

무어의 법칙은 죽었는가?

8-301-18
이원규

COMPUTER HARDWARE
&
INDUSTRY PERSPECTIVE

1. 들어가며

젠슨 황의 선언과 '황의 법칙'이 말하는 미래

2025년 컴퓨텍스(Computex)에서, NVIDIA의 CEO 젠슨 황(Jensen Huang)은 단호하게 말했다. "무어의 법칙은 죽었다." 그리고 그 자리를 대체할 새로운 패러다임으로 **황의 법칙(Huang's Law)**을 제시했다. 그의 말은 단순한 마케팅 수사가 아니었다. AI와 컴퓨팅 성능의 근본적인 진화를 이야기하는 철학적 선언이었다.

무어의 법칙이란, 2년마다 칩의 트랜지스터 수가 2배로 증가한다는 경험적 관찰에 기반한 것으로, 수십 년간 반도체 산업의 방향성을 제공해왔다. 그러나 최근 들어 미세공정의 한계, 전력 소모와 발열 문제, 그리고 천문학적인 생산 비용은 이 법칙의 지속 가능성에 근본적인 의문을 던지고 있다. 트랜지스터의 개수는 더 이상 곧바로 성능 향상으로 이어지지 않는다. 젠슨 황은 바로 이 지점을 짚는다. 트랜지스터만 바라보는 시대는 끝났다.

황의 법칙은 AI 칩만의 이야기인가, 아니면 범용 CPU에도 해당되는가? 결론부터 말하자면, 적용 가능하다. 다만, 적용되는 방식과 속도는 AI 칩셋과는 다를 수 있다. 오늘날의 CPU 역시 무어의 법칙적 한계에 봉착하고 있다. 하지만 그 돌파구는 단순한 클럭 향상이나 코어 수 증가가 아니다.

2. 현재 CPU 성능 향상이 둔화된 이유와 기술적 대안

현재 CPU 칩셋의 성능 향상이 둔화된 이유와 이를 해결하기 위한 기술적 대안은 다음과 같다.

성능 향상 둔화의 이유

1. 물리적 한계 도달

미세공정은 3nm 이하로 수렴하고 있으며, 이보다 더 작은 노드는 전자 이동의 불안정성과 누설 전류(leakage current) 같은 물리적 한계에 부딪히고 있다.

2. 발열과 전력 소모

클럭을 올릴수록 전력 소비는 기하급수적으로 늘어나고, 이는 발열 문제로 직결된다. 이제는 쿨링 기술조차 따라잡기 어려운 수준이다.

3. 코어 수 증가의 수익 감소

멀티코어로의 확장은 한계효용 체감에 직면하고 있다. 모든 소프트웨어가 병렬 처리에 최적화되어 있는 것도 아니며, 공유 리소스(캐시, 메모리 대역폭 등)의 병목도 증가한다.

기술적 대안

1. 하이브리드 아키텍처(big.LITTLE)

ARM이 주도한 이 구조는 고성능 코어와 저전력 코어를 조합하여 전력 효율과 성능을 균형 있게 확보한다. 인텔의 P코어/E코어 전략도 이의 연장선이다.

2. 캐시 및 메모리 구조 혁신

AMD의 3D V-Cache 같은 접근은 CPU 성능을 끌어올리는 새로운 돌파구다. 메모리 병목을 줄이고 데이터 접근성을 높이는 방식이다.

3. 이기종 연산(Heterogeneous Computing)

CPU가 모든 연산을 책임지는 것이 아니라, GPU, NPU, DPU 등 각 분야에 특화된 칩셋과 역할을 나누는 구조다. CPU는 이제 단순 연산기가 아닌 ‘조율자’가 된다.

4. 통합 최적화(Platform-level Tuning)

컴파일러, OS, 알고리즘, 라이브러리까지 포함한 전체 소프트웨어 스택의 최적화가 성능 향상의 핵심 요소로 부상하고 있다.

이 모든 것은 결국 "하드웨어+ 소프트웨어+ 구조적 최적화"의 방향으로 향하고 있다. 이는 곧 황의 법칙이 말하는 통합 최적화 패러다임과 맞닿아 있다. CPU는 점점 더 ‘일을 잘게 나누고, 빠르게 처리하고, 효율적으로 통합하는’ 구조로 진화하고 있다. 그렇다면 미래의 CPU 혹은 컴퓨터 시스템은 어떤 모습일까?

3. ‘황의 법칙’을 적용하여 바라보는 CPU의 미래

NVIDIA의 젠슨 황은 이러한 패러다임 전환을 황의 법칙(Huang's Law)이라는 이름으로 설명했다. 핵심은 이것이다:

“성능은 더 이상 트랜지스터 수나 클럭 속도로만 설명되지 않는다.

진짜 성능은 전체 시스템이 얼마나 잘 설계되고 유기적으로 동작하는가에 달려 있다.”

이는 CPU에도 동일하게 적용된다고 생각한다. 나는 미래의 컴퓨팅 시스템이 다음과 같은 방향으로 나아갈 것이라 생각한다. 업무는 더 잘게 쪼개지고, 각 업무는 특화된 프로세서가 맡아서 처리한다. 그리고 CPU는 이 모든 처리 결과를 통합하고 조율하는 오케스트레이터(Orchestrator)의 역할을 수행하는 것이다.

그래픽 연산은 GPU가, AI 연산은 NPU가, 보안 및 네트워크 트래픽 처리는 DPU가, 멀티미디어 처리는 ISP가, 그리고 CPU는 이들을 묶는 지휘자처럼 동작하는 것이다.

따라서 ‘성능’이라는 것은 개별 칩이 아니라 전체 구조의 유기성에서 나오게 되는 것이고, 이것은 단순한 현 하드웨어 기술의 발전이 아니라 아키텍처 자체의 근본적 변화이다.

4. 마무리하며

무어의 법칙이 우리에게 보여준 시대는 끝나가고 있다. CPU도 예외는 아니다.

이제 성능의 중심은 '스펙'이 아니라 '시스템', '하드웨어'가 아니라 '통합 구조'에 있다.

CPU는 더 이상 모든 걸 혼자 해결하려 하지 않는다.

대신, 더 많은 파트너와 함께, 더 현명한 방법으로 일하려 한다.

그것이 지금 우리가 마주하고 있는, CPU의 진짜 진화가 아닐까?