

작성자: 우태호

작성일: 2025년 4월 12일

주제: pfhedge의 구조, 목적, 그리고 헤지 전략 최적화에서의 응용

## I. 문제 의식: 왜 헤징을 학습하는가?

금융 시장은 불확실성의 연속이다. 옵션, 선물, 주식, ETF 등 다양한 파생상품은 이러한 위험을 줄이기 위한 도구로 사용된다. 그런데 문제는 헤지 전략의 설계 자체도 불확실성 속에 놓여 있다는 점이다. 전통적인 헤징은 델타, 감마, 세타 등 이론값에 근거한 수식을 사용하지만, 시장은 이론대로 움직이지 않는다. 그렇다면 우리는 헤지 전략 자체를 학습시킬 수는 없을까? 이 질문에 응답하는 것이 바로 pfhedge다.

## II. 소개: pfhedge 란?

pfhedge는 PyTorch 기반의 오픈소스 프레임워크로, 옵션 헤징 전략을 강화학습 또는 딥러닝으로 최적화할 수 있는 환경을 제공한다. Backpropagation through time과 Stochastic simulation을 결합해, 마치 RL처럼 헤징 전략을 학습할 수 있게 한다.

➤ GitHub: <https://github.com/pfhedge/pfhedge>

## III. 기술 구성

### 1. 모델 구조:

- BlackScholes 또는 Heston 등 다양한 시뮬레이션 모델 탑재
- 사용자 정의 자산 경로도 학습 가능

### 2. 헤지 전략 학습 대상:

- 델타 헤지: 미리 정의된 전략
- 신경망 기반 전략: 완전 연결층 MLP, RNN 등 사용자 정의 가능

- PnL(Payoff) 기반 최적화: 손실함수 기반의 자기지도 학습 방식 사용

### 3. 주요 컴포넌트:

HedgeEnv: 시뮬레이션 환경 (옵션, 기초자산, 비용 포함)

Hedger: 신경망 기반 전략 구현

Trainer: 학습 루프 및 로깅 제어

Market: 자산 경로 생성기 (확률적 프로세스 기반)

## IV. 수식적 기반

pfhedge 는 다음의 손실 함수 최적화를 통해 전략을 학습한다:

$$\min_{\theta} E[L(PnL_{\theta})]$$

- $\theta$ : 헤지 전략을 결정하는 신경망의 파라미터
- $L$ : 손실 함수 (보통 제곱 손실 또는 Tail risk 기반)
- $PnL$ : 헤지 전략 실행 후의 손익

이 손실은 BPTT(Backpropagation Through Time)를 사용해 계산되며, 시계열 관점에서의 전략 수정을 가능하게 한다.

## V. pfhedge 의 특징

PyTorch 기반: GPU 가속 및 유연한 모델 설계 가능

Differentiable Hedging: 미분 가능한 시뮬레이션으로 전략 학습 가능

비용 내재화: Transaction cost, bid-ask spread 등을 반영한 현실적 환경

전략 비교: Benchmark strategy (Delta hedge 등)와 학습 전략 성능 비교 가능

## VI. 실제 사용 예

```
```python
from pfhedge.instruments import BlackScholes, EuropeanOption
from pfhedge.nn import Hedger, MLP
```

```
option = EuropeanOption(maturity=30)
market = BlackScholes()
env = option + market
```

```
model = MLP()
hedger = Hedger(model, env)
hedger.train()
````
```

## VII. 결론: 모델이 전략을 학습하는 시대

pfhedge 는 딥러닝을 통해 해지 전략 그 자체를 학습 가능한 객체로 바꾸는 실험적 도구이다. 전통적 이론의 한계를 넘어서, 실제 시장 조건을 반영한 전략을 설계하려는 연구자 및 실무자에게 매우 유용하다.

이는 '모델링된 수익률'이 아니라, '학습된 행동'을 중심으로 금융공학을 다시 생각하게 하는 도전이다.

### 참고 자료

1. Pfhedge GitHub 문서: <https://github.com/pfhedge/pfhedge>
2. Deep Hedging 논문: <https://arxiv.org/abs/1802.03042>
3. QuantLib, PyTorch 등 프레임워크 문서