

M.S. THESIS

REACT-TRACE: 리액트 흑을 이해하기

위한 의미구조

REACT-TRACE: A Semantics for Understanding

React Hooks

2026년 2월

서울대학교 대학원

컴퓨터공학부

이재호

M.S. THESIS

REACT-TRACE: 리액트 흐름을 이해하기

위한 의미구조

REACT-TRACE: A Semantics for Understanding

React Hooks

2026년 2월

서울대학교 대학원

컴퓨터공학부

이재호

REACT-TTRACE: 리액트 흐름을 이해하기 위한 의미구조

REACT-TRACE: A Semantics for Understanding React Hooks

지도교수 이 광 근

이 논문을 공학석사 학위 논문으로 제출함

2025년 11월

서울대학교 대학원

컴퓨터공학부

이재호

이재호의 공학석사 학위논문을 인준함

2025년 12월

위 원 장

부위원장 이광근 (인)

위 원 교수님 (인)

요약

오늘날 웹 애플리케이션을 만드는 데 가장 널리 쓰이는 개발 틀인 리액트는, 사용자 화면을 선언적이고 조립식으로 만들 수 있게 해 준다. 혹은 함수형 화면 부품에서 부수 효과를 관리하는 API 모음이다. 그러나 혹의 동작 방식은 개발자에게 종종 이해하기 어렵게 느껴져, 화면을 그릴 때 버그로 이어지곤 한다. 우리는 리액트 혹의 핵심 의미구조를 엄밀하게 담아낸 REACT-TTRACE를 만들어서 혹의 동작 방식을 명확히 한다. 우리 모델이 리액트의 실제 동작을 잘 담아낸다는 것을 보이기 위해, 이론적으로는 혹의 중요한 특성을 만족함을 보이고, 실험적으로는 REACT-TTRACE 실행기를 테스트 모음과 비교한다. 더 나아가, 엄밀하게 정의한 의미구조를 기반으로 실용적인 시각화 도구를 구현하여 개발자가 혹의 동작 방식을 더 잘 이해하도록 돕는다.

주요어: 실행 의미구조, 함수형 언어, 그래픽 사용자 인터페이스 언어, 엄밀한 언어 정의, 시각화 시스템 및 도구, 리액트, 혹, 그리기 의미구조, 함수형 반응형 프로그래밍

목차

요약	i
1 서론	1
1.1 절 예시	1
2 본론	3
2.1 그림	4
2.2 표	5
3 결론	7
Abstract	9

표 목차

2.1 표 예시 (목차 항목)	5
------------------	---

그림 목차

2.1 그림 예시 (목차 항목)	4
-------------------	---

제 1 장

서론

본 템플릿의 구성은 다음과 같다. 2장 본론의 2.1절에서 그림의 예시를 보여준다. 2.2절에서 표의 예시를 보여준다. 3장에서는 본 템플릿을 요약한다.

1.1 절 예시

산중의 내 집 문 앞에는 큰 시내가 있어 매양 여름철이 되어 큰 비가 한번 지나가면, 시냇물이 갑자기 불어서 항상 차기와 포고의 소리를 들게 되어 드디어 귀에 젖어 버렸다. 내가 일찍이 문을 닫고 누워서 소리 종류를 비교해 보니, 깊은 소나무가 통소 소리를 내는 것은 듣는 이가 청아한 탓이요, 산이 찢어지고 언덕이 무너지는 듯한 것은 듣는 이가 분노한 탓이요, 뭇 개구리가 다투어 우는 것은 듣는 이가 교만한 탓이요, 천둥과 우레가 급한 것은 듣는 이가 놀란 탓이요, 찻물이 끓는 듯이 문무가 겹한 것은 듣는 이가 취미로운 탓이요, 거문고가 궁우에 맞는 것은 듣는 이가 슬픈 탓이요, 종이창에 바람이 우는 것은 듣는 이가 의심나는 탓이니, 모두 바르게 듣지 못하고 특히 흉중에 먹은 뜻을 가지고 귀에 들리는 대로 소리를 만든 것이다.

지금 나는 밤중에 한 강을 아홉 번 건넜다. 강은 새외로부터 나와서 장성을 뚫고 유하와

조하·황화·진천 등의 모든 물과 합쳐 밀운성 밑을 거쳐 백하가 되었다. 나는 어제 배로 백하를 건넜는데, 이것은 하류였다.

제 2 장

본론

정보 엔트로피는 각 메시지에 포함된 정보의 기댓값으로 식 (2.1)과 같다 [Shannon 1948].

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log_b P(x_i) \quad (2.1)$$

내가 막 요동 땅에 들어왔을 때는 바야흐로 한여름이라, 뜨거운 볏 밑을 가노라니 홀연
큰 강이 앞에 당하였다. 또한 물결이 산같이 일어나 끝을 볼 수 없으니, 이것은 대개 천리
밖에서 폭우가 온 것이다. 물을 건널 때는 사람들이 모두 머리를 우러러 하늘을 보는데,
나는 생각하기에 사람들이 머리를 들고 쳐다보는 것은 하늘에 묵도하는 것인 줄 알았더니,
나중에 알고 보니 물을 건너는 사람들이 물이 돌아 탕탕히 흐르는 것을 보면 자기 몸은 물이
거슬러 올라가는 것 같고 눈은 강물과 함께 따라 내려가는 것 같아서 갑자기 현기가 나면서
물에 빠지는 것이기 때문에, 그들이 머리를 들어 우러러보는 것은 하늘에 비는 것이 아니라
물을 피하여 보지 않으려 함이었다. 또한 어느 겨울에 잠깐 동안의 목숨을 위하여 기도할 수
있겠는가.

그 위험함이 이와 같으니, 물 소리를 들어보지 못하고 모두 말하기를, “요동 들은 평평하
고 넓기 때문에 물 소리가 크게 울지 않는 것이다” 하지만 이것은 물을 알지 못하는 것이다.

요하가 울지 않는 것이 아니라 특히 밤에 건너 보지 않은 때문이니, 낮에는 눈으로 물을 볼 수 있으므로 눈이 오로지 위험한 데만 보면서 무서움을 느껴 도리어 눈이 있는 것을 걱정하는 판인데, 어찌 또 들리는 소리가 있겠는가. 지금 나는 밤중에 물을 건너는지라 눈으로 위험한 것을 볼 수 없으니, 위험은 오로지 듣는 데만 있어 바야흐로 귀로 무서움을 느끼니 걱정을 이기지 못하는 것이다.

나는 이제야 도를 알았도다. 마음이 어두운 자는 이목이 누가 되지 않고, 이목만을 믿는 자는 보고 듣는 것을 더욱 밝혀서 병이 되는 것이다. 이제 내 마부가 발을 말굽을 밝혀서 뒷차에 실리었으므로, 나는 드디어 혼자 고삐를 늦추어 강에 띄우고, 무릎을 구부려 발을 모으고 안장 위에 앉았으니, 한번 떨어지면 강이나 물로 땅을 삼고 물로 옷을 삼으며 물로 몸을 삼고 물로 성정을 삼으니, 이제야 내 마음은 한번 떨어질 것을 판단한 터이므로 내 귓속에 강물 소리가 없어지고, 무릇 아홉 번 건너는데도 걱정이 없어 의자 위에서 좌와하고 기거하는 것 같았다.

2.1 그림

그림 예시는 그림 2.1과 같다. 그림 2.1a는 서울대학교 로고이고 그림 2.1b는 서울대학교 공과대학 로고이다.



(a) 서울대학교 로고



(b) 공과대학 로고

(a) The logo of Seoul National University (b) The logo of College of Engineering

그림 2.1: 그림 예시.

Figure 2.1: An example of a figure.

옛날 우는 강을 건너는데, 황룡이 배를 등으로 쳐서 지극히 위험했으나 사생의 판단이 먼저 마음 속에 밝고 보니, 용이거나 지렁이거나, 크거나 작거나 죽히 관계될 바 없었다. 소리와 빛은 외물이니 외물이 항상 이목에 누가 되어 사람으로 하여금 똑바로 보고 듣는 것을 잃게 하는 것이 이같거든, 하물며 인생이 세상을 지나는 데 그 험하고 위태로운 것이 강물보다 심하고, 보고 듣는 것이 문득 병이 되는 것임에랴.

나는 산중의 내 집에 돌아와 다시 앞 시냇물 소리를 들으면서 이것을 증험해보고, 몸 가지는 데 교묘하고 스스로 총명한 것을 자신하는 자에게 경고하는 바이다.

2.2 표

표 예시는 표 2.1과 같다.¹

표 2.1: 표 예시.

Table 2.1: An example of a table.

상수	값
c	$299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$
h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J Hz}^{-1}$

정사 박명원과 같은 가마를 따고 삼류하를 건너 냉정에서 아침밥을 먹었다. 십여 리 남짓 가서 한 줄기 산기슭을 돌아 나서니 태복이 국궁을 하고 말 앞으로 달려나와 땅에 머리를

¹ “갓난아이에게 물어보게나. 아이가 처음 배 밖으로 나오며 느끼는 ‘정’이란 무엇이오? 처음에는 광명을 볼 것이요, 다음에는 부모 친척들이 눈앞에 가득히 차 있음을 보리니 기쁘고 즐겁지 않을 수 없을 것이오. 이 같은 기쁨과 즐거움은 늙을 때까지 두 번 다시 없을 일인데 슬프고 성이 날 까닭이 있으리오? 그 ‘정’인즉 응당 즐겁고 웃을 정이련만 도리어 분하고 서러운 생각에 복받쳐서 하염없이 울부짖는 것이라, 혹 누가 말하기를 인생은 잘나나 못나나 죽기는 일반이요, 그 중간에 허물·환란·근심·걱정을 백방으로 겪을 터이니 갓난아이는 세상에 태어난 것을 후회하여 먼저 울어서 제 조문(弔問)을 제가 하는 것이라고 한다면 이것은 결코 갓난아이의 본정이 아닐 겁니다. 아이가 어미 태 속에 자리잡고 있을 때는 어둡고 깁갑하고 얹매이고 비좁게 지내다가 하루 아침에 탁 트인 넓은 곳으로 빠져 나오자 팔을 펴고 다리를 뻗어 정신이 시원하게 될 터이니, 어찌 한번 감정이 다하도록 참된 소리를 질러 보지 않을 수 있으리오! 그러므로 갓난아이의 울음소리에는 거짓이 없다는 것을 마땅히 본받아야 하리이다. 비로봉 꼭대기에서 동해 바다를 굽어보는 곳에 한바탕 통곡할 ‘자리’를 잡을 것이요, 황해도 장연의 금사 바닷가에 가면 한바탕 통곡할 ‘자리’를 얻으리니, 오늘 요동 별판에 이르러 이로부터 산해관 일천이백 리까지의 어간은 사방에 도무지 한 점 산을 볼 수 없고 하늘가와 땅끝이 풀로 붙인 듯, 실로 궤멘 듯, 고금에 오고 간 비바람만이 이 속에서 창망할 뿐이니, 이 역시 한번 통곡할 만한 ‘자리’가 아니겠소.”

조아리고 큰 소리로, “백탑이 현신함을 아뢰오.” 한다. 태복이란 자는 정 진사의 말을 맡은 하인이다. 산기슭이 아직도 가리어 백탑은 보이지 않았다. 말을 채찍질하여 수십 보를 채 못 가서 겨우 산기슭을 벗어나자 눈앞이 아찔해지며 눈에 헛것이 오르락내리락하여 혼란했다. 나는 오늘에서야 비로소 사람이란 본디 어디고 붙어 의지하는 데가 없이 다만 하늘을 이고 땅을 밟은 채 다니는 존재임을 알았다.

말을 멈추고 사방을 돌아 보다가 나도 모르게 손을 이마에 대고 말했다. “좋은 울음터로다. 한바탕 울어볼 만하구나!” 정 진사가, “이 천지간에 이런 넓은 안계를 만나 홀연 울고 싶다니 그 무슨 말씀이오?” 하기에 나는, “참 그렇겠네, 그러나 아니거든! 천고의 영웅은 잘 울고 미인은 눈물이 많다지만 불과 두어 줄기 소리 없는 눈물을 그저 웃깃을 적셨을 뿐이요, 아직까지 그 울음 소리가 쇠나 돌에서 짜 나온 듯하여 천지에 가득 찬다는 소리를 들어 보진 못했소이다. 사람들은 다만 안다는 것이 희로애락애오욕 칠정 중에서 ‘슬픈 감정[哀]’만이 울음을 자아내는 줄 알았지, 칠정이 모두 울음을 자아내는 줄은 모를 겁니다. 기쁨[喜]이 극에 달하면 울게 되고, 노여움[怒]이 사무치면 울게 되고, 즐거움[樂]이 극에 달하면 울게 되고, 사랑[愛]이 사무치면 울게 되고, 미움[惡]이 극에 달하여도 울게 되고, 욕심[欲]이 사무치면 울게 되니, 답답하고 울적한 감정을 확 풀어버리는 것으로 소리쳐 우는 것보다 더 빠른 방법은 없소이다. 울음이란 천지간에 있어서 뇌성벽력에 비할 수 있는 게요. 복받쳐 나오는 감정이 이치에 맞아 터지는 것이 웃음과 뭐 다르리요? 사람들의 보통 감정은 이러한 지극한 감정을 겪어 보지도 못한 채 교묘하게 칠정을 늘어놓고 ‘슬픈 감정[哀]’에다 울음을 짜 맞춘 것이오. 이러므로 사람이 죽어 초상을 치를 때 이내 억지로라도 ‘아이고’, ‘어이’라고 부르짖는 것이지요. 그러나 정말 칠정에서 우러나오는 지극하고 참다운 소리는 참고 억눌리어 천지 사이에 쌓이고 맷혀서 감히 터져나올 수 없소이다. 저 한나라의 가의는 자기의 울음터를 얻지 못하고 참다 못하여 필경은 선실을 향하여 한번 큰 소리로 울부짖었으니, 어찌 사람들을 놀라게 하지 않을 수 있었으리요.”

제 3 장

결론

“그래, 지금 울 만한 자리가 저토록 넓으니 나도 당신을 따라 한바탕 통곡을 할 터인데 칠정 가운데 어느 ‘정’을 골라 울어야 하겠소?”

참고문헌

- [1] C. E. Shannon. “A mathematical theory of communication”. In: *The Bell System Technical Journal* 27.3 (1948), pp. 379–423. doi: [10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x](https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x).

Abstract

React has become the most widely used web front-end framework, enabling the creation of user interfaces in a declarative and compositional manner. Hooks are a set of APIs that manage side effects in function components in React. However, their semantics are often seen as opaque to developers, leading to UI bugs. We introduce REACT-TRACE, a formalization of the semantics of the essence of React Hooks, providing a semantics that clarifies their behavior. We demonstrate that our model captures the behavior of React, by theoretically showing that it embodies essential properties of Hooks and empirically comparing our REACT-TRACE-definitional interpreter against a test suite. Furthermore, we showcase a practical visualization tool based on the formalization to demonstrate how developers can better understand the semantics of Hooks.

Keywords: operational semantics, functional languages, graphical user interface languages, formal language definitions, visualization systems and tools, react, hooks, render semantics, functional reactive programming