

AI를 활용한 커널 파라미터 최적화

[0. Index](#)

[1. Kernel Parameter in Linux](#)

[2. Automatic Optimization of Linux Kernel Parameters with OpenAI](#)

[3. How to Build](#)

[4. Demo](#)

[5. Conclusion](#)

0. Index

- 리눅스 시스템에서 커널 파라미터에 대한 소개
- kernel parameter가 서비스에 미치는 영향과 중요도에 대한 설명
- AI를 통한 kernel parameter 자동 최적화 방안
- AI를 통한 kernel parameter 자동 최적화 개발 및 로직
- Demo
- 결론

1. Kernel Parameter in Linux

- Kernel Parameter란
 - 커널 파라미터는 리눅스 커널이 시스템 리소스를 관리하고 동작하는 방식을 제어하는 설정값입니다. 이들은 /proc/sys 경로 아래에 존재하며, 네트워크, 메모리, 파일 시스템 등 다양한 커널 기능에 영향을 줍니다.
- Kernel Parameter 튜닝의 중요성
 - 적절한 Kernel Parameter 튜닝은 시스템의 성능과 안정성에 큰 영향을 미칩니다.
 - ex)
 - **somaxconn**: TCP 연결 큐의 최대 길이를 설정합니다. 기본 값이 낮은 경우, 높은 트래픽에서 연결이 거부되거나 지연될 수 있습니다.

- **vm.swappiness**: 메모리 부족 시 스왑 사용 비율을 조절하는데, 기본값이 높을 경우 불필요한 디스크 I/O로 인해 성능 저하가 발생할 수 있음.

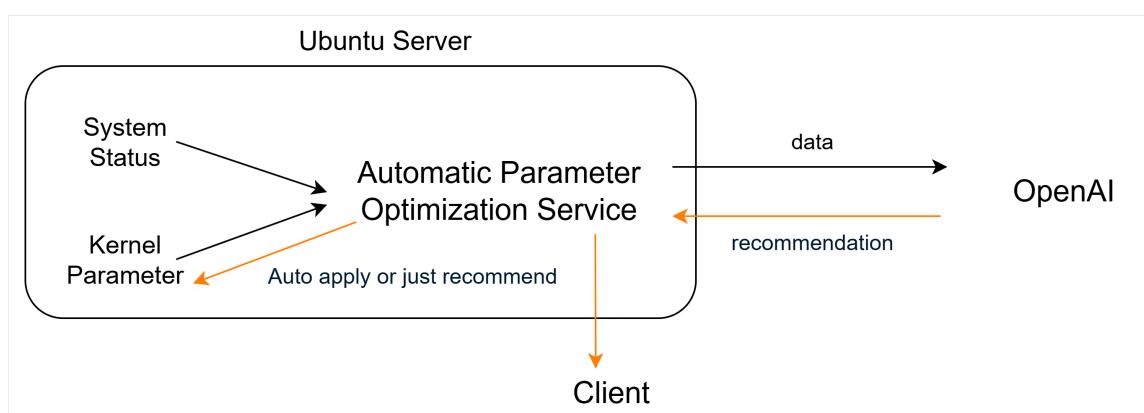
2. Automatic Optimization of Linux Kernel Parameters with OpenAI

- 운영자가 직접 Kernel Parameter를 관리할 때
 - 장점
 - 시스템에 대한 **이해와 경험을 바탕**으로 정확하게 필요한 parameter 값을 설정 할 수 있음.
 - 단점
 - 실시간으로 대응하기 어려움.
 - 어떤 kernel parameter를 변경해야 하는지 **인식하지 못하는 경우도 있음**.



운영자가 직업 관리할 때의 단점을 보완하기 위해 AI를 활용해 데이터를 기반으로 최적의 커널 파라미터를 추천 및 자동 설정합니다.

- Base Architecture



3. How to Build

- 언어 : Golang
- 로직
 - 1분 간격으로 CPU, 메모리, 네트워크, I/O 등의 메트릭 수집
 - 10분 간격으로 수집 된 데이터를 OpenAI에 전송
 - 모델은 각 kernel parameter에 대해 아래와 같은 응답을 반환
 - 추천 값
 - 추천 이유
 - 현재 상태에서 자동 설정이 가능한지 여부
 - 반환 된 결과를 기반으로 다음과 같은 조치를 수행:
 - AI 판단이 안전할 경우 & 운영자가 미리 자동 설정을 허용한 parameter의 경우 → 자동 설정 적용
 - 위험할 경우 운영자에게 알림 전송 및 승인 대기 → 승인 완료 시 자동 적용

4. Demo

- **somaxconn default가 4096인 ubuntu server에서 Recv-q의 크기를 최대 값에 가까이 늘렸을 경우 → 늘리기를 추천 (자동 설정 가능하다 판단)**
- **Recv-q의 크기를 다시 줄였을 경우 → 4096에서 변경할 필요 없다고 판단**

```

Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:17:18.001772222 +0900 KST m+=219.804011150 CPUIdlePercent:99.19986926331697 MemoryFreeMB:822 L
oadAvg1Min:0.03 RecvQ:4050}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:17:38.010121115 +0900 KST m+=239.812360038 CPUIdlePercent:99.19983807448712 MemoryFreeMB:800 L
oadAvg1Min:0.02 RecvQ:4050}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:17:58.0017064 +0900 KST m+=259.803945325 CPUIdlePercent:99.19980241764551 MemoryFreeMB:768 Lo
adAvg1Min:0.01 RecvQ:4050}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:18:18.010085193 +0900 KST m+=279.812324106 CPUIdlePercent:99.19976705448124 MemoryFreeMB:828 L
oadAvg1Min:0.01 RecvQ:4050}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:18:38.004122576 +0900 KST m+=299.806361494 CPUIdlePercent:99.19974099359723 MemoryFreeMB:832 L
oadAvg1Min:0.15 RecvQ:4050}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:18:58.010330333 +0900 KST m+=319.812569249 CPUIdlePercent:99.1997184487478 MemoryFreeMB:884 Lo
adAvg1Min:0.38 RecvQ:1000}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:19:18.001642542 +0900 KST m+=339.803881468 CPUIdlePercent:99.19970479608213 MemoryFreeMB:877 L
oadAvg1Min:0.27 RecvQ:1000}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:19:38.000709088 +0900 KST m+=359.802948014 CPUIdlePercent:99.19969029460496 MemoryFreeMB:857 L
oadAvg1Min:0.19 RecvQ:1000}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:19:58.019040035 +0900 KST m+=379.821278951 CPUIdlePercent:99.19967387651548 MemoryFreeMB:819 L
oadAvg1Min:0.2 RecvQ:1000}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:20:18.014076187 +0900 KST m+=399.816315101 CPUIdlePercent:99.19966453951952 MemoryFreeMB:954 L
oadAvg1Min:0.14 RecvQ:8}
OpenAI Response: {[Parameter:net.core.somaxconn RecommendedValue:8192 CanAutoApply:true Reason:Recv-Q 값이 지속적으로 높은 상태(4050)를 유
지하고 있으며, 이는 대기 중인 연결 요청이 많음을 나타냅니다. 현재 설정된 somaxconn 값(4096)이 이 수요를 충족시키기에 충분하지 않을 수 있습
니다. 따라서 SYN backlog을 방지하고 더 많은 연결 요청을 처리하기 위해 somaxconn 값을 8192로 증가시키는 것이 좋습니다.]}

Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:20:38.016670647 +0900 KST m+=419.818969572 CPUIdlePercent:99.19965326123494 MemoryFreeMB:937 L
oadAvg1Min:0.1 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:20:58.000101791 +0900 KST m+=439.802340720 CPUIdlePercent:99.19963694648301 MemoryFreeMB:913 L
oadAvg1Min:0.07 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:21:18.004039415 +0900 KST m+=459.806278336 CPUIdlePercent:99.19962078070277 MemoryFreeMB:943 L
oadAvg1Min:0.08 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:21:38.000443372 +0900 KST m+=479.802682301 CPUIdlePercent:99.19959891351391 MemoryFreeMB:936 L
oadAvg1Min:0.04 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:21:58.006678976 +0900 KST m+=499.808917895 CPUIdlePercent:99.19957469450588 MemoryFreeMB:904 L
oadAvg1Min:0.02 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:22:18.002248106 +0900 KST m+=519.804487031 CPUIdlePercent:99.19955533252667 MemoryFreeMB:931 L
oadAvg1Min:0.02 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:22:38.004765715 +0900 KST m+=539.807004645 CPUIdlePercent:99.19953847790717 MemoryFreeMB:908 L
oadAvg1Min:0.16 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:22:58.02017311 +0900 KST m+=559.822412026 CPUIdlePercent:99.19951441344195 MemoryFreeMB:898 Lo
adAvg1Min:0.11 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:23:18.004674393 +0900 KST m+=579.806913323 CPUIdlePercent:99.19949588881902 MemoryFreeMB:915 L
oadAvg1Min:0.08 RecvQ:0}
Metrics collected: {Timestamp:2025-05-16 04:23:38.014139392 +0900 KST m+=599.816378307 CPUIdlePercent:99.19947597422716 MemoryFreeMB:915 L
oadAvg1Min:0.18 RecvQ:0}
OpenAI error: failed to parse recommendation: invalid character ``' looking for beginning of value
raw: ``json
[{
  "parameter": "net.core.somaxconn",
  "recommended_value": 4096,
  "can_auto_apply": true,
  "reason": "현재 Recv-Q가 모두 0으로, 대기 중인 연결이 없으며, CPU와 메모리 사용률이 낮아 somaxconn 값을 변경할 필요가 없습니다."
}]

```

5. Conclusion

- AI를 활용한 커널 파라미터 자동 최적화의 장점
 - 데이터 기반의 튜닝
 - 운영자의 경험에 의존하지 않고, 실시간으로 수집 되는 데이터를 기반으로 파라미터 설정 가능
 - 실시간 대응
 - 주기적으로 작동하기에 실시간 대응이 가능함
 - 일관성 확보
 - 동일한 상황일 때 동일한 판단을 내릴 수 있음
- 한계점
 - 설정 실패 시 리스크 존재
 - 자동 설정에 대한 리스크를 최대한 줄였지만, 이로 인해 서비스의 장애가 유발 될 수 있다는 점은 피할 수 없음

- 해당 시스템에 대한 이해도 부족
 - 오랜 시간 시스템에 대한 이해도를 쌓아온 운영자와 다르게 AI는 일반적인 판단 밖에 내릴 수 없음
- **추후 발전 가능성**
 - 시스템 특성 별로 AI 모델을 분리 한 뒤, 실제 성능 개선 여부를 지속적으로 학습에 반영한다면 치명적인 시스템에 대한 이해도 부족을 점차 줄여갈 수 있을 것 같음.