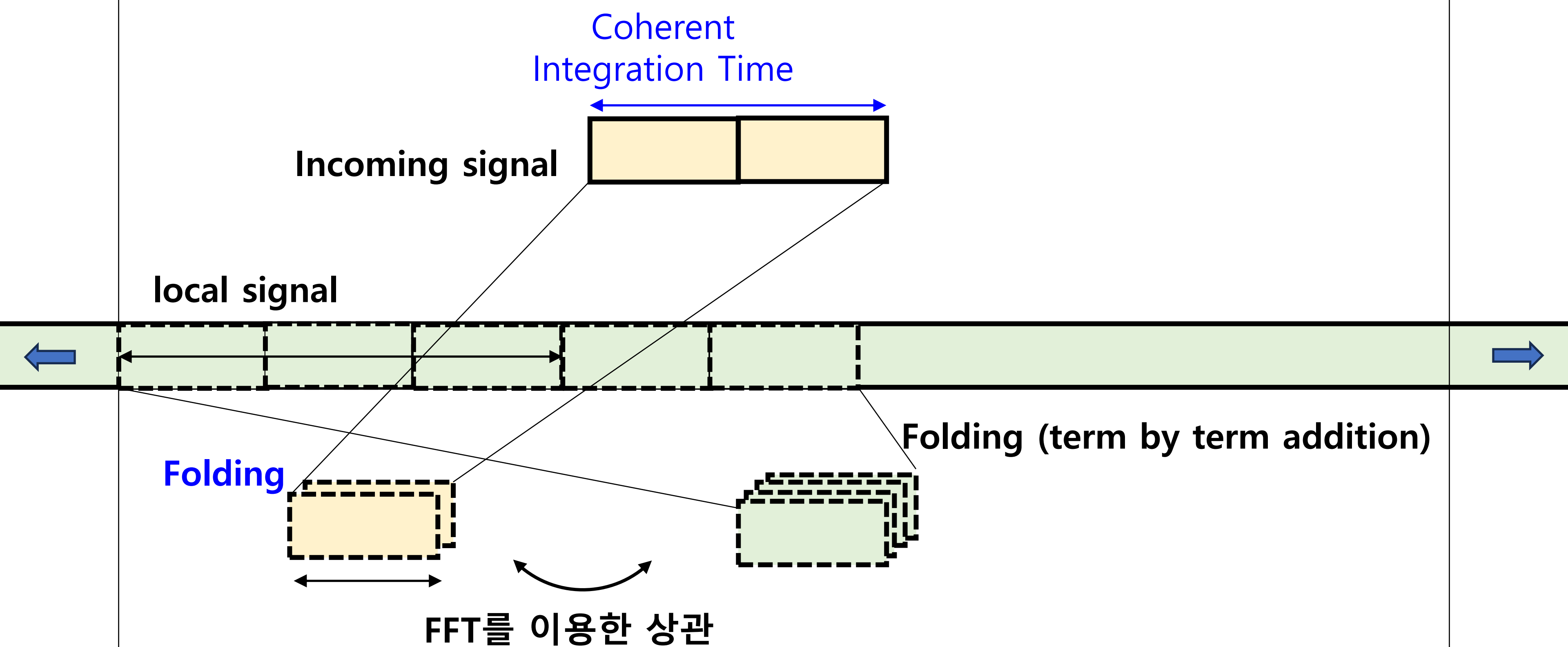


Local signal을 folding 시켜 incoming signa과 FFT 상관을 시키는 기법

한번에 FFT의 input 길이보다 긴 phase도 탐색 가능

[4] C. Yang, M. J. Vasquez, and J. Chaffee, "Fast direct P(Y)-code acquisition using XFAST," *in Proc. ION GPS*, Nashville, TN, 1999, pp. 317-324.

Dual Folding

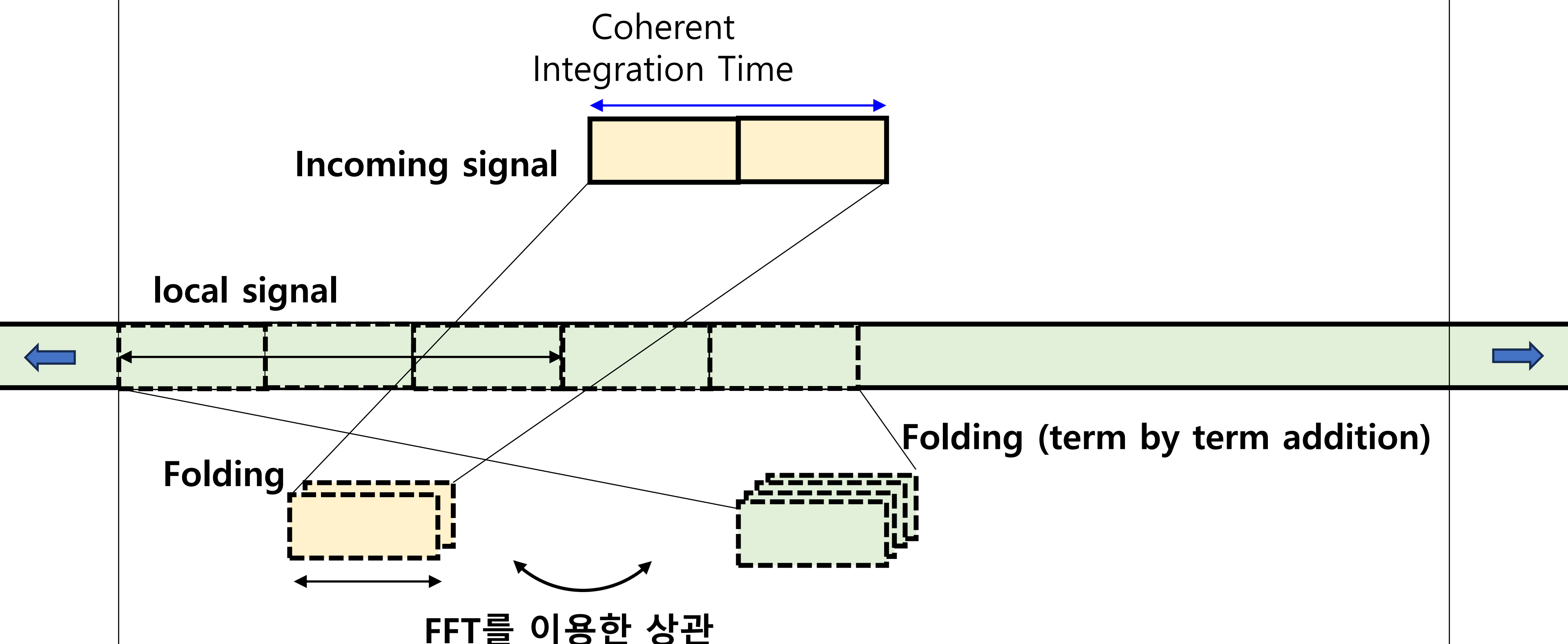


Local signal뿐만 아니라 Incoming signal도 folding 시켜 FFT 상관을 시키는 기법

XFAST의 확장된 개념으로 Coherent Integration Time에 따른 상관 이득을 얻을 수 있음

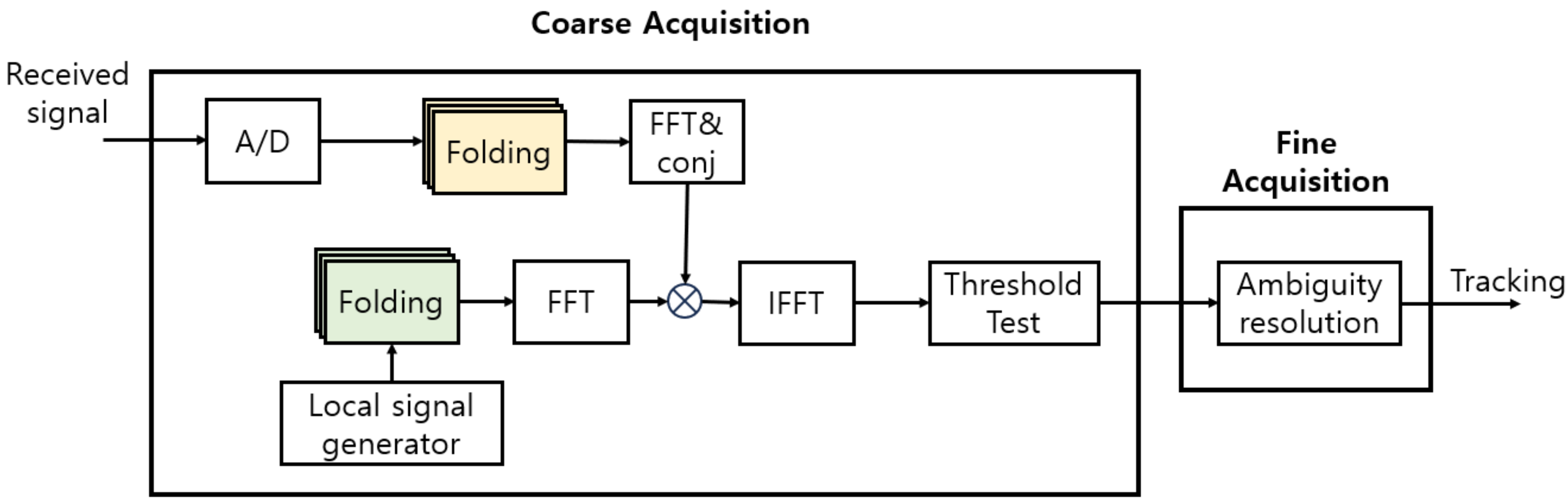
[5] H. Li, X. Cui, M. Lu, and Z. Feng, “Dual-folding-based rapid search method for long PN-code acquisition,” IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 7, no. 12, pp. 5286–5296, Dec. 2008.

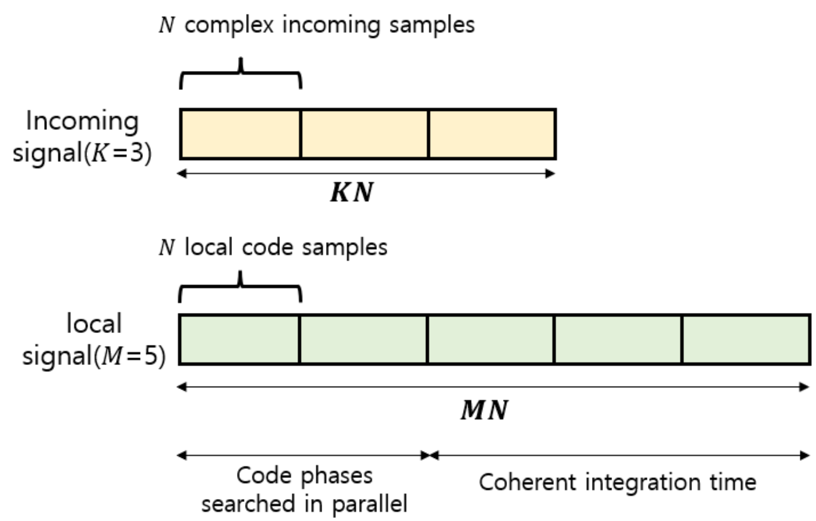
Dual Folding



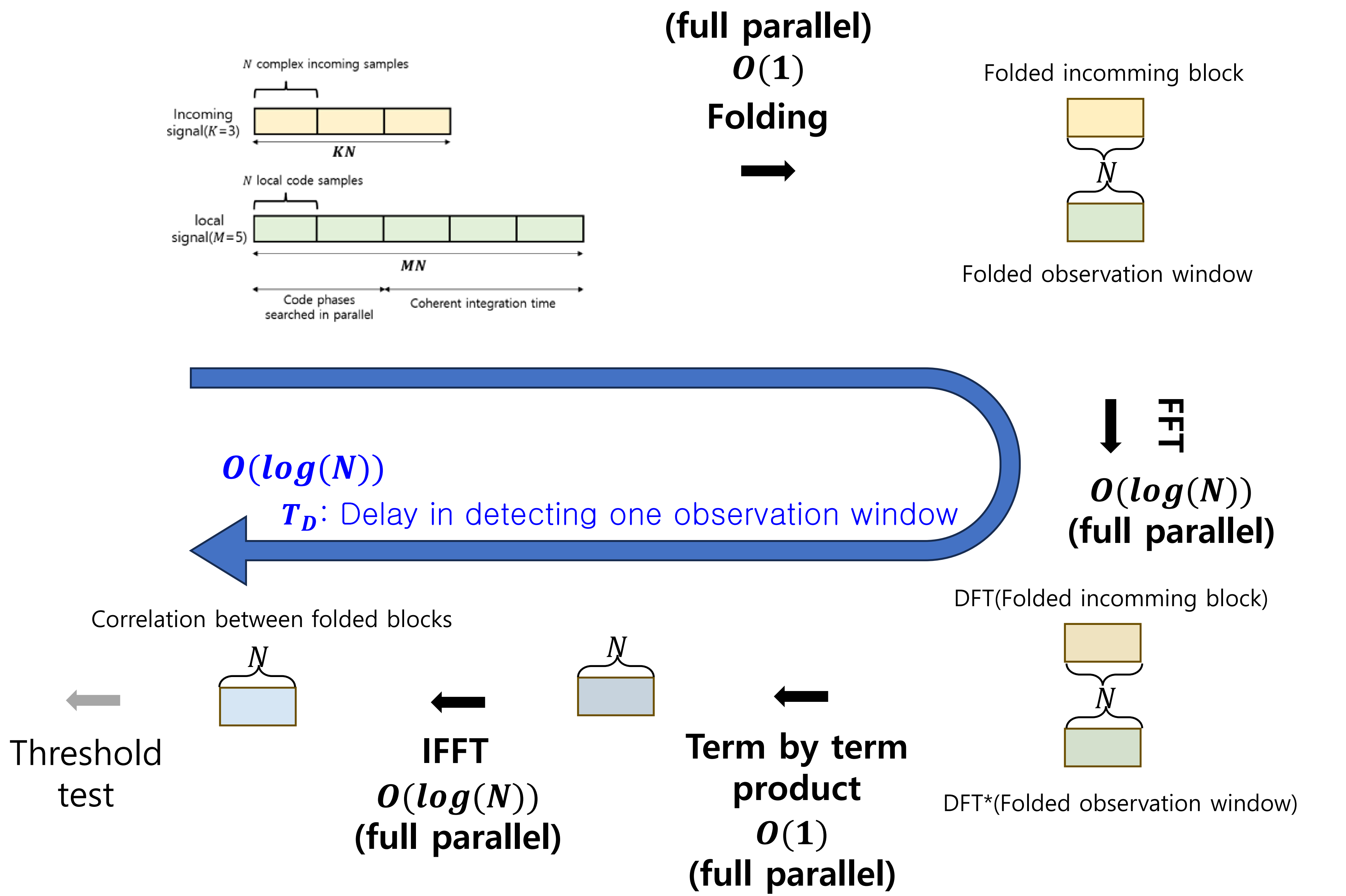
본 논문에서는 듀얼 폴딩 기법에서
폴딩 팩터(Folding Factor)에 따른
평균 획득 시간과 탐지 확률에 대한 경향을 분석

Dual Folding 수신 구조

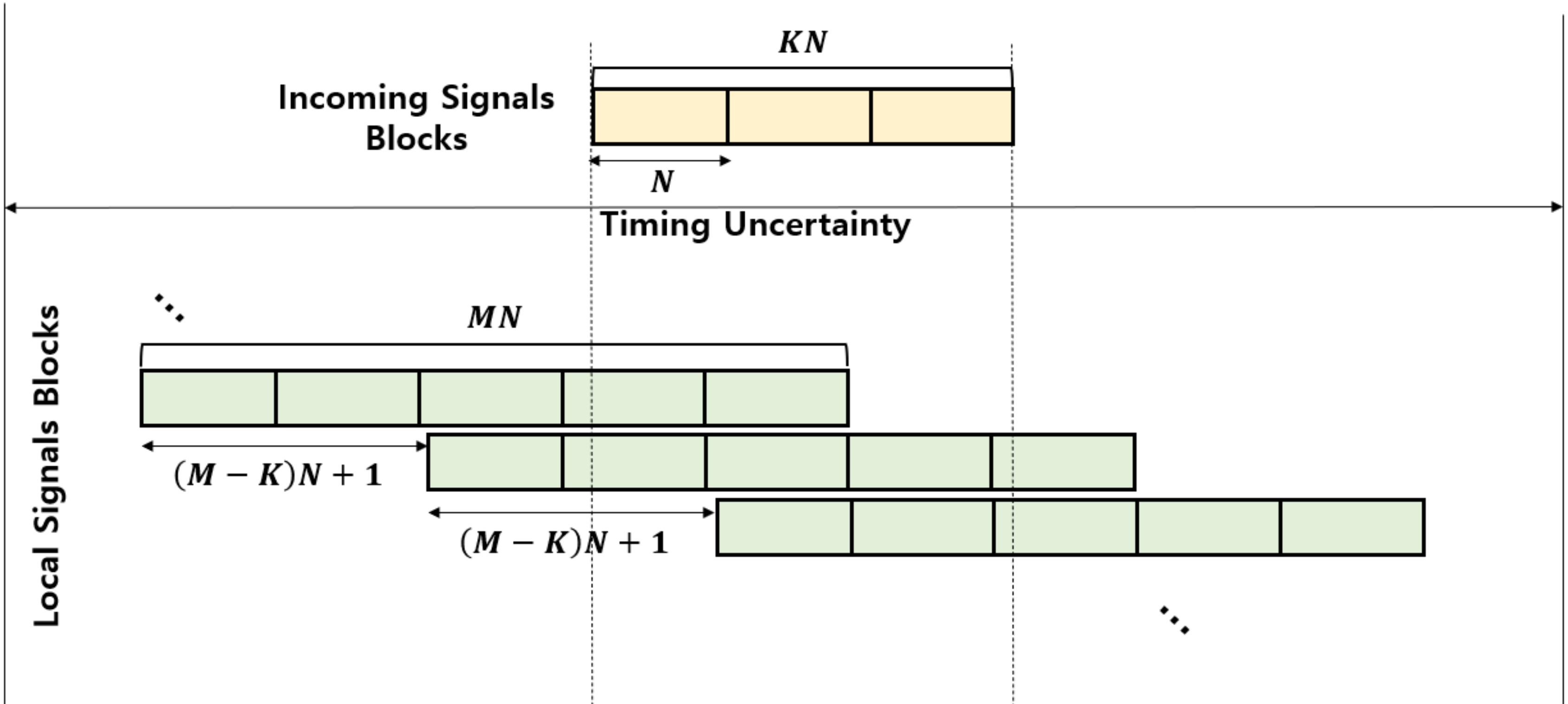




Process for detecting one observation window



Observation windows 구성



총 FFT 상관 횟수:

$$\left\lceil \frac{\text{Timing Uncertainty [chip]}}{(M-K)N+1} \right\rceil$$

실험 파라미터

AWGN Channel, PN code based on Bernoulli map, $N = 512$, Time uncertainty: 20000chip

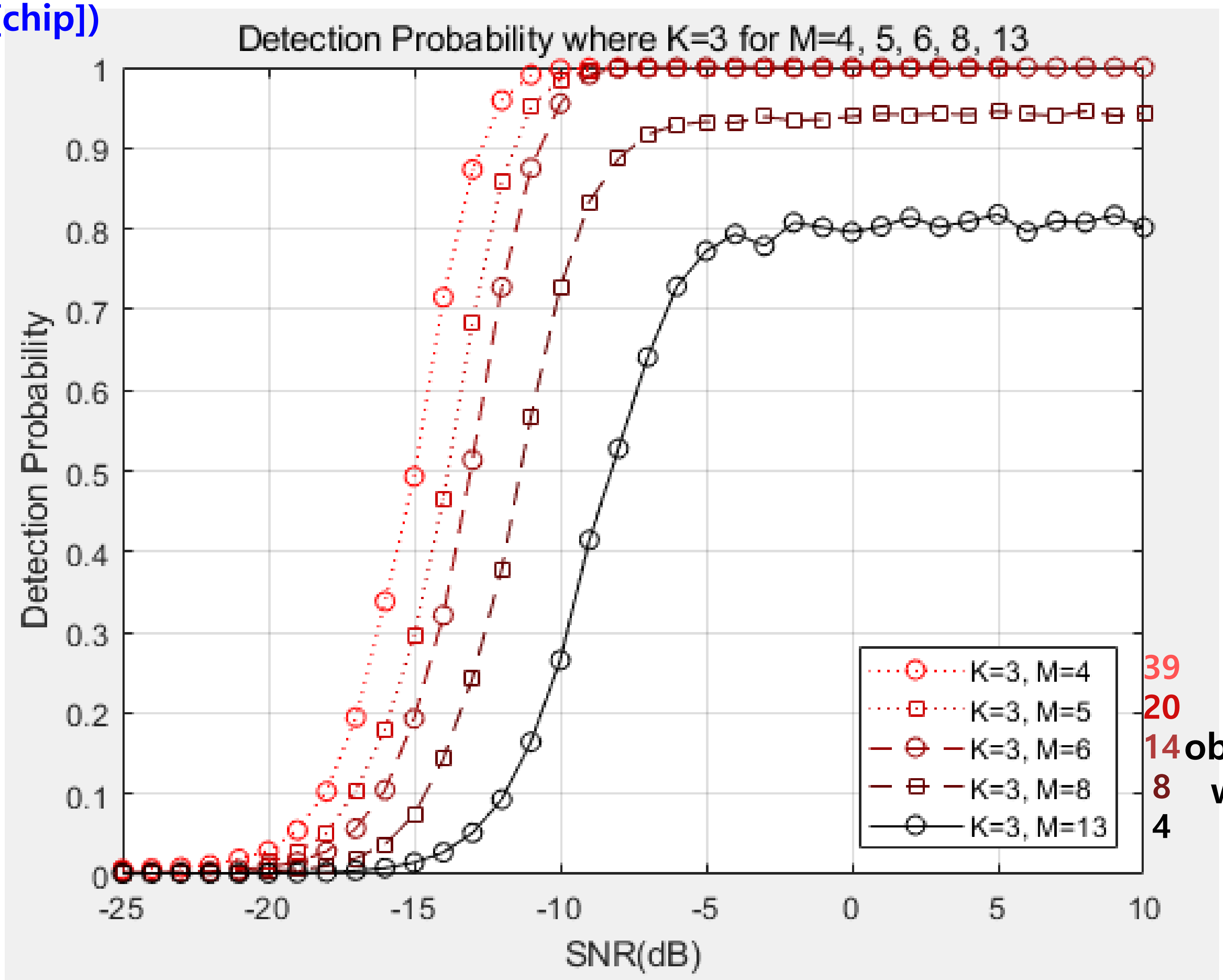
Target False alarm probability ($\mathrm{Target}_{P_{fa}}$)를 10^{-5}가 되도록 Threshold Test 진행

Mean Acquisition Time 및 Detection probability 측정 실험

- $M - K$ 고정하여 K변화시켜 실험 **(1/(M-K) ∝ # of FFT calculation)**
  $(M - K = 1, 2, 3, 5, 10,\ K = 1, 2, 3, 5, 10)$ **(K ∝ Coherent Integration Time)**

K(=3) 고정 Detection Probability for sigle cell

(Coherent Integration Time 1536 [chip])

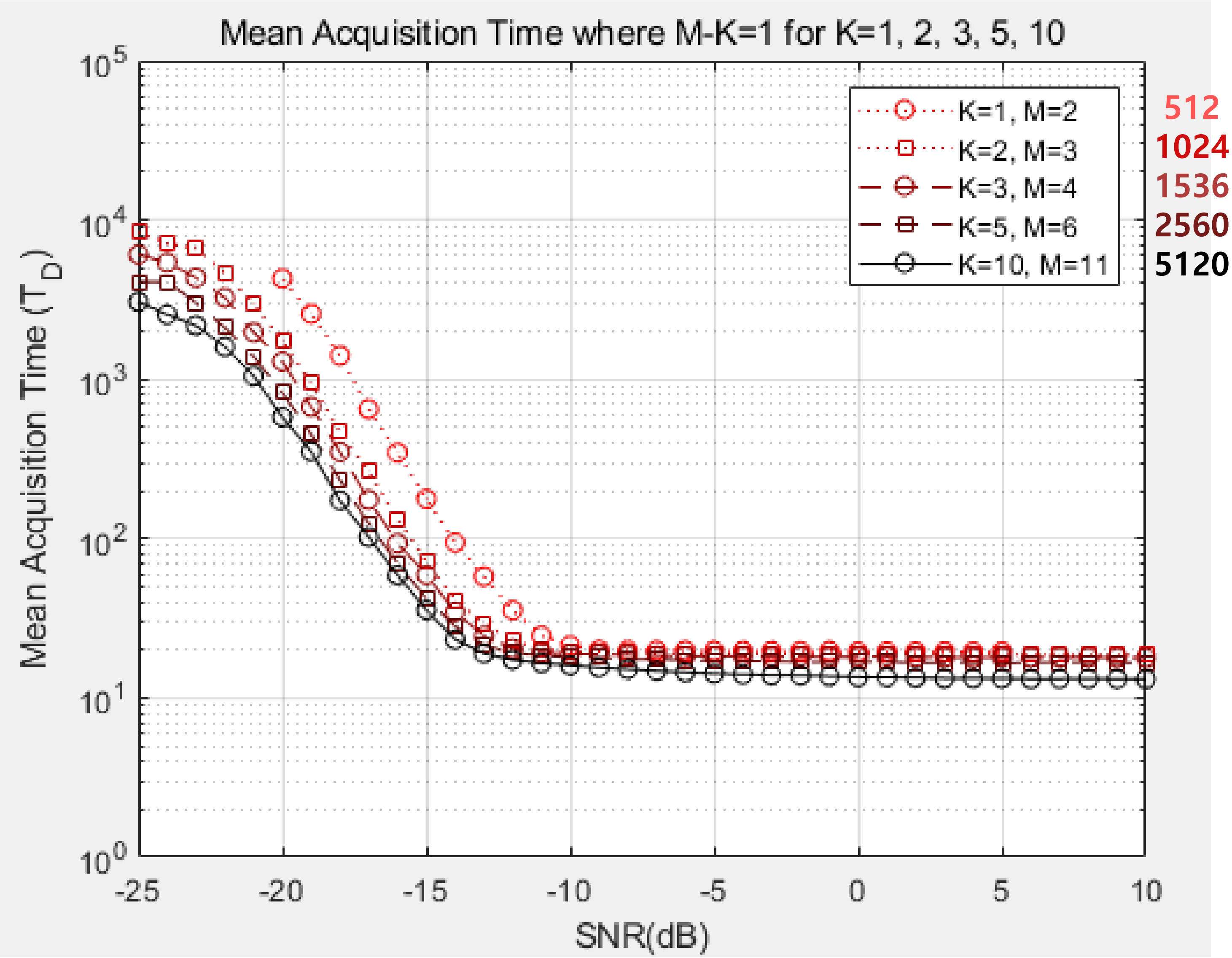


39
20
14
8
4

# of observation windows

M-K(=1) 고정 Mean Acquisition Time

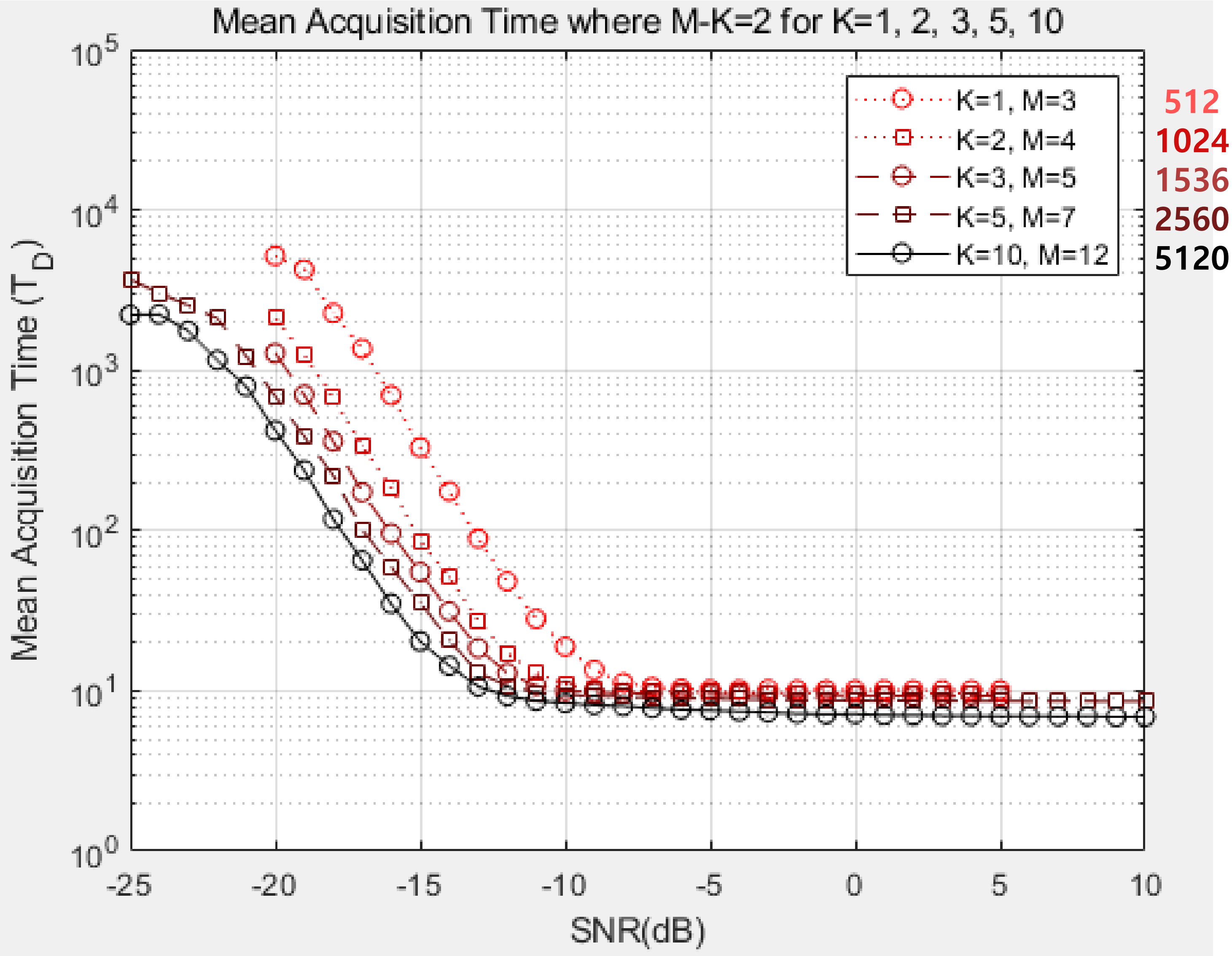
(# of observation windows: 39)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=2) 고정 Mean Acquisition Time

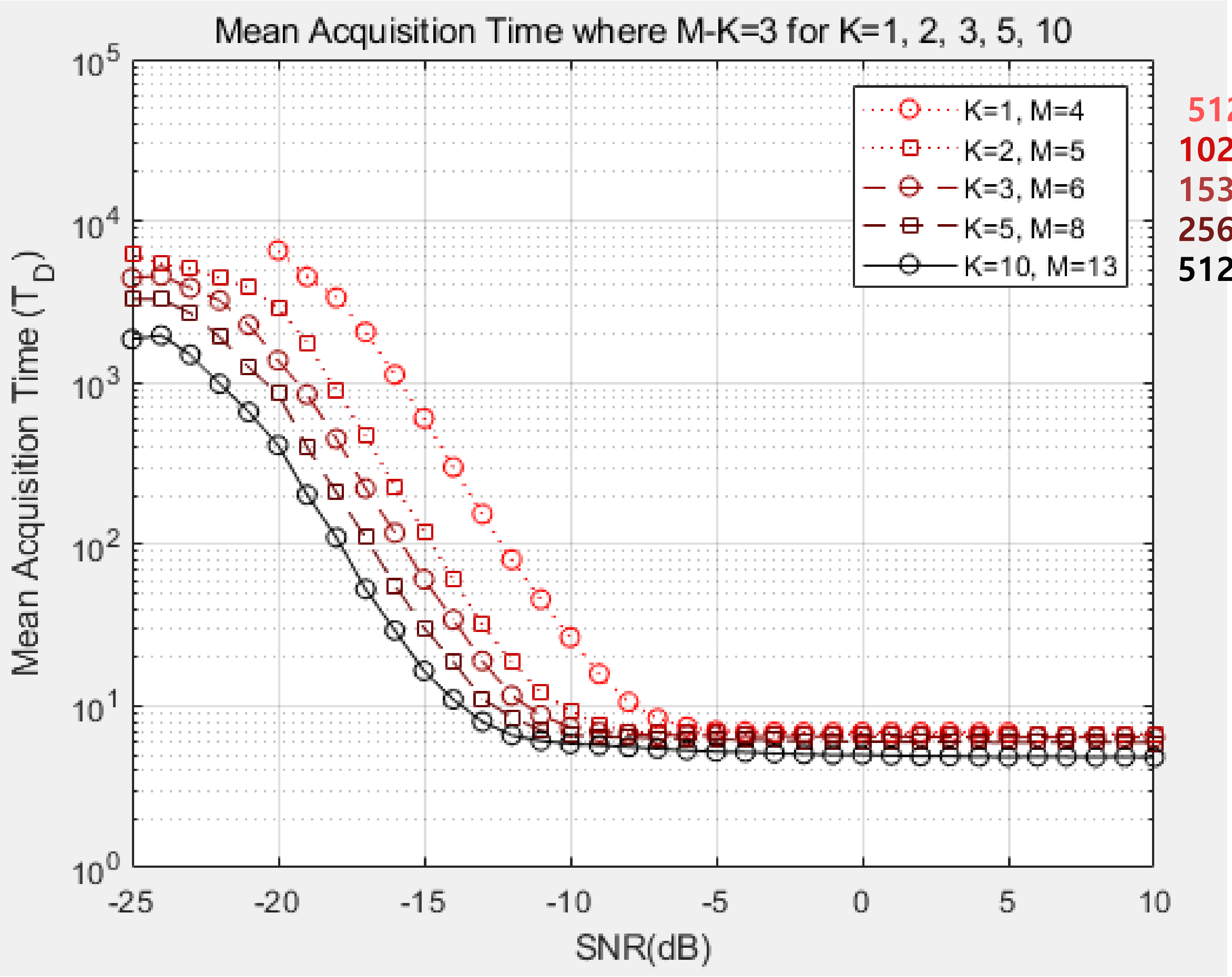
(# of observation windows: 20)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=3) 고정 Mean Acquisition Time

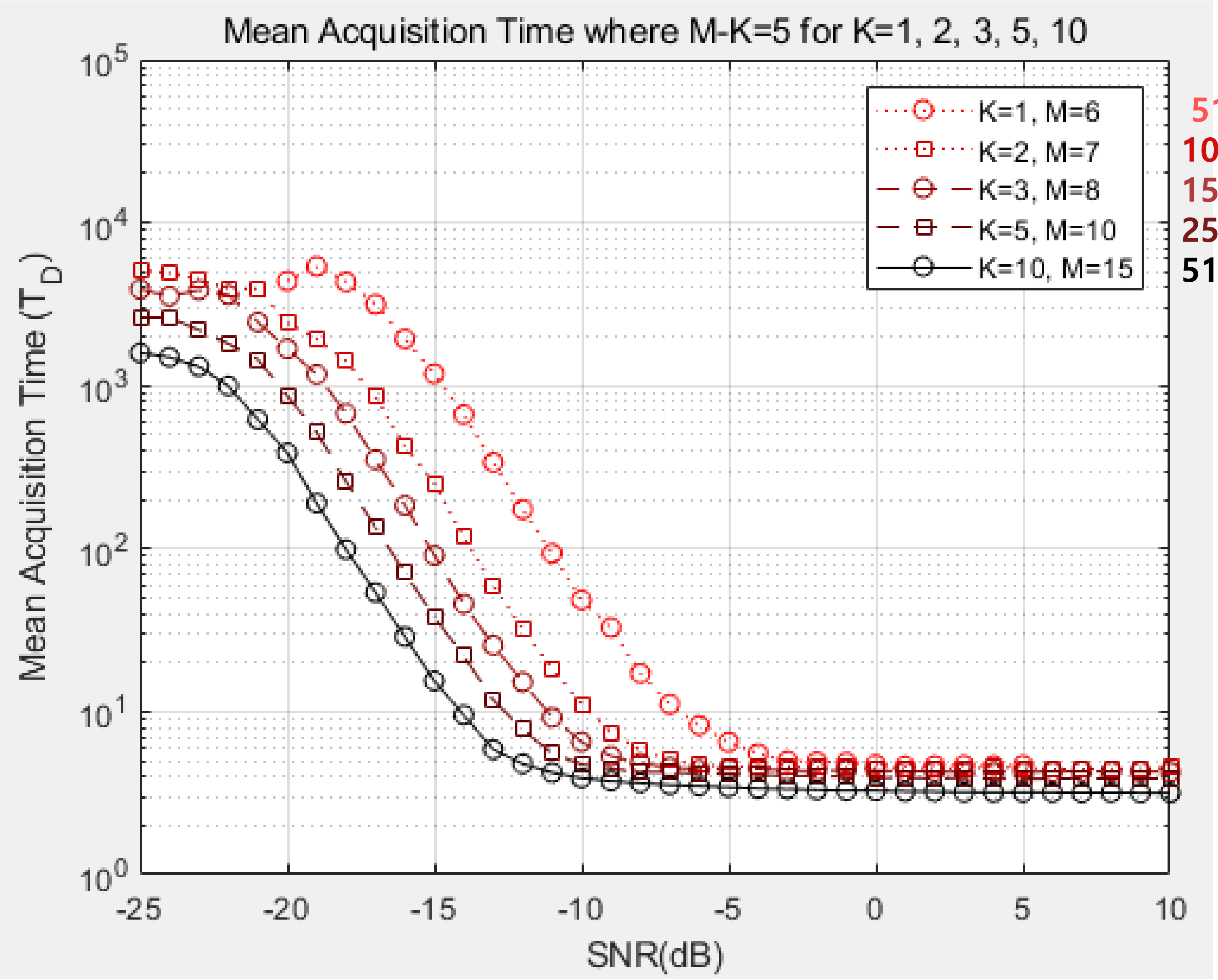
(# of observation windows: 14)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=5) 고정 Mean Acquisition Time

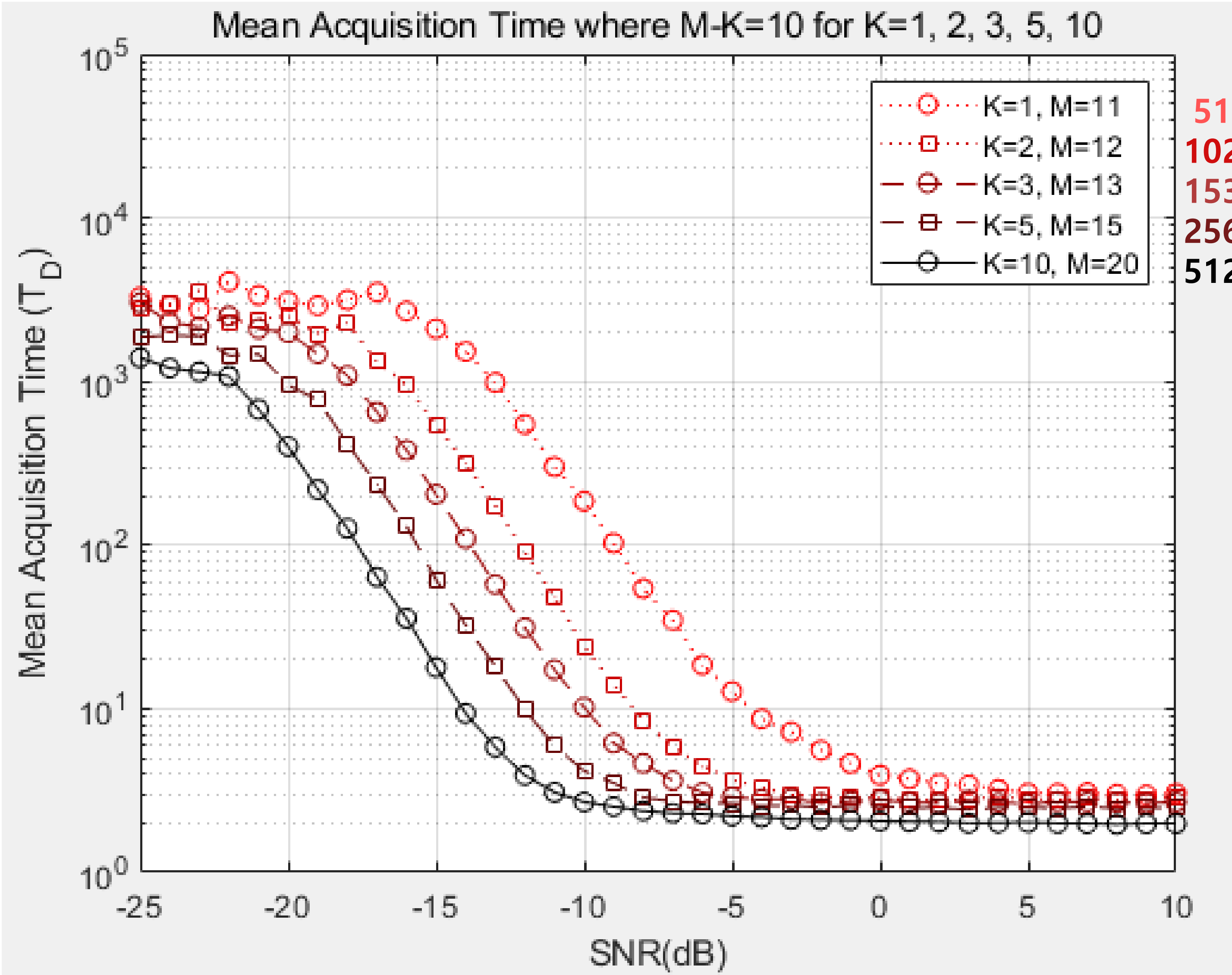
(# of observation windows: 8)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=10) 고정 Mean Acquisition Time

(# of observation windows: 4)

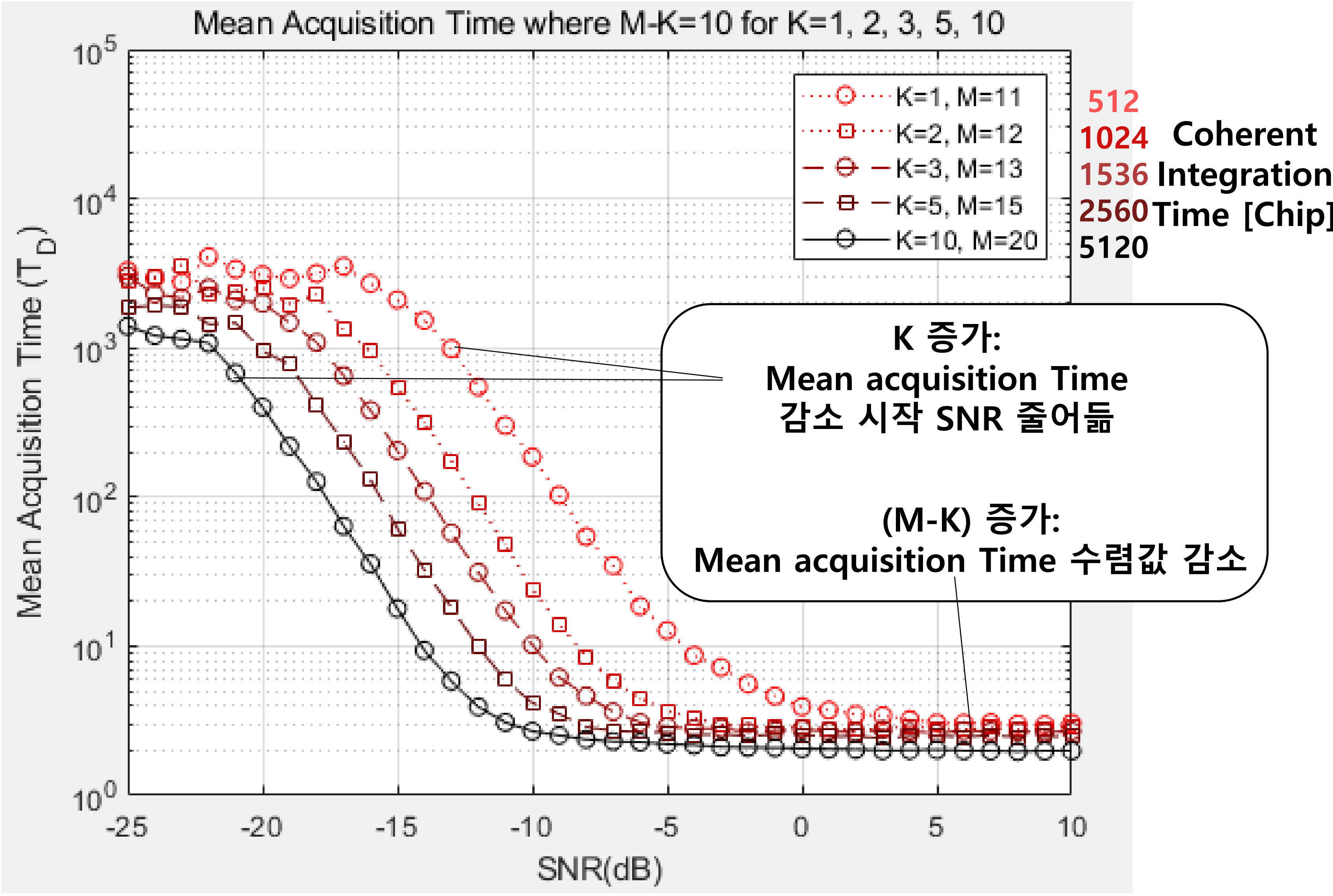


512
1024
1536
2560
5120

Coherent Integration Time [Chip]

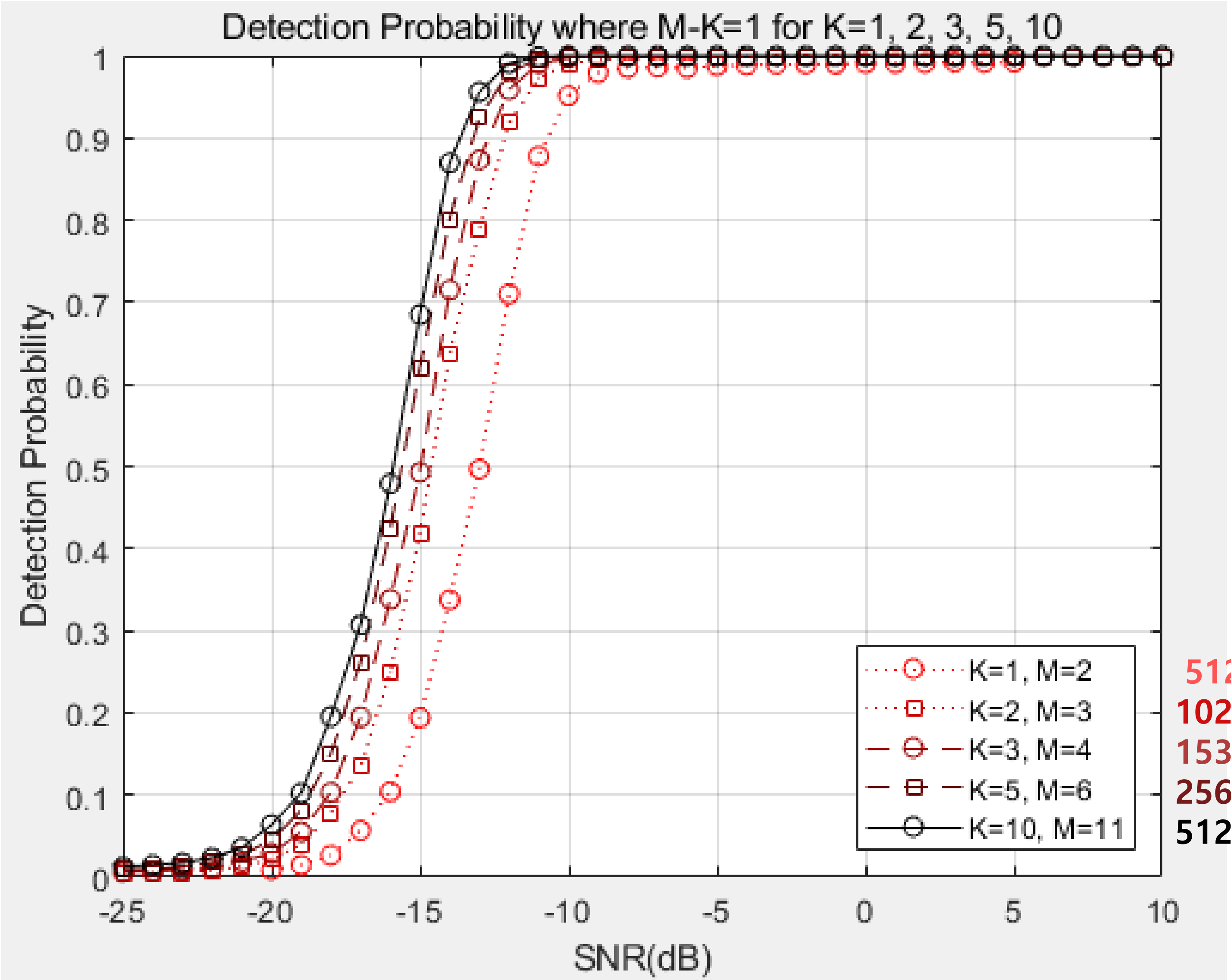
M-K(=10) 고정 Mean Acquisition Time

(# of observation windows: 4)



M-K(=1) 고정 Detection Probability for sigle cell

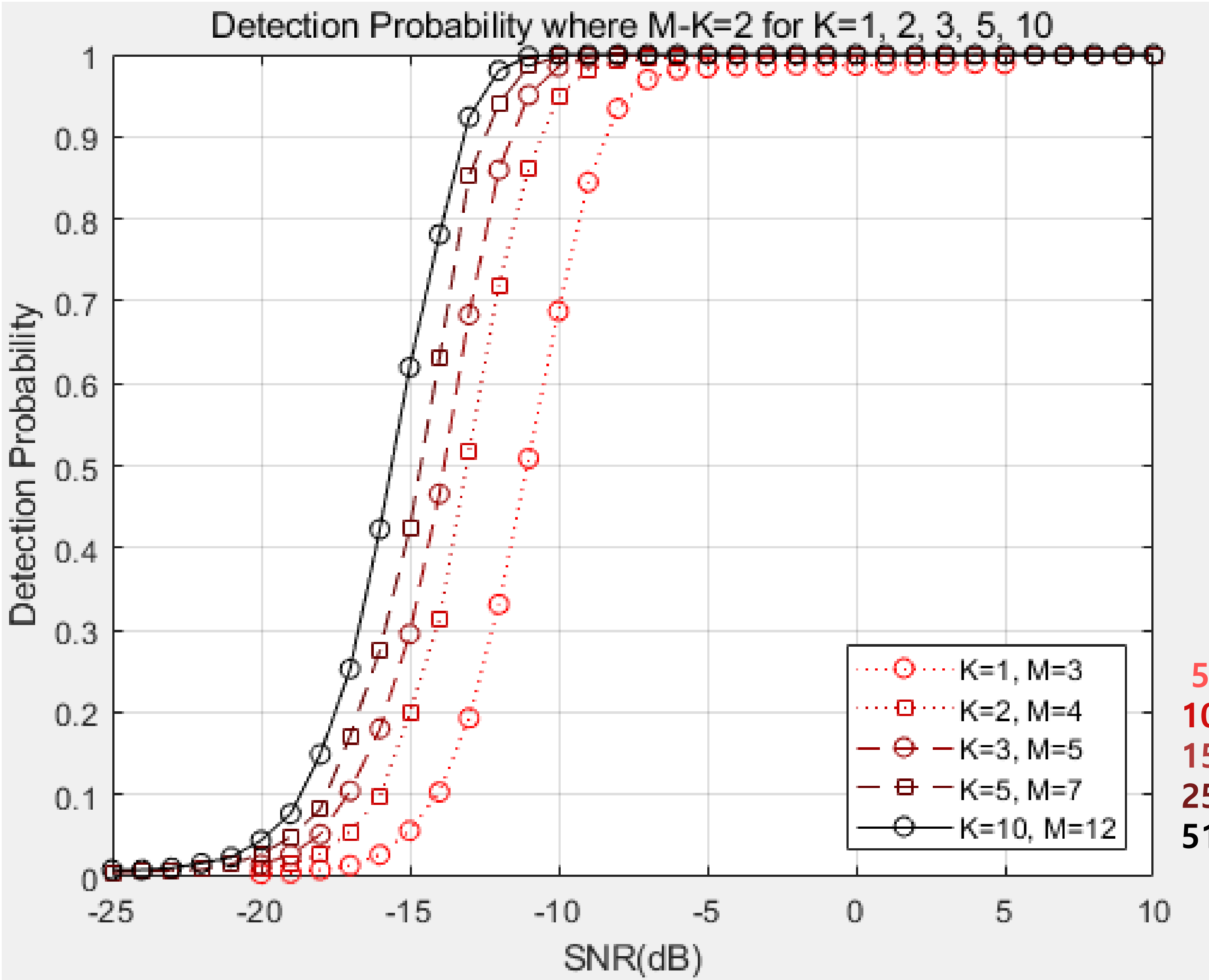
(# of observation windows: 39)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=2) 고정 Detection Probability for sigle cell

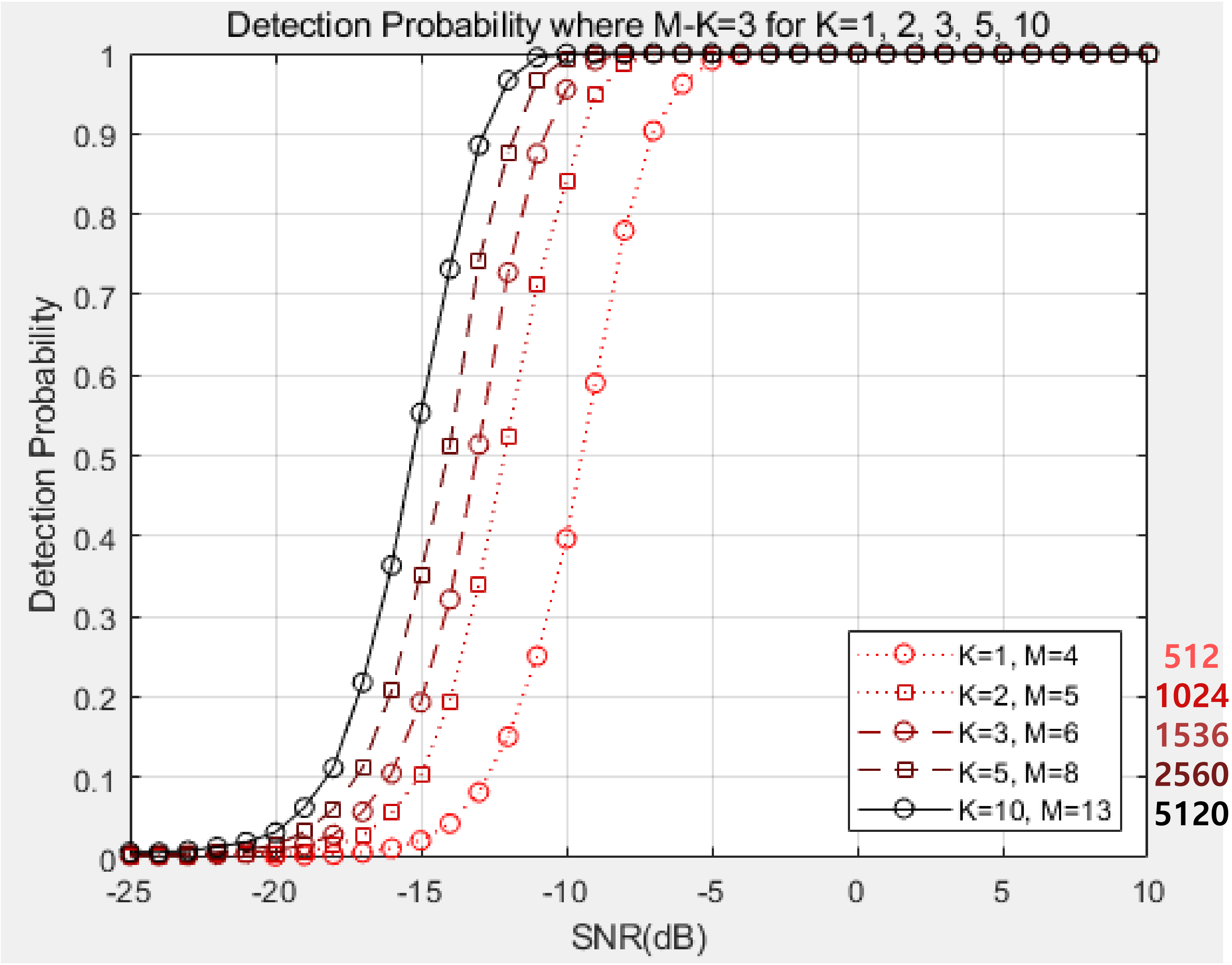
(# of observation windows: 20)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=3) 고정 Detection Probability for sigle cell

(# of observation windows: 14)

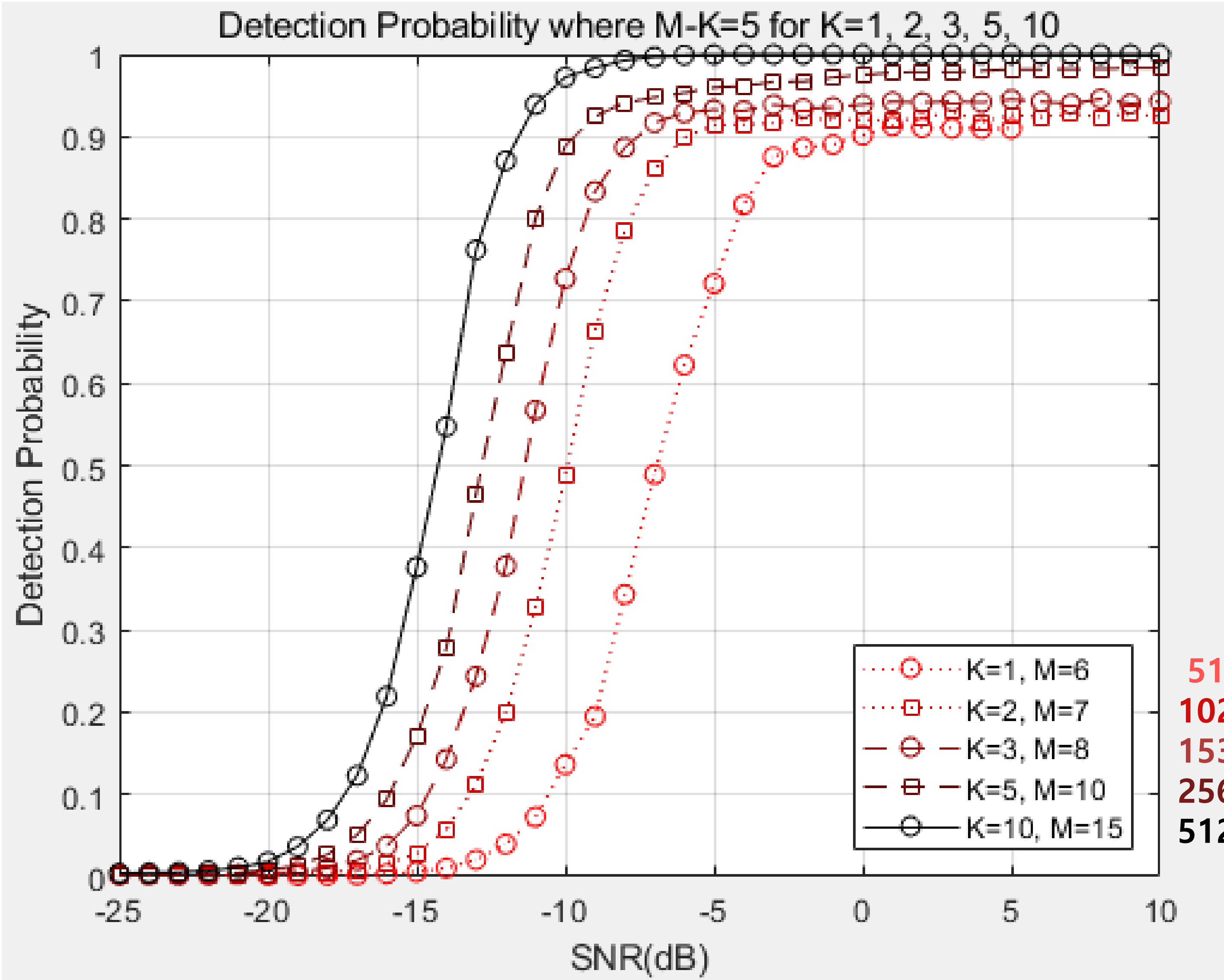


512
1024
1536
2560
5120

Coherent Integration Time [Chip]

M-K(=5) 고정 Detection Probability for sigle cell

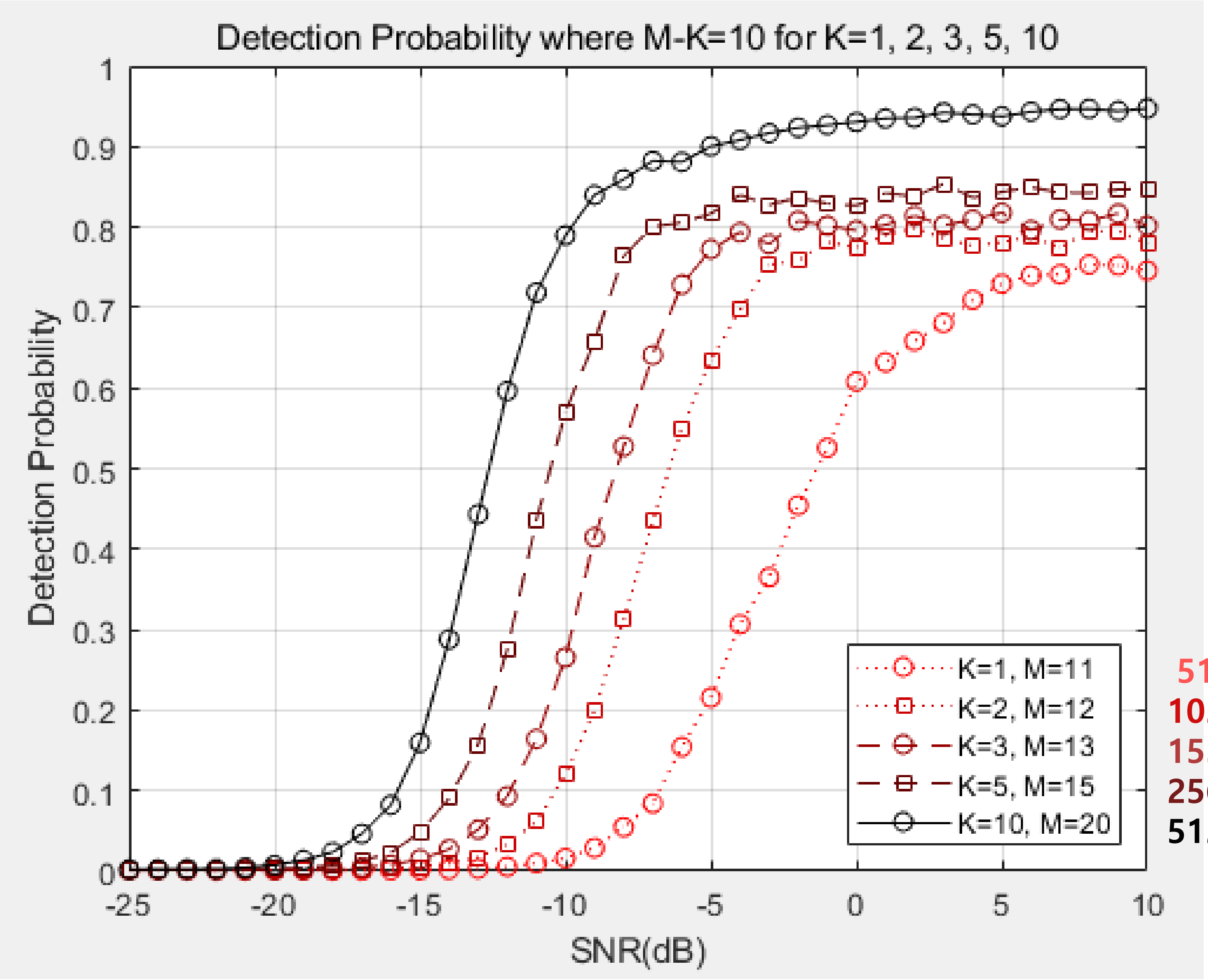
(# of observation windows: 8)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=10) 고정 Detection Probability for sigle cell

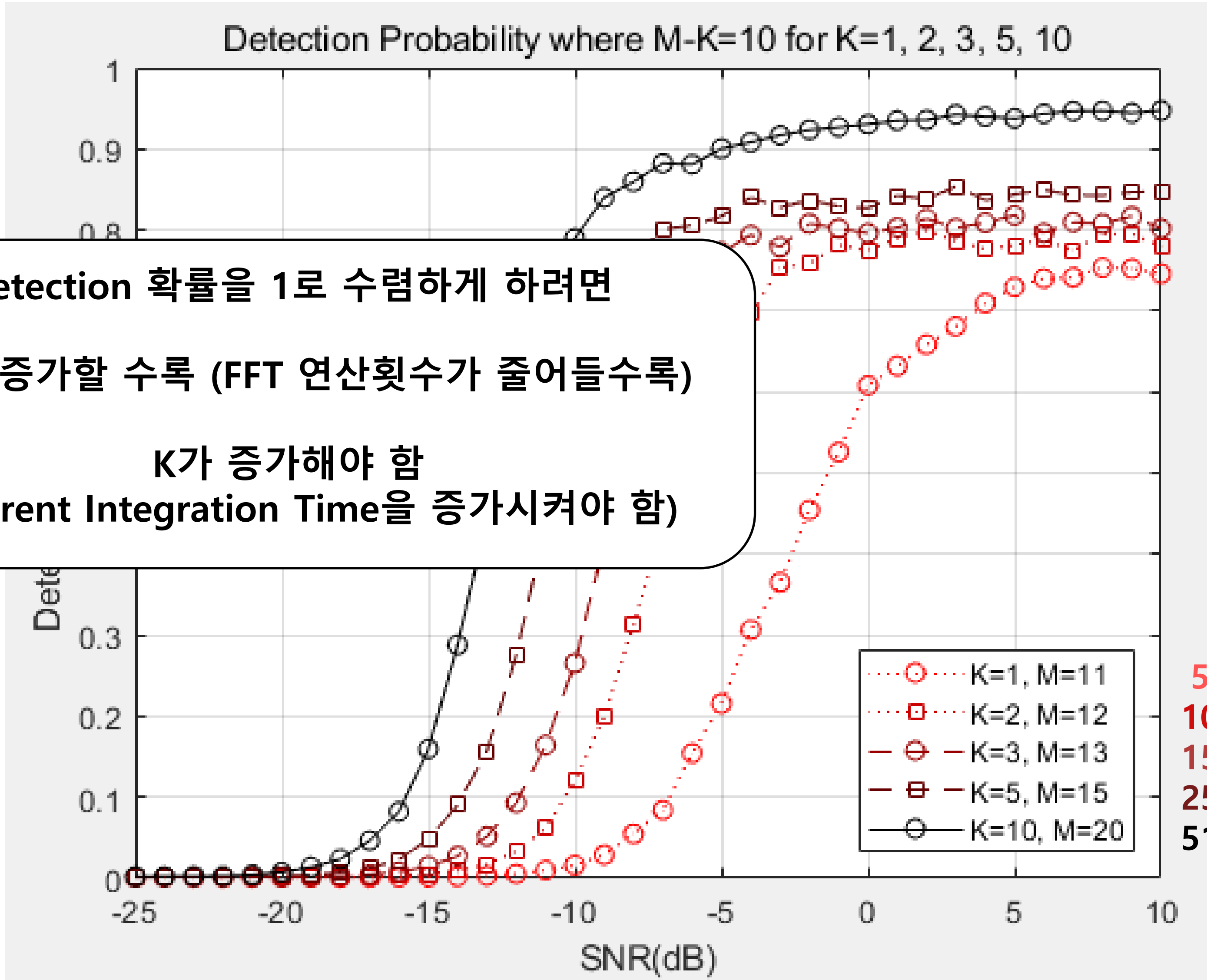
(# of observation windows: 4)



512
1024 Coherent
1536 Integration
2560 Time [Chip]
5120

M-K(=10) 고정 Detection Probability for sigle cell

(# of observation windows: 4)



Detection 확률을 1로 수렴하게 하려면

(M-K) 증가할 수록 (FFT 연산횟수가 줄어들수록)

K가 증가해야 함
(Coherent Integration Time을 증가시켜야 함)

512
1024
1536
2560
5120

Coherent Integration Time [Chip]

결론

듀얼 폴딩 기법은 다음을 고려하여 적용해야 함:

- FFT 연산 횟수를 줄이면 Mean Acquisition Time의 수렴값이 줄어듦.
- 그러나 여기서 Detection Probability를 1로 수렴하게 하려면 FFT 연산 횟수가 줄어들수록 더 많은 Coherent Integration Time이 필요함.
- Coherent Integration Time이 증가하면 Mean Acquisition Time이 더 낮은 SNR에서 줄어들기 시작함.