브라우저 동작과정 뜯어보기

개요

- 브라우저가 웹 페이지를 화면에 표시하기 위한 브라우저의 기본적인 동작과정을 파악한다.
- 브라우저의 역할과 종류, 엔진과 구조에 대해서 학습한다.
- 웹 페이지를 렌더링 하기 위한 주요 경로를 학습하고 개발자 도구로 분석한다.

> 프론트엔드 개발자에게는 기본 소양이자 필수 지식, 면접 단골 질문!

웹 애플리케이션 구동 과정

1. URL entered : 사용자가 웹 브라우저에서 사이트 주소를 입력한다.
2. DNS Lookup : DNS 를 이용하여 사이트 주소에 해당되는 Server IP 를 접근한다.
3. Socket Connection : Client (브라우저) 와 Server 간 접속을 위한 TCP 소켓 연결.
4. HTTP Request : Client 에서 HTTP Header 와 데이터가 서버로 전송.
5. Content Download : 해당 요청이 Server 에 도달하면 사용자가 원하는 문서를 다시 웹 브라우저에 전송한다.

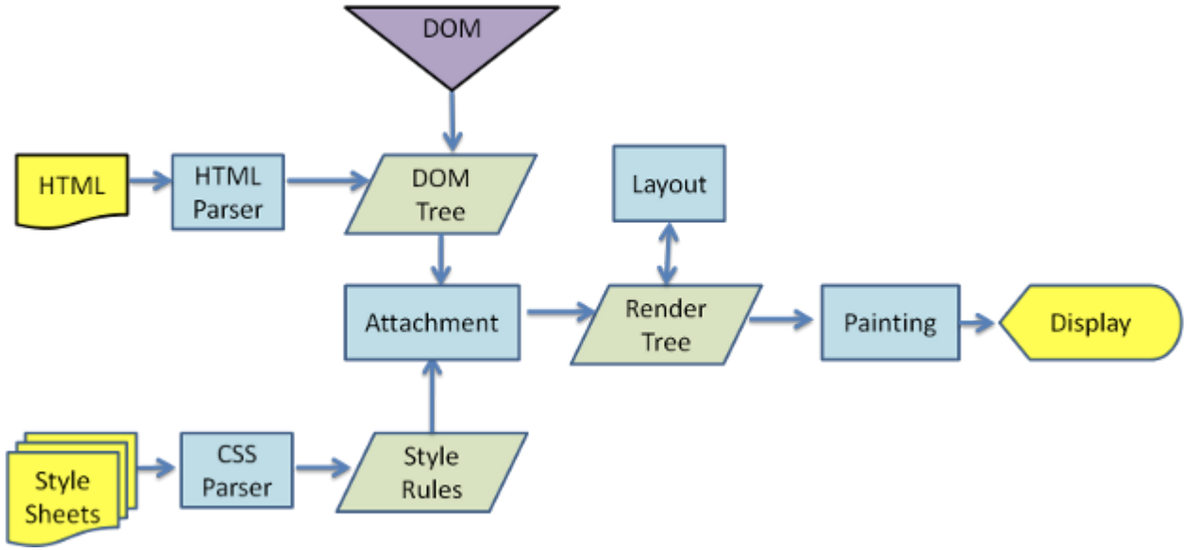
6. Browser Rendering : 웹 브라우저의 렌더링엔진에서 해당 문서를 다음과 같은 순서로 파싱
    - HTML **를** DOM (Document Object Model) **으로 변환**
    - CSS **를** DOM **에 추가** (CSSOM **생성**)
    - DOM **으로 렌더트리 생성**
    - **렌더트리 배치**
    - **렌더트리 그리기**
7. Display Content : 렌더트리를 브라우저에 표시 후 사용자에게 웹 페이지로 보여준다.

Browser **역할 & 종류**

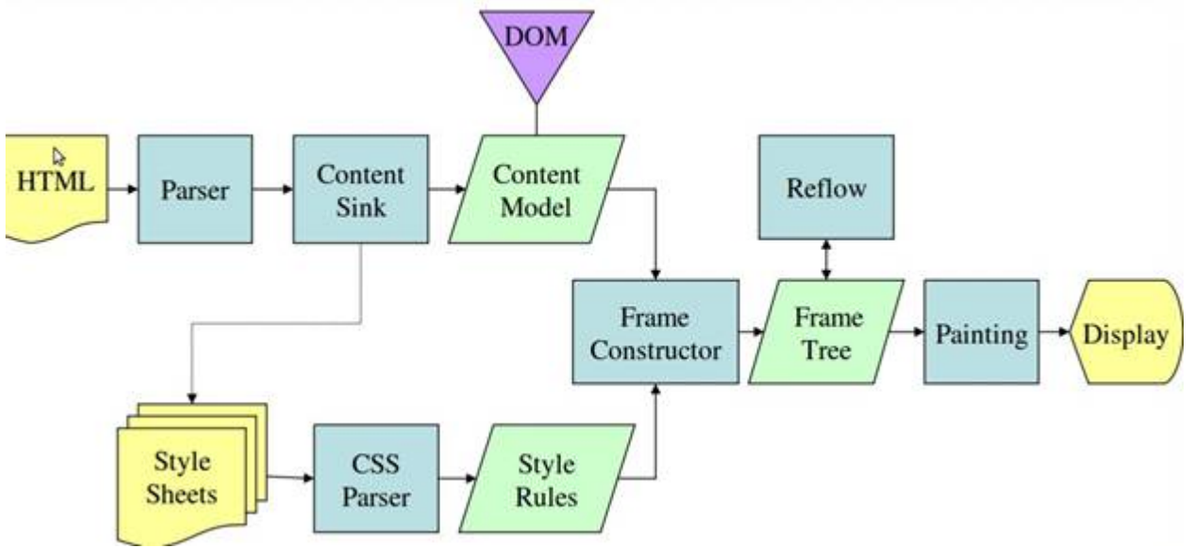
- **사용자가 선택한 자원** (URL) **을 서버에 요청하고 받아 화면에 표시**
- 주요 브라우저
  - Google Chrome - Webkit
  - Safari - Webkit
  - Mozilla Firefox (Escape) - Gecko
  - Microsoft Internet Explorer
  - Opera

브라우저 엔진

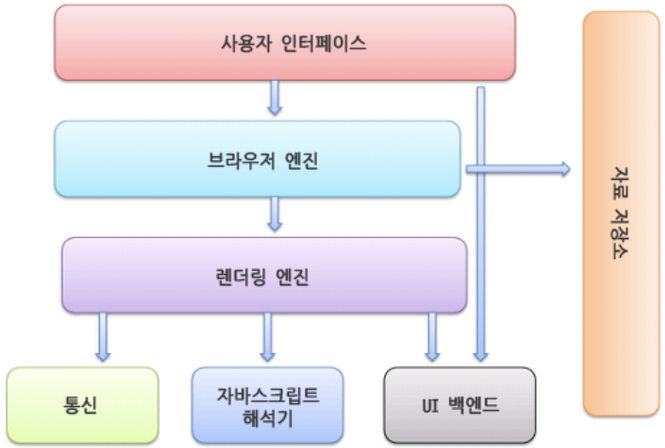
- Webkit : Google, Apple 이 공동 개발한 오픈소스 기반 엔진. 주요 모바일 브라우저가 모두 웹킷 기반



- Gecko : C++ 기반 엔진, Mozilla 에서 유지보수 수행중, 상업용 오픈소스가 아니라 일반 개발자도 참여 가능



Browser 기본 구조



- UI : 주소 창, 즐겨찾기 등 사용자가 조작 가능한 영역
- 브라우저 엔진 : UI 와 렌더링 엔진 동작 제어
- 렌더링 엔진 : 요청된 자원을 화면에 표시
- 네트워킹 : HTTP 요청과 같은 네트워크 호출
- UI 백엔드 : OS 사용자 인터페이스 방법을 활용하여 기본적인 위젯 (콤보 박스 등)을 그림
- 자바스크립트 인터프리터 : 자바스크립트를 해석하고 실행
- 데이터 저장소 : Local Storage, Indexed DB, 쿠키 등 브라우저 메모리를 활용하여 저장하는 영역

렌더링 엔진

- 서버로부터 요청받은 내용을 브라우저에 표시하는 역할
- 동작과정
    - HTML -> DOM 파싱
    - Render Tree 구축
    - Render Tree 배치
    - Render Tree 그리기

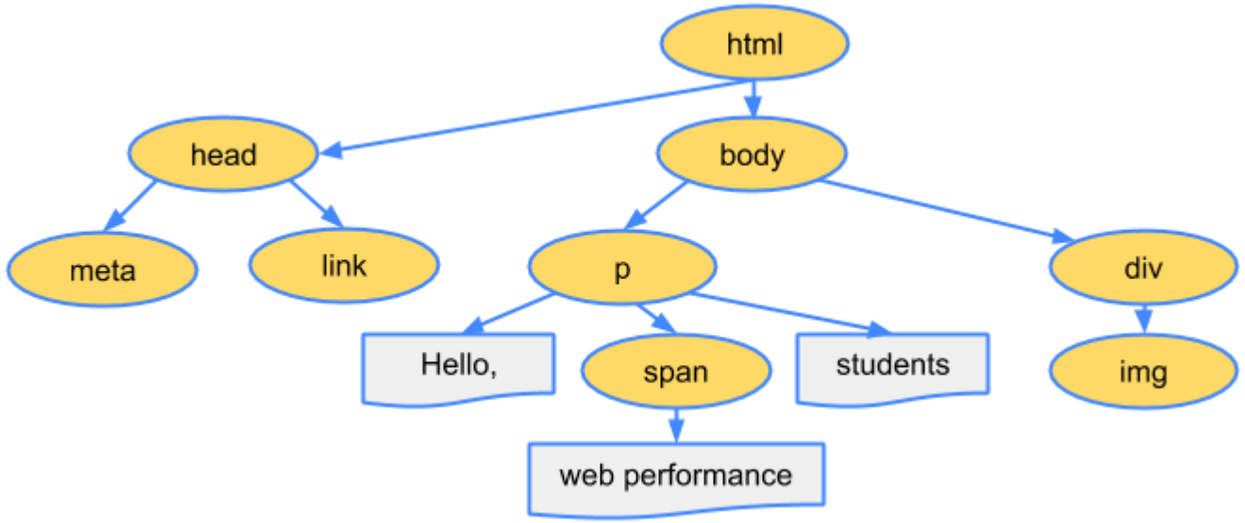
> Render Tree : HTML 요소 + CSS 스타일링 정보를 포함한 트리, DOM + CSSOM

Critical Rendering Path - **주요 렌더링 경로 소개**

- 브라우저가 HTML, CSS, Javascript 등의 파일을 변환하여 화면에 픽셀 단위로 나타내기 위해 거쳐야 하는 일련의 과정
- 렌더링 최적화의 과정은 항상 *측정을 먼저*하고 *최적화를 진행*해야 한다.

DOM (Document Object Model)

- HTML 의 내용과 속성을 노드 (오브젝트) 로 갖고 각 노드의 관계를 나타내는 트리
- HTML 문서를 구조화 하여 스크립트 또는 프로그래밍 언어에서 접근 가능한 형태로 제공한다.



HTML 의 DOM 변환 과정

URL 에서 사이트 주소를 했을 때 서버에서 아래와 같은 문서를 브라우저에 넘겨준다고 하자.

```
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>...</title>
  </head>
  <body>
    <!-- ... -->
  </body>
</html>
```

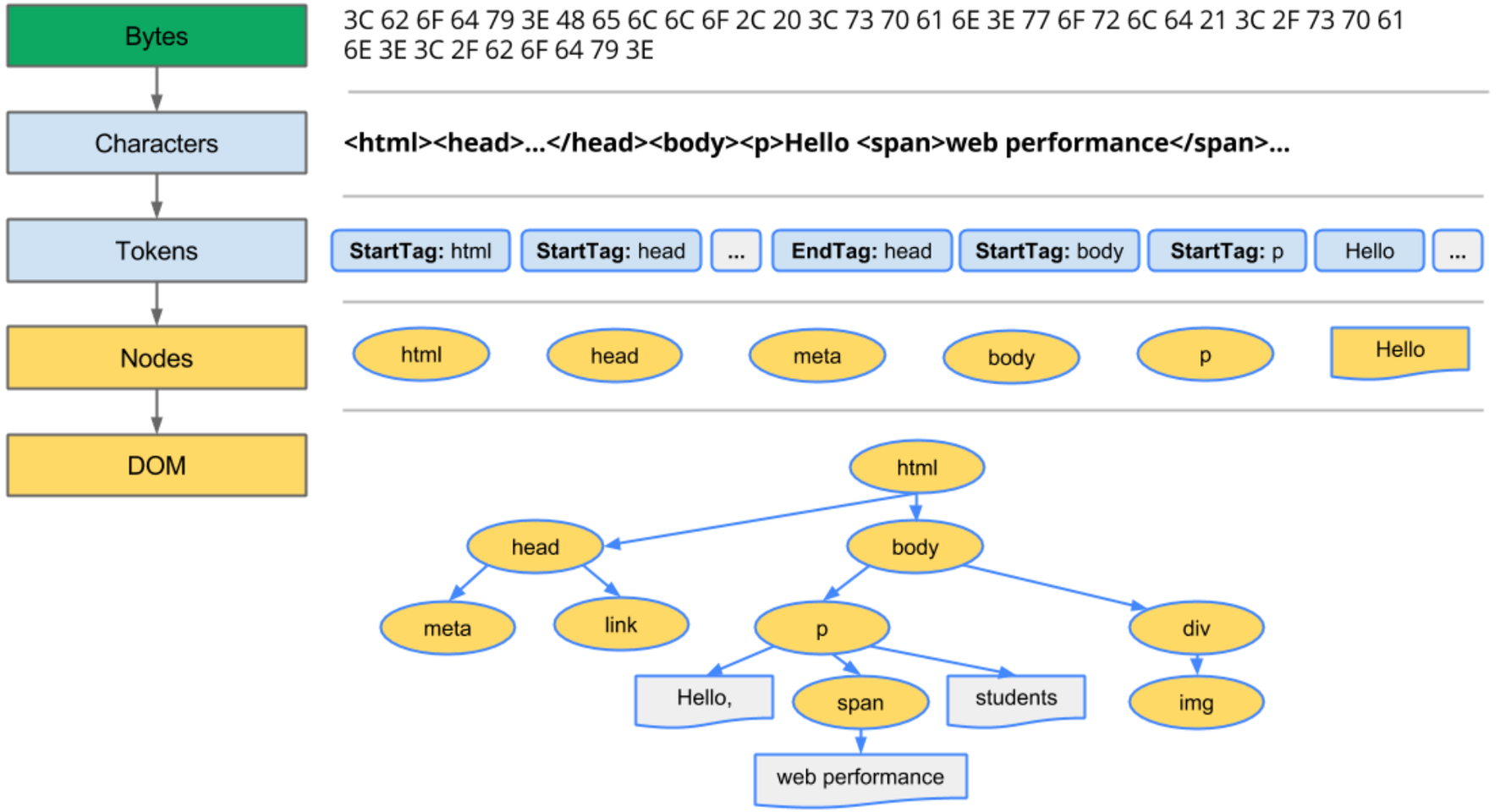
위와 같은 HTML 문서를 다음과 같이 변환한다.

1. **태그** -> **토큰**, HTML 태그를 토크나이저를 이용하여 토큰으로 변환
2. **토큰** -> **노드**, 토큰을 Tree 구조의 노드로 변환
3. 모두 변환된 노드를 이용하여 DOM 을 구성

아래 html 코드 파싱하는 과정을 직접 그려보기

- 준비물 : 종이, 펜

```
<html>
  <head>
    <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
    <link href="style.css" rel="stylesheet">
    <title>Critical Path</title>
  </head>
  <body>
    <p>Hello <span>web performance</span> students!</p>
    <div><img src="awesome-photo.jpg"></div>
  </body>
</html>
```



> 결론 : 바이트 → 문자 → 토큰 → 노드 → DOM

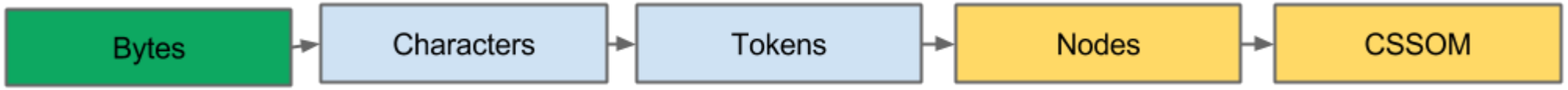
Google 의 Incremental HTML Delivery

- 구글 메인 화면에서 검색 쿼리를 날리면, 검색 결과 페이지의 헤더만 일단 받아와서 DOM 을 생성하고, 화면에 뿌려준다.
- 그리고 나서, 검색 결과에 따라 나머지 HTML 의 DOM 을 생성하고, 화면에 렌더한다.
- 이와 같이 사용자의 반응에 따라 HTML 을 순차적으로 화면에 그리는 것이 성능에 도움이 된다.

위 동작 Dev Tool 로 확인

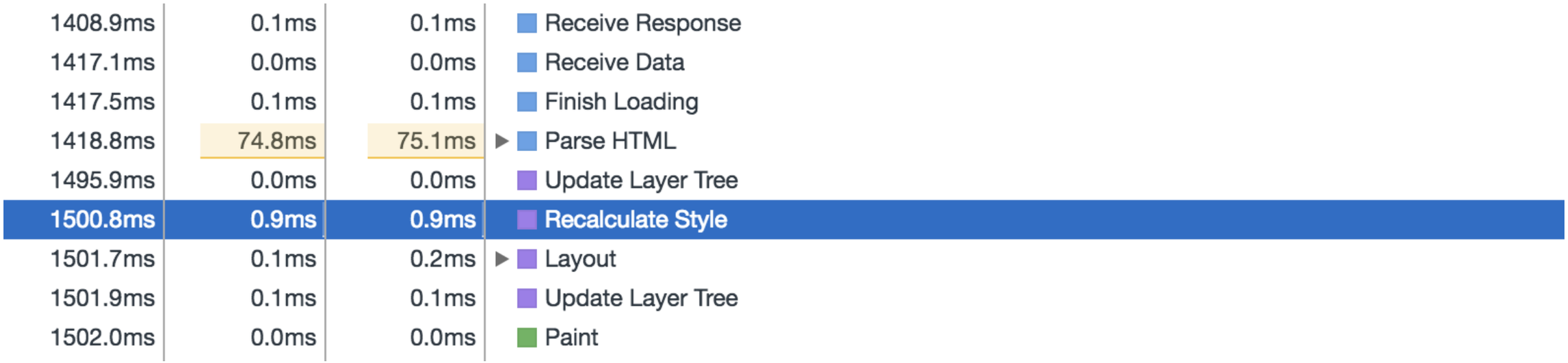
CSSOM (CSS Object Model)

- DOM 생성과 마찬가지로 body, p 와 같은 토큰들을 노드로 변환하여 CSS Obejct Model 로 변환한다.



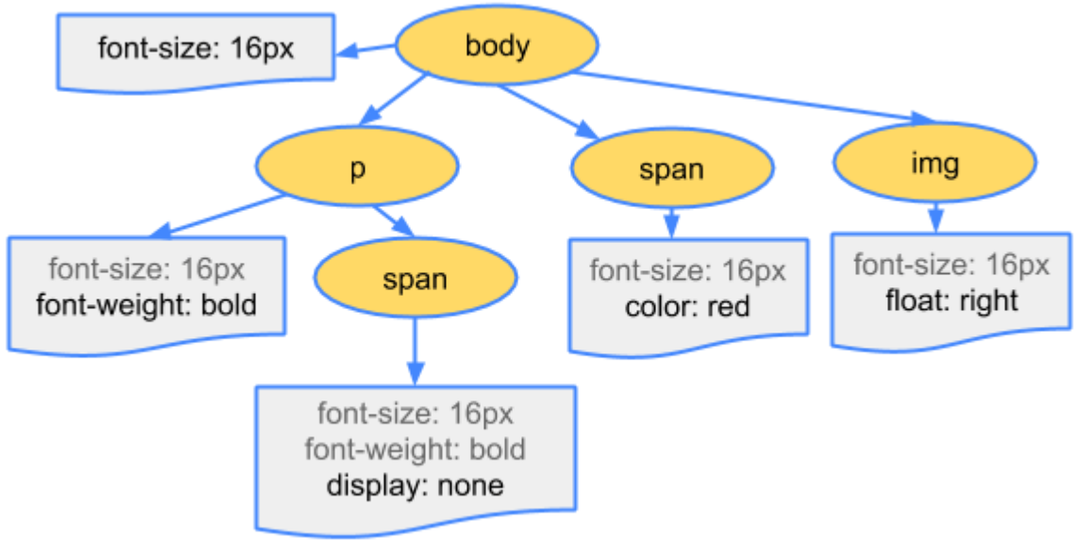
- Cascading Style Sheets 는 Body 와 같이 페이지 구조상 상위에 있는 HTML 요소의 스타일이 하위 요소에 상속된다는 의미
- CSS 는 페이지 렌더링을 방해한다. 브라우저가 모든 CSS 를 파싱하고 처리할 때까지 페이지가 화면에 그려지지 않는다.

- 개발자 콘솔의 타임라인에서 `Recalculate Style` 시 CSSOM 를 생성함

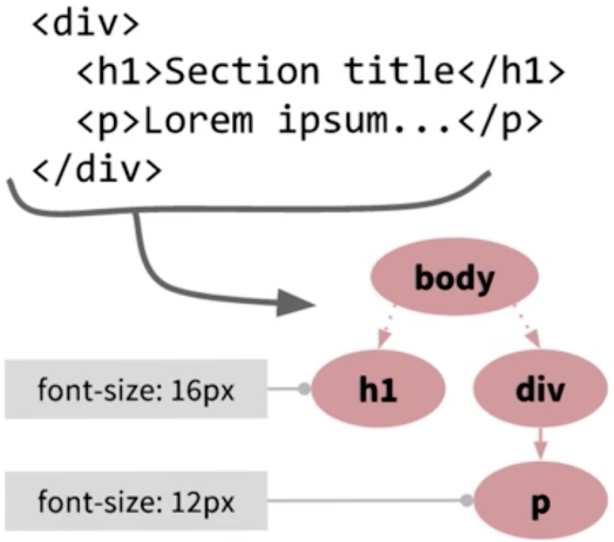


```
body { font-size: 16px }
p { font-weight: bold }
span { color: red }
p span { display: none }
img { float: right }
```

위 css model 은 아래와 같은 형태로 생성된다.



브라우저 관점에서 어떤 CSS 룰이 효과적일까?



Q) 위와 같은 이미지에서 `h1` 과 `div p` 중 어느 스타일 속성이 브라우저 관점에서 효과적일까?

A) h1 **와 같이 일차원적 선택자**. `h1` 과 같은 일반 지정자는 바로 접근이 가능하고, `div p` 같은 경우에는 p 를 찾은 후 다시 DOM 을 거슬러 올라가, 오직 div 를 부모 요소로 갖고 있을 때 속성을 적용하기 때문에 브라우저는 더 많은 일을 하게 된다.

css **선택자 접근은 오른쪽에서 왼쪽 순으로 읽는다고 생각!**

Render Tree

- 브라우저가 DOM + CSSOM 을 가지고 화면의 픽셀로 변환하려면 Render Tree 가 필요하다.
- Render Tree 는 DOM 과 CSSOM 을 조합하여 오직 화면에 표시할 요소들만 포함한다.
- DOM Tree 의 노드에 그대로 스타일을 입혀 Render Tree 로 전환되는 것은 아님
  - `<head>` 나 `display:none` 등의 비가시적인 태그들은 트리에 포함되지 않음

```
// 렌더 트리 C++ 클래스 명세
class RenderObject {
  virtual void layout();
  virtual void paint(PaintInfo);
  virtual void rect repaintRect();
  Node* node;  //the DOM node
  RenderStyle* style;  // the computed style
  RenderLayer* containgLayer; //the containing z-index layer
}
```

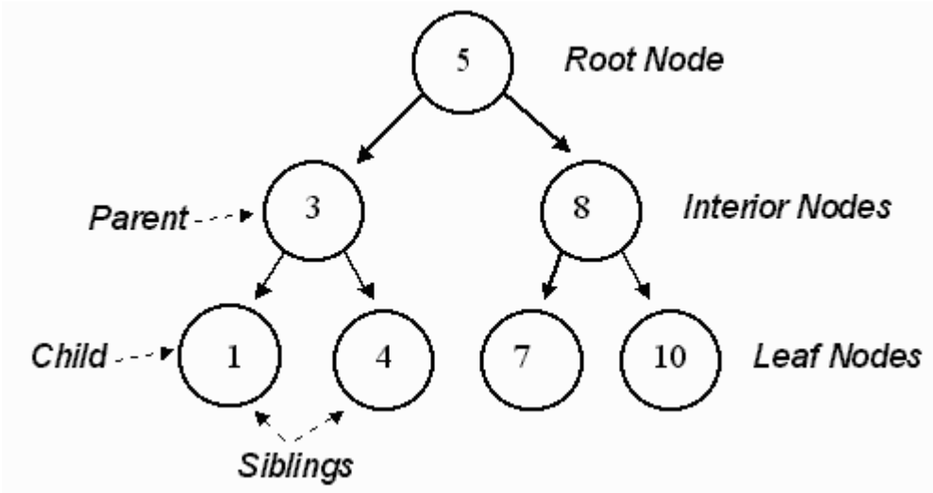
Render Tree 구성

렌더 트리는 아래 4가지 트리를 조합하여 구성

- RenderObjects : DOM 에 상응
- RenderStyles : DOM 요소에 적용되는 Style 과 상응
- RenderLayers : DOM 요소들이 화면에서 실제로 차지하는 위치나 크기 지정
- Line boxes : 텍스트를 구성하는 textbox 와 같은 요소의 비율 조정

Tree

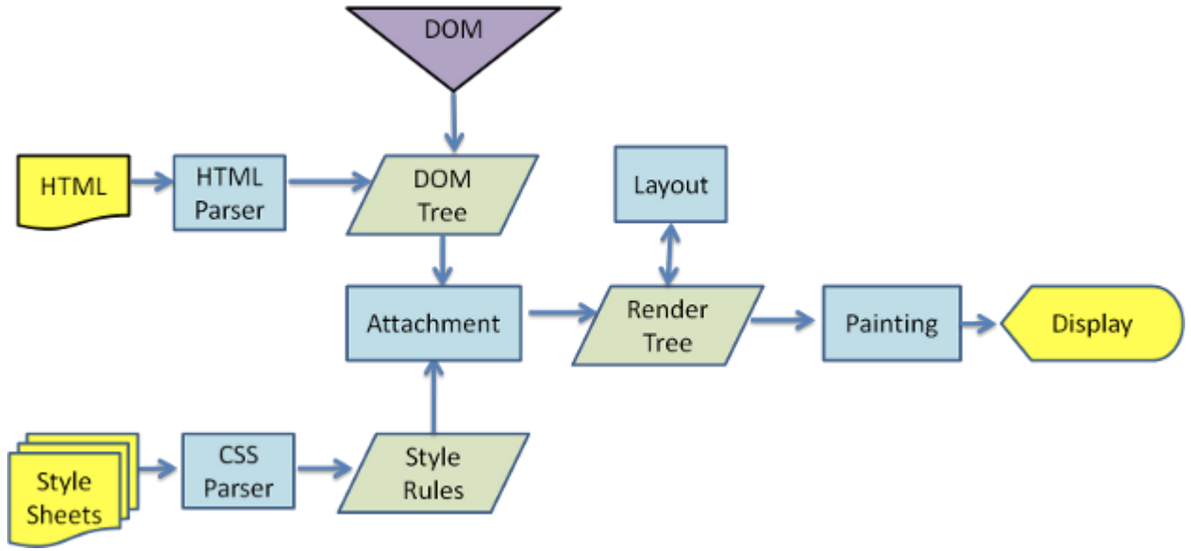
- 부모 - 자식 관계로 정립된 트리 형태의 자료구조
- Linux / Windows 의 파일시스템의 기반이며 주요 DB 구조의 기반이기도 하다.
- AI 의 의사결정 트리 등 다양한 분야에서 사용 중



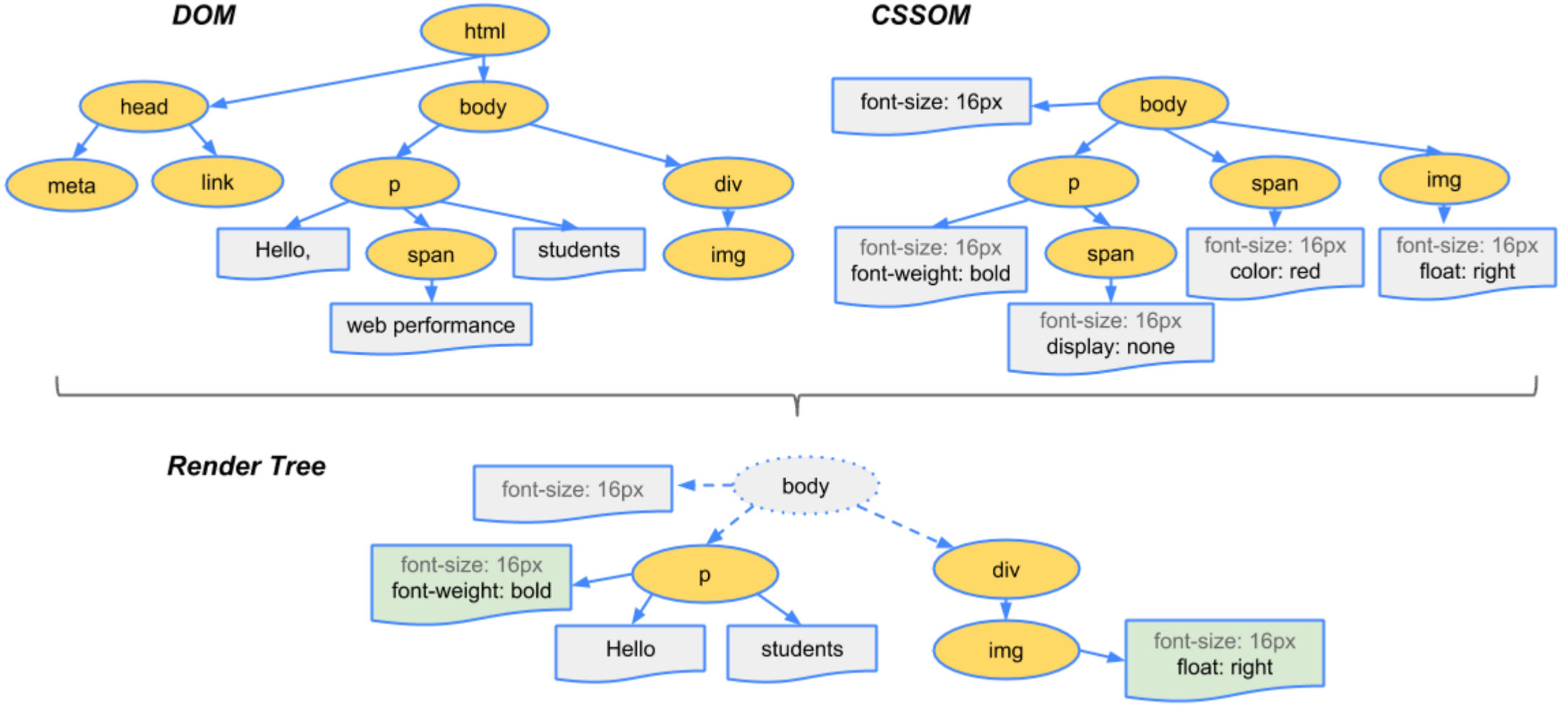
Render Tree **생성 과정**

Render Tree = DOM + CSSOM

- DOM 에 CSS 스타일링을 추가하는 작업을 Attachment 라고 한다.

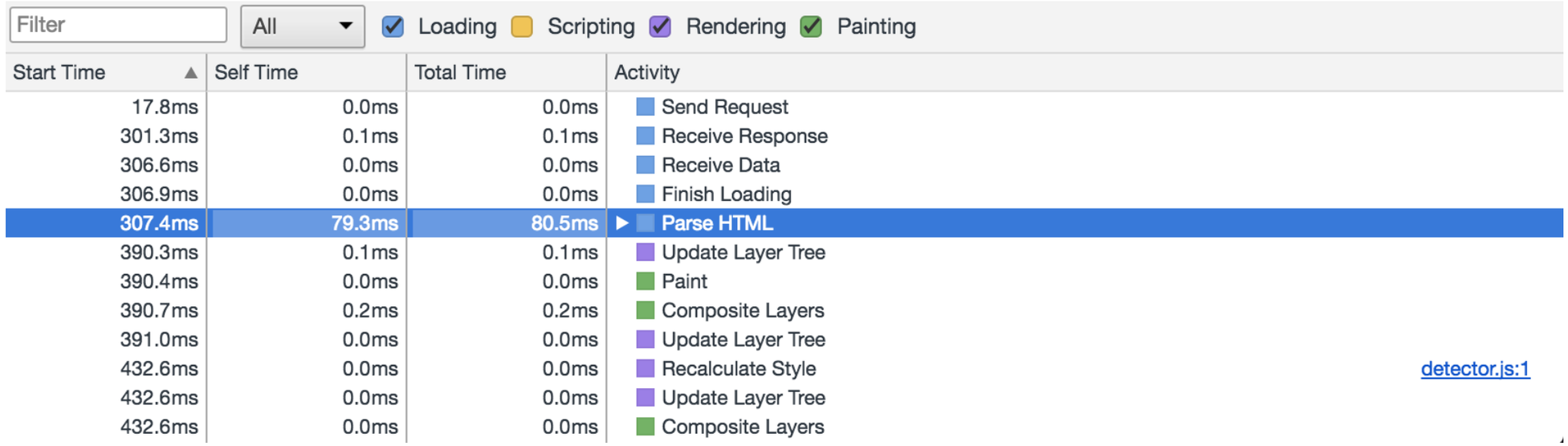


- DOM 트리에 노드가 추가될 때마다 new attach 메서드를 발생시킨다.
- HTML 파일의 html, body 태그를 처리하면 Render Tree 의 root 노드가 생성된다.
- Root 노드란 트리 하부의 모든 구성정보 (DOM & CSSOM) 를 포함할 트리의 시작지점.



Layout

- Render Tree 를 브라우저에 표시하기 위해서는 각 픽셀을 어디에 나타낼지 정해야 한다. 이를 위해서 레이아웃 작업이 필요하다.
- 레이아웃 시 주의할 점은 레이아웃 작업의 재 배치 비용이 비싸기 때문에, 가능한 한번에 업데이트 하고 자주 Recalculate Style 을 하지 않도록 한다. Reflow 를 유발하는 Style 목록



Mozilla Browser Engine Layout Process 시청

Paint

- 렌더트리를 배치하는 작업까지 마치면 이제 실제로 브라우저에 그리는 작업을 한다.
- Performance 패널의 `Paint` 에 해당하고, 렌더링 트리를 화면의 픽셀로 전환하는 작업
- 브라우저 입장에서는 같은 요소라 할지라도 더 적은 스타일 속성을 갖고 있으면 더 빠르게 그릴 수 있다.
- *따라서, 불필요한 속성을 제거하고 필수 속성들만 추가하는 것이 성능에 도움이 된다.*

실습 - 데모 페이지 로딩으로 CRP 동작과정 확인

> 렌더링 순서 : DOM 생성 -> CSSOM 생성 -> 렌더트리 생성 -> 렌더트리 배치 -> 렌더트리 그림

1. 일반적인 웹 페이지 로딩
2. 점진적 웹 페이지 로딩

퀴즈

1. 브라우저에 웹 페이지가 로딩되는 과정을 최대한 상세히 적어서 jangkeehyo@gmail.com 로 제출
2. HTML, CSS, JS 를 이용해 간단한 웹 페이지를 생성해보고 Performance 패널을 이용하여 동작 과정을 요약해보세요.

참고

- How browser works
- Critical Rendering Path
- 브라우저는 어떻게 동작하는가 - Naver D2
- How does browser render a website

끝