주니어 개발자인 내가 이세계에선 V8 코드를 읽는 사람?!?

~ 디버깅 마법으로 즐거운 이세계 생활 ~

발표자 소개

@Khinenw

🤦 현재 휴학생 백수

🐤 당시에는 리디에서 일하던 2년차 뉴비 프론트 엔지니어

🛠️ **V8과 나는 접점이 없을 것이라 생각하고 있었음**

발단

바야흐로 2022년...

코드

```
/**
 * @description { id, isFiltered }[] 형식을 { [id]: isFiltered }로 변환합니다.
 */
const entriesToObject = (entries: { id: number, isFiltered: boolean }[]): Record<number, boolean> =>
  entries.reduce((filter, { id, isFiltered }) => ({ ...filter, [id]: isFiltered }), {});

const entries = generate();
time('without shuffle', () => entriesToObject(entries));
time('with shuffle', () => entriesToObject(shuffle(entries)));
```

결과

```
without shuffle elapsed:  9.33551
with shuffle elapsed:  1678.268196
```

...?

오브젝트에 할당하는 순서의 차이만으로 이 만큼 속도 차이가?

사실 별로 이걸 까볼 생각은 없었는데...

- 블로그 글을 쓰자는 제안이 와서 얼떨결에 수락해버림
- 글을 쓰는데 뭔가 틀린 정보를 쓰면 회사의 이미지가 깎일 것 같음

→ 잘 알아보고 써야하게 생겼음 (심지어 시간이 무한하지도 않은 상황)

디버깅 시작

내가 알고 있었던 것:

- V8에는 "뭔가 괜찮은 형태"의 객체들만 따로 최적화하는게 있다더라
- Hoxy 얘도...?

→ **알고는 있었지만 확신은 없었음**

→ **정말인지 확인해보자!**

목적

다음 가설을 증명하기

> 💡 **"전자의 객체는 연속된 숫자가 키인 객체라서 별도로 처리돼 빨랐을 것이다!"**

0. 야매적 접근

내가 알고 있었던 개념의 정확한 이름이 FastProperties 였음 v8.dev/blog/fast-properties

처음에는 V8 코드를 읽을 생각조차 하지 않음

`node --allow-natives-syntax` 로 `%DebugPrint` 로 각 값을 찍어봄

```
%DebugPrint(entriesToObject(entries));
%DebugPrint(entriesToObject(shuffle(entries)));
```

결과

```
DebugPrint: 0x145edbc0e1a9: [JS_OBJECT_TYPE]
 - map: 0x34718ba0cd81 <Map[56](HOLEY_ELEMENTS)> [FastProperties]
 - prototype: 0x34718ba2d7e1 <Object map = 0x34718ba01bd1>
 - elements: 0x145edbc01141 <FixedArray[6667]> [HOLEY_ELEMENTS]
 - properties: 0x382e74100c31 <FixedArray[0]>
 - All own properties (excluding elements): {}
 - elements: 0x145edbc01141 <FixedArray[6667]> {
           0: 0x382e74100109 <true>
           1: 0x382e741000d9 <false>
         2-3: 0x382e74100109 <true>
           4: 0x382e741000d9 <false>
```

```
DebugPrint: 0xef7548ce1a9: [JS_OBJECT_TYPE]
 - map: 0x34718ba0cd81 <Map[56](HOLEY_ELEMENTS)> [FastProperties]
 - prototype: 0x34718ba2d7e1 <Object map = 0x34718ba01bd1>
 - elements: 0x33b382f134f1 <FixedArray[6667]> [HOLEY_ELEMENTS]
 - properties: 0x382e74100c31 <FixedArray[0]>
 - All own properties (excluding elements): {}
 - elements: 0x33b382f134f1 <FixedArray[6667]> {
           0: 0x382e74100109 <true>
           1: 0x382e741000d9 <false>
         2-3: 0x382e74100109 <true>
           4: 0x382e741000d9 <false>
```

역시 개발자는 코드를 읽어야지...

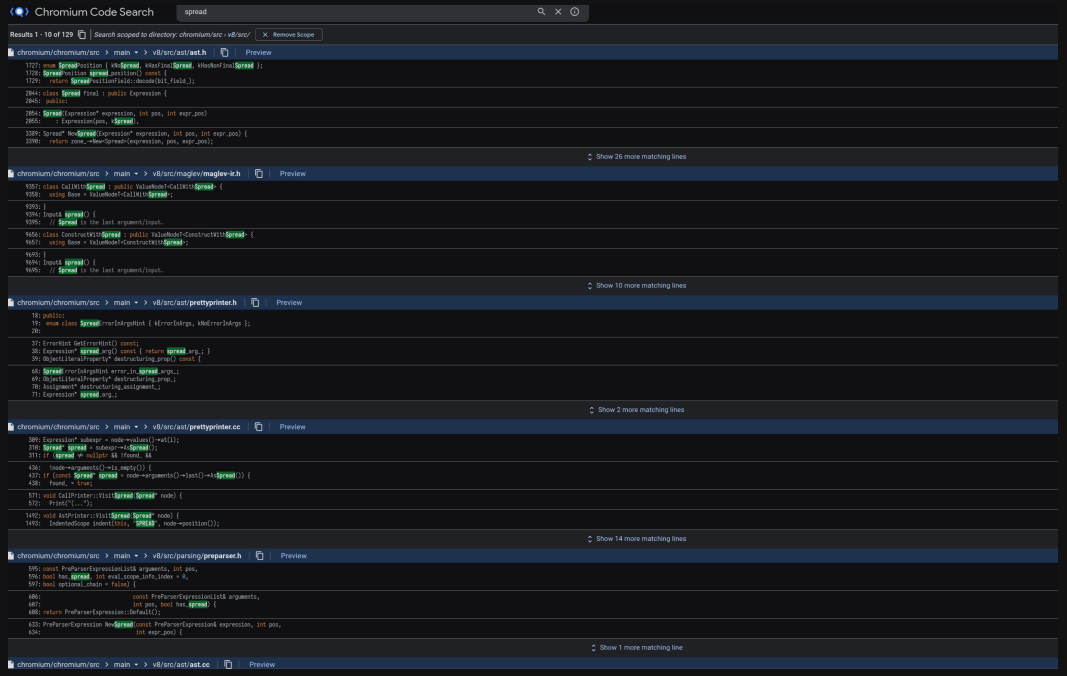
1. CodeSearch

크로뮴 관련 프로젝트에는 코드서치라는 도구가 있음 source.chromium.org

- 구현이 궁금한 개발자의 효율 200% 증가템
- 자매품으로 안드로이드 코드서치도 있음 cs.android.com

1. CodeSearch

검색해보자...!



~~이 때는 대략 정신이 멍해진다~~

1. CodeSearch

이런 코드를 찾음

```
// Create literal object.
int property_index = 0;
bool clone_object_spread =
    expr->properties()->first()->kind() == ObjectLiteral::Property::SPREAD;
if (clone_object_spread) {
  // Avoid the slow path for spreads in the following common cases:
  //   1) `let obj = { ...source }`
  //   2) `let obj = { ...source, override: 1 }`
  //   3) `let obj = { ...source, ...overrides }`
  RegisterAllocationScope register_scope(this);
  Expression* property = expr->properties()->first()->value();
  Register from_value = VisitForRegisterValue(property);
  int clone_index = feedback_index(feedback_spec()->AddCloneObjectSlot());
  builder()->CloneObject(from_value, flags, clone_index);
  builder()->StoreAccumulatorInRegister(literal);
  property_index++;
} else {
```

느낌상 AST 상에서 ObjectLiteral 안에 있는 Spread는
`CloneObject` 라는 바이트코드를 사용해서 번역되는 것 같음

그리고 얘를 파면 뭔가 정답에 가까워질 것 같음

2. Bytecode 뒤지기

진짜일까?

How to get javascript bytecode from V8 and others in

Have you ever thought about how your javascript code looks like in bytecode? If yes, just follow the white rabbit.

Install latest Node.Js or check your current version using -v command. If it's 8.3 or above, everything is ok. If no, c
article.

Then run your code with a flag --print-bytecode. It will instruct the Node to display the bytecode directly to your co

```
node --print-bytecode --eval 1+1
```

After executing this command you will see a very long list with a code like this:

```
Parameter count 2
Register count 3
```

검증해보자!

2. Bytecode 뒤지기

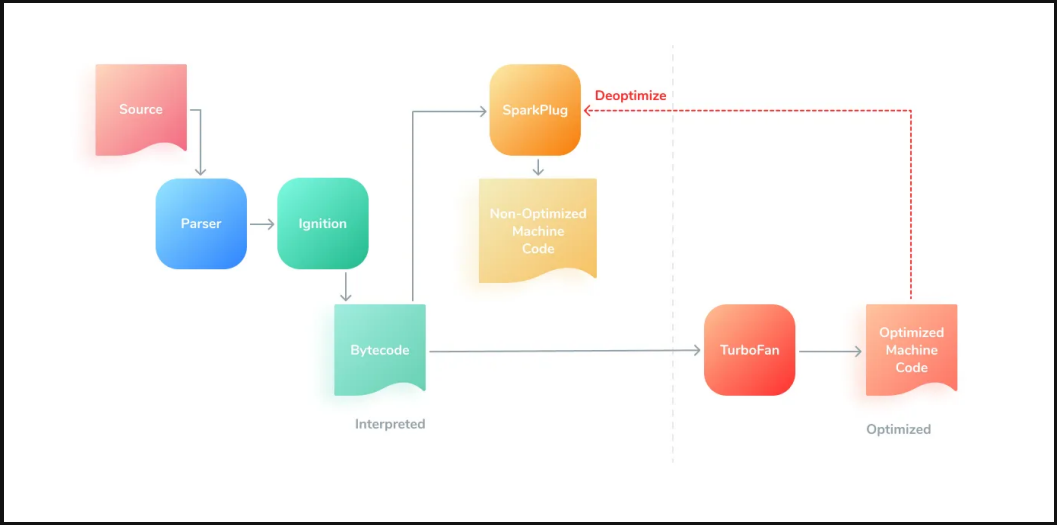
```
$ node --print-bytecode --print-bytecode-filter=testtest test.js > bytecode.txt
```

```
11 : af 02             ThrowReferenceErrorIfHole [2]
13 : c6                Star3
14 : 83 f6 29 04       CloneObject r3, #41, [4]
18 : c7                Star2
19 : 17 02             LdaImmutableCurrentContextSlot
21 : af 03             ThrowReferenceErrorIfHole [3]
```

진짜였다!

3. 간단한 V8의 동작방식

제대로 들어가기에 앞서 대략적인 V8의 구조에 대해 먼저 알아보자



출처: medium.com/@yanguly

~~누가 이름 V8 아니랄까봐 엔진 관련 이름으로 컨셉 잡는다.~~

3. 간단한 V8의 동작방식

- 코드를 생성하는 방식은 CodeStubAssembler와 Torque가 있음
- 전자는 기존에 쓰던 C++ 매크로 가지고 생성하는 방식
- 후자는 유사-타입스크립트 Syntax로 새로 자체 구현한 언어
- **이번 발표에서는 토크를 볼일이 없다**

4. 그러면 `CloneObject` 는 어떻게 실행될까?

```
5217 void AccessorAssembler::GenerateCloneObjectIC() {
5218   using Descriptor = CloneObjectWithVectorDescriptor;
5219   auto source = Parameter<Object>(Descriptor::kSource);
5220   auto flags = Parameter<Smi>(Descriptor::kFlags);
5221   auto slot = Parameter<TaggedIndex>(Descriptor::kSlot);
5222   auto maybe_vector = Parameter<HeapObject>(Descriptor::kVector);
5223   auto context = Parameter<Context>(Descriptor::kContext);
5224   TVARIABLE(Map, result_map);
5225   Label if_result_map(this, &result_map), if_empty_object(this),
5226       miss(this, Label::kDeferred), try_polymorphic(this, Label::kDeferred),
5227       try_megamorphic(this, Label::kDeferred), slow(this, Label::kDeferred);
5228
5229   TNode<Map> source_map = LoadReceiverMap(source);
5230   GotoIf(IsDeprecatedMap(source_map), &miss);
5231
5232   GotoIf(IsUndefined(maybe_vector), &miss);
5233
5234   TNode<HeapObjectReference> feedback;
5235   TNode<HeapObjectReference> weak_source_map = MakeWeak(source_map);
5236
5237   // Decide if monomorphic or polymorphic, then dispatch based on the handler.
5238   {
5239     TVARIABLE(MaybeObject, var_handler);
5240     Label if_handler(this, &var_handler);
5241     feedback = TryMonomorphicCase(slot, CAST(maybe_vector), weak_source_map,
5242                                   &if_handler, &var_handler, &try_polymorphic);
5243
5244     BIND(&try_polymorphic);
5245     TNode<HeapObject> strong_feedback = GetHeapObjectIfStrong(feedback, &miss);
5246     {
5247       Comment("CloneObjectIC_try_polymorphic");
5248       GotoIfNot(IsWeakFixedArrayMap(LoadMap(strong_feedback)),
5249                 &try_megamorphic);
5250       HandlePolymorphicCase(weak_source_map, CAST(strong_feedback), &if_handler,
5251                             &var_handler, &miss);
5252     }
5253
5254     BIND(&try_megamorphic);
5255     {
5256       Comment("CloneObjectIC_try_megamorphic");
5257       CSA_DCHECK(
5258           this,
5259           Word32Or(TaggedEqual(strong_feedback, UninitializedSymbolConstant()),
5260                    TaggedEqual(strong_feedback, MegamorphicSymbolConstant())));
5261       GotoIfNot(TaggedEqual(strong_feedback, MegamorphicSymbolConstant()),
5262                 &miss);
5263       Goto(&slow);
5264     }
5265
5266     BIND(&if_handler);
5267     Comment("CloneObjectIC_if_handler");
5268
5269     // When the result of cloning the object is an empty object literal we store
5270     // a Smi into the feedback.
5271     GotoIf(TaggedIsSmi(var_handler.value()), &if_empty_object);
5272
5273     // Handlers for the CloneObjectIC stub are weak references to the Map of
5274     // a result object.
5275     result_map = CAST(GetHeapObjectAssumeWeak(var_handler.value(), &miss));
5276     GotoIf(IsDeprecatedMap(result_map.value()), &miss);
5277     Goto(&if_result_map);
5278   }
5279
5280   // Cloning with a concrete result_map.
5281   {
5282     BIND(&if_result_map);
5283     Comment("CloneObjectIC_if_result_map");
```

또 코드서치를 때려보니 `AccessorAssembler::GenerateCloneObjectIC` 라는 데가 있음

뭔가 코드스텁 어셈블리 스러운 코드가 잔뜩 있는게 여기서 생성하는 것 같음

4. 그러면 `CloneObject` 는 어떻게 실행될까?

자세히 보면 여러개의 케이스로 나눠서 가장 최적화된 쪽을 태우는 걸 볼 수 있음

→ 인라인 캐시가 Monomorphic / Polymorphic / Megamorphic인 케이스를 나눔

ⓘ 하나의 형태의 객체만 받으면 Mono, 2-4개의 형태를 받으면 Poly, 5개 이상은 Mega

→ **그 결과에 따라서 `FastCloneJSObject` 를 탈 수도, `CloneObjectIC_Slow` Builtin을 탈 수도, `CloneObjectIC_Miss` Runtime을 탈 수도 있음**

조건들을 하나씩 따져볼까?

- 이거 조건 하나하나 따지고 있기 귀찮은데?
- 그리고 그렇게 열심히 추론했는데 실제로 돌린 결과가 다르면?

이게 아니야... 더 강력한게 필요해...

(코드를 돌려보고 그 결과를 관측하기로 결심)

5. 뭔가 `--trace-all` 을 써보라고 한다.

구글에 V8 디버깅에 대해서 검색해본 결과 V8 에 몇가지 플래그가 있어서 그걸 사용하면 된다고 한다.

- 그 중에 하나가 `--trace-all`
- 실행시키면 다음 결과가 나를 맞이해준다.

```
node: bad option: --trace-all
```

- 알고보니 `--log-all` 로 대체된지 오래

  ⓘ `--log-ic` 등등 궁금한 것만 하나씩 찍어볼 수도 있다.

- 다음 파일이 생겼다!

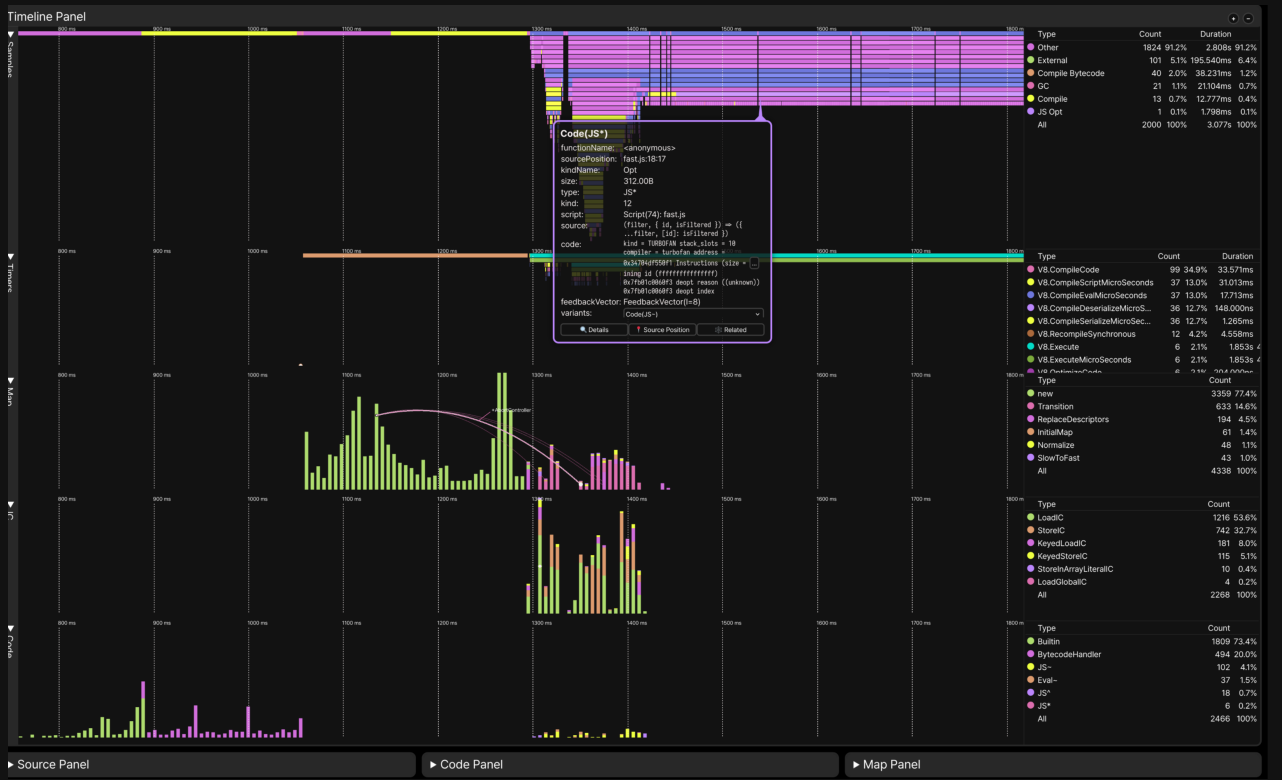
```
.rw-r--r--   53M nenw 31  1월 15:45 isolate-0x335ff000-2055688-v8.log
```

6. Indicium은 나를 살려주러 온 것인가?

저걸 직접 읽고 있자니 정신이 아득해져온다.

찾아보니 Indicium 이라는게 있어서 저 로그를 분석할 수 있다고 한다. v8.dev/blog/system-analyzer

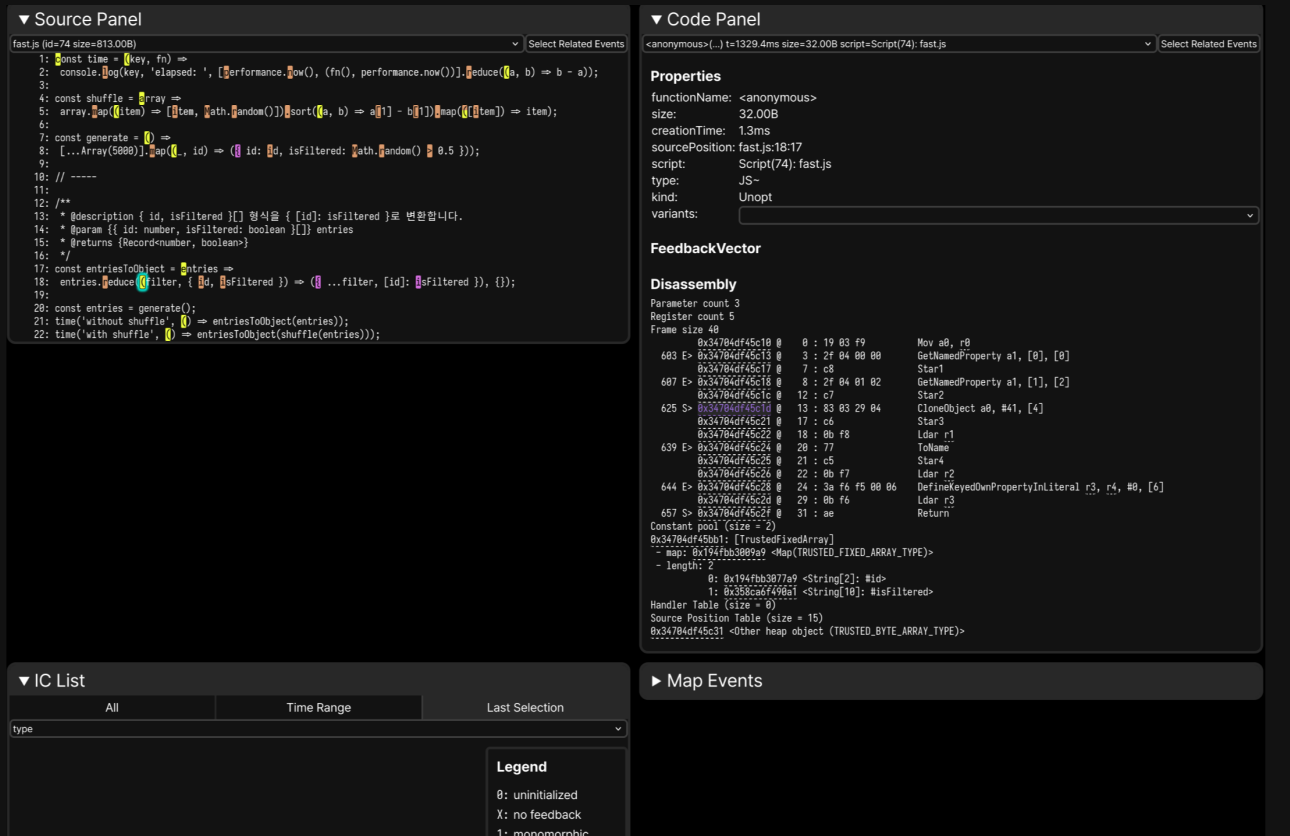
이 위치에서 지금 확인해볼 수 있다. v8.gihtub.io/tools/head/system-analyzer



6. Indicium은 나를 살려주러 온 것인가?

생성된 어셈블리를 확인할 수 있었다.

그런데 IC List를 뒤져보고 Transitions를 뒤져봐도 내가 원하는 정보는 찾기 어려웠다.



7. 다들 어케 디버깅하지?

- 코드 안에 `Comments()` 를 통해 어떤 일을 하는지가 대충 나타나 있었다.
- `--code-comments` 를 통해서 볼 수 있나?

→ **그건 말 그대로 주석 느낌이고 실행될 때 출력되는 것이 아님**

→ 그런 용도로는 `Print()` 가...

끝없는 Try & Error 의 시간

8. 아니 그래서 어케 디버깅해요?

찾다찾다 나를 반겨준 스오플의 한 글 stackoverflow.com/questions/56857660

Debugging CodeStubAssembler (CSA) code in V8

Asked 5 years, 7 months ago Modified 5 years, 7 months ago Viewed 1k times

0

I am currently trying to debug some CodeStubAssembler builtins in V8.

If I understood it correctly, CSA is just fancy C++ code that efficiently generates assembly instructions for different platforms.

However, even on a debug build I can not set breakpoints with `gdb` on any code in the `builtins/*-gen.cc` files. Neither by setting a breakpoint on the file and source line, nor by trying to break on the function names. The only thing that works to get a disassembly by running `objdump -D` on the object file. But I'd like to see it while running.

Is it possible to somehow set breakpoints on the builtins generated by CSA?

`gdb` `v8`

Share Improve this question Follow

asked Jul 2, 2019 at 17:44
iblue
30.4k • 20 • 92 • 129

3

V8 developer here. CSA *generates* assembly code, indeed. It does so when the `mksnapshot` binary runs as part of V8's build process. The CSA code itself is not contained in the final binary (`d8` or `libv8.so`), only its output. So the time when the CSA code runs is entirely different from the time when the generated builtins run.

The upshot is that:

- You can put a breakpoint on CSA code like on any other C++ code -- if you run the `mksnapshot` binary in your debugger (or if you compile V8 without snapshot, but that's (1) super slow on startup and (2) deprecated). You can then step through the CSA code as it emits a Turbofan IR graph which the Turbofan backend will then translate to machine code.
- You can put a breakpoint into CSA-generated builtins by putting a `DebugBreak()` instruction into the CSA code and recompiling. You can then step through the generated instructions. Note that there will be no (C++ or other) source code available, you'll have to use "layout asm" in GDB.
- If you wanted to use GDB's facilities to put a breakpoint into a CSA-generated builtin, you'd have to get its address somehow (it's possible, but cumbersome, to do that via isolate->builtins) and then put a breakpoint on the raw address where you want to break.
- Sometimes "printf debugging" is more convenient. There's `CodeStubAssembler::Print(...)` for this purpose. (Note that a plain `printf` in CSA would execute at mksnapshot time, and would not affect the generated builtin; whereas `CSA::Print` emits code into the generated builtin that will trigger an stdout-print at runtime. That's probably the most illustrative way to demonstrate the effects I tried to describe above.)

Share Improve this answer Follow

answered Jul 2, 2019 at 18:07
jmrk
40.5k • 7 • 71 • 89

8. 아니 그래서 어케 디버깅해요?

결론

- V8 개발자 피셜 디버거로 CSA로 만들어진 코드를 찍어봐야 한다.
- 그 주소를 어떻게 알아내서 찍던가, 아니면 코드 수정해서 인스트럭션 삽입하던가

→ **아니 나는 이걸 하고 있을 시간이 없는데??**

9. 해결

다시 한 번 코드를 보자.

```
BIND(&miss);
{
  Comment("CloneObjectIC_miss");
  TNode<HeapObject> map_or_result =
      CAST(CallRuntime(Runtime::kCloneObjectIC_Miss, context, source, flags,
                       slot, maybe_vector));
  Label restart(this);
  GotoIf(IsMap(map_or_result), &restart);
  CSA_DCHECK(this, IsJSObject(map_or_result));
  Return(map_or_result);

  BIND(&restart);
  result_map = CAST(map_or_result);
  Goto(&if_result_map);
}
```

```
5180
5181  // TODO(olivf, chrome:1204540) This can still be several times slower than the
5182  // Babel translation. TF uses FastGetOwnValuesOrEntries -- should we do sth
5183  // similar here?
5184  ForEachEnumerableOwnProperty(
5185      context, source_map, CAST(source), kPropertyAdditionOrder,
5186      [=, this](TNode<Name> key, LazyNode<Object> value) {
5187        CreateDataProperty(context, result, key, value());
5188      },
5189      &runtime_copy);
5190  Return(result);
5191
5192  // This is the fall-back case for the above fastcase, where we allocated an
5193  // object, but failed to copy the properties in CSA.
5194  BIND(&runtime_copy);
5195  CallRuntime(Runtime::kCopyDataProperties, context, result, source);
5196  Return(result);
5197
```

Runtime은 생성된 코드가 아니다 → 쉽게 디버거를 찍어볼 수 있겠다!

9. 해결

BreakPoint 셋팅

- 참고로 여기 쓰인 `d8` 은 `v8` 의 자체 개발용 쉘 (Kinda node.js) 이다

  → 디버그 심볼 다 살아있고, 온갖 테스트해볼 수 있는 로우레벨 옵션이 다 있음

```
(lldb) target create "d8"
Current executable set to '/nix/store/r9d1kpz5zx163znwrs42zkbbpcbqlm1f-v8-8.4.255/bin/d8' (x86_64).

# Miss Case 시 실행되는 런타임에 BreakPoint
(lldb) br se -M __RT_impl_Runtime_CloneObjectIC_Miss -G1
Breakpoint 1: where = d8`v8::internal::__RT_impl_Runtime_CloneObjectIC_Miss(v8::internal::Arguments<(v8::internal::ArgumentsType)0>,
v8::internal::Isolate*), address = 0x00000000009980b0

# Slow Case 시 실행되는 런타임에 BreakPoint
(lldb) br se -M __RT_impl_Runtime_CopyDataProperties -G1
Breakpoint 2: where = d8`v8::internal::__RT_impl_Runtime_CopyDataProperties(v8::internal::Arguments<(v8::internal::ArgumentsType)0>,
v8::internal::Isolate*), address = 0x0000000000d8fbf0
```

9. 해결

🐌 느렸던 예제

```
# 느렸던 예제 실행
(lldb) run slow.js
Process 2163459 launched: '/nix/store/r9d1kpz5zx163znwrs42zkbbpcbqlm1f-v8-8.4.255/bin/d8' (x86_64)
Process 2163459 exited with status = 0 (0x00000000)

# BreakPoint 확인
(lldb) br list
Current breakpoints:
1: name = '__RT_impl_Runtime_CloneObjectIC_Miss', locations = 1, resolved = 1, hit count = 1 Options: enabled auto-continue
  1.1: where = d8`v8::internal::__RT_impl_Runtime_CloneObjectIC_Miss(v8::internal::Arguments<(v8::internal::ArgumentsType)0>,
    v8::internal::Isolate*), address = 0x0000555555eec0b0, resolved, hit count = 1

2: name = '__RT_impl_Runtime_CopyDataProperties', locations = 1, resolved = 1, hit count = 4998 Options: enabled auto-continue
  2.1: where = d8`v8::internal::__RT_impl_Runtime_CopyDataProperties(v8::internal::Arguments<(v8::internal::ArgumentsType)0>,
    v8::internal::Isolate*), address = 0x00005555562e3bf0, resolved, hit count = 4998
```

→ `Slow`

9. 해결

빨랐던 예제

```
# 빨랐던 예제 실행
(lldb) run fast.js
Process 2163506 launched: '/nix/store/r9d1kpz5zx163znwrs42zkbbpcbqlm1f-v8-8.4.255/bin/d8' (x86_64)
Process 2163506 exited with status = 0 (0x00000000)

# BreakPoint 확인
(lldb) br list
Current breakpoints:
1: name = '__RT_impl_Runtime_CloneObjectIC_Miss', locations = 1, resolved = 1, hit count = 1 Options: enabled auto-continue
  1.1: where = d8`v8::internal::__RT_impl_Runtime_CloneObjectIC_Miss(v8::internal::Arguments<(v8::internal::ArgumentsType)0>,
    v8::internal::Isolate*), address = 0x0000555555eec0b0, resolved, hit count = 1

2: name = '__RT_impl_Runtime_CopyDataProperties', locations = 1, resolved = 1, hit count = 29 Options: enabled auto-continue
  2.1: where = d8`v8::internal::__RT_impl_Runtime_CopyDataProperties(v8::internal::Arguments<(v8::internal::ArgumentsType)0>,
    v8::internal::Isolate*), address = 0x00005555562e3bf0, resolved, hit count = 29
```

→ `Fast`

결론

> ✅ **"전자의 객체는 연속된 숫자가 키인 객체라서 별도로 처리돼 빨랐을 것이다!"**

느낀점

- 자료가 없다... 정말 없다...
- 그런데 공식 도큐먼트랑 블로그가 너무 잘돼있다

  → V8 개발을 할 일이 없더라도 한번쯤 시간 떼우기로 읽기 좋아보임
- 그 외에도 제대로 써보진 못했지만 Indicium 등 쓸만한 도구가 많다
- 프론트 개발자로서 한번쯤 보고 싶었던 V8을 제대로 볼 수 있었다 🥹

기타

d8 써보려고 최신버전 v8 빌드하다가 1시간 넘게 걸려서 OOM 맞았습니다

- 이 걸 처음 했을 당시에는 `nixpkgs-unstable` 에 있었음
- 최근에는 유지보수 이슈로 빠짐 😳

당부사항

오류가 있을 수 있습니다!

- 지적 환영합니다.

난 순차적인 객체니까 reduce() + Spread 써야지 하시는 분들께:

← 하지 말아주세요. $O(n^2)$ 임에는 변함이 없습니다.