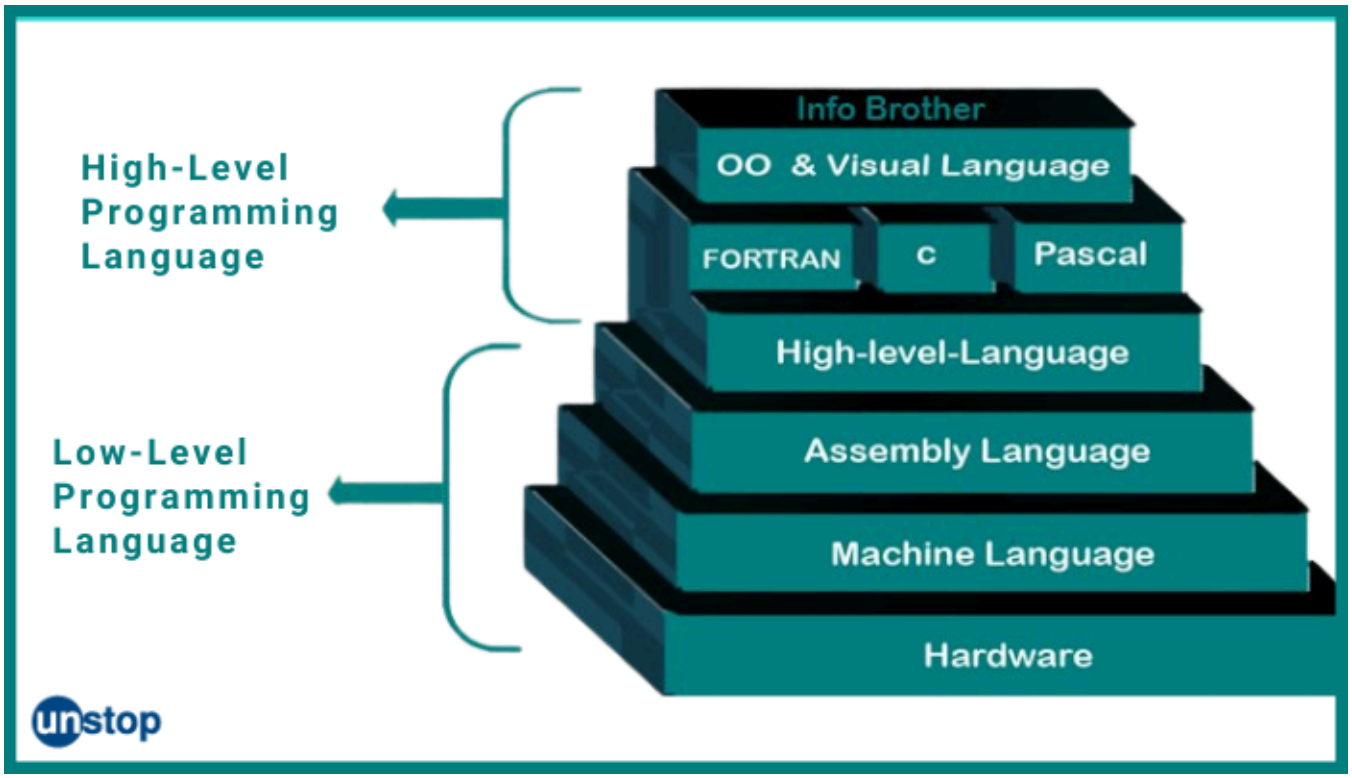
3. 명령어

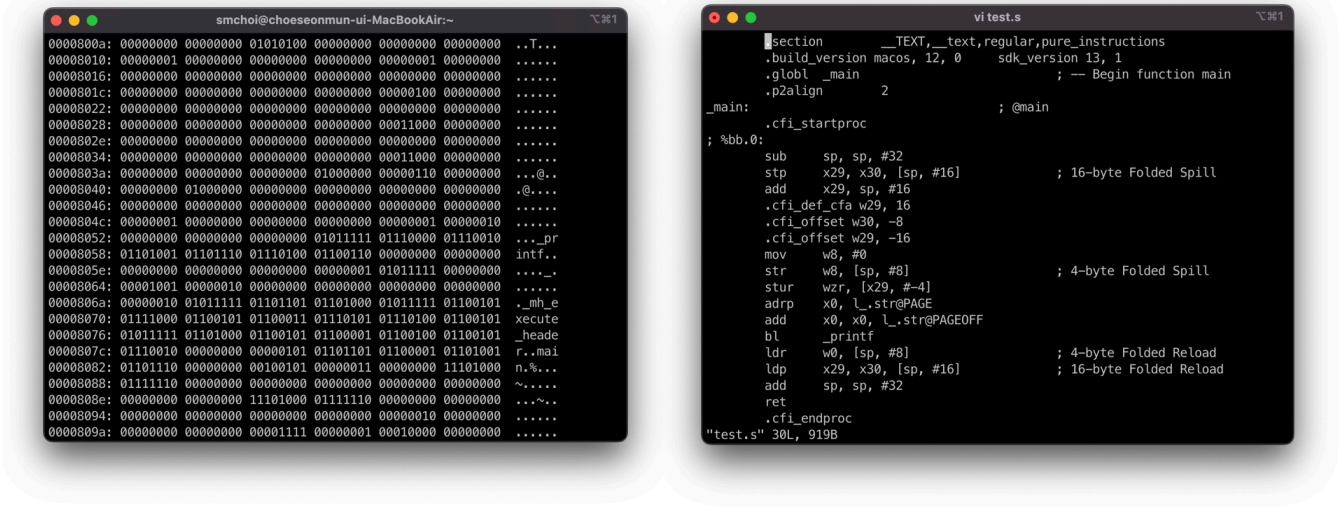
고급 언어와 저급 언어

프로그램에 저장된 명령어는 프로그래밍 언어를 이용해 작성된 것이다. 프로그래밍 언어에는 **저급 언어**(Low-level Programming Language)와 **고급 언어**(High-level Programming Language)가 있는데, 기계에 가까울수록 저급이라고 표현하며, 사람에게 가까울수록 고급이라고 표현한다. 다시 말해 저급 언어는 컴퓨터가 이해하기 쉬운 언어이며, 고급 언어는 사람이 이해하기 쉬운 언어라고 할 수 있다.



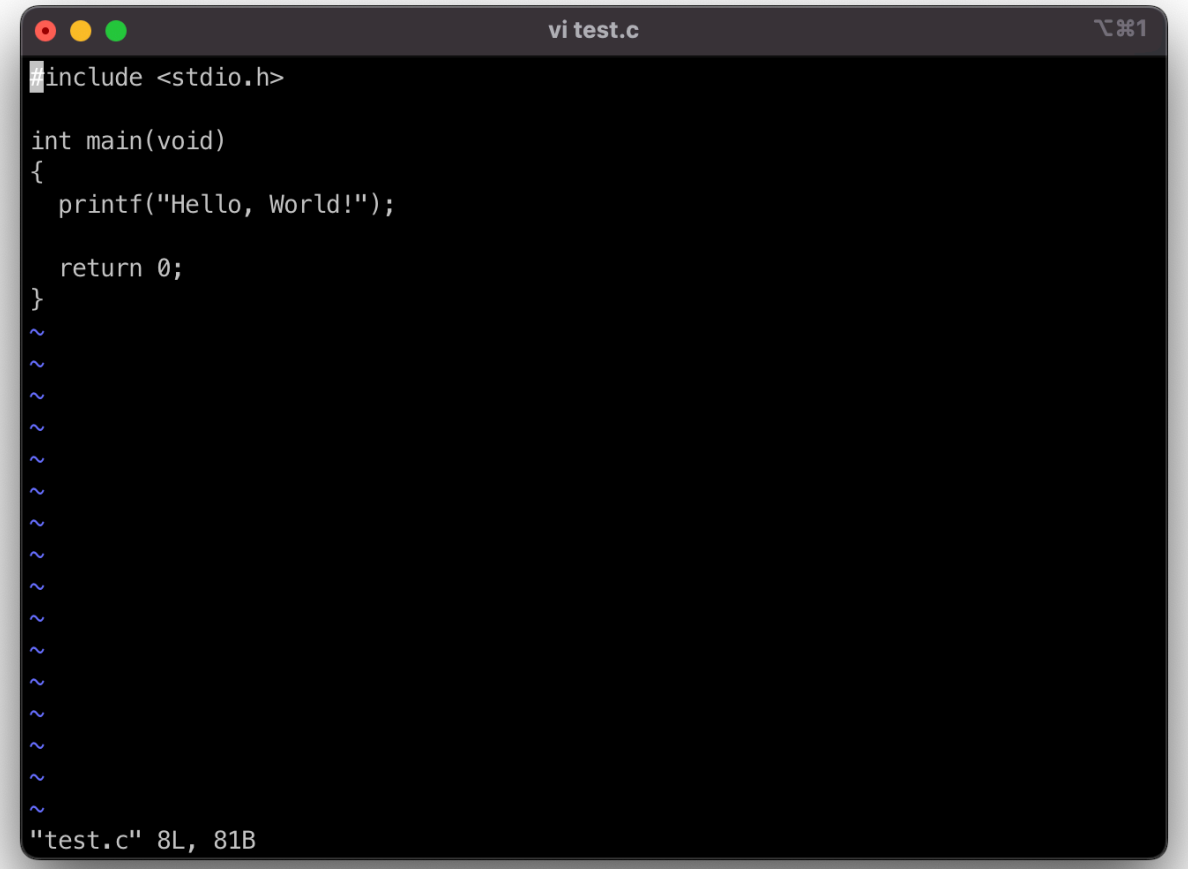
컴퓨터와 가깝냐, 사람과 가깝냐에 따라 프로그래밍 언어의 수준을 나눈다.

이전 시간에 살펴봤듯 명령어도 이진수로 구성된다. 그래서 0과 1로 이루어진 언어를 **기계어**(Machine Language)라고 한다. 하지만 사람이 기계어를 읽기에는 굉장히 힘들기 때문에 이와 1:1로 대응되는 **어셈블리어**(Assembly Language)가 있다. 이 두 언어는 저급 언어에 속하며, 이 외의 C, C++, C#, Java, Javascript, Python 등 모든 언어는 고급 언어다. 예시를 하나 보도록 하자.



왼쪽은 기계어, 오른쪽은 어셈블리어다.

왼쪽 이미지와 오른쪽 이미지 모두 같은 프로그램이다. 기계어는 아예 사람이 읽을 수 없고, 어셈블리어는 그나마 기계어보다는 낫지만 그래도 꽤 복잡하다.



고급 언어에 속하는 C언어다.

위 프로그램은 아까 본 기계어, 어셈블리어로 작성된 프로그램과 똑같은 동작을 한다. 확실히 저급 언어에 비해 작성과 읽기가 굉장히 쉽다는 것을 알 수 있다.

컴파일과 인터프리트

현대의 프로그램은 거의 대부분 고급 언어를 이용해 작성되지만*, 프로그램을 실행하려면 결국 고급 언어로 작성된 코드를 저급 언어로 변환하는 과정이 필요하다. 고급 언어를 저급 언어로 변환하는 방법에는 2가지가 있다. 바로 **컴파일**(Compile)과 **인터프리트**(Interpret)다.

컴파일은 코드 전체를 저급 언어로 변환하는 것인데, 이는 **컴파일러**(Compiler)라는 프로그램을 통해 처리된다. 컴파일러는 코드를 분석하며 문법 오류는 없는지, 실행 가능한 코드인지, 실행하는 데 불필요한 코드는 없는지 등을 검사하며 변환한다. 만약 컴파일 중 오류가 하나라도 발견되면 컴파일을 실패하게 된다. 인터프리트는 이와 달리 코드 전체를 변환하는 과정을 거치지 않고, 일단 실행 후 코드를 한 줄씩 그때그때 변환한다.

그래서 만약 코드에 오류가 있다면 오류를 일으키는 코드를 해석하기 전까진 코드를 쭉 실행하며, 비로소 오류가 존재하는 코드에 도달해야 변환이 실패하게 된다. 마찬가지로 인터프리트를 하는 프로그램이 있는데, 이를 **인터프리터**(Interpreter)라고 한다.

* 임베디드 개발자, 게임 개발자, 정보 보안 등 하드웨어와 가까운 프로그래머는 저급 언어를 사용하기도 한다. 왜냐하면 어셈블리어를 읽으면 컴퓨터가 프로그램을 어떤 과정으로 실행하는지 가장 근본적인 단계에서부터 하나하나 추적하고 관찰할 수 있어 고성능 프로그램이나 찾기 어려운 오류를 발견할 수 있기 때문이다.

코드*를 작성한 후 이를 실행 가능한 프로그램으로 만드는 과정을 **빌드**(Build)라고 하는데, 빌드 중 컴파일이 필요한 언어를 **컴파일 언어**(Compiled Language), 인터프리트가 필요한 언어를 **인터프리트 언어**(Interpreted Language)라고 한다. 두 언어는 개발에 있어서도 차이점을 가지는데, 컴파일 언어는 코드 전체를 변환해야 하기에 빌드 시간이 다소 걸리지만 실행이 빠르고, 인터프리트 언어는 빌드 시간이 짧지만 실행이 다소 느리다. 다만, 이를 무 가르듯 양단할 순 없으며 일부 언어는 두 과정이 동시에 존재하기도 한다.**

* 작성된 파일을 소스 코드(Source Code) 혹은 소스 파일(Source Flie)이라 한다.

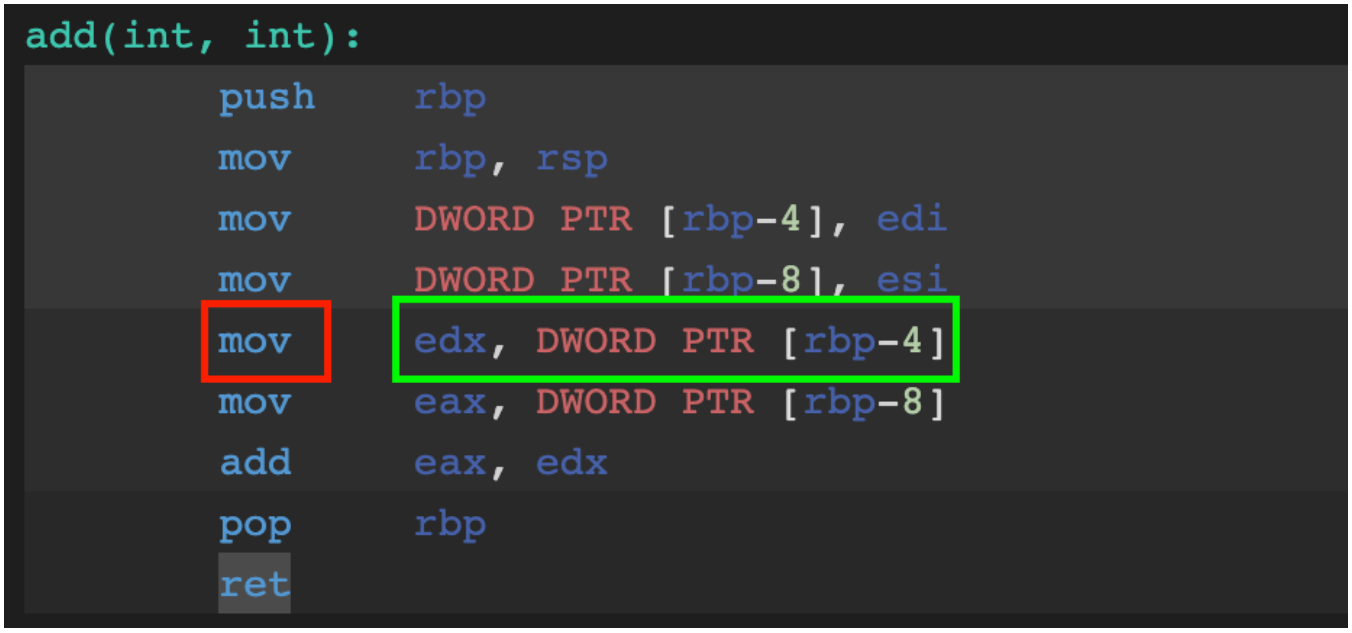
** C#, Java 등이 있다.

연산 코드와 오퍼랜드

명령어는 '어떤 동작을 해라, 무엇을 대상으로'라는 구조로 이뤄진다. 전문 용어로 표현하면 **연산 코드**(OP Code; Operation Code)*와 **오퍼랜드**(Operand)**로 구성된다고 한다.

* 연산자(Operator)라고도 한다. 명령어 중 연산 코드가 저장되는 영역을 연산 코드 필드라고 한다.

** 피연산자라고도 한다. 명령어 중 오퍼랜드가 저장되는 영역을 오퍼랜드 필드라고 한다.



한 줄 한줄이 명령어다. 빨간색이 연산 코드고, 초록색이 오퍼랜드다.

연산 코드는 여러 가지가 있고, 이는 하드웨어마다 다르다.* 따라서 대표적인 종류만 알아보도록 하자.

* 이를 명령어 세트(Instruction Set)라고 한다. 여기에는 x86과 ARM이 있다.

- 데이터 전송
    - MOVE : 데이터를 옮긴다.
    - STORE : 메모리에 데이터를 저장한다.
    - LOAD(FETCH) : 메모리에서 CPU로 데이터를 불러온다.
    - PUSH : 데이터를 스택에 저장한다.
    - POP : 데이터를 스택에서 가져온다.
- 산술/논리 연산
    - ADD / SUBTRACT / MULTIPLY / DIVIDE : 사칙연산을 수행한다.
    - INCREMENT / DECREMENT : 1을 더한다. / 1을 뺀다.
    - AND / OR / NOT : 논리 연산을 한다.
    - COMPARE : 비교한다.
- 제어 흐름 변경
    - JUMP : 특정 주소로 실행 순서를 옮긴다.
    - CONDITIONAL JUMP : 조건에 부합할 때 특정 주소로 실행 순서를 옮긴다.
    - HALT : 프로그램의 실행을 멈춘다.
    - CALL : 함수를 호출한다.
    - RETURN : 함수를 끝낸다.
- 입출력 제어
    - READ(INPUT) / WRITE(OUTPUT) : 특정 입출력 장치로부터 데이터를 읽는다. / 쓴다.
    - START IO : 입출력 장치를 시작한다.
    - TEST IO : 입출력 장치의 상태를 확인한다.

각 연산 코드마다 필요한 오퍼랜드의 개수는 다르다. 그래서 오퍼랜드의 개수에 따라 0-주소 명령어, 1-주소 명령어, 2-주소 명령어, 3-주소 명령어 등으로 분류하기도 한다. 주소라는 명칭이 붙은 이유는, 오퍼랜드에 숫자나 문자 등을 나타내는 데이터나 메모리 혹은 레지스터 주소가 저장되는데, 대부분의 경우 메모리 혹은 레지스터 주소가 담기기 때문이다.*

* 그래서 주소 필드(Address Field)라고도 한다.

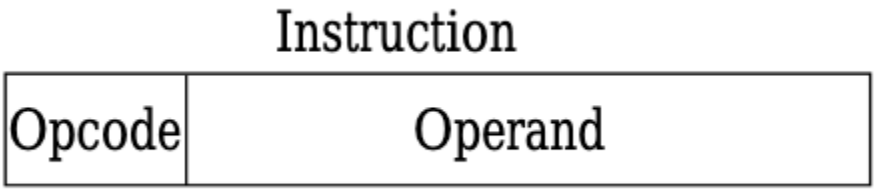
주소 지정 방식

오퍼랜드에 직접 데이터를 표현하면 제약이 생긴다. 가령 명령어가 16비트로 구성 되고, 이중 4비트를 연산 코드 필드로 부여하면, 4비트만큼 데이터를 표현하지 못하게 된다. 따라서 대다수의 명령어의 오퍼랜드 필드

에는 주소가 저장되고, 그 주소를 통해 연산의 대상이 되는 실제 데이터에 접근한다. 실제 데이터가 저장된 주소를 **유효 주소**(Effective Address)라고 하는데, 유효 주소를 찾는 방법을 **주소 지정 방식**(Addressing Mode)라고 한다. 주소 지정 방식에는 여러 가지가 있지만 이중 몇 가지만 알아보자.

즉시 주소 지정 방식

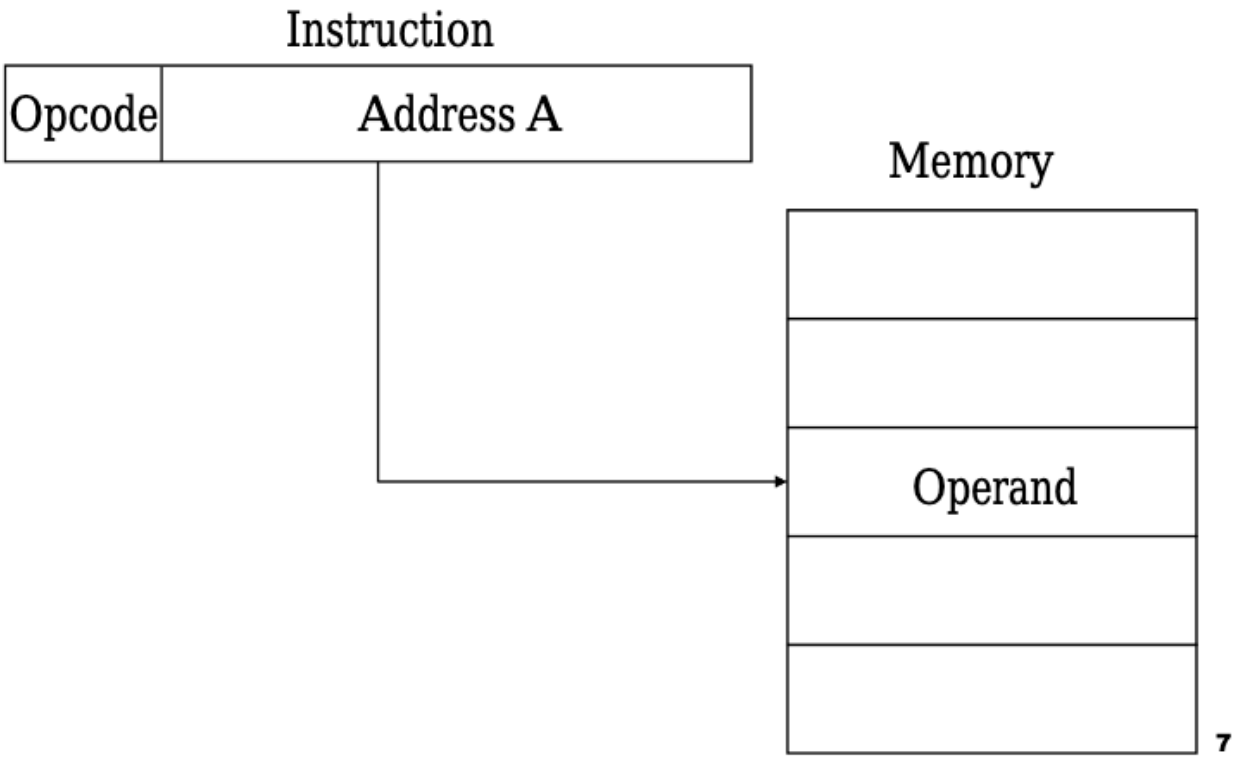
즉시 주소 지정 방식(Immediate Addressing Mode)는 데이터를 오퍼랜드 필드에 직접 명시하는 방식이다. 표현할 수 있는 데이터의 크기가 작아지지만, 메모리에 접근하지 않아도 되기에 다른 주소 지정 방식보다 빠르다.



오퍼랜드 필드에 데이터가 직접적으로 표현된다.

직접 주소 지정 방식

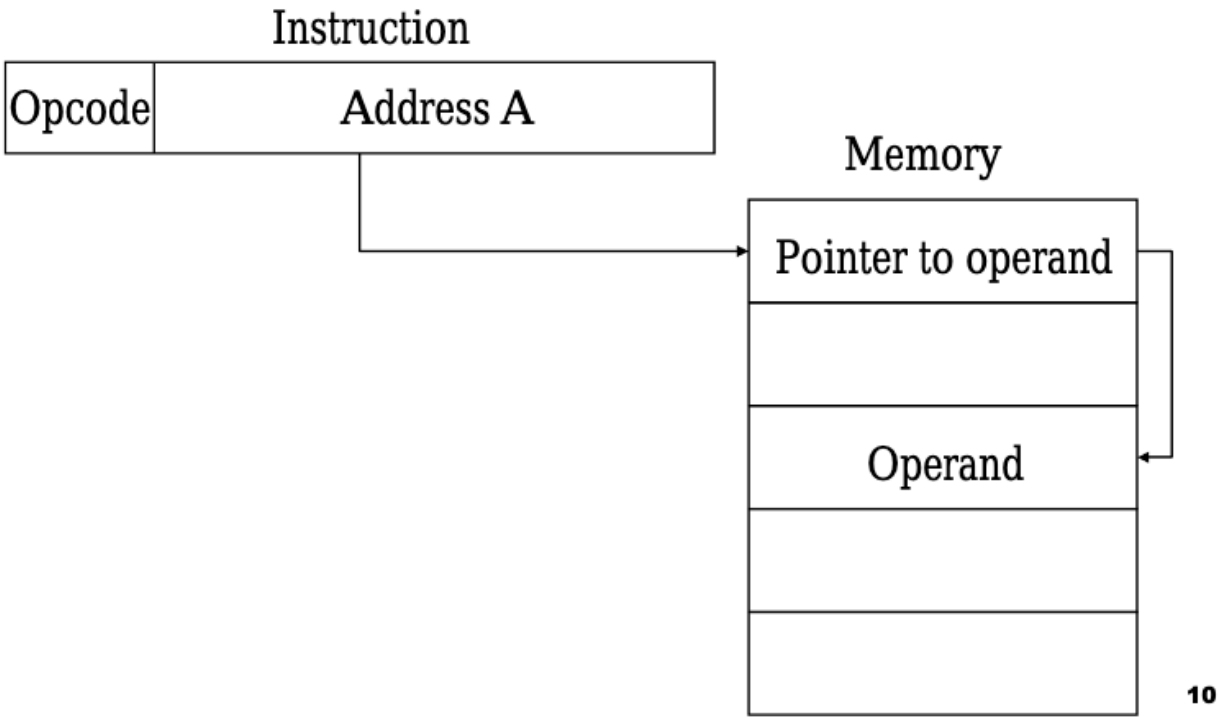
직접 주소 지정 방식(Direct Addressing Mode)은 유효 주소를 명시하는 방식이다. 즉시 주소 지정 방식이 데이터를 표현하는 데 제약이 있는 것처럼 즉시 주소 지정 방식도 표현할 수 있는 유효 주소에 제한이 있다.



데이터가 저장된 메모리 주소가 오퍼랜드 필드에 표현된다.

간접 주소 지정 방식

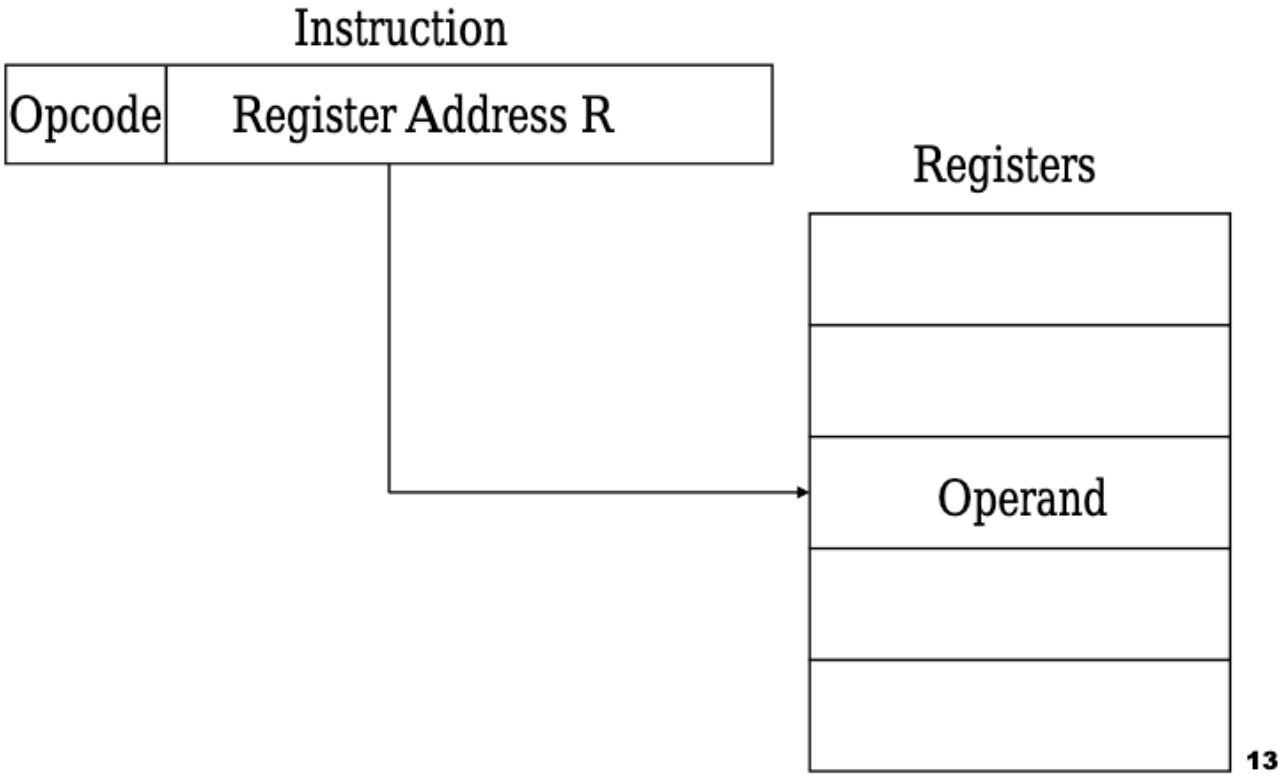
간접 주소 지정 방식(Indirect Addressing Mode)은 유효 주소가 저장된 메모리 주소를 명시하는 방식이다. 직접 주소 지정 방식보다 표현할 수 있는 유효 주소의 범위가 넓지만, 2번의 메모리 접근이 필요하기 때문에 즉시 주소 지정 방식 혹은 직접 주소 지정 방식보다 일반적으로 느리다.



실제 데이터에 접근하려면 메모리에 2번 접근해야 한다.

레지스터 주소 지정 방식

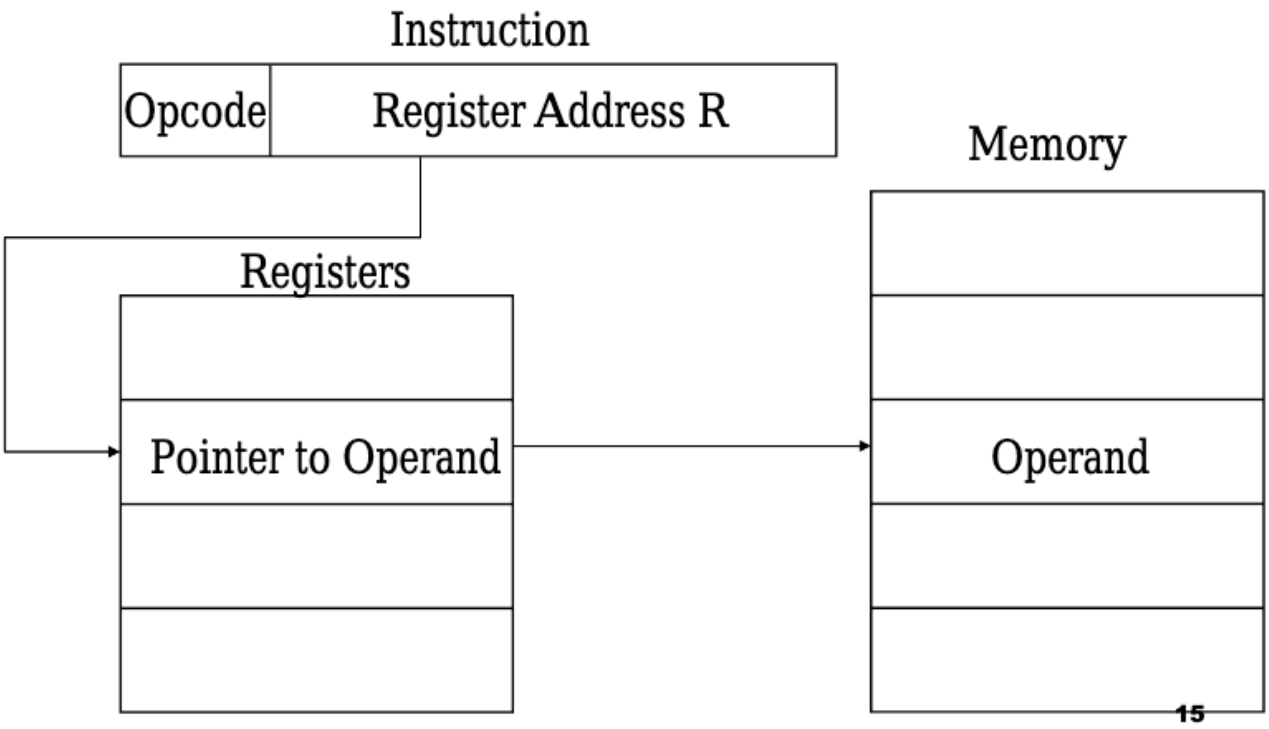
레지스터 주소 지정 방식(Register Addressing Mode)은 레지스터가 유효 주소인 것이다. 메모리에 접근하지 않아도 되기에 직접 주소 지정 방식보다 빠르게 데이터에 접근 가능하다. 다만, 표현할 수 있는 레지스터 개수에는 제한이 있다.



메모리가 아니라 레지스터에 데이터가 있는 것이다.

레지스터 간접 주소 지정 방식

레지스터 간접 주소 지정 방식(Register Indirect Addressing Mode)은 레지스터에 유효 주소가 저장된 것이다. 간접 주소 지정 방식과 비교해서 메모리 접근이 1번 줄었기 때문에 비교적 빠르다.



레지스터를 통해 유효 주소를 얻어 메모리에 접근한다.

참고자료

- https://www.investopedia.com/terms/a/assembly-language.asp
- https://ko.wikipedia.org/wiki/어셈블리어#어셈블러
- https://en.wikipedia.org/wiki/Addressing_mode
- https://www.researchgate.net/publication/328491965_Addressing_Modes