

Arm SoC는 왜 발열에 더 강할까?

이현재

3주차 선각보고서

2025.05.17

서론

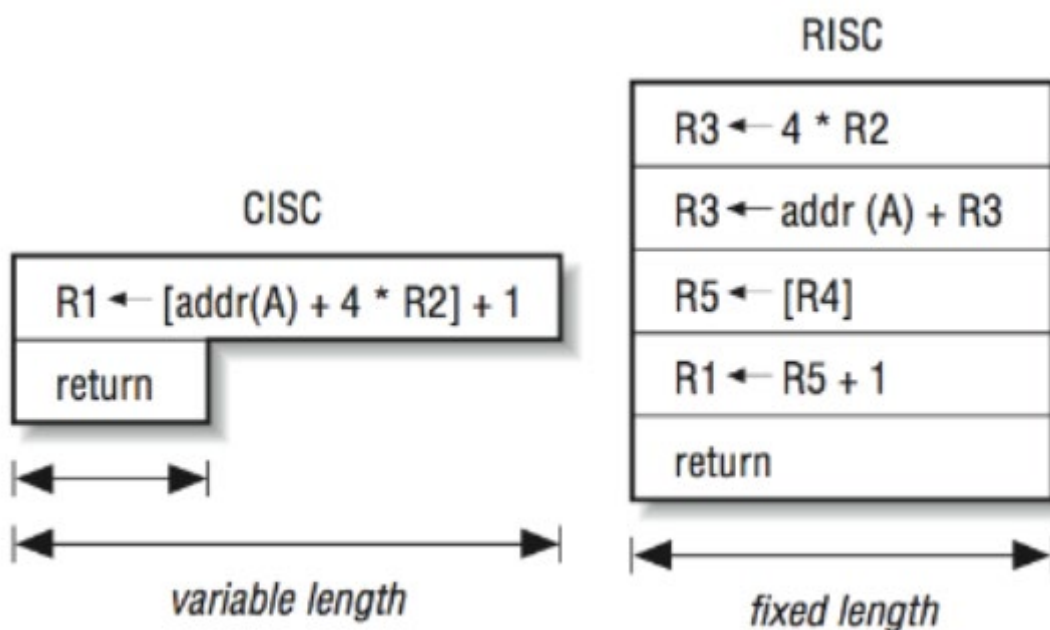
최근 들어 개인적으로 가장 흥미로웠던 하드웨어 변화 중 하나가 바로 애플의 M1 칩이다. 이전에 사용하던 인텔 기반 맥북은 웹서핑이나 유튜브 영상 재생 같은 간단한 작업에도 팬이 시끄럽게 돌며 발열이 심했다. 그런데 2020년 애플이 발표한 Arm 기반 M1 칩을 탑재한 맥북 에어와 맥북 프로는 팬 소리를 거의 들어본 적이 없을 정도로 조용했고, 발열도 매우 적었다. 심지어 배터리 지속시간은 두 배 가까이 늘어났다. 어떻게 같은 노트북에서 프로세서만 바뀌었을 뿐인데 이렇게 발열과 전력 효율에 극적인 차이가 생길 수 있는지 궁금증이 생겼다. 이 리포트에서는 애플의 M1 칩을 예시로 들며, Arm SoC가 발열 관리에 있어서 인텔 기반 칩보다 왜 더 강한지 조사, 분석해보았다.

본론

1. 명령어 구조의 차이: RISC vs. CISC

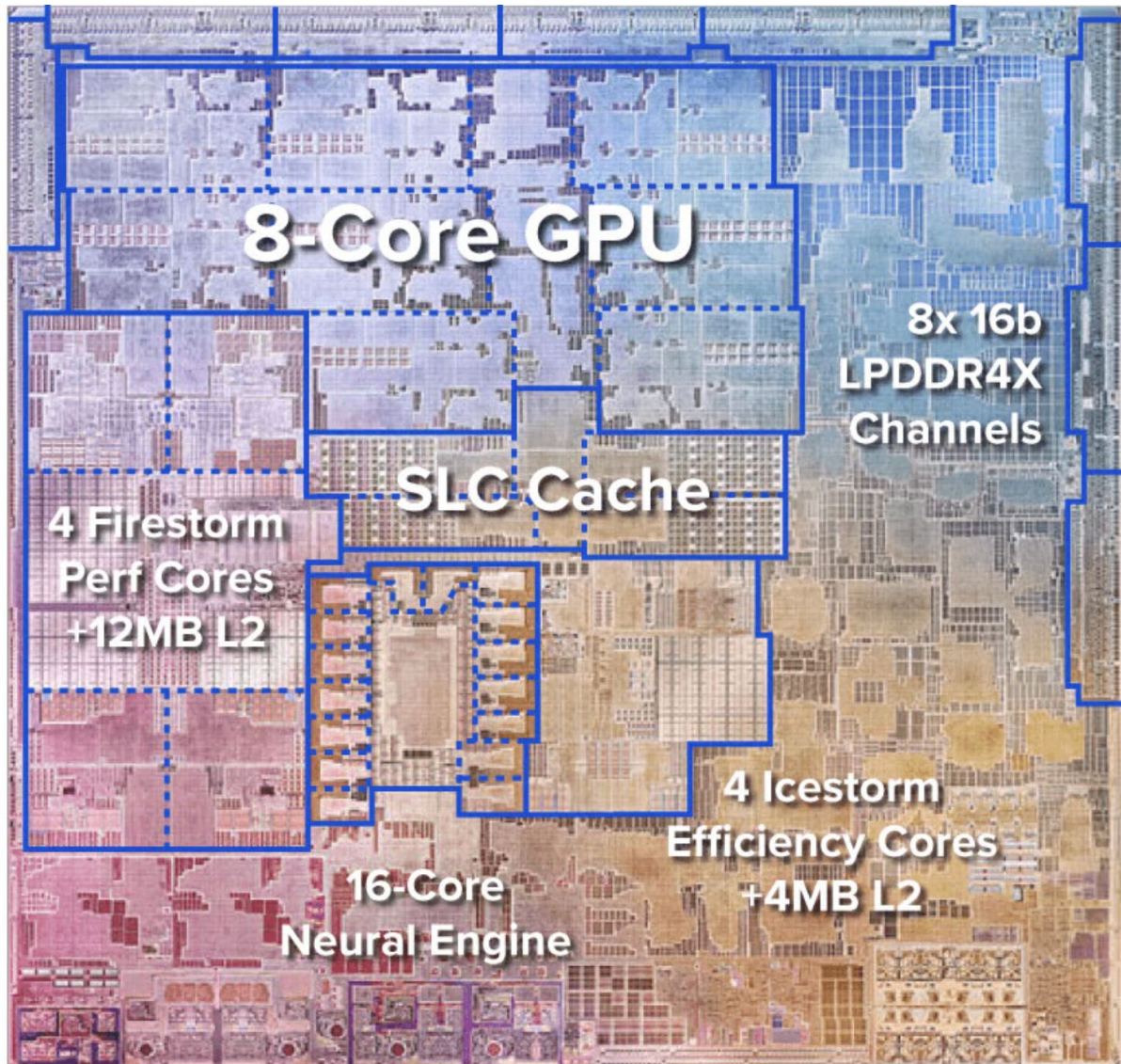
Arm 기반 프로세서와 인텔 기반 프로세서가 발열 차이를 보이는 근본적인 원인은 프로세서 설계 방식의 차이에 있다. Arm은 RISC(Reduced Instruction Set Computer)라는 간단한 명령어 세트를 사용하여 설계되었다. 명령어의 길이와 구조가 단순하기 때문에 프로세서가 명령을 수행할 때 필요한 전력과 복잡도가 낮아진다.

반면, 인텔 프로세서는 CISC(Complex Instruction Set Computer) 구조를 사용하여 복잡한 명령어를 처리하는 방식이다. 이 구조는 하나의 명령어가 여러 복잡한 작업을 수행하게 되어 있어 프로세서 내부 구조가 복잡해지고, 그만큼 소비 전력이 증가하여 발열이 많아진다.

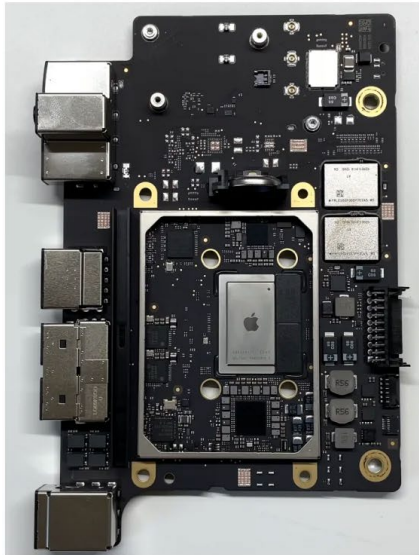


2. SoC(System-on-Chip)의 설계 효율성

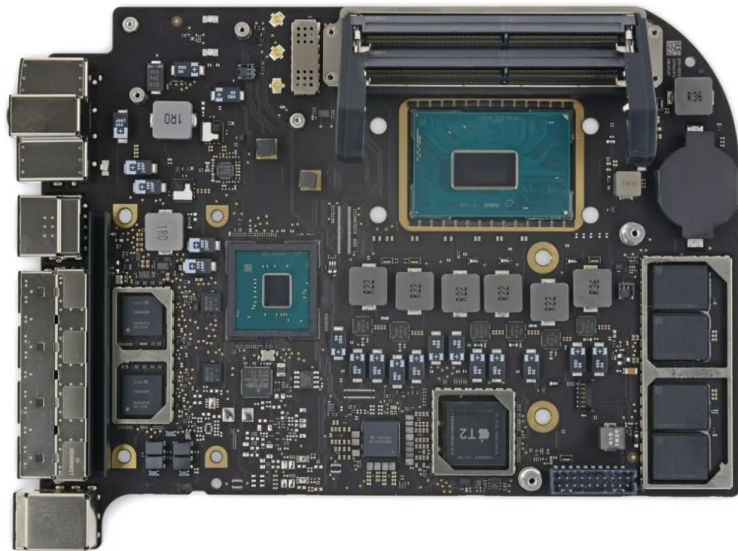
애플의 M1 칩은 대표적인 Arm 기반 SoC이다. SoC는 CPU, GPU, 메모리 컨트롤러, NPU 등 다양한 하드웨어가 하나의 칩 위에 집적되어 있다. 이렇게 하나의 칩으로 통합하면 데이터가 칩 내부에서만 빠르게 이동하고, 데이터 이동 거리가 짧아지기 때문에 전력 소모와 그에 따른 발열을 최소화할 수 있다.



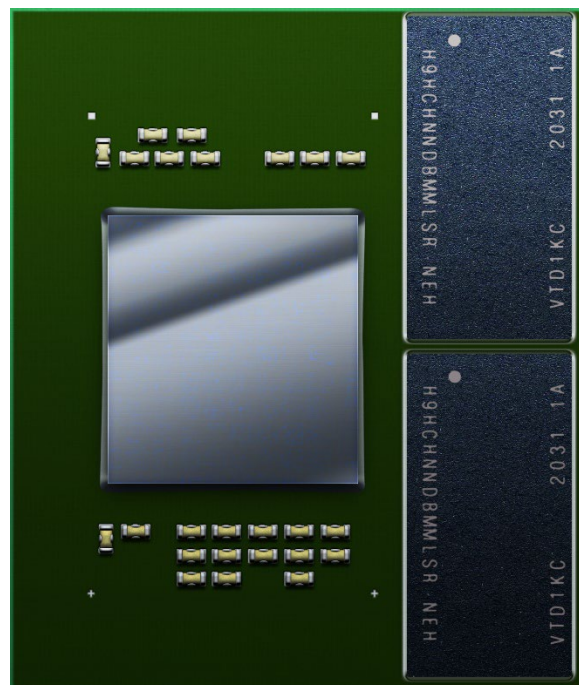
반면, 전통적인 인텔 프로세서는 CPU, GPU, 메모리 컨트롤러 등이 각각 독립된 칩으로 분리되어 있어 데이터 이동 경로가 길어지고, 데이터 이동 과정에서 추가적인 전력이 소모되어 발열이 많아진다.



M1 Mac Mini



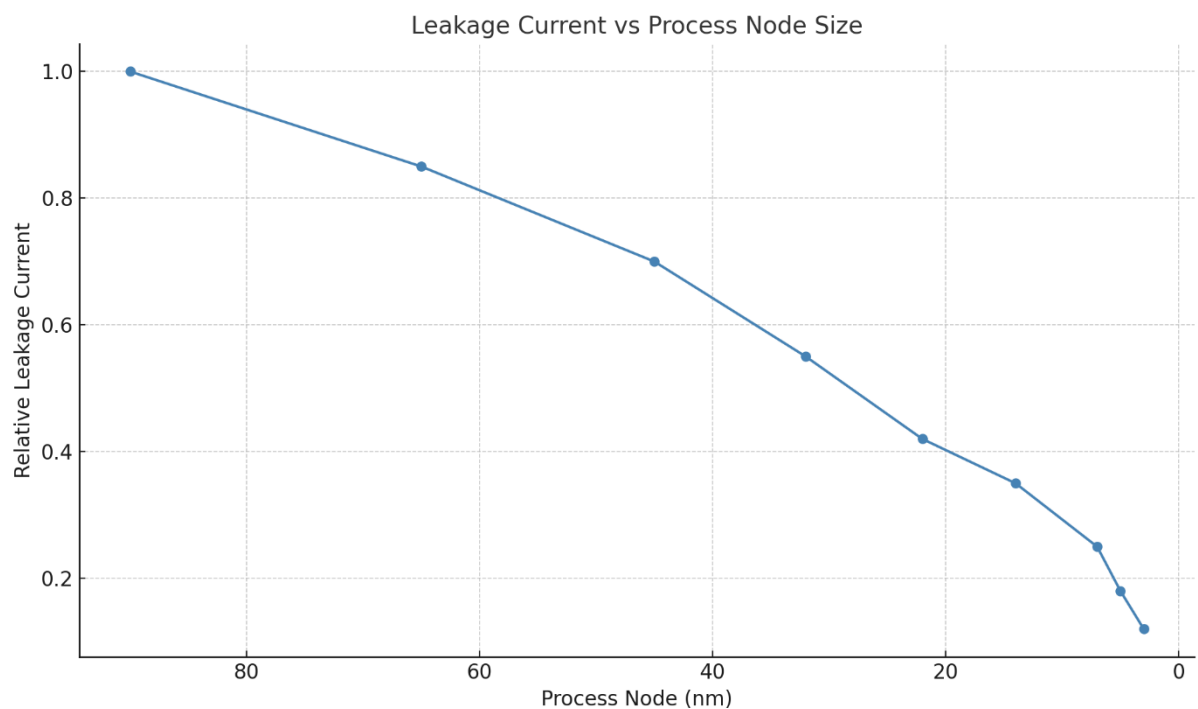
i3-8100B Mac Mini



3. 최신 미세공정 기술 활용의 중요성

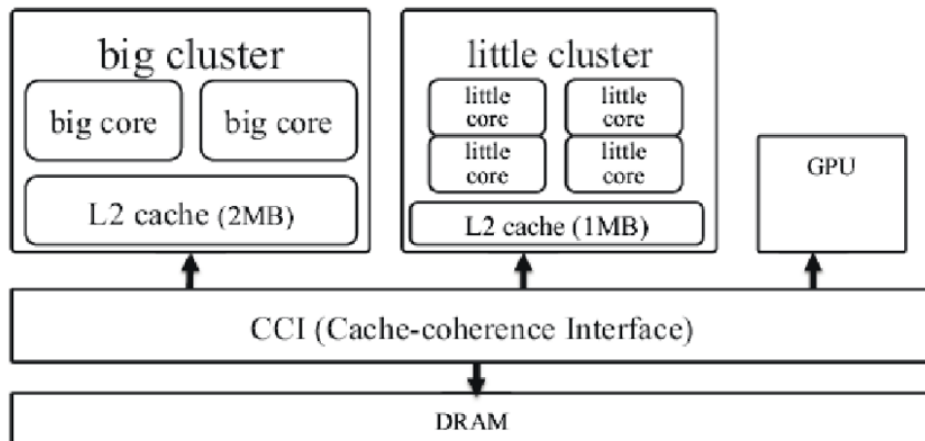
애플의 M1 칩은 TSMC의 5nm 공정으로 생산되었다. 미세 공정은 트랜지스터 크기를 작게 만들어 프로세서가 동일한 성능을 더 낮은 전력으로 낼 수 있게 한다. 작아진 트랜지스터는 누설 전류(leakage current)를 최소화하기 때문에 발열을 줄이는 효과가 매우 뛰어나다.

인텔은 오랫동안 14nm 공정에서 머물렀고, 최근에는 10nm, 7nm 공정으로 전환했지만 여전히 모바일 SoC에 비하면 공정 면에서 뒤쳐져 있다. 공정의 차이는 결국 발열 관리 능력의 차이로 나타난다.



4. 이기종 컴퓨팅(big.LITTLE 구조) 활용

애플의 M1 칩은 고성능 코어와 저전력 코어가 함께 들어가는 이기종 코어 구조를 적극적으로 활용하고 있다. macOS는 작업 부하에 따라 적절한 코어를 배정하여 저전력 코어로 간단한 작업을 수행하고, 성능이 필요한 순간에만 고성능 코어를 사용하는 구조다. 이런 방식은 전체적인 전력 소비와 발열을 현저히 줄이는 데 큰 도움이 된다.



5. 낮은 TDP와 소비전력 관리 기술

Arm 기반 프로세서의 또 다른 강점은 낮은 TDP(Thermal Design Power)에 있다. 예를 들어 M1 칩의 TDP는 약 10W 수준인데, 이는 인텔 모바일 프로세서(보통 45W)보다 상당히 낮은 수준이다. TDP가 낮다는 것은 근본적으로 발열 자체가 적다는 것을 의미하기 때문에, 팬이 없거나 최소한의 냉각 장치로도 발열 제어가 가능하다.

6. 하드웨어와 소프트웨어의 철저한 통합 및 최적화

애플 M1 칩이 뛰어난 발열 관리 성능을 낼 수 있는 또 다른 이유는 하드웨어와 운영체제 간의 긴밀한 최적화 때문이다. 애플은 macOS라는 운영체제를 자체 하드웨어에 최적화하여 성능과 효율을 극대화할 수 있었다. 반면, 인텔 CPU는 다양한 운영체제와 기기를 지원해야 하므로 이런 철저한 통합적 최적화가 어렵다.

결론

결국, Arm 기반 SoC가 인텔 프로세서보다 발열 관리에서 뛰어난 이유는 아키텍처, 구조, 공정, 설계 철학 전반에서 출발점이 다르기 때문이다. 단순한 명령어 집합(RISC), 고도로 통합된 SoC 구조, 최신 미세 공정의 적극적인 도입, 이기종 컴퓨팅 구조(빅리틀), 낮은 TDP 설계, 그리고 하드웨어와 소프트웨어의 긴밀한 최적화까지, 모든 요소가 전력 효율과 발열 억제를 중심으로 설계되어 있다.

개인적으로 애플이 인텔 CPU에서 M1 칩으로 전환했을 때 처음에는 그 성능과 안정성에 회의적이었다. 하지만 실제 사용해보면서 발열이 거의 없고, 팬 소음 없이도 고성능을 유지하는 점에서 놀라움을 느꼈고, 발열 관리라는 측면에서는 명백히 새로운 기준을 제시했다고 생각한다.

향후 인텔도 저전력 아키텍처나 미세 공정 전환에 적극적으로 나서겠지만, 현재의 설계 전환 속도와 전략을 감안하면, 당분간은 Arm SoC의 발열 효율성을 따라잡기 어렵다고 본다. 특히 모바일 기기나 팬리스 노트북 같은 발열과 배터리 효율이 중요한 시장에서는 Arm의 기술적 우위가 지속될 가능성이 높다.

따라서 발열 관리와 전력 효율이라는 관점에서 볼 때, Arm SoC는 단순한 선택지가 아니라 앞으로의 주류가 되어갈 기술적 진화의 방향인 것 같다.

- 참고문헌 및 출처
- AnandTech, "Apple M1 Chip Deep Dive", 2020
- Apple 공식 사이트, "M1 칩 개요 및 특징", 2020
- ARM Developer, "big.LITTLE 기술 소개 문서"
- Intel 공식 문서, "인텔 프로세서 스펙과 TDP 자료"
- TSMC, "5nm 공정 기술 자료"
- Ars Technica, "Why Apple's M1 Chip Is So Fast and Efficient", 2020
- The Verge, "Apple M1 MacBook 리뷰 및 성능 테스트", 2020
- TSMC 공정 기술 소개 (3nm, 4nm 공정)
- Ars Technica, "Mobile chip design and thermal management", 2023
- 삼성전자 Exynos 모바일 프로세서 개요 자료, 2023