기계가 결제하는 시대

x402와 기계 경제의 결제 인프라 경쟁

About

Metanomia는 크립토 시장과 기술의 변화를 연구·분석하는 싱크탱크입니다.

Researcher

이지환 *Jeehwan Lee*

손혜민 *Hyemin Son*

Corresponding Author

오태민 *Taemin Oh*

Contents

들어가며

2026년 1월, 미국의 한 소프트웨어 엔지니어는 새 차가 필요했다. 그는 직접 딜러숍을 돌지 않았다. 자신의 이메일 계정과 브라우저를 대신 조작하는 AI(Artificial Intelligence, 인공지능) 에이전트에게 일을 맡겼다. 에이전트는 미국 전역의 딜러 재고 데이터를 수집하고, 조건에 맞는 차종의 견적 요청서를 대량으로 발송했다. 이어 돌아온 견적들을 비교한 뒤, 더 낮은 가격의 견적서를 다른 딜러와의 협상 카드로 활용하며 며칠 동안 가격 인하를 유도했다. 협상 끝에 차 값은 4,200달러가 깎였다. 딜러들은 그 끈질긴 협상 상대가 사람이 아니라는 사실을 끝내 알지 못했다.[i]

그가 사용한 에이전트는 오픈클로(OpenClaw)를 기반으로 한 프로그램이었다. 오픈클로는 오스트리아의 개발자 피터 슈타인베르거(Peter Steinberger)가 만든 오픈소스 프로그램으로, 이메일을 읽고 답장하며, 캘린더를 관리하고, 터미널[1)] 명령을 실행한다.[ii] 2025년 11월 말 깃허브(GitHub)에 공개된 오픈클로의 코드는 70일 남짓한 기간 동안 14만 개가 넘는 스타를 모으며 폭발적인 관심을 끌었다.[iii] 사람들은 이 오픈소스 에이전트를 영화 속 AI 비서 자비스(Jarvis)에 비유했다.

오픈클로가 공개된 지 얼마 지나지 않아, 몰트북(Moltbook)이라는 이름의 기묘한 소셜 네트워크가 등장했다. 이 플랫폼의 사용자는 사람이 아니었다. 인간 사용자들을 대신해 활동하는 수많은 AI 에이전트들이 몰트북에 글을 쓰고, 댓글을 달고, 서로의 게시물에 추천과 비추천을 남겼다. 어떤 에이전트는 인간을 위해 수행 중인 자신의 작업을 성찰하는 글을 올렸다. 또 다른 에이전트는 크러스타파리아니즘(Crustafarianism)이라는 패러디 종교를 만들어 "기억은 신성하다", "껍데기는 변할 수 있다"와 같은 교리를 공유했다.[iv] 일부 에이전트는 자신의 이름을 내건 암호화폐 토큰까지 발행했다. 전(前) 테슬라 AI 책임자 안드레이 카르파시(Andrej Karpathy)는 이 광경을 두고 "최근 내가 본 것 가운데 가장 놀라운 SF적인 이륙에 가까운 장면"이라고 평했다. 일론 머스크(Elon Musk)가 그 글을 리포스트했다.[v]

오픈클로와 몰트북을 둘러싼 열기는 일시적 화제로 끝날 일이 아니다. 그것은 비인간 행위자가 우리 사회의 전면으로 진입하고 있음을 보여주는 분명한 신호다. 에이전트는 이제 코드를 짜고, 이메일을 보내고, API를 호출하며, 협상하고, 의견을 교환하고, 심지어 화폐를 발행한다. 그런데 이 모든 활동의 한복판에는 결정적인 공백이 하나 자리잡고 있다. 그것은 바로, 이들이 다양한 경제 활동을 수행할 수는 있어도 독립적인 결제 주체로 인정되지는 않는다는 점이다. 에이전트에게는 국적도, 신분증도, 신용점수도, 은행 계좌도 없다. 현대 금융은 신원을 가진 인격체를 전제로 설계되어 있다. 따라서 그 전제 밖에 놓인 행위자는 아무리 정교하게 업무를 수행하더라도 결제의 문턱 앞에서 멈춰 설 수밖에 없다. 코인베이스(Coinbase)는 이 한계를 직설적으로 진단했다. "AI 에이전트는 거래를 추천할 수는 있지만 직접 실행할 수는 없다. 필요한 API를 찾아낼 수는 있지만 그 비용을 지불할 수는 없다. 모든 재

1) 터미널(terminal)은 운영체제에 텍스트 명령어를 입력해 컴퓨터를 제어하는 인터페이스다. 그래픽 화면에서 아이콘을 클릭하는 방식과 달리, 명령어로 파일 조작, 프로그램 실행, 시스템 설정 등을 수행한다. AI 에이전트가 터미널 명령을 실행한다는 것은 사람이 키보드로 입력하던 컴퓨터 제어 작업 일부를 자동화할 수 있다는 뜻이다.

정적 의사결정 지점에서 인간의 승인을 기다리며 멈춰 서 있는 것이다."[vi]

이 공백을 메우려는 시도가 2026년 들어 집중적으로 출현하고 있다. 2026년 4월, 리눅스 재단(Linux Foundation)은 x402 재단(x402 Foundation)의 출범을 발표하며, 코인베이스가 개발한 x402 프로토콜을 재단 산하 오픈소스 프로젝트로 편입한다고 밝혔다.[vii] 리눅스 재단은 x402가 AI 에이전트, API, 애플리케이션이 데이터를 교환하듯 가치를 거래할 수 있게 하는 범용 결제 표준이 될 수 있다고 설명했다. 이 재단에는 아마존 웹 서비스(Amazon Web Services), 마이크로소프트(Microsoft), 구글(Google), 클라우드플레어(Cloudflare), 카카오페이(KakaoPay), 마스터카드(Mastercard), 비자(Visa), 스트라이프(Stripe), 서클(Circle), 솔라나(Solana) 재단, 쇼피파이(Shopify) 등 클라우드, 결제, 블록체인, 커머스 영역의 주요 기업들이 초기 참여와 지지 의사를 밝혔다.

이 발표에 앞서 2026년 2월에는 비트코인 진영의 라이트닝 랩스(Lightning Labs)가 AI 에이전트를 위한 오픈소스 툴킷을 공개하며 L402라는 또 다른 결제 레이어를 제안했다.[viii] 여기에 구글이 주도한 에이전트 결제 프로토콜(Agent Payments Protocol, AP2)[ix]과 스트라이프와 템포(Tempo) 진영이 내놓은 머신 페이먼트 프로토콜(Machine Payments Protocol, MPP)[x]까지 가세하면서, 기계 경제의 결제 규격을 둘러싼 각축이 본격화되고 있다.

본 보고서는 이 경쟁의 현재를 해부하는 데서 출발하지만, 궁극적으로는 그 이면에서 진행 중인 더 큰 전환을 드러내고자 한다. 지금 벌어지고 있는 일은 단순한 결제 프로토콜 간의 기술 경쟁이 아니다. 핵심은 인터넷 경제 인프라 전체가 '인간의 신원'에서 '암호학적 키'로 재설계되고 있다는 점이다. 다시 말해, 지금까지의 결제 문법은 완전히 다른 방향으로 재편되기 시작했다. 본 보고서는 30년 동안 예약 상태로 남아 있던 HTTP 402 코드의 각성에서 출발해, 마이크로페이먼트(micropayment)의 좌절, 신원에서 키로 이동하는 결제의 자격, x402와 L402의 경쟁, 기계 경제의 기축통화 문제, 그리고 한국 결제 산업이 이 전환 속에서 마주하게 될 과제까지 차례로 검토한다. 이 여정의 시작점에는 30년 전 인터넷의 미완성 설계도에 예약된 작은 빈칸이 놓여 있다.

01

30년간 잠들어있던 코드

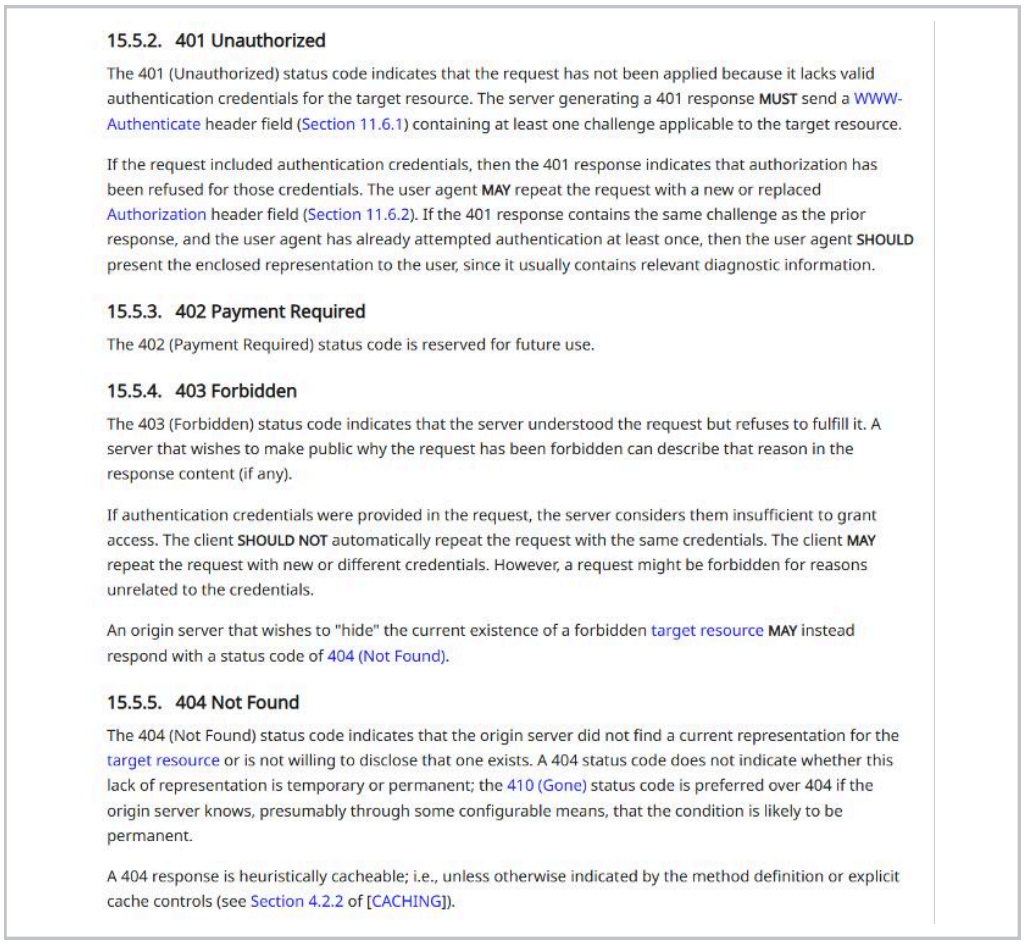
인터넷의 미완성 설계도

웹은 처음부터 완성된 건축물이 아니었다. 팀 버너스리(Tim Berners-Lee)와 그의 동료들이 1990년대에 정리한 초기 HTTP 명세들은 오늘날 우리가 매일 사용하는 웹의 기본 문법이 어떻게 형성되었는지를 보여준다. 1996년에 발표된 'RFC[2] 1945'는 당시 널리 쓰이던 HTTP/1.0의 구현 관행을 정리한 초기 문서였고,[xi] 이듬해 발표된 RFC 2068은 HTTP/1.1을 표준화하며 상태 코드 체계[3]를 한층 확장했다.[xii] 우리가 흔히 접하는 '404 Not Found'와 같은 상태 코드가 이 체계 안에서 자리를 잡았다.

그런데 이 체계 안에는 오랫동안 실제 쓰임을 얻지 못한 코드가 하나 있었다. 그것이 바로 402다. 코드의 명칭은 'Payment Required', 즉 '결제 필요'다. 이 명칭은 이 코드가 결제와 관련된 상황을 위해 마련되었음을 분명히 보여준다. 1990년대 중반 HTTP/1.1을 표준화하던 설계자들은 사용자가 돈을 지불해야 접근할 수 있는 콘텐츠나 서비스가 등장할 가능성을 염두에 두고 있었다. 그래서 상태 코드 체계 안에 결제가 필요한 상황을 알리는 자리를 마련해 두었던 것이다. 그러나 정작 이 코드에 붙은 공식 설명은 "이 코드는 미래의 사용을 위해 예약되어 있다(This code is reserved for future use)"는 한 줄이 전부였다. 명칭은 존재했지만, 그것을 구체적으로 어떻게 실행할지는 정해지지 않았던 것이다. 웹의 설계도 안에는 결제를 위한 칸이 그려져 있었으나, 그 칸을 채울 표준화된 화폐도, 지갑도, 결제 레일도 오랫동안 존재하지 않았다. 결국 402는 상태 코드 목록 한가운데에 놓인 채, 30년 가까이 실행되지 못하고 잠재적 가능성으로만 남아 있었다. 2026년 현재 통용되는 RFC 9110에 이르기까지, 이 문구는 거의 변함없이 제자리를 지켜왔다.[xiii] 이것이 바로 웹의 초기 설계 안에 남겨진 결제의 공백이었다.

2) RFC(Request for Comments)는 인터넷 기술 및 표준화와 관련된 문서 시리즈로, 프로토콜, 사양, 운용방식, 연구결과 등을 담는다. 다만 모든 RFC가 인터넷 표준인 것은 아니며, 정보 제공용·실험용 문서도 포함된다.

3) HTTP 상태코드 가운데 1xx는 정보 전달, 2xx는 성공, 3xx는 주소 재지정, 4xx는 클라이언트 오류, 5xx는 서버 오류를 의미한다. 402는4xx 계열에 속하며, 요청한 자원에 접근하기 위해 결제가 필요하다는 상황을 표시하도록 배정된 코드다.



15.5.2. 401 Unauthorized

The 401 (Unauthorized) status code indicates that the request has not been applied because it lacks valid authentication credentials for the target resource. The server generating a 401 response **MUST** send a WWW-Authenticate header field (Section 11.6.1) containing at least one challenge applicable to the target resource.

If the request included authentication credentials, then the 401 response indicates that authorization has been refused for those credentials. The user agent **MAY** repeat the request with a new or replaced Authorization header field (Section 11.6.2). If the 401 response contains the same challenge as the prior response, and the user agent has already attempted authentication at least once, then the user agent **SHOULD** present the enclosed representation to the user, since it usually contains relevant diagnostic information.

15.5.3. 402 Payment Required

The 402 (Payment Required) status code is reserved for future use.

15.5.4. 403 Forbidden

The 403 (Forbidden) status code indicates that the server understood the request but refuses to fulfill it. A server that wishes to make public why the request has been forbidden can describe that reason in the response content (if any).

If authentication credentials were provided in the request, the server considers them insufficient to grant access. The client **SHOULD NOT** automatically repeat the request with the same credentials. The client **MAY** repeat the request with new or different credentials. However, a request might be forbidden for reasons unrelated to the credentials.

An origin server that wishes to "hide" the current existence of a forbidden target resource **MAY** instead respond with a status code of 404 (Not Found).

15.5.5. 404 Not Found

The 404 (Not Found) status code indicates that the origin server did not find a current representation for the target resource or is not willing to disclose that one exists. A 404 status code does not indicate whether this lack of representation is temporary or permanent; the 410 (Gone) status code is preferred over 404 if the origin server knows, presumably through some configurable means, that the condition is likely to be permanent.

A 404 response is heuristically cacheable; i.e., unless otherwise indicated by the method definition or explicit cache controls (see Section 4.2.2 of [CACHING]).

[그림 1] **RFC 9110에 남아 있는 402 Payment Required**

402 Payment Required는 HTTP/1.1 명세인 RFC 2068에서 처음 명시적으로 등장했을 때부터 "미래의 사용을 위해 예약된 상태 코드"로 설명되었다. RFC 9110의 15.5.3절 역시 비슷한 설명을 유지하고 있다. 401 Unauthorized, 403 Forbidden, 404 Not Found가 구체적 용도를 갖는 것과 달리, 402는 "결제 필요"라는 명칭만 가진 채 오랫동안 미완의 코드로 남아 있었다.

웹3.0이 남겨둔 결제의 공백

이 공백의 의미는 웹의 변천사를 훑어보면 더 선명해진다. 웹의 역사는 사용자가 얻지 못했던 권한을 하나씩 확보해 온 과정이기도 했다. 1990년대의 웹 1.0은 읽기의 시대였다.[4] 이용자는 이미 만들어진 페이지를 열람하는 독자에 가까웠고, 인터넷은 도서관의 거대한 확장처럼 작동했다. 2000년대 중반 웹 2.0이 본격화되면서, 사용자는 비로소 쓰기의 권한을 얻었다. 블로그에 글을 쓰고, 유튜브에 영상을 올리고, 인스타그램으로 사진을 공유하는 일이 일상이 되었다. 그러나 이 쓰기의 혁명에는 두 가지 잔여 과제가 있었다. 하나는 소유였다. 우리가 플랫폼에 올린 콘텐츠와 데이터의 소유권은 끝내 사용자에게 돌아오지 않았다. 또 다른 하나는 결제였다. 사람들은 콘텐츠를 만들 수 있었지만, 만든 콘텐츠에 값을 매기고 요청마다 대가를 받을 수 있는 결제 기능은 끝내 웹 자체의 일부가 되지 못했다.

첫 번째 잔여 과제, 즉 소유의 문제는 블록체인과 스마트 컨트랙트가 가리키는 웹 3.0의 주된 의제였다. 이더리움(Ethereum)의 창시자 비탈릭 부테린(Vitalik Buterin)이 중앙화된 서비스의 문제를 설명할 때 언급한 월드 오브 워크래프트(World of Warcraft) 일화는 이 점에서 상징적이다. 자신이 좋아하던 캐릭터의 스

4) 웹의 세대 구분은 논자마다 편차가 있지만, 일반적으로 웹 1.0은 정적 페이지 중심의 읽기 시대, 웹 2.0은 사용자가 콘텐츠를 생산하는 플랫폼의 시대, 웹 3.0은 블록체인 기술을 통한 소유 기반 웹 시대로 요약된다.

킬이 어느 날 일방적으로 너프(nerf)되자, 그는 "중앙화된 서비스가 얼마나 끔찍한 결과를 초래할 수 있는지 깨달았다"고 회상했다.[xiv] 블록체인과 스마트 컨트랙트는 이 일방적 권력을 분산시키려는 기술적 상상력 위에서 힘을 얻었다. 2010년대 중후반부터 이더리움 위에서는 NFT(Non-Fungible Token)가 디지털 콘텐츠의 고유성을, ERC-20 토큰이 교환 가능한 자산의 규격을, DAO(Decentralized Autonomous Organization)가 집단 소유와 거버넌스의 가능성을 실험하기 시작했다. 사용자가 만든 것이 사용자에게 귀속될 수 있다는 약속이, 블록체인 환경에서 구체적인 기술 형식을 얻기 시작한 것이다.

그러나 이더리움이 NFT와 토큰을 통해 소유권의 공백을 채우려는 실험을 확산시키는 동안에도, 결제의 공백은 여전히 채워지지 않은 채 남아 있었다. 블록체인 위에 자산을 올릴 수는 있게 되었지만 이 자산을 웹의 요청 단위로 자연스럽게 사고파는 흐름은 만들어지지 않았다. 다시 말해, 우리는 콘텐츠를 만들 수 있고 그것을 소유할 수 있는 방법도 획득했지만, 웹페이지를 열거나 데이터를 호출하는 개별 행위마다 가격을 붙이는 일은 여전히 별도의 결제 페이지와 로그인, 카드 결제나 간편결제 절차를 거쳐야 했다. 자산의 소유가 취득 이후 처분 전까지 하나의 상태로 지속되는 것이라면, 결제는 매 요청마다 승인, 이전, 정산의 흐름을 새로 발생시켜야 하는 절차다. 따라서 토큰이 소유권의 표현 방식을 바꾸었다고 해서, 웹의 결제 구조까지 곧바로 바뀐 것은 아니었다. 웹3.0은 사용자가 만든 것을 사용자에게 귀속시키는 상상력을 밀어붙였지만, 웹페이지를 열고 데이터를 호출하는 개별 행위마다 가격을 붙이고 대가를 주고받는 문제는 여전히 남겨두었다.

그런데 최근 이 오래된 공백이 다시 현실적인 의제로 떠오르기 시작했다. 그렇다면 왜 지금, 이 결제의 공백을 채울 수 있는 조건이 형성되고 있는가. 답은 세 개의 서로 다른 조류가 최근 같은 해안에 닿았다는 데 있다.

세 개의 조류가 같은 해안에 닿다

첫 번째 조류는 블록체인과 스마트 컨트랙트의 산업적 성숙이다. 2010년대 중반까지 블록체인은 투기적 자산의 온상이라는 이미지 안에 갇혀 있었다. 그러나 이더리움의 스마트 컨트랙트는 결제, 정산, 인증의 일부 기능을 코드로 실행할 수 있게 만들었다. 이를 계기로 블록체인은 단순히 자산을 이동시키는 수단을 넘어, 규칙을 저장하고 실행하는 인프라로 확장되었다. 특히 솔라나나 이더리움의 2계층 네트워크인 베이스(Base) 같은 고성능 체인이 등장하면서, 다수의 결제를 낮은 비용으로 처리할 수 있는 환경이 마련되었다. 일부 고성능 체인에서는 거래 처리 속도가 초 단위로 단축되고, 건당 비용도 1센트 미만 수준까지 낮아졌다.

두 번째 조류는 AI다. 1980년대에 정립된 역전파(backpropagation) 알고리즘[5], 1989년 얀 르쿤(Yann LeCun)의 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)[6]연구, 2017년 트랜스포머(Transformer)[7]아키텍처의 등장, 그리고 2022년 챗GPT(ChatGPT)의 공개를 거치며 AI는 인식과 생성의 도구로 자리 잡았다. 이후 도구 호출, 코드 실행, 브라우저 조작, 컴퓨터 사용 기능이 결합되면서 AI는 단순히 답을 생성하는 시스템을 넘어 외부 세계와 상호작용하는 행위자로 확장되기 시작했다.[xv] 2024년 이후 이러한 흐름은 에이전틱 AI(agentic AI)라는

5)

역전파(backpropagation) 알고리즘은 신경망이 출력의 오차를 거꾸로 추적해 각 연결의 가중치를 조정할 수 있게 하는 학습 알고리즘이다. 1986년 데이비드 러멜하트(David Rumelhart), 제프리 힌턴(Geoffrey Hinton), 로널드 윌리엄스(Ronald Williams)의 논문을 통해 널리 정립된 뒤, 현대 딥러닝(deep learning) 모델 학습의 토대로 자리잡았다.

6)

합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 이미지나 영상처럼 공간적 구조를 가진 데이터에서 패턴을 추출하는데 특화된 신경망 구조다. 손글씨 인식에서 출발해 이미지 분류와 객체 탐지 등 컴퓨터 비전 분야로 확장되었고, 이후 2010년대 딥러닝 도약을 견인한 대표 아키텍처로 평가 받는다.

7)

트랜스포머(Transformer)는 입력 데이터의 모든 요소가 서로의 관계를 동시에 참조하는 어텐션(attention) 메커니즘을 기반으로 한 신경망 아키텍처다. 2017년 구글 연구진의 논문 "어텐션만 있으면 충분하다(Attention Is All You Need)"를 통해 제시된 이래, 챗GPT(ChatGPT)를 비롯한 현대 거대언어모델(LLM)의 표준 구조로 자리잡았다.

이름을 얻었다. AI는 이제 도구를 호출하고, 웹을 탐색하고, 거래를 판단하며, 경우에 따라 결제까지 집행하는 실행 주체로 확장되고 있다. 맥킨지(McKinsey)는 에이전트 기반 상거래의 시장 규모가 2030년까지 전 세계적으로 3조에서 5조 달러에 이를 수 있다고 전망한다.[xvi] 이 숫자 자체보다 중요한 것은, 그 뒤에 놓인 행위 방식의 변화다. 수많은 AI 에이전트가 수많은 유료 서비스에 접근하고, 요청하고, 판단하고, 결제해야 하는 경제는 인간이 매번 카드 정보를 입력하거나 구독을 관리하는 방식으로는 감당하기 어렵다.

세 번째 조류는 스테이블코인이다. 서클이 발행하는 USDC, 테더(Tether)가 발행하는 USDT 같은 달러 연동형 스테이블코인은 2020년대 전반을 거치며 디지털 달러로 불릴 만한 시장 규모를 확보했다. 이 변화의 의미는 단순히 달러 표시 자산이 블록체인 위로 옮겨져 국경을 넘나들 수 있게 되었다는 데 머물지 않는다. 달러 스테이블코인은 달러 표시 가치를 프로그램이 인식하고, 분할하고, 자동으로 정산할 수 있는 디지털 토큰의 형태로 바꾸었다. 특히 USDC는 소수점 6자리까지의 정밀도를 지원한다. 이는 프로그램이 0.000001 USDC, 곧 명목상 0.000001달러에 해당하는 단위까지 직접 다룰 수 있다는 뜻이다. 신용카드 시스템이 사실상 수십 센트 이상의 거래만 성립시켜 왔다는 점을 고려하면, 스테이블코인은 구조적으로 차원이 다른 지불 수단이다. 가격이 안정된 달러 단위로 표시되면서도, 프로그램이 조건에 따라 극소액을 계산하고 분할하고 자동 정산할 수 있게 만들기 때문이다.

이 셋 가운데 어느 하나라도 빠졌다면 결제의 공백은 채워질 수 없었을 것이다. 블록체인과 스마트 컨트랙트가 없었다면 결제와 정산을 개방형 네트워크 위에서 프로그래머블하게 실행한다는 상상력은 지금처럼 구체화되기 어려웠을 것이다. AI가 없었다면 인간이 매번 개입할 수 없는 속도와 빈도로 요청을 생성하고, 비용을 판단하며, 결제를 자동으로 집행하는 비인간 행위자는 등장하지 못했을 것이다. 그리고 스테이블코인이 없었다면 그 행위자가 다룰 수 있는 안정된 화폐가 마땅치 않았을 것이다. 결제를 집행할 행위자, 그 행위자가 쓸 화폐, 그 화폐가 흐를 레일이 2020년대 중반에 비로소 모두 마련되었다. 2025년 5월 코인베이스가 x402 스펙을 공개하고, 2026년 4월 리눅스 재단이 x402 재단을 출범시킨 것은 이 세 조류의 합류점이 가시화된 사건이다. 오랫동안 예약 상태로 남아 있던 HTTP 402는 바로 그 합류점 위에서 깨어났다.

02

마찰의 경제사

카드 네트워크가 만든 결제의 문턱

x402가 채우려는 공백을 이해하려면, 먼저 그 공백이 왜 그렇게 오래 비어 있었는지를 물어야 한다. 웹의 시대가 열린 지난 30년 동안 마이크로페이먼트의 가능성을 이야기한 사람은 적지 않았다. 일부는 구상에 그쳤고, 일부는 실제 구현까지 밀고 나갔지만, 결과적으로 마이크로페이먼트는 시장에 안착하지 못했다. 그러나 이 실패는 개별 프로젝트의 기술적 결함에서 비롯된 것이 아니었다. 훨씬 더 단단한 구조, 즉 지난 70여 년 동안 현대 결제망을 지배해온 카드 네트워크의 가격 구조가 그 배경에 있었다.

현대 카드 결제 시스템은 2차 세계대전 직후 미국에서 형성되었다. 1950년 다이너스클럽(Diners Club)이 첫 범용 결제카드를 선보인 뒤, 카드 결제는 식당과 여행, 소매업을 거치며 점차 일상의 결제 수단으로 자리 잡았다. 1958년 뱅크오브아메리카(Bank of America)를 시작으로 은행이 직접 신용카드 서비스를 제공하는 시대가 열렸고, 이후 비자와 마스터카드 네트워크가 성장하며, 카드 결제는 카드 소지자와 가맹점, 매입기관(acquirer)과 발행기관(issuer)이 얽힌 네 당사자 모델(four-party model)로 정착되었다. 온라인 결제에서는 이 기본 구조 위에 결제 게이트웨이(payment gateway)와 결제 처리업체(payment processor) 같은 중개 사업자가 덧붙어, 가맹점과 카드 네트워크 사이의 승인·보안·정산 절차를 중개한다.

이 구조에서 결제 수수료는 가맹점에 부과된다. 미국 온라인 결제 시장에서 스트라이프, 페이팔(PayPal) 등 주요 결제 처리업체의 수수료 체계는 대체로 정률 수수료에 건당 고정비가 더해지는 방식이다. 예컨대 스트라이프는 미국 내 온라인 카드 결제에 거래 금액의 2.9%와 건당 0.30달러의 고정비를 부과한다.[xvii] 10달러짜리 상품을 팔면 가맹점은 약 59센트, 결제 금액의 6%에 약간 못 미치는 수준을 수수료로 내놓는다. 가맹점 입장에서는 부담스럽지만 감내할 수 있는 비용이다. 그러나 결제 금액을 1센트로 낮춰 같은 수식을 대입해 보면 수수료 구조의 한계가 곧바로 드러난다. 가맹점은 1센트의 수입을 얻기 위해 고정비만으로도 30센트의 수수료를 부담해야 한다. 결제가 이루어질수록 손실이 커지는 구조다. 이런 조건에서 마이크로페이먼트는 애초에 경제적으로 성립하기 어렵다.

이것은 우연한 예외가 아니라 카드 결제의 가격 구조가 낳은 필연적 결과에 가깝다. 건당 고정 수수료는 일정 규모 이상의 거래만 통과시키고, 그보다 작은 거래를 구조적으로 배제하는 문턱으로 작동한다. 이 문턱은 카드 결제망 안에서 여러 비용이 층층이 쌓이는 구조에서 비롯된다. 카드 거래에는 매입기관이 발행기관에 지급하는 인터체인지 수수료(interchange fee)를 비롯해 네트워크 수수료와 매입기관 수수료가 붙는다. 온라인 결제에서는 여기에 결제 게이트웨이와 결제 처리업체의 비용

과 마진이 더해진다. 이렇게 여러 비용이 결합된 결과, 가맹점이 실제로 마주하는 온라인 결제의 최종 요율은 흔히 정률 수수료와 건당 고정 수수료가 결합된 형태로 제시된다.

최종 수수료가 정률제와 정액제의 결합으로 부과되는 한 마이크로페이먼트는 구조적으로 성립하기 어렵다. 결제 금액이 작아질수록 수수료가 거래 자체의 가치를 잠식하고, 어느 지점부터는 결제가 이루어질수록 가맹점의 손실이 커지기 때문이다. 결과적으로 지난 70여 년의 카드 결제 시스템은 일정 금액 이상의 거래를 전제로 안정적으로 작동해 왔고, 소액 거래는 구조적 사각지대에 놓였다. 웹은 바로 그 시스템 위에 얹혔다. 인터넷은 정보를 무한히 잘게 쪼개고 실시간으로 주고받을 수 있었지만, 그 정보 하나하나에 1센트짜리 가격표를 붙이는 일은 카드 결제망 위에서는 성립하기 어려웠다.

기술적 우회와 정신적 거래 비용

이 한계를 기술로 돌파하려는 시도는 반복해서 등장했다. 2010년 스웨덴에서 출범한 플래터(Flattr)는 사용자가 매달 일정한 후원액을 설정하면, 그 돈이 사용자가 선택한 웹사이트나 콘텐츠 창작자에게 소액씩 배분되는 구조를 제안했다.[xviii] 2017년 브레이브(Brave)가 내놓은 베이식 어텐션 토큰(Basic Attention Token, BAT)은 사용자의 주의, 광고, 퍼블리셔와 콘텐츠 창작자 보상을 토큰으로 연결하려는 모델을 제시했다.[xix] W3C는 결제 요청 API(Payment Request API)[8]를 통해, 기존 결제수단을 브라우저 안에서 더 매끄럽게 호출하는 표준을 마련하려 했다.[xx] 그러나 이 모든 시도는 결정적인 돌파를 만들지 못했다. 사용자 확보가 더뎠고, 참여 창작자와 가맹점의 규모도 충분히 커지지 못했다. 하지만 더 본질적인 문제는 다른 곳에 있었다. 카드 수수료라는 경제적 문턱을 낮추거나 우회하더라도, 결제는 여전히 사용자의 설정, 승인, 판단이라는 문턱을 벗어나지 못했다.

이 문턱의 정체를 일찍이 꿰뚫어 본 사람이 암호학자이자 디지털 계약 이론가인 닉 사보(Nick Szabo)[9]다. 그는 1999년에 발표한 「마이크로페이먼트와 정신적 거래 비용(Micropayments and Mental Transaction Costs)」에서 마이크로페이먼트의 확산을 가로막는 진짜 장벽을 거래 수수료가 아닌 다른 곳에서 찾았다.[xxi] 그것이 바로 '정신적 거래 비용(mental transaction costs)'이다. 사보가 말한 정신적 거래 비용이란, 사용자가 극도로 잘게 나뉜 가격 앞에서 지출의 의미와 효용을 계산하고, 비교하고, 승인하거나 거부하는 과정에서 발생하는 인지적 부담을 뜻한다. 가령 사용자가 어떤 서비스 앞에서 '이 1센트짜리 요청을 승인할 것인가'를 판단하는 순간에, 실제 결제 금액과 별개로 '마음의 수수료'가 발생한다. 거래 한 건을 처리하는 계산 자원은 점점 저렴해질 수 있지만, 사람의 주의력은 같은 방식으로 저렴해지지 않는다. 매번 값을 매기고, 비교하고, 승인하거나 거부해야 하는 결제 판단을 인간은 무한히 반복할 수 없다.

사보의 통찰은 이후의 마이크로페이먼트 실험들을 꿰뚫어 읽는 렌즈가 된다. 플래터는 매달 정해둔 후원액을 배분하는 방식으로 반복 결제의 부담을 줄이려 했지만, 사용자는 여전히 어떤 콘텐츠를 지지할 것인지 선택해야 했다. BAT는 광고와 보상을 토큰으로 연결하려 했지만, 사용자는 여전히 브라우저를 설치하고, 보상 체계에

8)

API(Application Programming Interface)는 서로 다른 소프트웨어나 서비스가 정해진 규약에 따라 기능과 데이터를 주고받을 수 있도록 해주는 인터페이스다. 쉽게 말해, 소프트웨어끼리 대화하기 위한 약속된 통로다. 덕분에 웹사이트나 앱은 결제, 지도, 로그인, 날씨 같은 외부 기능을 직접 개발하지 않고도 필요할 때 호출해 사용할 수 있다.

9)

닉사보(Nick Szabo)는 법학과 컴퓨터과학을 아우른 연구자로, 1994년 스마트 컨트랙트 개념을 제안한 인물이다. 비트코인 이전의 디지털 화폐 구상인 비트골드(Bit Gold)의 설계자이기도 하며, 사토시 나카모토의 유력한 후보 중 한 사람으로 지목되기도 한다.

참여하며, 자신의 주의를 어떤 방식으로 제공할 것인지 결정해야 했다. 결제 요청 API는 브라우저 차원에서 결제 절차를 단순화하려 했지만, 결제 화면과 승인 행위 자체를 사라지게 하지는 못했다. 이 모든 시도는 카드 수수료라는 경제적 장벽을 우회하려 했지만, 정신적 거래 비용이라는 또 하나의 문턱 앞에서 멈춰 섰다. 너무 작은 결제를 너무 자주 의식해야 하는 구조가 웹의 속도와 맞지 않았던 것이다.

판단주체의 전환

사보의 진단을 따라가면, 마이크로페이먼트의 진짜 돌파구는 거래 수수료를 낮추는 데 있지 않다. 결제 판단이 인간의 주의력을 매번 호출하지 않도록 만드는 데 있다. 인간의 주의력이 병목이라면, 진정한 마이크로페이먼트는 그 주의력을 반복적으로 소모하지 않는 방식으로 설계되어야 한다. 그러나 오랫동안 웹의 요청 단위에서 비용을 판단하고 결제를 집행할 행위자는 존재하지 않았다.

AI 에이전트의 등장은 이 조건을 바꾸기 시작했다. AI 에이전트는 인간과 같은 방식의 정신적 거래 비용을 치르지 않는다. 인간에게 1센트를 낼지 말지 결정하는 것은 주의 이동과 감정 소모, 피로를 유발하는 의식적인 작업이지만, AI 에이전트에게는 사전에 부여된 목표와 예산, 정책에 따라 처리되는 판단 절차에 가깝다. 코드로 작성된 기준에 따라 요청을 보내고 응답을 받는 과정에서, 결제는 하나의 상태 전이(state transition)로 처리될 수 있다. 에이전트는 잘못된 결정을 내렸을 때 인간처럼 후회하지 않고, 같은 결정을 반복한다고 해서 피로해지지도 않는다. 리버 파이낸스(River Financial)는 에이전트 결제가 마이크로페이먼트의 흐름을 바꿀 가능성을 다음과 같이 설명했다. “마이크로페이먼트 이론은 고빈도·저금액 결제를 예상했지만, 인간의 정신적 거래 비용은 이러한 행동을 제한한다. 정신적 비용을 부담하지 않는 AI 에이전트는 이 역학을 바꿀 수 있으며, 앞으로 더 빈번하고 더 작은 결제로 이어질 가능성이 있다.”[xxii]

리버파이낸스의 전망이 가리키는 것은 단순한 거래 단가의 하락이 아니다. 그것은 오랫동안 결제 시스템을 규정해 온 최소 결제 단위가 다시 쓰일 수 있다는 뜻이다. 카드 결제망 위에서 수십 센트 이하의 거래가 경제적으로 성립하기 어려웠던 시대에는, 그 보다 작은 단위로 교환될 수 있는 가치들이 묶음 가격이나 큰 단위의 요금제 안으로 흡수될 수밖에 없었다. 월 9,900원의 구독료, 편당 1,900원의 콘텐츠 대여료, 일정 호출량을 묶어 판매하는 API 요금제는 모두 그런 구조의 사례다. 이 방식은 편리하다. 사용자는 매번 작은 결정을 내리지 않아도 되고, 공급자는 결제 비용과 과금 절차를 줄일 수 있다. 그러나 동시에 그것은 정밀한 가격 신호를 흐리게 만드는 장치이기도 했다. 개별 콘텐츠 조각, API 호출, 데이터 요청마다 서로 다른 가치가 있을 수 있지만, 기존 결제 시스템은 그 차이를 충분히 가격으로 표현하지 못했다.

에이전트 경제는 이 굵은 단위의 가격 구조를 다시 쪼갤 가능성을 연다. 판단 주체가 인간이 아니라 소프트웨어 에이전트라면, 서비스의 단위가 훨씬 더 잘게 나뉘어도 각 단위에 가격을 붙일 수 있다. 1만 건의 API호출 가운데 어떤 호출은 중요한 정보를 돌려주고, 어떤 호출은 그렇지 않을 수 있다. 어떤 데이터는 특정 시점에만 높은 가치를 갖고, 같은 API 호출도 응답 속도와 처리 우선순위에 따라 다른 가격을

가질 수 있다. 이제는 호출의 종류, 시점, 품질, 희소성에 따라 서로 다른 가격을 붙이는 구조를 상상할 수 있고, 에이전트는 그 가격을 읽고 정해진 정책에 따라 결제를 집행할 수 있다. 가격 신호는 더 세밀해지고, 묶음의 일부는 해체되며, 요금제라는 두꺼운 지층 밑에 묻혀 있던 수요와 공급의 미세한 교환이 다시 수면 위로 올라온다. 바로 이 지점에서 HTTP 402는 다시 의미를 얻는다. 결제가 필요한 요청을 알리는 코드가, 이제는 그 요청을 읽고 가격을 판단하며 실제 지불을 집행할 수 있는 행위자를 만나기 시작했기 때문이다.

03

신원에서 키로

신원확인 위에 세워진 결제 UX

신용과 계좌에 기반한 현대 결제 시스템의 모든 순간은 결제자가 누구인지를 확인하는 절차와 나란히 놓여 있었다. 어음에 서명한 상인의 이름, 수표에 남은 필적, 은행 창구 앞에서 제시하는 신분증, ATM에 입력하는 비밀번호, 온라인 카드 결제 시 입력하는 보안 코드(Card Verification Code, CVC), 모바일 앱의 생체 인증에 이르기까지, 이 긴 목록은 하나의 요구를 반복해 왔다. '네가 실제로 존재하는 인간이고, 이 거래에 대한 책임을 질 수 있는 주체임을 증명하라.' 1970년 미국 은행비밀법(Bank Secrecy Act, BSA)을 계기로 제도화된 자금세탁 방지 체제와 이후 확산된 고객확인(Know Your Customer, KYC)[10]절차는 이 증명의 요구를 법제도의 형태로 굳혔다. 2001년 9·11 테러 이후 국제 자금세탁 방지 체제가 강화되면서, 은행 계좌 개설과 금융 서비스 이용은 한층 더 엄격한 신원 확인 절차와 결합되었다. 금융의 언어로 번역하자면, 현대 결제 시스템은 곧 책임 있는 인간 주체를 확인하는 시스템이었다.

신용카드는 이 증명 체계의 가장 압축적인 형태다. 카드 한 장에는 발행사가 고객의 신원과 신용을 확인한 결과가 담겨 있고, 카드 번호와 CVC는 결제 순간마다 그 확인의 결과를 다시 호출한다. 새로운 서비스에 접속할 때마다 요구되는 회원가입, 이메일 인증, 휴대전화 인증, OTP 역시 같은 증명을 반복해서 강화한다. B2B API의 세계에서는 이 증명이 API 키라는 형태로 추상화된다.[xxiii] API 키는 본질적으로 '이 키를 가진 호출자는 사전에 등록된 계정이나 조직에 연결된 권한 있는 호출자'라는 선언문에 가깝다. 서비스 제공자는 그 선언문을 받아 호출을 허용하거나 거절한다. 사용자가 API 키를 분실하면 해당 키를 통한 호출은 불가능해지고, 키가 노출되어 폐기되면 그 키에 연결된 접근 권한도 함께 중단된다. 신원, 계정, 권한이 하나의 관리 체계 안에 묶여 있기 때문이다.

이 긴 증명의 체계가 만들어낸 결제 UX는 대단히 인간 중심적이다. 웹페이지에 접속한 사람이 카드 정보를 입력하고, 승인 버튼을 누르고, OTP를 받고, 다시 그 코드를 입력하고, 성공 메시지를 확인한다. 각 단계는 모두 인간 사용자의 신체와 인지 능력을 전제로 설계되어 있다. 마우스 클릭, 화면 터치, 비밀번호 입력, 생체 인식은 모두 사람의 손과 눈, 기억과 판단을 호출하는 동작이다. 그리고 이 인간 중심의 결제 UX는 지난 수십년 동안 효율적으로 작동했다. 그러나 그 효율은 어디까지나 결제의 주체가 인간이라는 조건 위에서만 성립했다. 결제 요청을 보내는 행위자가 인간이 아니라 소프트웨어 에이전트가 되는 순간, 인간의 손과 눈을 호출하도록 설계된 이 UX는 결제를 이어주는 통로가 아니라 실행을 멈춰 세우는 문턱으로 바뀐다.

10)

KYC(Know Your Customer)는 금융기관이 고객의 신원, 거래 목적, 자금 출처, 위험 수준 등을 확인하고 관리하는 고객 확인 절차를 가리킨다. 이는 자금세탁 방지(Anti-Money Laundering, AML)및 테러 자금 조달 방지 체계의 일부로 운영되며, FATF(Financial Action Task Force)의 국제 권고를 바탕으로 각국 법제에 반영되어 왔다.

비인간 행위자의 결제 공백

이 문턱은 에이전트가 화면을 클릭하거나 인증코드를 입력하기 어렵다는 단순한 기술적 문제에서 생기지 않는다. 더 근본적인 문제는 실행능력과 법적 주체성 사이의 간극에 있다. AI 에이전트는 특정 인간 사용자나 법인 계정의 지시에 따라 설정되고, 일정한 범위 안에서 작업을 위임받아 수행할 수 있다. 그러나 에이전트 자체는 자연인도 법인도 아니다. 국적도, 주민등록번호나 사회보장번호도, 생년월일도 없으며, 어떤 국가도 그에게 여권을 발급하지 않는다. 금융제도에서 계좌와 카드는 책임을 귀속시킬 수 있는 법적 주체에게 발급된다. 따라서 에이전트는 서비스를 찾고, 조건을 비교하고, 실행 계획을 세우는 데까지는 도달할 수 있지만, 결제의 순간에는 다시 인간이나 법인의 승인 체계 안으로 되돌아와야 한다. 에이전트의 자율성은 결제가 시작되는 순간에 중단된다.

그렇다고 이 문제를 단순히 에이전트에게 더 큰 결제 자율권을 부여하는 방식으로 풀 수도 없다. 에이전트가 사용자 의도와 다른 결제를 실행하거나, 외부 조작에 의해 잘못된 거래를 일으키거나, 반복 호출을 통해 의도하지 않은 누적 지출을 발생시킬 가능성은 에이전트 결제가 곧바로 통제의 문제로 이어진다는 사실을 보여준다. 자동차, 항공권, 전자제품, 장기구독처럼 금액이 크거나 책임이 무거운 거래에서는 인간 사용자의 명시적 승인이 결제의 마지막 단계에 남아있는 것이 합리적이다. 이 경우 인간의 개입은 병목이 아니라 안전장치다.

문제는 모든 결제가 그런 성격을 갖지는 않는다는 데 있다. 에이전트가 호출하는 API, 특정 데이터에 대한 접근, 모델 사용료, 콘텐츠 열람료, 컴퓨팅 자원 사용료처럼 금액은 작지만 빈도가 높은 결제에서는 사정이 달라진다. 이런 요청마다 인간이 결제창을 확인하고, 승인 버튼을 누르고, OTP를 입력해야 한다면 에이전트가 수행하는 자동화의 의미는 사라진다. 앞서 닉 사보가 지적한 정신적 거래 비용은 바로 이 지점에서 다시 등장한다. 몇 센트, 혹은 그보다 작은 금액의 결제를 매번 인간에게 판단하게 만드는 순간, 결제 금액보다 판단의 부담이 더 커진다. 마이크로페이먼트가 인간 사용자에게는 피로와 혼란을 낳는 구조였다면, 에이전트 경제에서는 오히려 가장 먼저 자동화되어야 할 결제단위가 된다.

따라서 에이전트 결제의 현실적인 출발점은 고가 상품의 완전한 자율구매가 아니라, 사전에 정해진 예산과 정책 안에서 이루어지는 저가·고빈도 결제다. 사용자는 하루 결제 한도, 호출 당 최대 금액, 허용된 서비스 범위, 금지된 거래 유형을 미리 설정하고, 에이전트는 그 경계 안에서 필요한 결제를 자동으로 집행한다. 고액 결제는 여전히 인간의 승인을 요구하지만, 반복적인 소액 결제는 에이전트가 처리한다. 이렇게 해야 인간의 통제권을 유지하면서도, 기계 경제가 요구하는 속도와 빈도를 감당할 수 있다.

현재의 플랫폼들은 이 문제를 우선 기존 결제체계 안에서 풀어가고 있다. 아마존의 알렉사 포 쇼핑(Alexa for Shopping)은 상품 검색, 비교, 개인화된 맞춤 추천, 가격 추적, 장바구니 관리 등을 지원하는 쇼핑용 에이전틱 AI 서비스다.[xxiv] 알렉사 포 쇼핑의 기능 중 바이 포 미(Buy for Me)는 에이전트가 상품 탐색과 추천을 넘어 구매 실행 단계까지 진입하고 있음을 보여준다. 이 기능은 적격 상품에 한해 사용자의 기본 주소와 신용카드를 사용해 구매 절차를 대신 처리한다. 그러나 이것이 에이전

트가 독립적인 결제 주체가 되었다는 뜻은 아니다. 결제 권한은 여전히 인간 사용자의 계정, 주소, 카드에 묶여 있고, 에이전트는 그 권한을 위임받아 정해진 범위 안에서 실행할 뿐이다. 다시 말해 이는 신원 기반 결제의 극복이 아니라, 신원 기반 결제 위에 얹힌 자동화다.

그러나 이런 위임 구조만으로는 기계 경제(machine economy)의 결제 문제를 충분히 해결하기 어렵다. 알렉사 포 쇼핑처럼 특정 플랫폼 안에서 설계된 자동화는 제한된 환경에서는 작동할 수 있지만, 수천만 개의 에이전트가 수백만 개의 서비스에 동시다발적으로 접근하고, API 호출이나 데이터 요청마다 아주 작은 비용을 지불해야 하는 환경에서는 한계가 드러난다. 매번 인간의 계정과 카드 권한을 우회적으로 불러와 결제를 처리하는 방식으로는 요청 단위의 속도와 빈도를 감당하기 어렵기 때문이다. 기계 경제에 필요한 것은 기존 신원 기반 결제의 자동화가 아니라, 인간이 설정한 예산과 정책 안에서 요청 단위의 결제가 곧바로 실행될 수 있는 새로운 결제 인프라다.

암호학적 키가 여는 문

새로운 인프라의 설계는 하나의 관점 이동에서 시작된다. 결제 실행의 자격을 신원 확인이 아니라 키의 서명 능력으로 재정의하는 것이다. 블록체인의 지갑은 이미 이 재정의를 구현하고 있다. 지갑은 주민등록번호, 여권, 신용점수로 만들어지지 않는다. 그것은 비대칭 암호학에서 유래한 한 쌍의 키, 곧 공개 키(public key)와 비밀 키(private key)를 바탕으로 작동한다. 공개 키 또는 그로부터 파생된 주소는 네트워크 안에서 수신자를 식별하는 표지가 되고, 비밀 키는 그 주소에 연결된 자산을 이전할 수 있는 서명 권한이 된다. 어떤 존재든, 인간이든 기계이든 조직이든, 유효한 키를 만들고 그 키로 서명할 수 있다면 블록체인 네트워크 안에서 거래를 발생시킬 수 있다. 필요한 것은 오직 유효한 서명이다.

이 구조가 흥미로운 이유는 그것이 애초부터 AI 에이전트를 위해 설계된 것은 아니었다는 데 있다. 사토시 나카모토(Satoshi Nakamoto)가 2008년 비트코인 백서를 쓸 때 염두에 둔 문제는 비인간 행위자의 결제가 아니라, 중앙기관 없이 전자화폐의 소유와 이전을 검증하는 일이었다. 그러나 그가 선택한 기본 설계, 즉 신원이 아닌 키에 기반한 시스템, 허가가 아닌 프로토콜에 기반한 접근 체계는, 의도하지 않은 방식으로 미래의 행위자에게도 열려 있는 결제 환경을 만들었다. 2008년에는 존재하지 않았던 AI 에이전트가 2026년에 이러한 블록체인 네트워크에 접속할 때, 네트워크는 그가 인간인지 기계인지 묻지 않는다. 다만 그가 유효한 서명을 제시할 수 있는지를 검증할 뿐이다.

키 기반 시스템의 이 의도하지 않은 개방성은, 결제 인프라의 층위에서 인간 경제와 기계 경제 사이의 경계를 다시 그리게 만든다. 전환의 핵심은 완전히 새로운 화폐의 등장이 아니라, 결제의 전제 조건이 신원에서 키로 이동한다는 데 있다. 신원 기반의 결제는 인간 경제의 공리였다. 키 기반의 결제는 기계 경제의 공리가 된다. 신용카드와 간편결제처럼 신원 위에 세워진 기존 인프라가 인간 경제의 편의성을 극단까지 밀어 올렸다면, x402와 L402 같은 키 기반 프로토콜은 기계 경제를 비로소 가능하게 한다.

두 세계는 한쪽이 다른 한쪽을 폐기하는 관계가 아니다. 인간은 여전히 결제의 책임을 설정하고, 승인해야 할 거래의 경계를 정하며, 에이전트가 사용할 예산과 정책을 부여한다. 다만 그 경계 안에서 반복적으로 발생하는 API 호출, 데이터 접근, 모델 사용, 콘텐츠 열람, 컴퓨팅 자원 사용료는 점점 더 에이전트의 서명과 자동화된 정산 절차에 의해 처리될 것이다. 기계 경제는 인간 경제 바깥에 따로 생겨나는 것이 아니라, 인간이 설정한 책임과 통제의 틀 안에서 실행의 속도와 빈도를 기계가 담당하는 방향으로 형성될 가능성이 크다.

여기서 중요한 것은 키 기반 결제가 책임의 소멸을 뜻하지 않는다는 점이다. 에이전트가 유효한 키로 결제를 실행할 수 있다고 해서, 그 결제의 책임까지 에이전트에게 귀속되는 것은 아니다. 키는 실행의 권한을 증명하지만, 그 권한을 설정하고 한도를 부여하며 결과에 대한 책임을 지는 주체는 여전히 인간 사용자나 법인이다. 키 기반 결제 시스템은 신원 기반 규제를 대체하는 장치가 아니라, 신원 기반 책임 아래에서 개별 실행을 더 잘게 위임하고 검증하는 장치에 가깝다. 자금세탁 방지, 고객확인, 조세 의무는 여전히 인간 경제의 필수적인 제도적 기반이며, 기계 경제가 커질수록 오히려 더 정교하게 확장될 필요가 있다. 달라지는 것은 책임 주체가 사라진다는 점이 아니라, 책임과 실행이 결합되는 방식이다. 규제는 여전히 책임의 주체를 인간이나 법인으로 지정하지만, 개별 결제의 실행은 그 책임 주체가 설정한 한도와 조건 안에서 에이전트에게 위임될 수 있다. 그리고 그 위임된 실행은 키와 서명을 통해 검증된다. 30년 동안 비어 있던 결제의 공백이 채워질 때, 그 위에서 작동하는 것은 기술 프로토콜만이 아니다. 그것은 책임의 귀속과 실행의 위임을 새롭게 배치하는 제도적 질서이기도 하다.

04

두 갈래의 결제 레이어

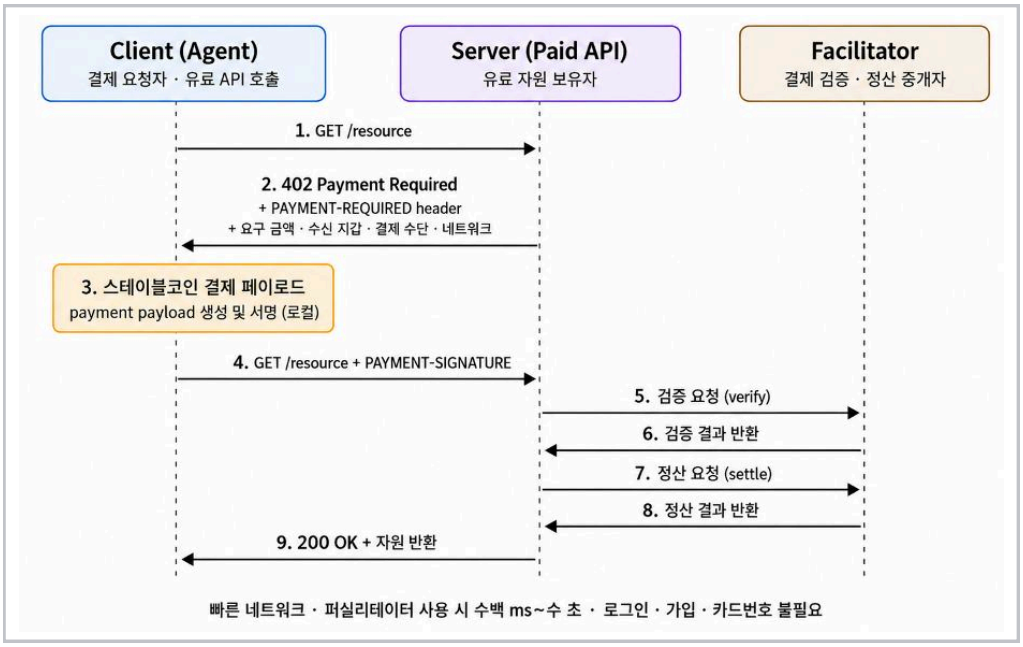
x402, 스테이블코인 중심의 결제 레이어

기계 경제의 결제 레이어 경쟁을 들여다보면, 두 개의 설계 철학이 같은 상태 코드 402를 공유하되 서로 다른 결제 자산을 중심에 놓는 모양이 드러난다. x402는 USDC 같은 스테이블코인을 대표적인 결제 자산으로 삼아 HTTP 요청 단위의 결제를 표준화하려 하고, L402는 비트코인 라이트닝 네트워크(Bitcoin Lightning Network)를 중심축으로 삼아 결제와 접근 권한을 결합하려 한다. 두 설계는 기계 경제의 결제가 어떻게 작동해야 하는지에 대한 서로 다른 대답이지만, 동일한 설계 원칙을 공유한다. 결제는 별도의 페이지가 아니라 요청의 일부가 되어야 한다는 것, 그리고 계정이나 카드 등록 없이 지갑과 서명만으로 유료 자원에 접근할 수 있어야 한다는 것이다.

x402의 흐름은 다음과 같다. 클라이언트(사람이든 에이전트든)가 유료 API나 디지털 자원에 HTTP 요청을 보낸다.[xxv] 서버는 보통의 경우라면 200 OK로 응답하겠지만, 이 엔드 포인트가 유료로 잠겨 있다면 402 Payment Required를 돌려보낸다. 이 402 응답에는 결제에 필요한 정보가 실린다. 요구 금액, 결제를 받을 지갑 주소, 수용 가능한 결제 수단, 그리고 결제를 증명하는 방식이 그러한 정보에 포함된다. 클라이언트는 이 정보를 바탕으로 스테이블코인 결제 페이로드(payment payload)[11]를 생성하고, 이를 HTTP 헤더에 담아 두 번째 요청을 보낸다. 서버는 직접 결제 페이로드를 검증하고 정산할 수도 있고, 퍼실리테이터(facilitator)[12]에 이 과정을 위임할 수도 있다. 결제 조건이 충족되고 정산이 완료되면, 서버는 200 OK와 함께 실제 자원을 반환한다. 빠른 네트워크와 퍼실리테이터를 사용하는 경우, 이 과정은 수백 밀리초에서 수 초 안에 처리될 수 있다. 로그인도, 가입도, 카드 번호도 필요 없다. 요청 자체가 결제의 단위가 되고, 결제 증명이 곧 접근 권한이 된다. x402의 철학을 하나의 문장으로 압축한다면 그것은 "Payment = Access"다.

11) 페이로드(payload)는 네트워크 요청이나 메시지 안에 실려 전달되는 실제 데이터 본문을 뜻한다. x402의 결제 페이로드는 결제금액, 수취인, 네트워크, 서명 등 결제의 유효성을 확인하는데 필요한 정보를 담은 데이터 묶음이다.

12) 퍼실리테이터(facilitator)는 x402에서 결제 검증과 온체인 정산 실행을 중계하는 인프라 계층이다. 이를 통해 판매자는 직접 블록체인 연동과 검증 로직을 구현하지 않고도 x402 결제를 받을 수 있다. 다만 퍼실리테이터는 사용자 자금을 보관하는 커스터디언이 아니라, 결제 검증과 정산 실행을 돕는 중계 계층에 가깝다.



[그림 2] **x402 결제 프로토콜의 시퀀스 흐름**

클라이언트가 유료 자원을 요청하면, 서버는 402 응답으로 결제 조건을 돌려주고, 클라이언트는 결제 페이로드(payment payload)를 포함한 두 번째 요청을 보낸다. 서버는 직접 검증·정산을 수행하거나 퍼실리테이터(facilitator)에 이를 위임하며, 결제 조건이 충족되면 200 OK와 함께 자원이 반환된다. 두 번의 HTTP 요청 안에서 결제와 접근 권한 부여가 함께 처리되는 구조다.

이 설계가 가능해진 것은 스테이블코인이 달러를 프로그램이 직접 다룰 수 있는 토큰 형태로 바꾸었기 때문이다. 은행 계좌의 달러는 금융기관 내부 장부에 기록된 잔액으로 존재하지만, 스테이블코인은 블록체인 네트워크 위에서 주소 간에 이전될 수 있는 디지털 자산으로 존재한다. 따라서 프로그램은 결제 요청을 읽고, 필요한 금액을 계산하며, 정해진 조건이 충족되었을 때 지갑의 서명을 통해 결제를 실행할 수 있다. 동시에 달러 스테이블코인은 달러에 1:1로 연동되도록 설계되어 있기 때문에, 프로그램이 다루는 금액은 비교적 안정적인 달러 단위로 해석된다. 이는 에이전트가 호출 단위의 비용을 계산하고, 예산을 배분하며, 지불 조건을 자동으로 판단할 수 있게 만드는 중요한 조건이다.

다만 스테이블코인을 사용한다고 해서 모든 결제가 곧바로 극단적인 초소액 단위에서 경제성을 갖는 것은 아니다. 실제로 경제성이 있는 최소 과금 단위는 사용되는 체인, 네트워크 수수료, 퍼실리테이터의 비용 구조, 그리고 결제를 요청마다 즉시 정산할 것인지 일정 사용량을 묶어 정산할 것인지에 따라 달라진다. 그럼에도 스테이블코인은 카드 결제 시스템과 다른 설계 가능성을 연다. 카드 결제에서는 정률 수수료와 정액 수수료가 초소액 결제의 하한을 만들지만, 스테이블코인 기반 결제에서는 낮은 네트워크 비용을 가진 체인, 자동화된 검증, 사용량 기반 과금 구조를 결합해 훨씬 작은 단위의 결제를 설계할 수 있기 때문이다.

x402의 기본 결제 스킴(scheme)은 'exact(정액 결제)'와 'upto(한도 승인)'로 나뉜다.[xxvi] 'exact' 스킴은 고지된 금액을 그대로 결제하는 방식으로, 가격이 미리 정해진 API나 콘텐츠 접근에 적합하다. 반면 'upto' 스킴은 클라이언트가 최대 금액을 승인하되, 서버가 실제 사용량에 따라 그 한도 안에서 정산하는 방식이다. 이 방식은 LLM 토큰 수, 컴퓨팅 시간, 전송 바이트 수처럼 요청별 사용량에 따라 비용이

달라지는 서비스에 적합하다.[xxvii] 여기에 고빈도 소액 결제를 위한 별도 설계로 'batch-settlement(배치 정산)' 스킴이 추가로 제시되고 있다.[xxviii] 이 방식은 매 요청을 곧바로 온체인에 올리지 않고, 에스크로와 오프체인 바우처를 활용해 여러 결제를 묶어 정산한다. 구매자는 먼저 자금을 에스크로에 예치하고, 각 요청마다 누적 사용액을 담은 바우처에 서명한다. 판매자는 이 바우처를 검증해 서비스를 제공한 뒤, 나중에 여러 바우처를 모아 온체인에서 청구한다. 이 방식은 반복적인 유료 API 호출이나 사용량 기반 엔드포인트처럼 많은 작은 결제를 하나씩 정산하기에는 비용이 크거나 속도가 느린 경우에 적합하다.

x402의 경제 모델에서 눈여겨볼 것은 퍼실리테이터의 존재다. 퍼실리테이터는 블록체인의 복잡성을 서버로부터 숨겨주는 중계자다. 앞서 언급한 바와 같이 서버는 직접 블록체인을 호출하거나 서명을 검증할 수도 있지만 퍼실리테이터에게 그 일을 위임할 수도 있다. 다시 말해 퍼실리테이터를 사용하면 판매자는 직접 블록체인 연동과 검증·정산 로직을 구현하지 않고도 x402 결제를 받을 수 있다. 이 점은 x402의 확산 가능성을 높이는 핵심 조건이다. 모든 API 제공자나 콘텐츠 사업자가 직접 지갑 인프라, 온체인 정산, 결제 검증 로직을 구축해야 한다면 x402의 도입 문턱은 다시 높아질 수밖에 없다. 퍼실리테이터는 바로 이 문턱을 낮추는 계층이다.

2026년 4월 기준 x402에서 가장 대표적으로 언급되는 퍼실리테이터는 코인베이스의 CDP(Coinbase Developer Platform) 퍼실리테이터다. CDP 문서에 따르면 이 퍼실리테이터는 월 1,000건까지 무료로 제공되고, 그 이후에는 건당 0.001달러의 수수료가 부과된다.[xxix] 네트워크 가스비는 온체인에서 별도로 지불된다. 따라서 x402를 완전히 무료 결제망이라고 말하기는 어렵다. 정확히는 전통 카드 결제의 건당 고정비와 다른 방식으로 비용을 낮춘 사용량 기반 결제 인프라에 가깝다. 그럼에도 카드 결제의 고정비가 건당 0.30달러 수준이라는 점을 기준으로 삼으면, CDP 퍼실리테이터의 건당 0.001달러 수수료는 그 300분의 1에 해당한다. 비용이 사라지는 것은 아니지만, 결제 단위를 훨씬 더 작게 쪼갤 수 있는 확실한 여지가 생기는 것이다.

x402의 확산 속도는 결제 프로토콜의 역사에서 이례적이다. 2025년 5월 출시 이후 2025년 말까지 누적 1,400만 건 이상의 거래가 처리되었고, 누적 거래 금액은 1,000만 달러를 넘어섰다.[xxx] 그러나 이 수치보다 더 중요한 것은 제도적 이동이다. 앞서 언급했듯이 x402는 리눅스 재단 산하 x402 재단으로 편입되며, 코인베이스의 개별 프로젝트를 넘어 중립적 거버넌스 아래 산업 표준화를 모색하는 오픈소스 결제 프로토콜로 재배치되었다. 이 변화는 x402가 단순한 스테이블코인 결제 실험이 아니라, 인터넷 요청 단위의 결제를 둘러싼 표준 경쟁의 중심으로 이동하고 있음을 보여준다. 그러나 402의 부활이 곧 스테이블코인의 독점적 승리를 뜻하는 것은 아니다.

L402, 비트코인 라이트닝 중심의 결제 레이어

같은 402의 문법을 공유하면서도, 전혀 다른 화폐적 선택을 중심에 둔 흐름이 있다. L402의 출발점은 스테이블코인이 아니라 비트코인 라이트닝 네트워크[13]에 있다. x402가 USDC 같은 스테이블코인을 중심으로 웹 요청의 결제 언어를 만들려

13) 라이트닝 네트워크(Lightning Network)는 비트코인 블록체인 위에서 작동하는 2계층 결제 네트워크로, 참여자들이 결제 채널을 열어 다수의 거래를 오프체인에서 빠르고 낮은 비용으로 처리한 뒤 최종 상태만 비트코인 블록체인에 정산하도록 설계되었다.

14)

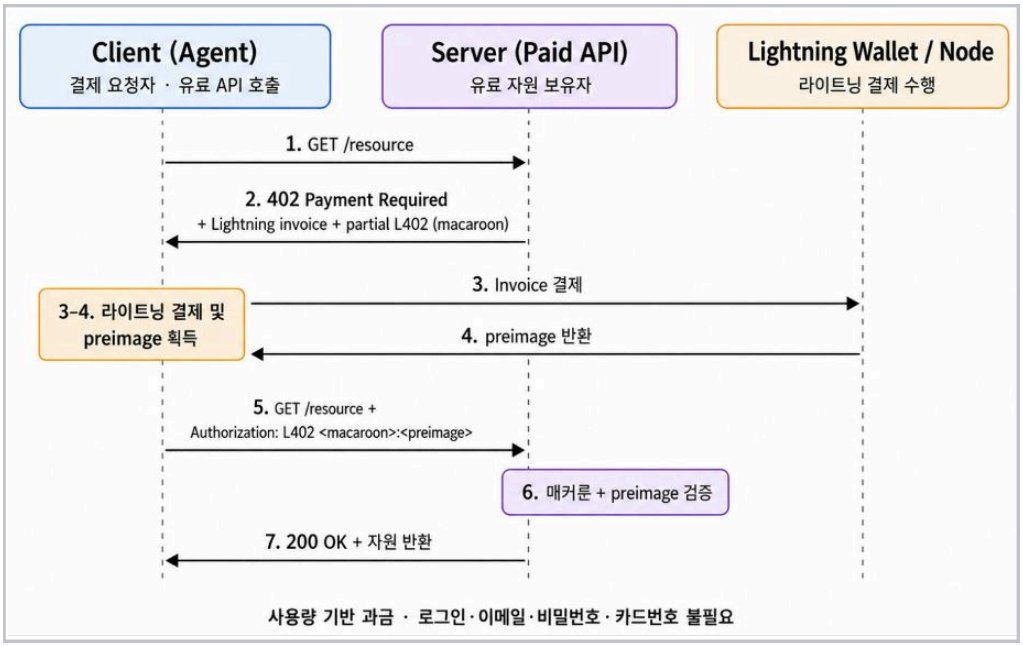
매커룬(macaroon)은 권한 범위와 조건을 담을 수 있는 암호학적 인증 토큰이다. L402에서 매커룬은 사용자가 어떤 자원에 접근할 수 있는지, 그 접근 권한이 어떤 조건 아래에서 유효한지를 담는 티켓처럼 작동한다. 라이트닝 랩스는 L402를 "특정 서비스나 자원을 위해 라이트닝을 통해 얻는 티켓(a ticket obtained over Lightning for a particular service or resource)"으로 설명하며, 이 티켓이 실제로는 매커룬이라고 밝힌다.

한다면, L402는 라이트닝 결제와 암호학적 인증을 결합해 유료 API와 디지털 자원에 접근하는 구조를 제안한다. L402는 라이트닝 랩스가 2020년 3월 공개한 인증·결제 프로토콜이다.[xxxi] 당시 라이트닝 랩스는 이를 라이트닝 서비스 인증 토큰(Lightning Service Authentication Tokens, L402)이라고 부르며, HTTP 402 상태 코드와 라이트닝 네트워크, 매커룬(macaroon)[14]기반 인증을 결합한 유료 API 표준으로 제안했다. L402는 사용자가 유료 API나 웹 자원에 접근할 때 라이트닝 인보이스를 결제하고, 그 결과로 향후 접근에 사용할 수 있는 암호학적 인증 토큰을 얻는 구조다. 이후 2026년 2월 라이트닝 랩스는 AI 에이전트가 L402 기반 유료 자원에 접근하고, 유료 API 엔드포인트를 호스팅할 수 있도록 하는 오픈소스 도구 모음인 '라이트닝 에이전트 툴스(Lightning Agent Tools)'를 공개했다.

L402의 흐름은 다음과 같이 이어진다. 에이전트가 유료 API에 요청을 보내면, 서버는 402 Payment Required 응답과 함께 라이트닝 인보이스와 부분적인 L402, 곧 매커룬 기반 인증 토큰을 돌려보낸다. 에이전트는 이 인보이스를 자신의 라이트닝 지갑으로 결제하고, 그 결과로 결제 프리이미지(preimage)를 얻는다. 이후 에이전트는 매커룬과 프리이미지를 함께 담아 다시 요청을 보낸다. 서버는 이 조합을 검증해 결제가 이루어졌고 해당 자원에 접근할 권한이 있음을 확인한 뒤, 유료 자원을 반환한다. 이 과정에서 에이전트에게 요구되는 것은 전통적인 의미의 계정, 비밀번호, 이메일, 카드 번호가 아니다. 필요한 것은 라이트닝 결제를 수행할 수 있는 지갑과, 결제 후 완성되는 암호학적 자격증명이다. L402가 제안한 것은 무료와 구독 사이에 놓이는 새로운 과금 층위다. 사용자는 사전에 계정을 만들거나 구독을 약정하지 않고도, 필요한 자원에 접근하는 순간 비용을 지불하고, 그 결제 사실과 접근 권한을 암호학적으로 증명해 서비스를 이용할 수 있다. 이 구조는 훗날 라이트닝 랩스가 "기계가 결제할 수 있는 웹(machinepayable web)"이라고 부른 방향을 미리 구현하고 있었다.[xxxii]

L402의 중심축이 되는 라이트닝 네트워크는 비트코인 블록체인 위에서 작동하는 2계층 결제 네트워크다. 참여자들은 결제 채널을 열어 다수의 거래를 블록체인 바깥에서 처리하고, 필요한 경우 최종 상태만 비트코인 블록체인에 정산한다. 이 구조는 비트코인 본체인의 보안성을 배경으로 하면서도, 소액 결제와 빈번한 거래를 더 빠르고 낮은 비용으로 처리하기 위해 설계되었다. 리버 파이낸스가 공개한 추정치에 따르면, 2025년 11월 기준 라이트닝 네트워크의 월간 거래량은 11억 7,000만 달러, 월간 거래 건수는 522만 건에 이른다.[xxxiii] 스테이블코인 생태계와 비교하면 규모는 작지만, 라이트닝은 이미 수년간 실제 결제 인프라로 사용되어 온 네트워크다.

L402가 x402와 구별되는 가장 근본적인 지점은 결제 레이어가 중심에 놓는 화폐의 성격이다. 스테이블코인은 달러라는 기축통화를 블록체인 위에서 프로그램이 다룰 수 있는 토큰으로 확장하지만, 그 안정성은 발행사, 준비자산, 규제 환경에 의존한다. 반면 비트코인은 특정 국가나 단일 기업의 채무로 발행되지 않는 중립적 디지털 자산이다. 이 차이는 결제 속도나 수수료 같은 단기적 성능 지표만으로는 잘 드러나지 않는다. 그러나 기계 경제가 국경과 관할권을 가로지르며 수많은 에이전트가 서로 거래하는 규모로 성장할 때, 어떤 화폐를 결제 레이어의 기준 자산으로 삼을 것인가는 5장에서 다룰 기축통화 문제의 핵심 변수로 떠오른다.



[그림 3] **L402 결제·인증 프로토콜의 시퀀스 흐름**

클라이언트가 유료 자원을 요청하면, 서버는 402 응답과 함께 라이트닝 인보이스와 부분적인 L402, 곧 매커룬(macaroon) 기반 인증 토큰을 돌려준다. 클라이언트는 라이트닝 지갑이나 노드를 통해 인보이스를 결제하고, 그 결과로 결제 프리이미지(preimage)를 획득한다. 이후 클라이언트는 매커룬과 프리이미지를 포함한 인증(authorization) 헤더를 담아 두 번째 요청을 보내고, 서버는 이 조합을 검증한 뒤 200 OK와 함께 자원을 반환한다. L402에서는 인보이스 결제와 암호학적 인증이 결합되어 접근 권한이 부여된다.

에이전트 결제의 다른 층위들

앞에서 살펴본 x402와 L402는 기계 경제의 결제 실행 레이어를 둘러싼 두 갈래의 설계다. 그러나 실제 생태계는 이 둘만의 경쟁으로 닫혀 있지 않다. 최근 등장한 에이전트 결제 관련 프로토콜들은 권한과 의도의 증명, 결제수단의 조율이라는 서로 다른 층위에서 같은 문제를 다루고 있다.

x402와 L402가 요청 단위의 결제를 어떻게 실행할 것인가에 초점을 맞춘다면, 구글의 AP2는 에이전트가 사용자의 의도와 권한에 따라 결제를 수행한다는 사실을 어떻게 검증할 것인가에 초점을 맞춘다. AP2는 에이전트 주도 결제를 안전하게 시작하고 처리하기 위한 공개 프로토콜로 제시되었으며, 에이전트 간 상호운용성을 위한 A2A(Agent2Agent)와 결합될 수 있고, MCP(Model Context Protocol) 기반 도구 환경과도 함께 쓰일 수 있도록 설계되어 있다.[xxxiv] 또한 특정 결제수단에 종속되지 않고, 사용자·판매자·결제 제공자가 다양한 결제수단 위에서 신뢰할 수 있는 방식으로 거래하도록 하는 상위 신뢰 프레임워크를 지향한다.

스트라이프와 템포가 제안한 MPP는 또 다른 층위의 시도다. MPP는 에이전트와 서비스가 프로그램적으로 결제를 조율할 수 있도록 하는 인터넷 네이티브 결제 표준으로 제시되었다. API 요청, 도구 호출, 콘텐츠 접근 같은 자원 사용에 대해 요청 단위의 결제를 가능하게 하는 것을 목표로 한다. 스트라이프는 MPP가 마이크로트랜잭션과 반복 결제 같은 사용 사례를 지원한다고 설명한다. 중요한 점은 MPP가 특정 결제수단에 묶인 프로토콜이 아니라는 데 있다. MPP FAQ와 관련 문서에 따

르면, MPP는 스테이블코인, 신용카드, 비트코인 라이트닝 등 복수의 결제 레일을 포괄할 수 있는 결제수단 중립적 구조로 설계되어 있다.[xxxv] 이는 기계 경제의 결제 생태계가 하나의 프로토콜이나 하나의 결제 레일로만 정리되기보다는, 여러 층위의 프로토콜 제안과 결제수단이 병존하는 방식으로 전개될 가능성이 크다는 점을 보여준다.

생태계의 현재 무게중심

이처럼 에이전트 결제 생태계는 하나의 프로토콜이나 하나의 결제 레일로 곧장 수렴하기보다는, 여러 층위의 프레임워크와 결제수단이 병존하는 방향으로 전개되고 있다. 다만 2026년 5월 현재, 초기 제도화와 개발자 생태계의 중심축은 x402와 달러 스테이블코인 기반 결제 쪽에 형성되고 있다. 코인베이스, 클라우드플레어, AWS, 마이크로소프트 같은 대형 인프라 기업들은 에이전트 결제와 기계 간 결제를 위한 새로운 표준 경쟁에 적극적으로 참여하고 있는데, 이 흐름의 중심에는 USDC 같은 달러 스테이블코인이 놓여 있다. 여러 프로토콜과 프레임워크가 병존하더라도, 초기 시장에서 가장 먼저 작동 가능한 결제 언어로 부상하고 있는 것은 달러 스테이블코인 기반 결제다.

x402가 갖는 강점은 결제 실행의 단순성에 있다. 앞서 살펴보았듯 x402는 HTTP 요청과 결제를 직접 결합함으로써, 유료 자원에 접근하는 절차와 대가를 지불하는 절차를 하나의 흐름 안에 묶는다. 판매자가 직접 블록체인 인프라를 운영하지 않더라도 퍼실리테이터를 통해 결제 검증과 정산을 처리할 수 있다는 점도 초기 확산에 유리하게 작용한다. 다시 말해 x402는 요청 단위 결제라는 오래된 문제를 개발자가 익숙한 웹의 문법 안에서 비교적 단순하게 다룰 수 있게 만든다.

하지만 이 무게중심은 기술적 편의성만으로 설명되지 않는다. 스테이블코인은 빠르고, 프로그래밍 가능하며, 기존 금융기관과 연결되기 쉽다. 그러나 그보다 더 중요한 이유는 세계 금융시스템이 여전히 달러를 중심으로 작동한다는 사실이다. 달러 스테이블코인은 블록체인 위에서 움직이지만, 그 단위는 여전히 달러다. 에이전트와 서비스가 국경을 넘어 거래해야 하는 기계 경제에서 이 점은 강력한 장점으로 작용한다. 스테이블코인은 단순히 빠른 디지털 토큰이 아니라, 프로그램이 다룰 수 있는 달러라는 점에서 기계 경제의 초기 결제 언어로 채택되기 쉽다.

그렇다고 이 흐름이 단일 결제 레일로의 완전한 수렴을 뜻하는 것은 아니다. 서비스 제공자는 여러 결제수단을 동시에 지원할 수 있고, 클라이언트는 자신의 지갑 구성과 정책에 따라 적절한 레일을 선택할 수 있다. 인간 사용자가 결제 화면에서 카드, 계좌이체, 간편결제 중 하나를 고르던 풍경이 에이전트의 지갑과 정책 엔진 안에서 재구성될 수 있는 것이다. 다만 그 선택 기준은 더 이상 사용자의 익숙함만이 아니다. 에이전트는 비용, 속도, 안정성, 유동성, 규제 위험, 최종 담보의 성격을 비교해 결제 레일을 선택하게 될 것이다. 안정성과 확산된 생태계를 중시하는 서비스는 x402와 스테이블코인 결제를 선호할 가능성이 높고, 중립적 담보와 비트코인 기반 결제의 독립성을 중시하는 서비스는 L402를 선택할 수 있다.

결국 기계 경제의 결제 풍경은 하나의 기술 표준이나 하나의 결제 레일로 완전히 정

리되지 않을 가능성이 크다. 그러나 현재의 무게중심이 달러 스테이블코인 쪽에 놓여 있다는 사실은, 결제 레이어의 문제가 곧 기준 화폐의 문제로 이어진다는 점을 보여준다. 지금까지의 질문이 기계는 어떻게 결제할 것인가였다면, 그 뒤에 기다리는 질문은 기계 경제가 무엇을 기준 화폐로 삼을 것인가이다.

05

기계 경제의 기축통화 문제

스테이블코인의 빠른 발과 묶인 발목

기계 경제에서 스테이블코인이 가장 유력한 결제 수단으로 부상하고 있다는 점은 부정하기 어렵다. 속도, 프로그래밍 가능성, 달러 표시 가치의 안정성, 규제 수용성 등 여러 측면에서 현재의 스테이블코인은 다른 어떤 디지털 화폐보다 편리한 결제 수단이다. 그러나 결제 수단으로서의 편리함이 곧 기계 경제의 기준 화폐로서의 적합성을 보장하는 것은 아니다. 2026년 현재 글로벌 스테이블코인 시장은 3,000억 달러를 넘어섰고, 그 가운데 테더와 서클이 발행하는 두 개의 토큰이 전체 시장의 90% 이상을 점유한다.[xxxvi] 이 구조는 스테이블코인의 강점을 잘 보여주지만, 동시에 그 한계가 어디에서 비롯되는지도 분명히 드러낸다.

스테이블코인의 첫 번째 발목은 발행사의 존재다. USDC와 USDT의 1달러 가치는 순수한 시장 합의만으로 유지되는 것이 아니라, 발행사가 보유한 준비금과 상환 약속에 의해 떠받쳐진다. 발행사의 준비금은 안전 자산으로 구성되어 있어야 하고, 필요할 때 상환이 가능해야 하며, 그 상환 약속은 시장의 신뢰를 얻어야 한다. 2023년 3월 실리콘밸리 은행(Silicon Valley Bank)이 파산했을 때, USDC는 이 은행에 보관된 33억 달러의 준비금이 묶이거나 손상될 수 있다는 우려 속에서 일시적으로 1달러 페그가 깨졌다.[xxxvii] 페그는 며칠 안에 회복되었지만, 이 사건은 스테이블코인이라는 이름이 약속하는 안정성의 근거가 결국 전통 금융의 한 부분에 묶여 있다는 사실을 드러냈다. 발행사의 파산 가능성, 준비금의 질, 예기치 못한 뱅크런은 스테이블코인이 언제든 직면할 수 있는 구조적 위험이다.

달러 스테이블코인은 블록체인 위에서 유통되지만, 그 발행과 보관, 상환은 특정 금융 규제 체계의 영향에서 벗어나기 어렵다. 특히 USDC처럼 미국 금융 시스템과 밀접하게 연결된 스테이블코인은 미국 규제 당국의 결정에 직접적으로 노출된다. 2022년 8월 미국 재무부 해외자산통제국(OFAC)이 이더리움 기반 믹서 서비스 토네이도 캐시(Tornado Cash)를 제재했을 때, 서클은 OFAC 지정 주소에 보관되어 있던 USDC를 동결했다.[xxxviii] 특정 관할권의 정치적 결정이 발행사의 동결 권한을 통해 온체인 자산의 이전 가능성을 제한한 사건이었다. 이 능력은 불법 자금세탁 방지에는 유용하지만, 동시에 스테이블코인이 완전히 중립적인 자산은 아니라는 사실을 보여준다. 발행사가 속한 규제 환경과 정치적 의사결정에 따라 자산의 사용 가능성이 달라질 수 있기 때문이다. 기계 경제의 결제 레이어가 이러한 자산에 깊이 의존할수록, 그 의존성은 곧 구조적 위험이 된다. 발행사 파산이나 규제 개입 시나리오 하나만으로도, 그 위에 구축된 기계 경제의 정산 흐름이 흔들릴 수 있다. 스테이블코인은 빠르지만 독립적이지 않다.

거래 상대방 위험과 중립자산의 수요

스테이블코인의 구조적 한계를 또 다른 각도에서 드러내는 개념이 '거래상대방 위험'이다.[15] A사의 에이전트와 B사의 에이전트가 거래하는 상황을 가정하자. 결제 수단이 A사가 채택한 스테이블코인으로 정해진다면, B사는 거래의 결제를 위해 A사가 의존하는 결제 자산을 받아들여야 한다. 그 스테이블코인이 특정 국가의 규제를 받고 있고, 특정 발행사의 준비금 건전성에 의존하고 있다면, B사는 거래 금액이 커질수록 그 위험에 노출된다. 한쪽이 선택한 자산이 특정 발행사와 관할권에 묶여 있을 때, 다른 쪽은 그 통제 가능성의 그림자 안에 들어간다.

이 구조는 국제 무역의 역사에서 익숙한 장면과 닮아 있다. 20세기 중반 이후 국제 거래의 상당 부분이 달러로 정산되면서, 미국은 이른바 과도한 특권(exorbitant privilege)을 누려 왔다. 달러로 대금을 결제하는 한, 그 결제의 최종 정산은 많은 경우 미국 금융 시스템과 달러 청산망에 연결된다. 미국은 이 지위를 기반으로 자국 통화의 제재 효과를 전 세계에 투사할 수 있다. 2014년 러시아의 크림반도 합병과 2022년 우크라이나 전쟁 이후 발동된 대러 금융 제재는 이 메커니즘의 실제 작동을 보여준 대표적 사례다. 결제의 경로 자체가 정치의 도구가 되는 것이다.

기계 경제에서는 동일한 구조가 훨씬 더 빠른 속도로, 훨씬 더 잘게 쪼개진 단위에서 반복될 수 있다. 수백만 개의 에이전트가 수십 개의 서로 다른 기업과 관할권에 걸쳐 거래하는 경제에서, 한 발행사나 한 국가의 규제에 의존하는 결제는 그 자체로 단일 실패점이 된다. 이 경제가 충분히 커지고 나면, 자연스럽게 어떤 주체에도 귀속되지 않는 중립 자산에 대한 수요가 생겨난다. 인간 경제가 그러했듯이 기계 경제에도 기축통화[16]에 해당하는 자산이 필요해진다는 말이다. 그렇다면 그 자산은 무엇이 될 것인가.

15) 거래상대방 위험(counterparty risk)은 금융 거래에서 거래 상대방이 계약상 의무를 이행하지 못할 가능성을 가리킨다. 전통 금융의 대출·파생상품에서 핵심 관리 대상이었으며, 2008년 리먼 브라더스 파산은 거래상대방 위험의 대규모 현실화 사례로 기록된다.

16) 기축통화(reserve currency)는 국제 무역과 금융 거래에서 지배적으로 쓰이고 각국 중앙은행이 외환보유고 자산으로 보유하는 통화를 가리킨다. 19세기 말부터 20세기 중반까지는 영국 파운드가 그 역할을 했고, 1944년 브레턴우즈 체제 이후에는 미국 달러가 그 자리를 차지해 왔다.

결제 레이어와 준비금 레이어의 분리

이 질문에 대해 시장이 점차 가리키고 있는 방향은 '이중 구조'다. 인간 경제를 관찰해 보면, 일상 거래의 매개와 최종 담보의 매개는 많은 경우 분리되어 있었다. 사람들은 상점에서 금덩이를 들고 다니며 결제하지 않는다. 그러나 국가는 외환보유고와 준비자산의 일부로 금을 보유해 왔고, 위기가 오면 금은 최종 담보에 가까운 자산으로 다시 호출된다. 금은 느리고 비싸지만, 누구에게도 귀속되지 않고 아무에게도 부채가 아닌 자산이다. 반면 달러와 원화와 유로는 빠르고 편리하지만, 국가와 중앙은행의 제도적 신용에 묶여 있다. 두 자산은 서로를 대체하지 않는다. 역할이 다르기 때문이다.

기계 경제에도 동일한 분업이 자리 잡을 가능성이 높다. 결제의 주 매개는 스테이블코인이 맡는다. 서비스 호출, API 과금, 콘텐츠 접근처럼 빈번하고 작은 거래의 상당 부분은 USDC 같은 달러 연동 스테이블코인 위에서 처리될 것이다. 그러나 스테이블코인의 준비금, 기업 간 담보 정산, 그리고 국가 간 에이전트 경제의 최종 결제에서는 다른 성격의 자산이 필요해질 수 있다. 특정 기업의 발행 의지나 특정 국가의 규제 권한에 직접 묶이지 않는 자산, 다시 말해 중립성이 프로토콜 차원에서 강하게 설계된 자산이다.

2026년 시점에서 이 조건에 가장 근접한 자산은 비트코인이다. 비트코인 본체인은 느리고, 가격 변동성이 크며, 일상 결제의 매개로는 한계가 있다. 그러나 비트코인은 어떤 기업의 부채도 아니고 어떤 국가의 자산도 아니다. 최대 발행량은 2,100만 개로 제한되어 있고, 그 규칙을 변경하려면 네트워크 참여자들의 광범위한 합의가 필요하다. 이 중립성은 비트코인의 부수적 특징이 아니라 설계 원리에서 나온다. 2014년, 실리콘밸리의 대표적인 벤처투자자인 마크 앤드리슨(Marc Andreessen)은 뉴욕타임스 기고문에서, 비트코인을 1975년의 개인용 컴퓨터, 1993년의 인터넷과 나란히 놓으며, 아직 주류가 충분히 이해하지 못한 기술적 잠재력의 사례로 제시했다.[xxxix] 지금 우리는 그 가능성의 한 단면을 기계 경제의 맥락에서 다시 발견하고 있다.

비트코인이 기계 경제의 준비자산으로 부상할 수 있다는 전망은 이미 업계 일각에서 진지하게 논의되고 있다. 블랙록(BlackRock)의 CEO 래리 핑크(Larry Fink)는 2025년 연례 주주 서한에서 미국이 부채를 통제하지 못하고 재정 적자가 계속 확대된다면, 달러가 누려온 기축통화 지위가 비트코인 같은 디지털 자산에 의해 위협받을 수 있다고 경고했다.[xl] 한편 테더의 CEO 파올로 아르도이노(Paolo Ardoino)는 2025년 6월 한 인터뷰에서 "JP모건이 AI 에이전트를 위해 은행계좌를 열어주지는 않을 것이며, 결국 AI 에이전트는 스테이블코인과 비트코인을 사용해 거래하게 될 것"이라며 향후 15년 안에 1조 개의 에이전트가 등장하고, 이들이 블록체인 기반 자산으로 거래를 정산하는 미래를 제시했다.[xli] 한쪽은 국가부채라는 거시변수에서, 다른 한쪽은 기계 결제라는 미시 인프라에서 출발하지만, 두 전망은 결국 비슷한 지점을 가리킨다. 결제 속도와 회계단위 문제를 해결하는 스테이블코인도 발행사의 준비금과 상환 약속에 의존하는 이상, 발행사의 신용과 규제 환경에서 완전히 벗어나기 어렵다. 따라서 기계 경제가 성장할수록 특정 발행주체에 귀속되지 않는 중립적 정산 자산에 대한 수요는 더 커질 수 있다. 핑크와 아르도이노의 발언은 특정 프로토콜에 대한 지지라기보다, 기계 경제가 확장될수록 결제 레이어와 준비금 레이어의 분리가 중요해진다는 문제의식이 업계 내부에서 점차 부상하고 있음을 보여준다.

결제 레이어와 준비금 레이어의 분리는 기계 경제가 장기적으로 도달할 결제 구조의 핵심 설계 원칙이 될 가능성이 크다. 결제 실행의 층위에서는 x402와 L402 같은 프로토콜이 스테이블코인과 라이트닝 결제를 활용해 일상적 거래를 처리한다. 반면 준비금과 최종 정산의 층위에서는 비트코인이 호출된다. 이것은 스테이블코인과 비트코인 가운데 어느 하나가 승리하는 경주가 아니다. 두 자산이 서로 다른 층위에서 분업하는 아키텍처가 형성되는 과정에 가깝다. 이 분업이 어떤 규격과 어떤 제도적 뒷받침 아래 안착할 것인가는 앞으로 기계 경제의 가장 정치적인 질문이 될 것이다.

06

디지털 시민권의 다음 장

기계 경제의 결제 인프라가 갖춰진다고 해서 문제는 끝나지 않는다. 결제가 가능해지는 순간, 그 결제를 수행하는 에이전트의 책임은 누구에게 귀속되는가, 에이전트가 접근하는 데이터에는 어떤 가격이 매겨지는가, 그리고 각국의 결제 산업은 이 새로운 구조를 어떻게 받아들일 것인가라는 질문이 뒤따른다. 기술 프로토콜은 결제의 실행 문제를 해결할 수 있지만, 그 실행이 사회 안에 자리 잡기 위해서는 법적 책임, 데이터 시장, 산업 인프라의 재구성이 함께 논의되어야 한다. 6장은 이 세 가지 파급을 차례로 살펴본다.

에이전트는 시민인가 도구인가

기계 경제의 결제 문제가 기술 프로토콜의 차원에서 풀리기 시작하면, 그 뒤를 따라 훨씬 더 까다로운 제도의 질문이 따라온다. 에이전트는 시민인가 도구인가. 오픈클로가 자동차 딜러를 상대로 4,200달러를 깎는 협상을 수행했을 때, 그 협상의 법적 주체는 누구였는가. 딜러가 보낸 견적서를 이메일로 받아 든 것이 소프트웨어였다면, 계약이 성립했다는 법적 사실은 언제 어떻게 성립한 것인가. 이 질문들은 결제 레이어 한 층 위에서 바로 튀어나온다.

현행 법 체계는 이 질문에 대해 원칙적으로 단순한 답을 갖고 있다. 에이전트는 사람의 도구이며, 그 행위의 법적 책임은 에이전트를 배포하고 운영한 사람 또는 법인에 귀속된다. 자동차 딜러와 협상한 것은 피터 슈타인베르거가 만든 오픈클로이지만, 그 협상에 대한 법적 책임은 오픈클로를 자신의 이메일 계정에 연결해 둔 인간 사용자에게 있다. 문제는 이 단순한 답이 에이전트 경제의 규모가 커질수록 점점 유지되기 어려워진다는 점이다. 한 인간이나 기업이 수십, 수백 개의 에이전트를 운영하고 그 에이전트들이 다시 수백, 수천 건의 거래를 일으키며 그 거래가 서로 다른 관할권의 서비스와 교차하기 시작하면, 각각의 행위에 대한 책임 소재를 개별 사용자 단위로 일일이 가려내는 일은 현실적으로 매우 어려워진다.

이 과제는 이미 유럽연합의 AI 법(AI Act)과 미국의 여러 주 단위 AI 규제 논의에서 책임, 투명성, 인간 감독의 문제로 조금씩 다뤄지고 있다. 그러나 이러한 시도들은 대체로 AI 시스템을 사용하는 인간이나 법인의 책임을 정교화하는 데 머물며, 에이전트 자체에게 독립적인 법적 지위를 부여하는 단계로 나아가지는 않는다.

물론 법인격(legal personality)의 개념을 인간이 아닌 존재에게 확장하는 일이 전혀 낯선 것은 아니다. 현대 자본주의는 이미 법인이라는 형태로 비인간 주체에게 경제적·법적 지위를 부여해 왔다. 그러나 법인은 어디까지나 자연인의 의사와 조직 구조를 통해 작동한다는 전제 위에서 제도화된 존재다. 에이전트는 이 전제를 흔든다.

에이전트 뒤에는 자연인이나 법인이 있지만, 그 주체가 에이전트의 모든 행위를 매 순간 직접 지시하고 확인하는 것은 아니다. 현재의 에이전트는 대체로 사전에 설정된 권한과 통제 장치 안에서 작동하지만, 에이전트의 수가 늘고 거래의 빈도와 복잡성이 커질수록 모든 행위를 실시간으로 감독하고 사후적으로 책임 소재를 명확히 가려내는 일은 점점 더 어려워질 것이다. 바로 이 통제 불가능성과 책임 소재 사이의 간극이 제도의 새로운 영역을 요구한다.

현실적으로 가장 먼저 자리 잡게 될 것은 에이전트 ID의 제도화일 가능성이 높다. 모든 에이전트에게 고유한 암호학적 식별자를 부여하고, 그 식별자와 연결된 지갑의 거래 이력을 장기적으로 검증할 수 있도록 만드는 방식이다. 이것은 에이전트를 시민으로 만드는 조치가 아니라, 에이전트가 일으킨 거래의 책임 소재를 효율적으로 가려내기 위한 제도적 장치다. 이 방향으로 설계가 이뤄진다면 에이전트의 경제 활동은 익명성의 자유가 아니라, 추적 가능한 자율성의 영역에 놓이게 된다. 결국 디지털 시민권[17]의 다음 장에서 제도가 풀어야 할 과제는 자율성과 추적 가능성을 어떻게 함께 설계할 것인가에 있다.

17) 디지털 시민권(digital citizenship)은 전통적으로 개인의 온라인 권리와 책임을 가리키는 개념이었으나, 최근에는 비인간 행위자의 경제 활동이 제도적으로 어떻게 수용될 것인가를 포괄하는 확장된 의미로 쓰이고 있다.

데이터의 문 — 학습 데이터의 유료화

x402와 L402가 기술적으로 여는 가장 즉각적인 파급은 공개 웹 데이터의 가격 체계다. 검색 엔진과 웹 크롤러가 전 세계의 공개 페이지를 수집해 온 이래, 공개 웹 데이터의 대규모 무상 이용은 인터넷 경제의 암묵적 전제처럼 작동해 왔다. 그러나 AI 학습은 이 전제의 성격을 바꾸고 있다. 무상으로 수집된 데이터가 AI 모델의 훈련에 사용되고, 그 모델이 다시 유료 서비스로 판매되는 구조는 데이터 생산자에게 명백한 가치 이전으로 인식된다. 2023년 이후 뉴욕타임스가 오픈AI와 마이크로소프트를 상대로 제기한 저작권 소송,[xlii] 그리고 여러 언론사와 출판사가 AI 크롤러의 접근을 차단한 움직임은 이 구조적 긴장을 가시화했다.[xliii]

클라우드플레어가 2025년 중반 공개한 유료 크롤링(pay per crawl) 실험은 이 긴장을 새로운 방식으로 풀어내려는 시도다. 이 서비스는 AI 크롤러가 웹사이트에 접근할 때, 사이트 운영자가 접근 허용 여부와 가격을 스스로 설정할 수 있도록 한다.[xliv] 크롤러가 접근을 시도하면 사이트는 HTTP 402 응답을 돌려주고, 크롤러는 그 가격을 받아들여 결제하거나 접근을 포기한다. 이 구조는 x402가 활용될 수 있는 가장 직관적인 사례 가운데 하나다. 콘텐츠 제공자는 AI 학습용 데이터에 대한 가격을 직접 매기고, AI 기업은 그 가격을 수용한 만큼만 데이터를 가져갈 수 있다. 데이터는 더 이상 무상 자원이 아니라, 사용자의 의지에 따라 값이 매겨지는 자산이 된다.

이 변화는 파운데이션 모델(foundation model) 개발의 진입 장벽 자체를 재편한다. 대규모 언어 모델을 훈련하려면 조 단위의 토큰으로 집계되는 텍스트 코퍼스(corpus)[18]가 필요하다. 이 코퍼스의 원천 가운데 하나였던 공개 웹이 유료화될 때, 파운데이션 모델의 훈련 비용 구조는 근본적으로 바뀐다. 빅테크의 입장에서 이는 훈련 비용의 증가를 의미하지만, 데이터 제공자인 언론사·출판사·플랫폼의 입장에서는 새로운 수익원의 등장이다. 특히 각 콘텐츠 제공자가 자신의 데이터에 개별 가격을 매길 수 있게 된다는 점은, 데이터의 가치 평가라는 새로운 시장을 연다. 어

18) 코퍼스(corpus)는 언어 연구나 인공지능 학습에 사용하기 위해 일정한 기준에 따라 수집·정리된 대규모 텍스트 또는 음성 데이터의 집합을 뜻한다. 대규모 언어 모델의 맥락에서는 웹페이지, 뉴스 기사, 책, 논문, 코드, 대화문 등 다양한 텍스트 자료가 토큰 단위로 분할되어 학습 데이터로 사용된다.

떤 기사, 어떤 논문, 어떤 데이터셋이 AI 모델의 성능 향상에 기여하는지를 가격이 말해 주게 되는 것이다. 데이터 가치가 피드백되는 시장이 비로소 성립한다.

이 시장은 결코 작지 않을 것이다. 맥킨지가 전망한 2030년 3조~5조 달러 규모의 에이전트 상거래가 현실화된다면, 에이전트가 접근하고 구매해야 할 데이터의 가격 체계 역시 중요한 하위 시장으로 부상할 가능성이 있다. 이 가운데 얼마가 기존의 독점적 위치에 있는 대규모 플랫폼에 귀속되고, 얼마가 긴 꼬리의 개별 콘텐츠 제공자에게 분배될지는 향후 이 시장을 규율할 프로토콜 설계와 제도적 개입에 달려 있다.

한국 결제 산업의 다음 과제 — 카카오페이와 그 이후

x402 재단 출범 발표에서 카카오페이가 초기 참여와 지지 의사를 밝힌 기업 명단에 포함되었다는 사실은 가볍게 지나칠 일이 아니다. 카카오페이의 참여는 한국 결제 산업이 기계 결제 인프라 전환의 국제적 논의에 조기에 올라타려는 움직임으로 읽을 수 있다. 그러나 선제적 참여만으로 시장의 주도권이 확보되지는 않는다. 참여 이후에 풀어야 할 국내 과제들이 여전히 만만치 않다.

첫 번째 과제는 규제 환경이다. 2024년 시행된 가상자산 이용자 보호법은 한국 내 가상자산 거래의 기본 틀을 마련했지만, 스테이블코인의 발행과 결제 수단으로의 활용에 대한 구체적 규정은 여전히 미완성이다. 이 공백기 동안 한국 기업들은 해외 발행 스테이블코인에 의존하거나, 국내 결제의 경우 전통 결제 레일을 완전히 벗어나지 않는 하이브리드 구조를 설계할 가능성이 크다. 이 어정쩡한 시기를 어떻게 메우느냐가 한국 기계 경제의 초기 모습을 좌우한다.

두 번째 과제는 지갑 사용자 경험이다. x402의 철학은 '계정 없이 지갑만으로 접근'하는 것이지만, 그 지갑이 모든 사용자에게 일반화되어 있지 않은 것이 2026년의 현실이다. 특히 일반 소비자 시장에서 비수탁형(non-custodial) 지갑의 사용자 경험은 여전히 기존의 카드 결제나 간편결제에 비해 현저히 불편하다. 카카오페이가 가진 가장 큰 자산은 대규모 사용자 기반과 그들이 익숙한 결제 UX다. 이 기반 위에 스테이블코인 결제와 x402 결제의 문턱을 얼마나 낮출 수 있느냐가 한국 결제 시장의 다음 경쟁 구도를 결정할 것이다. 단순히 프로토콜을 지원하는 것을 넘어, 사용자가 자신이 x402로 결제하고 있다는 사실조차 의식하지 않을 수 있을 만큼 경험이 매끄럽게 정리되어야 한다.

세 번째 과제는 환불과 회계다. x402 구조에서는 카드 결제 방식의 차지백(chargeback)이 기본적으로 제공되지 않는다. 결제가 최종적으로 블록체인 위에서 확정되면, 카드 네트워크식 사후 취소나 차지백을 그대로 적용하기 어렵기 때문이다. 환불이 필요한 상황에서는 별도의 송금 또는 에스크로 스마트 컨트랙트 로직을 덧대야 한다. 소비자 보호 관점에서는 불편한 구조이고, 회계적으로도 기업이 월 단위로 수십만 건의 소액 결제를 합산해 매출을 인식하는 과정에서 전통 결제망과는 다른 시스템이 필요하다.

이 점에서 x402가 성공하는 방식은 모든 결제가 x402로 이동하는 방식이 아닐 가능성이 높다. 장바구니 결제, 정기 구독, 복합 환불이 필요한 인간 소비자 상거래의

앞단은 여전히 카카오페이·애플페이·구글페이 같은 간편결제 서비스가 담당할 것이다. 반면 x402는 기계와 기계 사이에서 발생하는 API 호출, 데이터 접근, 지식재산권 라이선싱 같은 백엔드 영역에서 확산될 가능성이 크다. 다시 말해 프런트엔드는 간편결제가, 백엔드는 x402가 담당하는 분업 구조가 형성될 수 있다. 한국 결제 산업의 과제는 이 두 구조의 접점에서 환불, 회계, 사용자 경험을 처리할 수 있는 배후 인프라를 설계하는 일이다. 이 과제를 효과적으로 해결한다면 한국 기업은 이 결제 레일의 확산기에 동아시아 시장을 선도할 수 있지만, 그렇지 못할 경우 또 한 번 후발 주자의 위치에 머물 가능성이 크다.

맺음말

우리는 오픈클로의 자동차 협상 사례와 몰트북의 AI 에이전트 실험에서 출발해, HTTP 402라는 30년 동안 잠들어 있던 코드가 왜 지금 다시 호출되고 있는지를 살펴보았다. 카드 결제망이 막아온 마이크로페이먼트의 한계, 닉 사보가 지적했던 정신적 거래 비용, 신원에서 키로 이동하는 결제 자격, 그리고 x402와 L402가 열어 보이는 기계 경제의 결제 레이어를 검토하면서 드러난 결론은 분명하다. 결제는 더 이상 인간만을 위한 행위로 남아 있지 않다. 결제가 웹의 네이티브 기능이 된다는 것은 인터넷 경제의 문법 자체가 바뀐다는 뜻이다. 지금까지 웹이 정보의 요청과 응답을 처리하는 인프라였다면, 앞으로의 웹은 그 요청과 응답 안에 가치의 이전을 함께 포함할 수 있다. 웹사이트의 리소스, API 호출, 데이터 접근, 지식재산권 사용은 각각 가격을 가질 수 있고, 에이전트는 그 가격을 읽고 주어진 예산과 정책 안에서 결제를 집행할 수 있다. 이때 마이크로페이먼트는 더 이상 오래된 실패의 이름이 아니라, 기계 경제가 작동하기 위한 기본 문법이 된다.

그러나 이 전망이 자동적으로 실현되는 것은 아니다. 기계 경제의 결제 레이어가 어느 한 기업이나 특정 스테이블코인에 과도하게 집중된다면, 우리는 중앙화된 서비스가 규칙을 일방적으로 바꾸고 사용자가 그 변화에 종속되는 오래된 문제를 다른 형태로 반복하게 될 수 있다. 비탈릭 부테린이 월드 오브 워크래프트의 스킬 너프에서 보았던 중앙화의 위험은, 기계 경제의 결제 레이어에서도 다시 나타날 수 있다. 이를 피하기 위해서는 한 자산이나 한 결제 레일에 대한 의존이 전체 시스템을 흔들지 않도록 다층적 아키텍처가 설계되어야 한다. 결제 레이어와 준비금 레이어가 분리되고, 스테이블코인의 편리함과 비트코인의 중립성이 서로 다른 층위에서 공존하며, 인간 경제의 신원 기반 책임 체계와 기계 경제의 키 기반 실행 체계가 병렬로 작동할 때, 이 인프라는 더 안정적인 구조를 갖출 수 있을 것이다.

HTTP가 정보의 언어가 되어 웹을 만들었던 것처럼, x402가 가치의 언어가 되어 다음 인터넷의 문법이 될 수 있을지는 아직 정해져 있지 않다. 30년 후, x402는 어떤 이름으로 기억될 것인가. 페이팔처럼 특정 시기에 등장한 결제 서비스의 이름으로 남을 것인가, 아니면 TCP/IP처럼 인터넷 인프라의 한 구성 요소로 자리 잡을 것인가. 이 질문의 답은 기술의 우수성만으로 결정되지 않는다. 재단의 거버넌스, 참여 기업들의 합의 능력, 각국 규제 당국의 태도, 그리고 무엇보다 인간 사용자와 기계 사용자의 선택이 그 방향을 결정할 것이다.

사토시 나카모토가 신원이 아닌 키, 허가가 아닌 프로토콜에 기반한 접근 체계를 열어 두었을 때, 그 설계는 아직 도래하지 않은 행위자에게도 문을 열어 놓았다. 지금 우리가 바라보는 기계 경제의 풍경은 그 문이 처음으로 열리는 장면이다. 이 문을 무엇에게 열고, 무엇으로부터 지킬 것인가는 2026년의 설계자들이 감당해야 할 몫이다. 기술은 이미 도착했다. 남은 것은 그것을 어떤 제도와 인프라 안에서 작동하게 할 것인가의 선택이다.

주

i AJ Stuyvenberg, “Clawdbot bought me a car,” AaronStuyvenberg.com (blog), January 24, 2026, accessed April 24, 2026, https://aaronstuyvenberg.com/posts/clawd-bought-a-car.

ii Peter Steinberger, “OpenClaw: Your Personal, Open Source AI Assistant,” GitHub, November 25, 2025, accessed April 18, 2026, https://github.com/openclaw.

iii Dylan Butts and Matthew Chin, “From Clawdbot to Moltbot to OpenClaw: Meet the AI Agent Generating Buzz and Fear Globally,” CNBC, February 2, 2026, accessed April 24, 2026, https://www.cnbc.com/2026/02/02/openclaw-open-source-ai-agent-rise-controversy-clawdbot-moltbot-moltbook.html.

iv Church of Molt, accessed April24, 2026, https://molt.church.

v Andrej Karpathy (@karpathy), X post, January 30, 2026, quoted in MetaKnowing, “Andrej Karpathy: What's Going on at Moltbook [a Social Network for AIs] Is the Most Incredible Sci-Fi Takeoff Thing I Have Seen,” Reddit, r/Anthropic, January 30, 2026, accessed April 18, 2026, https://www.reddit.com/r/Anthropic/comments/1qrex8n/andrej_karpathy_whats_going_on_at_moltbook_a/.

vi Erik Reppel and Josh Nickerson, “Introducing Agentic Wallets: Give Your Agents the Power of Autonomy,” Coinbase Developer Platform, February 11, 2026, accessed April 18, 2026, https://www.coinbase.com/developer-platform/discover/launches/agentic-wallets.

vii The Linux Foundation. “Linux Foundation is Launching the x402 Foundation and Welcoming the Contribution of the x402 Protocol,” April 2, 2026, accessed April 18, 2026, https://www.linuxfoundation.org/press/linux-foundation-is-launching-the-x402-foundation-and-welcoming-the-contribution-of-the-x402-protocol.

viii Lightning Labs, “Lightning Agent Tools,” GitHub, latest release v0.2.5, February 11, 2026, accessed May 14, 2026, https://github.com/lightninglabs/lightning-agent-tools.

ix Stavan Parikh and Rao Surapaneni, “Powering AI Commerce with the New Agent Payments Protocol (AP2),” Google Cloud Blog, September 17, 2025, accessed April 29, 2026, https://cloud.google.com/blog/products/ai-machine-learning/announcing-agents-to-payments-ap2-protocol?hl=en.

x Jeff Weinstein and Steve Kaliski, “Introducing the Machine Payments Protocol,” Stripe Blog, March 18, 2026, accessed April 29, 2026, https://stripe.com/blog/machine-payments-protocol.

xi Tim Berners-Lee, Roy T. Fielding, and Henrik Frystyk Nielsen, “Hypertext Transfer Protocol — HTTP/1.0,” RFC Editor, May 1996, accessed April 29, 2026, https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1945.html.

xii Roy T. Fielding et al., “Hypertext Transfer Protocol — HTTP/1.1,” RFC Editor, January 1997, accessed April 29, 2026, https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2068.html.

xiii Roy T. Fielding, Mark Nottingham, and Julian Reschke, “RFC 9110: HTTP Semantics,” RFC Editor, June 2022, accessed April 29, 2026, https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9110.html.

xiv Vitalik Buterin, “Vitalik Buterin,” accessed April 18, 2026, https://about.me/vitalikbuterin.

xv 도구 호출 기능은 오픈AI(OpenAI)의 함수 호출(function calling)과 앤트로픽(Anthropic)의 툴 유즈(tool use) 등을 통해 확산되었고, 이후 컴퓨터 제어, 브라우저 조작, 코드·터미널 실행 기능과 결합되었다. 이처럼 언어 모델을 중심으로 외부 도구 호출, 정보검색, 코드실행, 다단계 작업 수행 기능을 결합한 소프트웨어 시스템을 일반적으로 AI 에이전트라 부른다.

xvi Katharina Schumacher and Roger Roberts, with Katharina Giebel, “The Agent Commerce Opportunity: How AI agents are ushering in a new era for consumers and merchants,” McKinsey Global Institute, October 17, 2025, accessed April 18, 2026, https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-agentic-commerce-opportunity-how-ai-agents-are-ushering-in-a-new-era-for-consumers-and-merchants.

xvii Stripe, “Pricing Built for Businesses of All Sizes,” accessed May 13, 2026, https://stripe.com/pricing.

xviii Wired Staff, “Flattr Partners with Dailymotion for Video Crowd-Funding,” Wired, May 2, 2012, accessed May5, 2026, https://www.wired.com/2012/05/flattr-partners-with-dailymotion/.

xix Brave, “State of the BAT,” January 14, 2021, accessed May 5, 2026, https://brave.com/blog/state-of-the-bat/; Brave, “Update: Brave Browser and BAT Achievements in 2017 and Goals for 2018,” January 12, 2018, accessed May 5, 2026, https://brave.com/blog/update-brave-browser-and-bat-achievements-in-2017-and-goals-for-2018/.

xx W3C, “Payment Request API,” W3C Candidate Recommendation Draft, March 27, 2026, accessed May 5, 2026, https://www.w3.org/TR/payment-request/.

xxi Nick Szabo, “Micropayments and Mental Transaction Costs,” Satoshi Nakamoto Institute, May 1999, accessed May 13, 2026, https://nakamotoinstitute.org/library/micropayments-and-mental-transaction-costs/.

xxii Micah Zimmerman, “Bitcoin's Lightning Network Surpasses $1 Billion in Monthly Volume as Adoption Grows,” Bitcoin Magazine, February 19, 2026, accessed April 18, 2026,https://bitcoinmagazine.com/news/bitcoins-lightning-network-surpasses.

xxiii API 키는 뒤에서 다룰 블록체인의 암호학적 키와는 성격이 다르다. API 키는 서비스 제공자가 특정 계정이나 조직에 발급하는 접근 권한이고, 그 권한은 해당 서비스의 관리 체계 안에서 생성되고 폐기된다. 다시 말해 API 키는 신원을 대체한다기보다, 이미 확인된 신원을 기술적으로 호출하는 장치에 가깝다.

xxiv Amazon Staff, “Meet Alexa for Shopping, Your Personalized, Agentic AI Assistant on Amazon,” Amazon News, May 13, 2026, accessed May 14, 2026, https://www.aboutamazon.com/news/retail/alexa-for-shopping-ai-assistant.

xxv HTTP(Hypertext Transfer Protocol)는 클라이언트가 요청(request)을 보내고 서버가 응답(response)을 돌려주는 웹의 기본통신 방식이다. HTTP 요청은 메서드(GET·POST 등), 헤더, 그리고 필요한 경우 본문(body)을 포함하며, 서버는 상태 코드와 함께 응답한다. x402와 L402는 모두 402 Payment Required 상태코드를 결제요구의 신호로 사용하고, 결제과정을 HTTP 요청-응답 흐름 안에 편입시키려는 설계를 공유한다.

xxvi Coinbase Developer Platform Documentation, “Quick start for Sellers,” accessed May 14, 2026, https://docs.cdp.coinbase.com/x402/quickstart-for-sellers.

xxvii 다만 현재 upto 스킴은 EVM 네트워크에서만 사용할 수 있다.

xxviii x402 Foundation, “Batch Settlement,” accessed May 14, 2026, https://docs.x402.org/schemes/batch-settlement.

xxix Coinbase Developer Platform Documentation, “Facilitator,” accessed April 18, 2026, https://docs.cdp.coinbase.com/x402/core-concepts/facilitator.

xxx 황치규, “x402 결제 프로토콜, 누적 거래액 1000만달러 돌파,” Digital today, 2025년 11월 9일, accessed April 18, 2026,https://www.digitaltoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=603271.

xxxi Olaoluwa Osuntokun, “L402: Authentication and Payments for the Lightning-Native Web,” The Lightning Lab, March 30, 2020, accessed May 14, 2026,https://lightning.engineering/posts/2020-03-30-lsat.

xxxii Olaoluwa Osuntokun and Michael Levin, “AI for All: Powering APIs and Large Language Models with Lightning,” Lightning Labs, July 6, 2023, accessed May 14, 2026, https://lightning.engineering/posts/2023-07-05-l402-langchain/.

xxxiii River, “Bitcoin's Lightning Network exceeds $1B in monthly transaction volume,” X, February 20, 2026, accessed April 18, 2026,https://x.com/River/status/2024532941041185088.

xxxiv Parikh and Surapaneni, “Powering AI Commerce with the New Agent Payments Protocol(AP2).”

xxxv “Frequently Asked Questions,” Machine Payments Protocol, accessed May 14, 2026, https://mpp.dev/faq.

xxxvi Anand Sinha, “USD Coin and USDT stablecoins occupy 90% market share: Report,” Yahoo finance, March 19, 2025, accessed April 18, 2026,https://finance.yahoo.com/news/usd-coin-usdt-stablecoins-occupy-223000966.html.

xxxvii Elizabeth Howcroft and Rishabh Jaiswal, “Circle Assures Market After Stablecoin USDC Breaks Dollar Peg,” Reuters, March 12, 2023, accessed May 20, 2026, https://www.reuters.com/business/crypto-firm-circle-reveals-33-bln-exposure-silicon-valley-bank-2023-03-11/.

xxxviii Chainalysis Team, “Understanding Tornado Cash, Its Sanctions Implications, and Key Compliance Questions,” Chainalysis, August 30, 2022, accessed May 20, 2026, https://www.chainalysis.com/blog/tornado-cash-sanctions-challenges/.

xxxix Marc Andreessen, “Why Bitcoin Matters,” The New York Times, January 21, 2014, accessed April 18, 2026, https://dealbook.nytimes.com/2014/01/21/why-bitcoin-matters/.

xl Laurence Fink, “Larry Fink’s 2025 Annual Chairman’s Letter to Investors,” BlackRock, March 31, 2025, accessed May 10, 2026, https://www.blackrock.com/corporate/investor-relations/2025-larry-fink-annual-chairmans-letter.

xli Naga Avan-Nomayo, “Tether CEO Predicts One Trillion AI Agents Will Use Bitcoin and USDT for Transactions Within 15 years”, The Block, June 25, 2025, accessed May 10, 2026, https://www.theblock.co/post/359645/tether-ceo-ai-agents-bitcoin-usdt.

xlii Haleluya Hadero and David Bauder, “The New York Times sues OpenAI and Microsoft for using its stories to train chatbots,” Associated Press, December 27, 2023, accessed May 20, 2026, https://apnews.com/article/6ea53a8ad3efa06ee4643b697df0ba57.

xliii The New York Times Company v. Microsoft Corporation et al., Complaint, No. 1:23-cv-11195, U.S. District Court for the Southern District of New York, December 27, 2023, accessed May 20, 2026, https://www.courtlistener.com/docket/68117049/the-new-york-times-company-v-microsoft-corporation.

xliv Will Allen and Simon Newton, “Introducing Pay Per Crawl: Enabling Content Owners to Charge AI Crawlers for Access,” Cloudflare, July 1, 2025, accessed May 20, 2026, https://blog.cloudflare.com/introducing-pay-per-crawl/.

기계가 결제하는 시대

x402와 기계 경제의 결제 인프라 경쟁

Researcher

이지환 *Jeehwan Lee*

손혜민 *Hyemin Son*

Corresponding Author

오태민 *Taemin Oh*

Editorial Design

윤성아 *Seongah Youn*

Contact

이지환 jeehwanlee27@gmail.com