

FX(외환) 시장의 Orderbook Dynamics와 Market Maker(MM) 전략은 일반적인 주식 시장과는 달리 **Decentralized(OTC)** 특성과 **Internalization(내부 결제)** 비중이 높다는 점이 가장 큰 차별점입니다. Computational Finance 박사 학위와 AI Engineering 경력을 고려하여, 이론적 배경부터 최신 강화학습 기반 구현 트렌드까지 핵심 논문과 전략을 정리해 드립니다.

1. 핵심 이론 및 Orderbook Dynamics (LOB)

FX 시장의 호가창 역학은 단순히 가격의 움직임뿐만 아니라, ****주문 유입의 상호의존성(Clustered Arrival)****을 모델링하는 것이 핵심입니다.

- **Hawkes Processes:** 주문의 '자기 흥분성(Self-excitation)'을 모델링하는 데 가장 널리 쓰입니다. 최근에는 주문의 크기(Size)까지 결합한 **Compound Hawkes Process**가 주류입니다.
- **Adverse Selection:** 정보 우위 거래자(Informed Trader)에 의한 손실을 방지하기 위해 **VPIN(Volume-synchronised Probability of Informed Trading)** 같은 지표를 MM 전략의 필터로 활용합니다.

2. 기관 투자자(Institutional) MM 전략

기관급 FX MM은 단순히 Spread 수익을 노리는 것이 아니라, 복합적인 **Inventory Management**와 **Price Skewing**을 수행합니다.

- **Inventory Skewing (가장 핵심):** 현재 보유 포지션(Long/Short)에 따라 Bid/Ask 가격을 대칭적이지 않게 산정합니다. 예를 들어 Long 포지션이 과다하면 Ask 가격을 낮춰 매도를 유도하고 Bid 가격은 올려 매수를 방패막이 삼습니다.
- **Internalization vs. Externalization:** 고객 주문을 내부망(Internal Liquidity)에서 먼저 매칭시키고, 잔여 위험만 외부 ECN(Electronic Communication Network)으로 던집니다. 이는 Market Impact와 수수료를 최소화하는 핵심 수익원입니다.
- **Multi-level Quoting:** 단일 호가가 아닌 LOB의 여러 깊이에 분산하여 주문을 배치하는 **Optimal Quoting** 전략을 사용합니다.

3. 추천 논문 및 Journal Articles (Classic & Recent)

카테고리	논문 제목 / 저자	핵심 내용
Foundational	<i>Avellaneda & Stoikov (2008)</i> "High-frequency trading in a limit order book"	MM의 고전인 Optimal Quoting & Inventory Risk 모델의 시초입니다.
Stochastic Control	<i>Olivier Guéant (2016)</i> "The Financial Mathematics	HJB(Hamilton-Jacobi-Bellman) 방정식을 통한 엄밀한 수학적 접근법을

	of Market Liquidity"	제시합니다.
Hawkes Model (2024)	<i>Jain et al. (2024)</i> "Limit Order Book dynamics and order size modelling using Compound Hawkes Process"	주문 크기와 시간 간격을 정확하게 모델링한 최신 연구입니다.
RL Implementation (2025)	<i>Bergault et al. (2025)</i> "Reinforcement Learning-Based Market Making as a Stochastic Control..."	**PPO(Proximal Policy Optimization)** 를 활용한 비정형 LOB 환경에서의 MM 구현을 다룹니다.
FX Specific (2025)	<i>arXiv:2512.04603 (2025)</i> "FX Market Making with Internal Liquidity"	FX 특유의 Internalization 과 OTC 환경에서의 최적화 전략을 분석합니다.

4. 구현 및 기술 스택 (Implementation)

LangChain/LangGraph 기반 에이전트 설계 역량을 고려할 때, MM 전략 구현 시 다음의 아키텍처를 추천합니다.

- 1. **Simulator:** 고빈도 데이터(Tick Data)를 활용한 **LOB Simulator** 구축이 필수입니다. (e.g., ABIDES 또는 Gymnasium 기반 환경)
- 2. **Agent Logic:**
 - **Perception:** 실시간 스퀴어드(Spread), 오더북 불균형(Imbalance), 변동성 센싱.
 - **Decision:** RL 에이전트가 Inventory 상황을 보고 **Skew Parameter**를 결정.
 - **Action:** REST API 또는 FIX Protocol을 통한 Limit Order 전송.
- 3. **Risk Engine:** 최적화된 MVO(Mean-Variance Optimization)를 결합하여 실시간 VaR(Value at Risk) 관리.

Tip: 최근 Journal of Financial Markets나 Quantitative Finance에서는 단순 통계 모델보다는 **Deep RL**과 전통적 **Stochastic Control**의 하이브리드 형태가 가장 주목받고 있습니다.

PPO 기반 **Skewing** 전략을 적용

관련하여 구체적인 Python 코드 구조나 특정 논문의 수식 구현