

반도체 FAB 공정 프로세스 마이닝 적용 사례

SAMSUNG

삼성전자 DS부문 설비기술연구소 이진연

Agenda



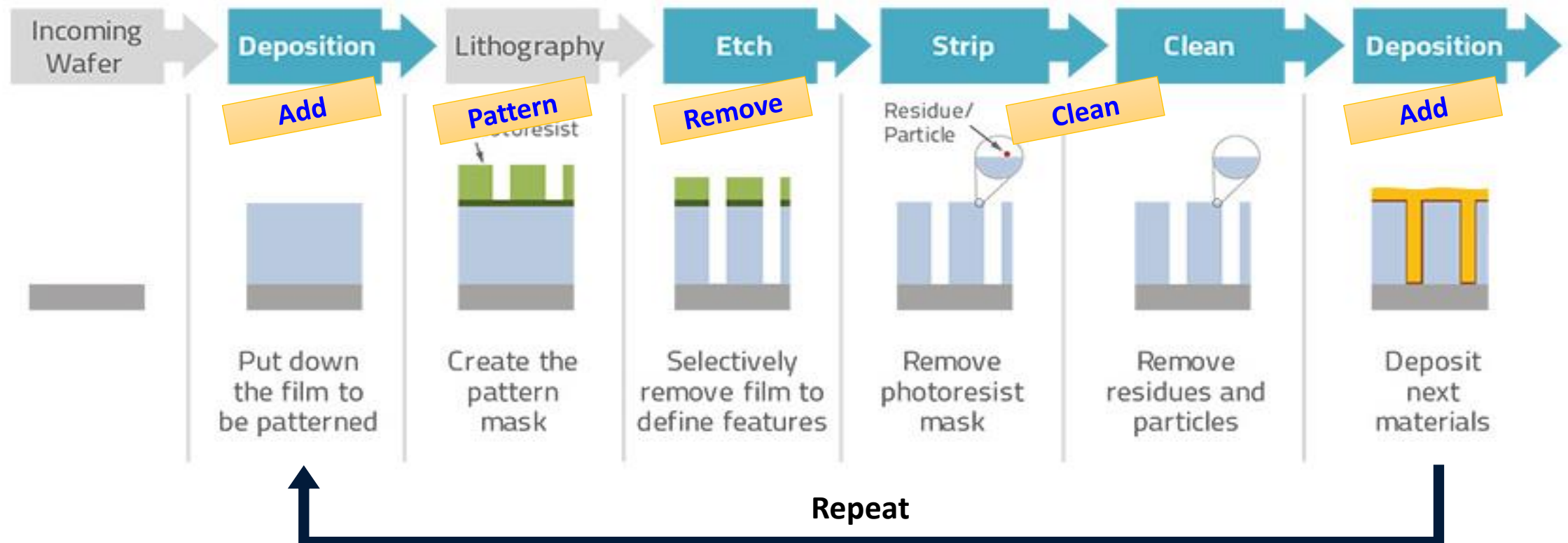
Intro - Semiconductor Manufacturing Process

Process Mining in Semiconductor Manufacturing Process

Conclusion

Semiconductor Manufacturing Process (1/2)

WAFER FABRICATION PROCESS STEPS



※ 주어진 공간(300mm Wafer) 안에 더 많은 Chip을 넣고 실패 비용을 최소화 하여 더 빨리, 더 많이 만들기

출처: <https://blog.lamresearch.com/10-fun-facts-about-semiconductors/>

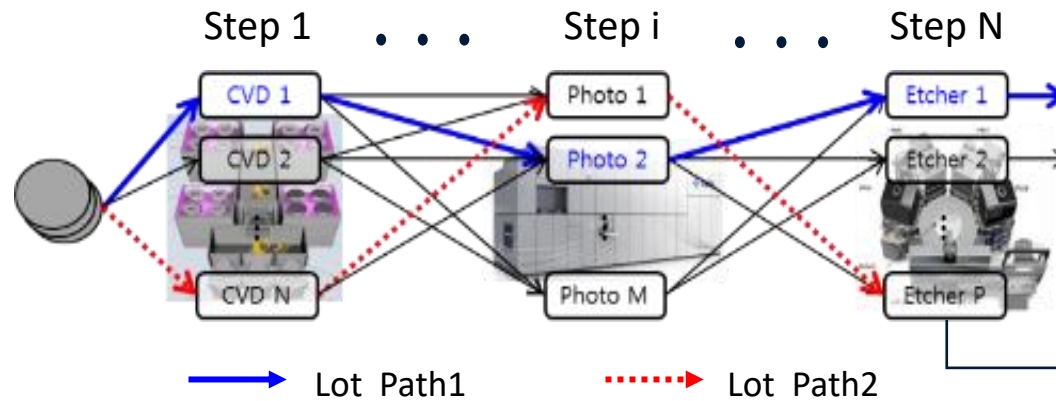
Semiconductor Manufacturing Process (2/2)

반도체 생산 Process 특징

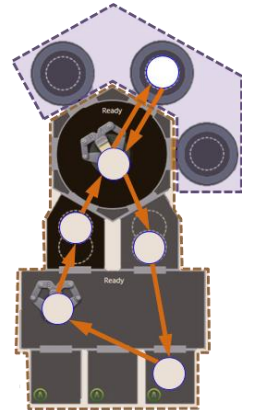
- FAB In ~ FAB Out까지 500개 이상의 공정 Step 진행
- 수천번 설비(공정, 저장, 계측)간 이동 → 생산 라인간 이동 발생
- 평균 80일 이상의 생산 시간 소요



물리적 생산 Process (물류)



공정 Step 간 생산 Process

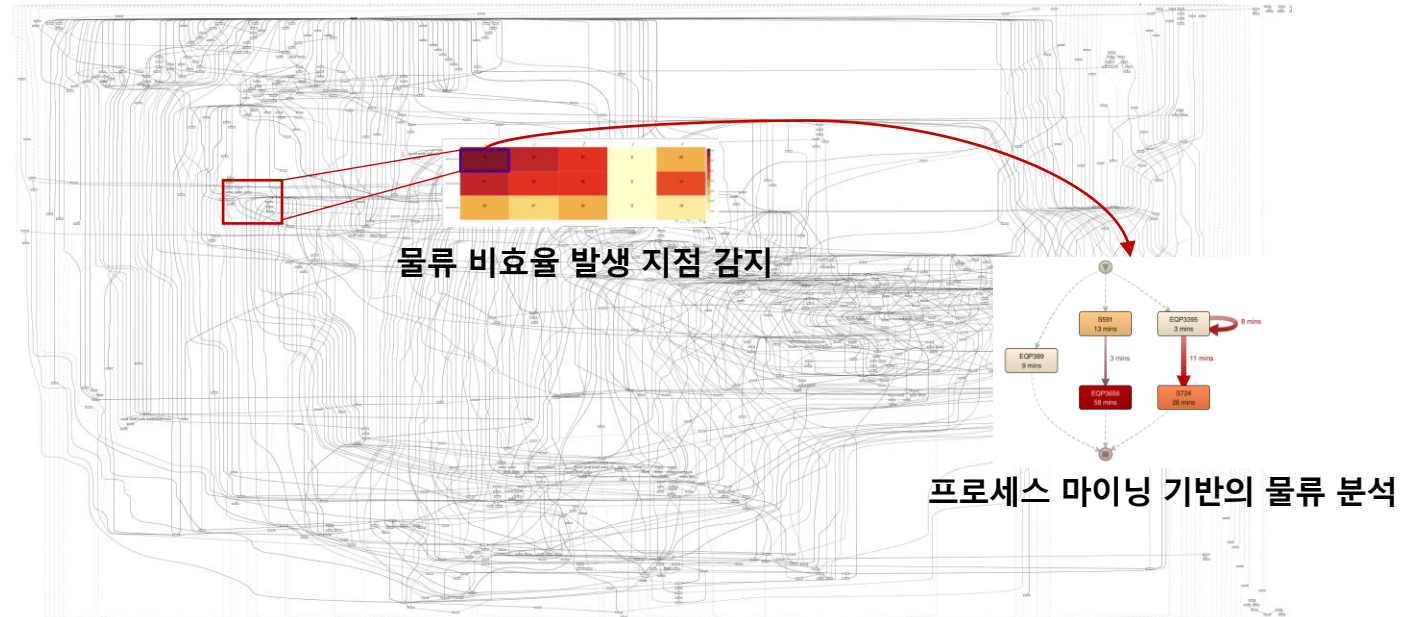
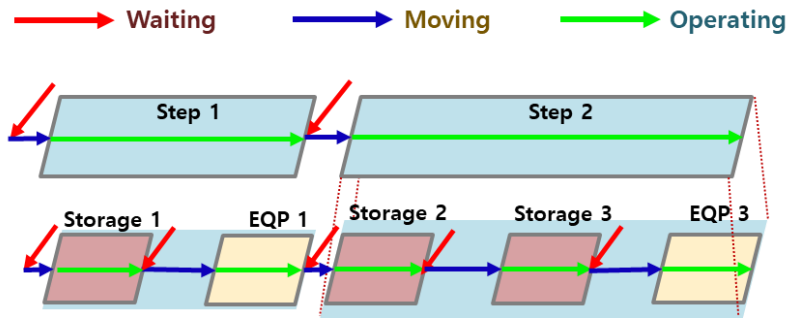


설비 내 생산 Process

출처: <https://www.samsungsemiconstory.com/kr/>

Process Cube를 활용한 반도체 물류 분석 방법 (1/2)

- 수개월에 걸쳐 수백 개의 공정을 수행하는 반도체 제조의 복잡성으로 인해, 효율적인 물류 시뮬레이션 모델 또는 수리 모델을 도출하는 것이 매우 어려움
 - 생산을 위한 공정 Step 간 Process와 물리적 Process (물류)의 연계 분석 어려움



프로세스 마이닝 기반의 물류 분석

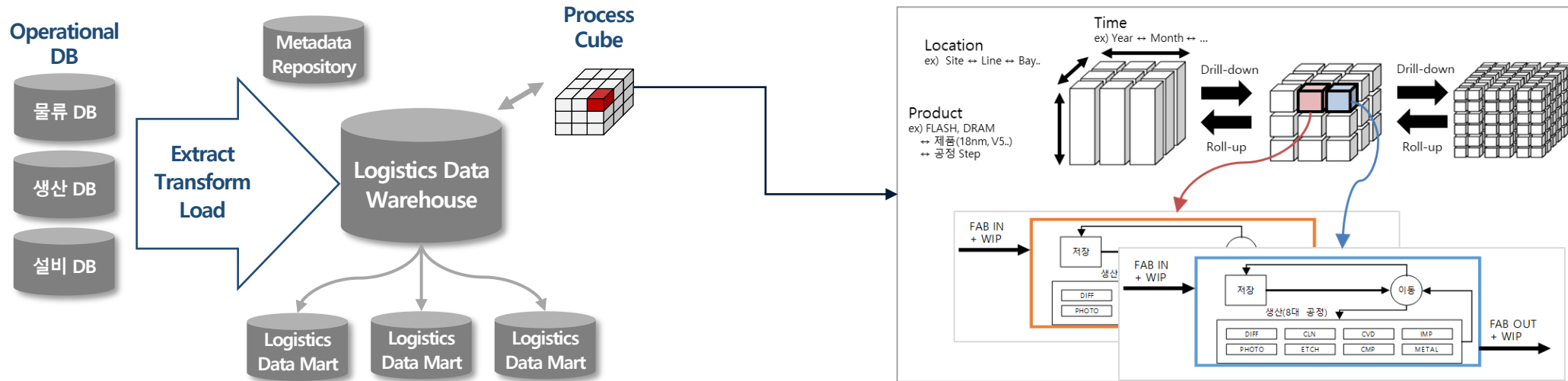
[복잡한 물류 흐름 예시]

Park, G., Cho, M., Song, M., Lee, J., "Logistics Data Warehouse를 활용한 반도체 물류 분석 방법." 대한산업공학회 춘계공동학술대회, 2019.

Process Cube를 활용한 반도체 물류 분석 방법 (2/2)

❑ 위치, 공정, 시간 등 다차원 분석 지원을 위해 Process Cube* 활용

* Multidimensional process mining using process cubes, Alfredo Bolt and Wil M.P. van der Aalst, Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling. Springer, Cham, 2015. 102-116.

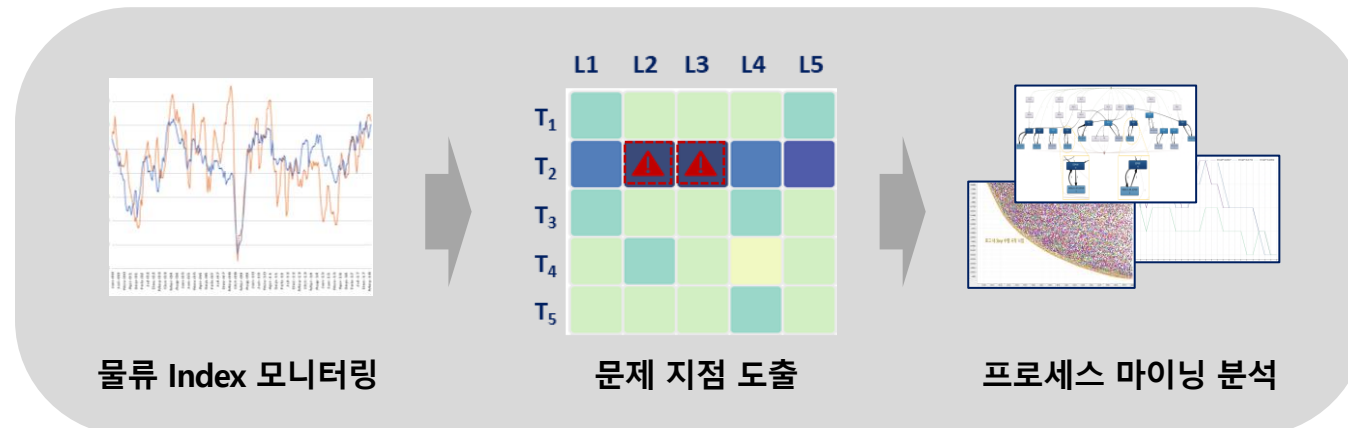


1) 물류 정체 KPI 도출

- Line, 설비, 제품 등 여러 조건에서의 물류 반송 이력을 분석하여 다양한 물류 KPI를 도출 할 수 있는 방법 개발

2) 물류 흐름 가시화

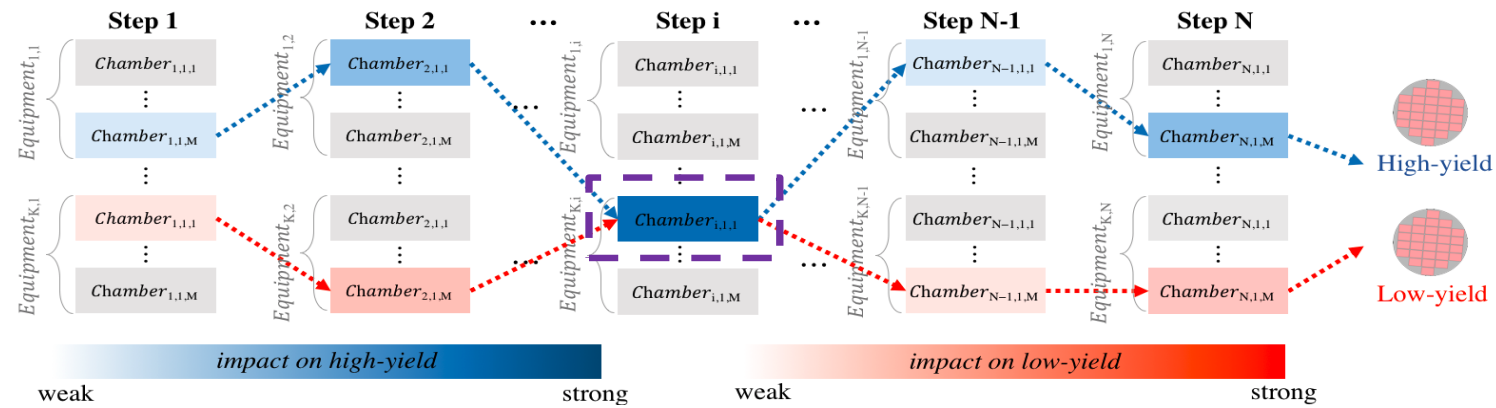
- FAB전체의 Lot 흐름을 분석할 수 있는 Process Mining 기술을 활용하여 물류 정체 원인 분석 방법 개발



품질 기반 최적 설비 경로 도출 방법 개발 (1/3)

단일 공정 내 설비 분석 → 공정 간 설비 경로 분석 필요

- 반도체 제조는 수개월에 걸쳐 수백 개의 공정을 수행하고, 수천개의 설비가 전체 공정에 활용되기 때문에 매우 복잡
- 그러나, 기존 연구는 단일 공정과 품질(품질/계측) 간의 관계를 도출하고 이를 바탕으로 공정을 최적화 함



→ 설비와 품질간의 관계를 효과적으로 분석하기 위해서는 단일 공정/설비가 아니라 **설비의 Path를 고려해야 함**

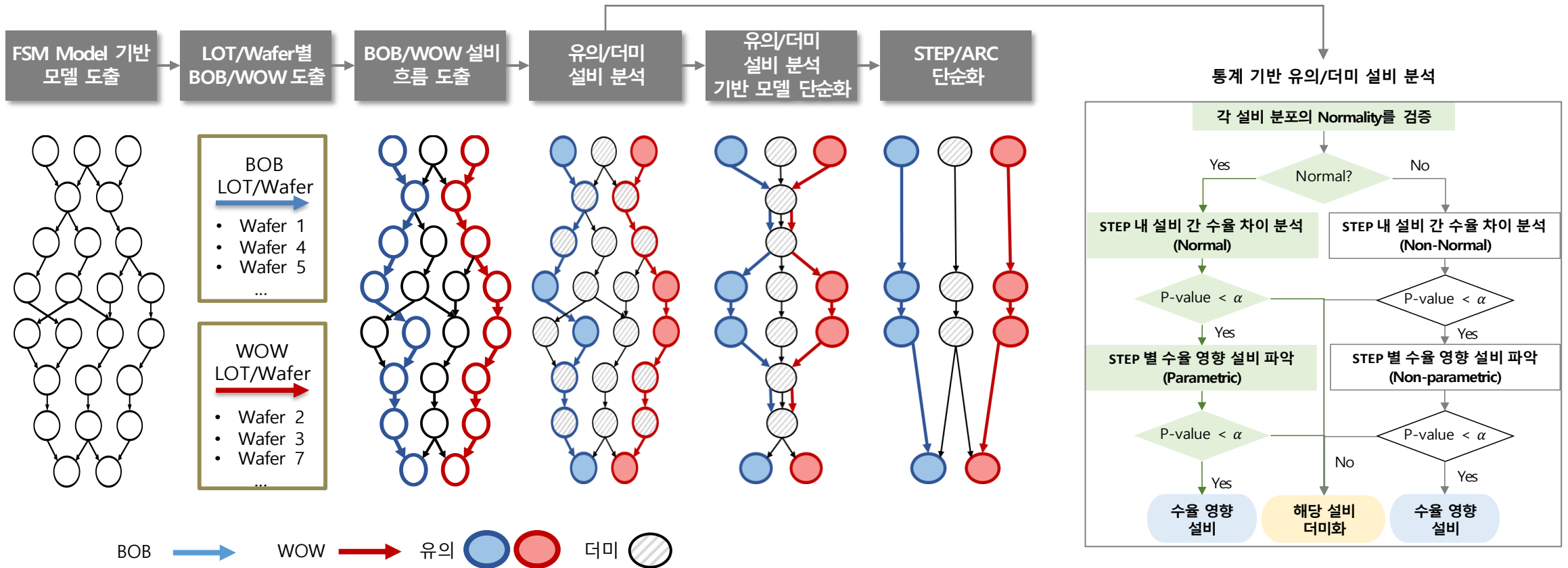
(Multi-collinearity)

→ 핵심 변곡 Step, 설비 조합들을 찾는 방법론 필요

품질 기반 최적 설비 경로 도출 방법 개발 (2/3)

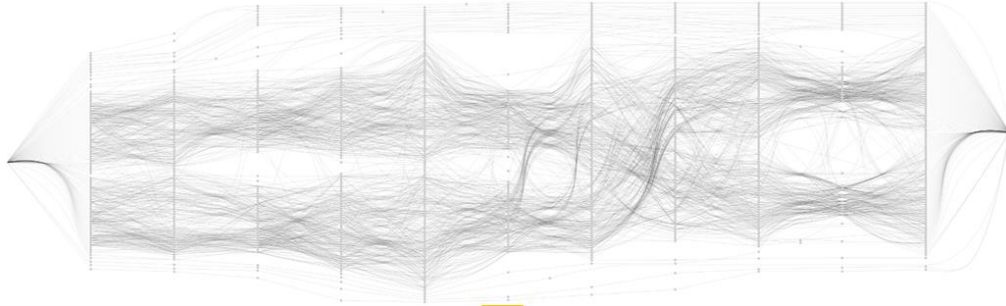
Process Mining 기반 품질에 영향을 끼치는 혐의 Step/설비 도출 방법론 개발

- Process Mining + Statistics

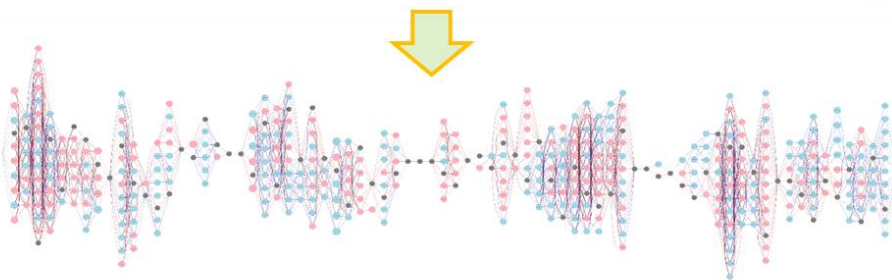
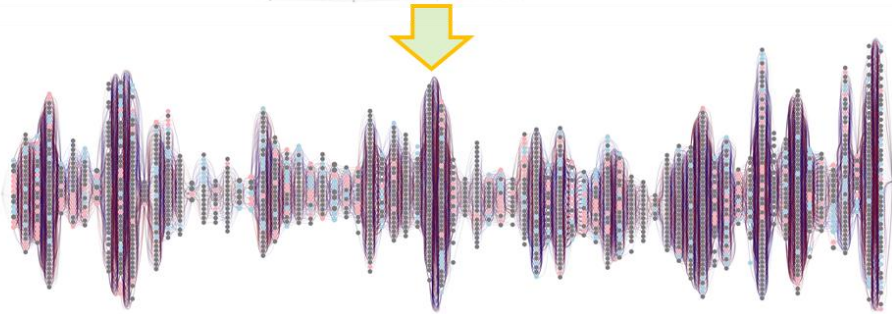


품질 기반 최적 설비 경로 도출 방법 개발 (3/3)

무한대에 가까운 Fab In~Out까지의 설비 조합 중 핵심 Step / 설비 도출



※ 공정 조합 예시. 21 step, 평균 5개 설비 진행 : $5^{21} = 476,837,158,203,125$

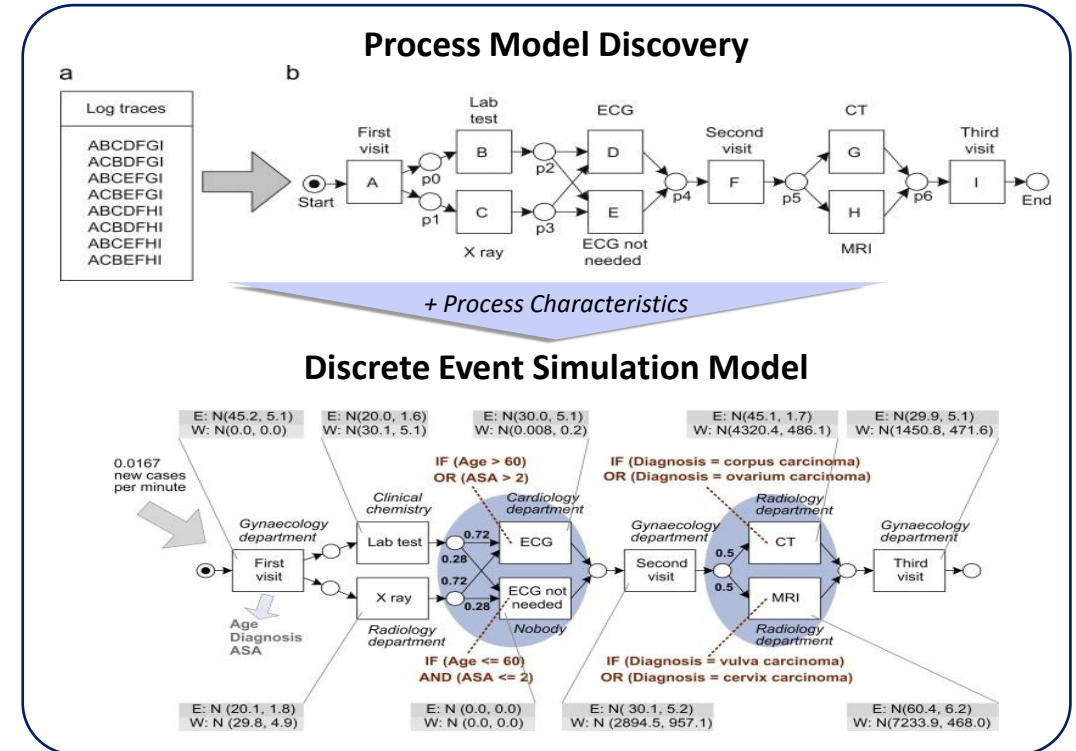
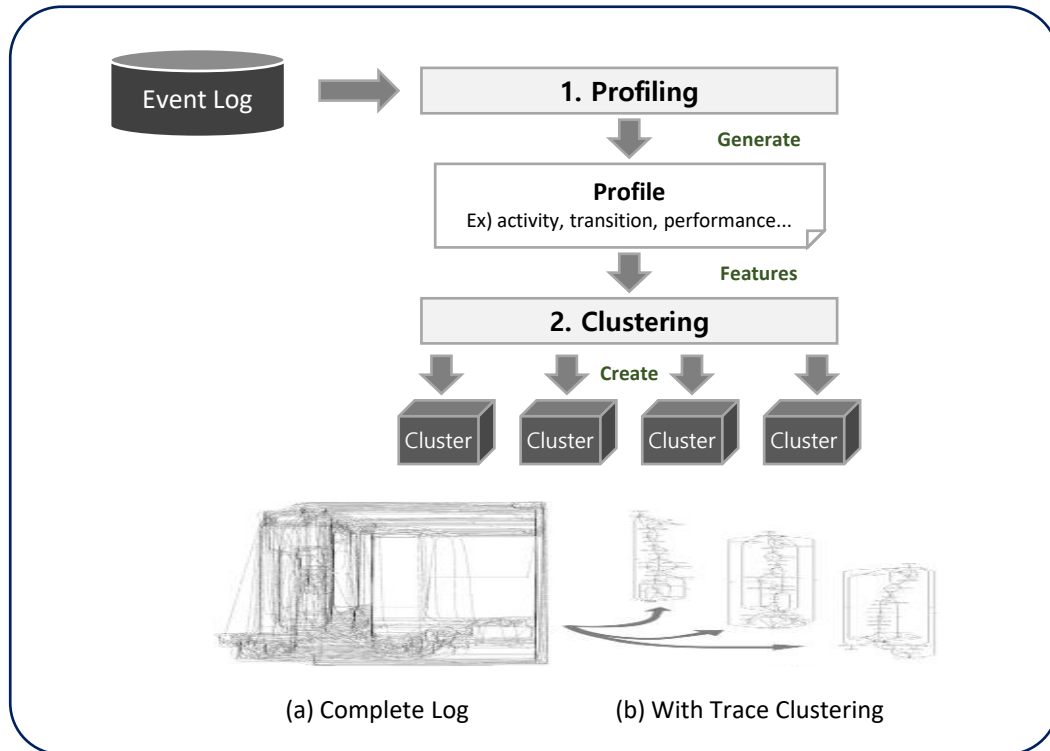


	단순화 전	단순화 후	비율
Node 수	1675	476	71.6% ↓
Arc 수	27462	2347	91.5% ↓

Process Mining 기반 Equipment Modeling

변동성을 반영한 설비 모델링 방법론 개발

- Trace Clustering + Process Mining + Simulation



Song, M., Yang, H., Siadat, S. H., & Pechenizkiy, M. (2013). A comparative study of dimensionality reduction techniques to enhance trace clustering performances. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3722-3737.

Rozinat, A., Mans, R. S., Song, M., & van der Aalst, W. M. (2009). Discovering simulation models. *Information systems*, 34(3), 305-327.

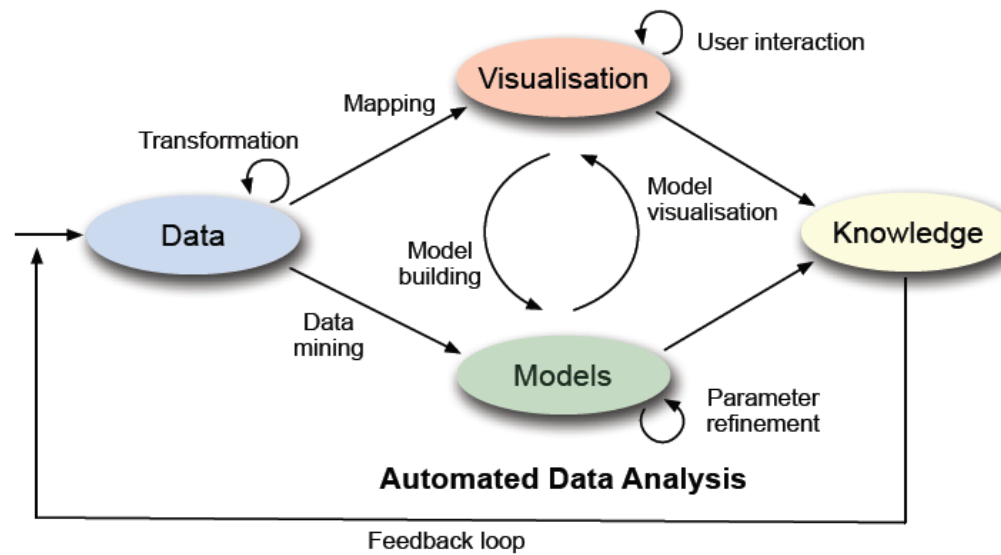
Conclusion

❑ Process Mining 적용을 위해선 현업에 적용하기 위한 조건

- 1) 분석의 목적 정의
- 2) Data Quality & Preprocessing



With other methods (Statistics, ML/DL, Simulation, Operations Research...)



출처: <http://www.vismaster.eu/wp-content/uploads/2010/11/VisMaster-book-lowres.pdf>

Thank you

프로세스 마이닝 창시자 윌 반 데르 알스트(Wil van der Aalst) 교수 초청
'프로세스 마이닝 워크샵'

