

2022.6.24

테마

탈중앙화

관련 자산

비트코인, 이더리움

Bitcoin | BTC

Ethereum | ETH

작성자

정석문 | Peter Chung

peter@korbit.co.kr

최윤영 | Yoon Choy

yoonyoung.choy@korbit.co.kr

주요 자산 가격(2022.6.22)

BTC

USD	\$20,094
KRW	₩26,322,000
김치프리미엄	+0.88%

ETH

USD	\$1,078
KRW	₩1,412,000

Elephant in the room: 블록체인 탈중앙화 측정하기

탈중앙화에 대한 측정 기준이 필요한 이유

블록체인 네트워크의 탈중앙화 정도를 정량화해야 하는 이유는 세 가지이다. 첫째, 합리적인 규제 체계를 위해서이다. 정량화된 탈중앙화 지표는 해당 가상자산의 증권성 판단 기준으로 사용할 수 있다. 둘째, 투자 가치 판단을 위해서이다. 탈중앙화된 네트워크의 특징은 비허가성과 검열 저항성이며 이러한 물성은 네트워크 가치 성장에 중요한 발판이 된다. 셋째, 프로젝트의 효율적인 성장 측면이다. 네트워크의 각 분야별 탈중앙화 정도를 측정하면 그 결과에 맞추어 개발자 커뮤니티의 리소스를 적절히 배치할 수 있고 그 성과를 평가할 수 있다.

나카모토 계수와 지니 계수로 탈중앙화 측정

탈중앙화의 정량적 평가를 위한 측정 기준 중 하나인 나카모토 계수(Nakamoto coefficient)는 블록체인 네트워크의 51% 이상을 제어하기 위해 최소한으로 필요한 참여자의 수를 말한다. 나카모토 계수의 장점은 네트워크를 구성하는 서브시스템(subsystem)에 대해서도 수치 산출이 가능하다는 것이다. 하지만 나카모토 계수는 산출 과정의 특성상 bias가 있을 수 있기 때문에 탈중앙화 분석 시 지니 계수(Gini coefficient)도 함께 고려해야 한다. 본 리포트는 비트코인과 이더리움 네트워크를 구성하는 5개 서브시스템(마이닝, 클라이언트, 개발자, 노드, 자산 보유)에 대하여 나카모토 계수와 지니 계수를 측정하고 두 네트워크의 탈중앙화 정도를 분석한다.

비트코인과 이더리움은 이전 대비 탈중앙화 유의미하게 개선

분석 결과 두 가지 결론을 내릴 수 있다. 첫째, 기존 연구에서 측정한 2017년 대비 비트코인과 이더리움은 현재 탈중앙화가 상당히 개선되었다. 비트코인은 자산 보유, 이더리움은 개발자 항목에서 탈중앙화가 개선되었다. 둘째, 전체 네트워크에 대한 나카모토 계수는 이전과 동일하지만 비트코인과 이더리움 모두 지니 계수가 하락하였다. 이는 나카모토 계수의 상위 분포 편향을 고려할 경우 두 네트워크의 탈중앙화가 개선되었다는 것을 알 수 있다. 나카모토 계수와 지니 계수는 각각 장단점이 있어 균형 있는 탈중앙화 평가를 위해서는 상호 보완적인 두 지수를 함께 고려하는 것이 중요하다. 향후 당사는 주요 가상자산 관련 탈중앙화 트렌드를 정기적으로 모니터링할 계획이다.

법적 고지문 | 당사는 본 자료의 내용에 의거하여 행해진 일체의 투자행위에 대하여 어떠한 책임도 지지 않습니다. 본 자료에 나타난 모든 의견은 자료 작성자 개인적 견해로서, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 작성되었습니다. 본 자료는 어떠한 경우에도 고객의 투자결과에 대한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다. 본 자료의 저작권은 당사에 있고, 어떠한 경우에도 당사의 허락없이 복사, 대여, 재배포될 수 없습니다.

블록체인을 설명할 때 꼬리표처럼 따라다니는 단어 중 하나가 바로 탈중앙화(Decentralization)이다. 하지만 아이러니하게도 업계 내에서조차 이 단어에 대한 오해가 많다. 비탈릭 부테린(Vitalik Buterin)은 “탈중앙화는 블록체인에서 가장 많이 쓰이는 단어이기도 하지만 동시에 가장 허술하게 정의된(defined the most poorly) 단어”라고 표현하기도 하였다(Figure 1). 가상자산 업계 밖에서는 거의 사용하지 않는 단어이니 가상자산 입문자들에게는 더욱 어렵고 혼란스러울 수밖에 없다.

탈중앙화는 여러모로 어려운 개념이지만 가상자산을 올바르게 이해하기 위해서는 필수적인 개념이다. 단순히 이념을 넘어서 네트워크의 경제적 가치와 연관된 중요한 물성이기 때문이다. 본 리포트는 가상자산의 탈중앙화에 대한 의미를 다양한 각도에서 살펴보고자 한다. 그리고 탈중앙화의 개념을 설명하는 것에서 한발 더 나아가 이를 정량화해야 할 필요성과 실제로 그동안 제시되어 왔던 정량화의 측정 방법들을 짚어본다. 그 중 지니 계수와 나카모토 계수를 이용하여 비트코인과 이더리움의 탈중앙화 정도를 측정하고 이에 대한 분석 결과와 시사점을 살펴본다.

Figure 1: 탈중앙화의 의미를 설명한 비탈릭 부테린

출처: Medium



Vitalik Buterin

Feb 6, 2017 · 11 min read · [Listen](#)



The Meaning of Decentralization

“Decentralization” is one of the words that is used in the cryptoeconomics space the most frequently, and is often even viewed as a blockchain’s entire *raison d’être*, but it is also one of the words that is perhaps defined the most poorly. Thousands of hours of research, and billions of dollars of hashpower, have been spent for the sole purpose of attempting to achieve decentralization, and to protect and improve it, and when discussions get rivalrous it is extremely common for proponents of one protocol (or protocol extension) to claim that the opposing proposals are “centralized” as the ultimate knockdown argument.

탈중앙화에 대한 고찰

가상자산업계에서는 탈중앙화라는 단어를 자주 사용한다. 하지만 이 단어는 업계내에서조차도 그 개념을 뚜렷이 이해하고 사용하는 경우가 드물다. 설령 이 단어를 이해한다고 해도 많은 블록체인 프로젝트들이 탈중앙화된 모습을 갖추고 있지 않아 이 개념의 중요성에 공감할 수 없을 수도 있다. 하지만 가상자산 업계를 올바르게 이해하기 위해 이 개념을 파악하는 것이 필수이다. 탈중앙화는 단순한 이념이 아닌, 네트워크의 중장기적 가치 확장의 발판이 되는 실질적인 경제적 가치가 있는 물성이기 때문이다. 본 섹션에서 탈중앙화 개념을 인터넷, commodity, 그리고 Wikipedia의 예를 통해 알아본다.

인터넷을 보면 탈중앙화가 보인다

탈중앙화는 다르게 말하면 ‘분산된’, ‘주인 없는’ 등으로 표현된다. 이 개념의 시발점은 군사 기술이었다. 냉전 시대 소련과 대치하던 미국 정부는 미국 국토가 핵 공격으로 초토화되어도 견딜 수 있는 통신망 구축에 관심을 두었다¹. circuit-switching 기술 기반인 기존 통신망은 스위치 보드가 사용자들을 연결시켜 통신의 연결고리가 활성화된 기간만 통신이 가능하다. 이것은 KT, AT&T와 같은 유선통신사가 전통적으로 사용하는 방식이다. 이런 경우 적군이 스위치보드가 상주하는 통신기지를 파괴하면 통신망이 작동하지 못한다(Figure 2). 이러한 상황을 방지하기 위해서는 장애를 일으킬 수 있는 취약점이 특정한 장소에 집중되어 있지 않은 통신망이 필요하다.

Figure 2: 1943년 통신 스위치 보드

출처: Bell System



¹ The evolution of the Internet: from military experiment to General Purpose Technology, John Naughton, 12 Feb 2016
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23738871.2016.1157619>

이에 따라 미국 국방부는 정보 전달 기능을 수행하는 주체를 분산시켜 특정 주체에 의존하지 않는, 즉 ‘단일 실패 지점(single point of failure)’이 존재하지 않는 통신망을 설계한다. 이 통신망은 packet-switching이라는 새로운 기술을 사용하여 스위치 보드 없이 상시 정보가 흐를 수 있는 구조로 설계된다. 이 새로운 통신망은 메인 프레임 컴퓨터가 위치한 미국 서부 지역의 대학교 전산실들을 연결하여 알파넷(Advanced Research Project Agency Network, ARPANET)이라는 이름으로 시작되었다(Figure 3). 그 후 수십 년간 많은 연구자들의 실험과 개발을 거쳐 90년대 중반 상업 목적으로 민간 업체들이 접근 가능한 광범위한 데이터 통신망으로 성장하는데, 이것이 우리가 사용하고 있는 인터넷의 시작이다.

그로부터 30년, 이제 인터넷은 수도나 전력 시설처럼 현대사회에 없어서는 안 될 공공 제반 시설로 자리 잡았다. 하지만 인터넷은 기존 공공 제반 시설과 크게 다른 점이 있다. 대부분의 국가의 경우 수도나 전력 시설은 각 정부가 직간접적으로 소유한다. 반면 인터넷은 소유권이 전 세계 여러 주체에 분산되어 있어 특정 주체가 소유권을 행사할 수 없는 사실상 ‘주인 없는’ 탈중앙화된 글로벌 공공재이다. 탈중앙화 네트워크의 개념이 잘 와닿지 않는 경우 인터넷의 특성을 생각하면 도움이 되는 이유이다.

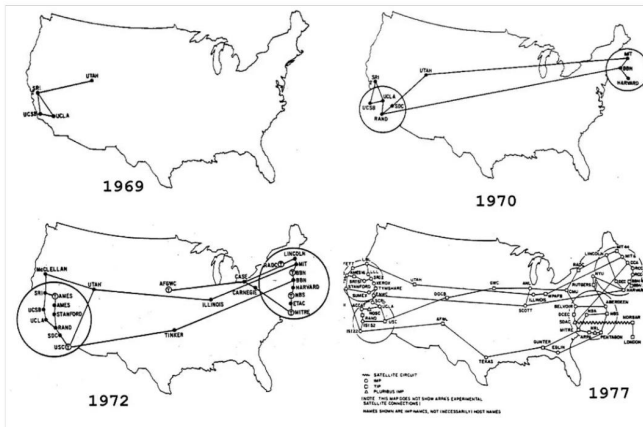
Commodity vs. 증권

탈중앙화의 또 하나의 예는 commodity이다. 미국 증권거래위원회(Securities and Exchange Commission, SEC)가 사용하는 증권 판별 기준 중 가장 보편적인 방법이 하위테스트(Howey Test)이며 현행법상 한국도 이 원칙을 따르고 있다. 하위테스트에 따르면 어느 특정 자산이 4가지 조건을 모두 충족하면 증권으로 간주된다(자세한 내용은 2022년 4월 22일 코빗 리서치 [건전한 ICO/IEO 시장 활성화를 위한 준비](#) 참조). 그중 4번째 조건이 제3자의 노력의 결과로 그 자산에 대한 투자 수익이 결정되는 경우이다. 주식이나 채권은 발행 주체가 분명하고 그 주체의 노력으로 자산 가치가 결정되기 때문에 증권으로 분류된다. 반면 원유나 금과 같은 commodity는 특정 발행 주체가 존재하지 않고 특정 주체의 노력으로 그 가치가 결정되지 않는다. 대신 원유나 금을 필요로 하는 사용자들의 집단 수요가 그 가치를 결정한다(Figure 4).

같은 논리를 화폐에 적용해 볼 수 있다. 법정화폐는 중앙은행이라는 식별 가능한 주체가 발행하고 공급량을 통제하며, 국가 법령에 따라 top-down으로 수요가 창출되는 중앙화된 화폐이다. 반면 과거 금 본위제하에서는 특정 주체가 공급량을 통제할 수 없으며, 사용자들의 자발적인 집단 수요에 의해 bottom-up으로 가치가 결정되는 탈중앙화된 금을 화폐로 사용하였다.

Figure 3: 인터넷의 시조 ARPANET의 초기 발전 과정

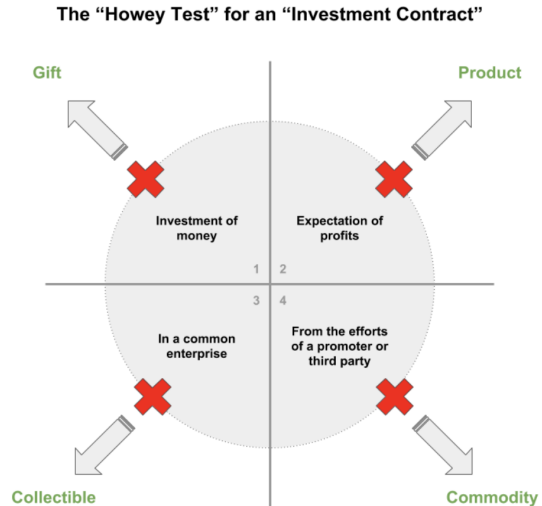
출처: Wikipedia



ARPANET 1969-1977. Wikipedia

Figure 4: 증권성 판단에 사용되는 하위테스트

출처: Nick Grossman



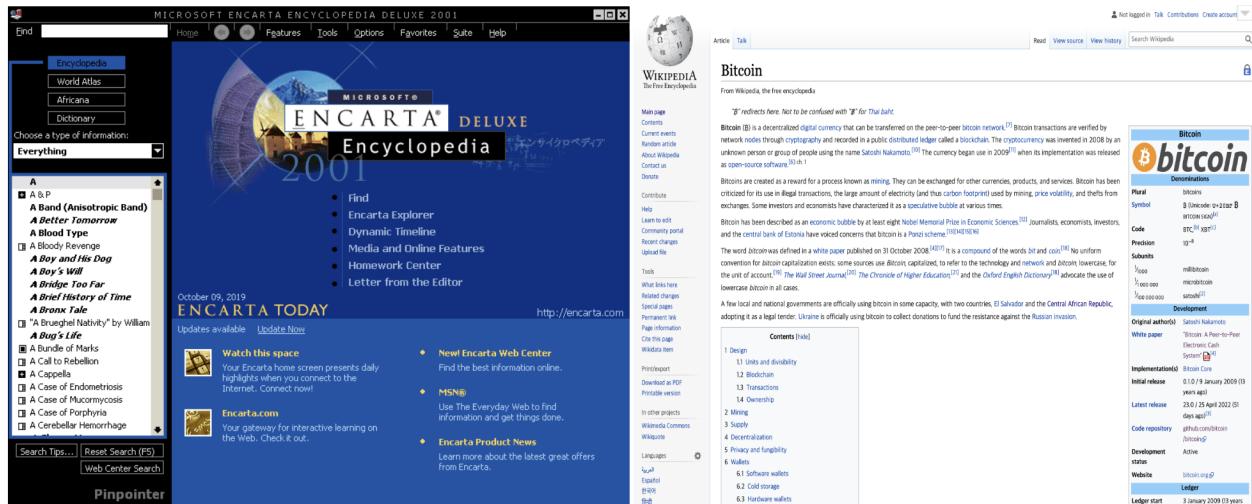
탈중앙화의 장단점 (feat. Wikipedia & Encarta)

블록체인 프로젝트의 존재 이유는 탈중앙화된 솔루션을 통한 문제 해결이다. 하지만 모든 문제들이 탈중앙화된 솔루션을 요구하지 않는다. 탈중앙화된 솔루션은 경우에 따라서 중앙화된 솔루션 대비 비효율적일 수 있기 때문이다. 탈중앙화 솔루션은 생태계 참여자들의 합의를 기반으로 작동하기 때문에 합의 도출 과정에서 많은 리소스를 소모한다. 이에 반해 중앙화된 솔루션은 소수 결정권자의 결단으로 집행되기 때문에 민첩한 대응이 필요할 경우 훨씬 효율적이다. 중앙화된 소프트웨어 회사가 개발하는 스마트폰 앱은 빠른 속도와 잦은 빈도로 업그레이드할 수 있는 반면, 비트코인이나 이더리움처럼 탈중앙화가 많이 진행된 블록체인 네트워크의 업그레이드는 오래 걸리는 것이 단편적인 예이다.

탈중앙화와 중앙화 솔루션의 장단점을 잘 보여주는 사례가 Encarta와 Wikipedia의 경쟁이다. Wikipedia는 부연 설명이 필요 없는 디지털 시대 최고의 자유 콘텐츠(free contents) 백과사전이다. 하지만 2001년 출범 당시 Wikipedia의 큰 경쟁자가 있었는데 바로 마이크로소프트가 출시한 Encarta였다. 2000년대 초 두 서비스를 비교해 보면 Encarta가 압도적으로 우수한 상품이었다. 마이크로소프트의 풍부한 자본력과 인력을 동원하여 더 많은 주제를 다루었고 정보의 정확성을 빠르게 높였으며 UI 또한 훨씬 사용자 친화적이었다. 충분한 예산의 마케팅 전략으로 서비스를 보급하기도 하였다. 반면 Wikipedia는 리소스 부족으로 초창기 성장 속도가 느렸다. 다루는 주제가 제한적이었고 UI에 투자할 여력도 없었다. 하지만 시간이 지나면서 탈중앙화된 커뮤니티 기반 오픈 소스 모델의 장점이 빛을 보기 시작하였다. 전 세계 수많은 사람들이 자발적으로 콘텐츠에 기여하면서 마이크로소프트의 우세한 인력이 무의미해졌고 질적, 양적으로 빠르게 성장한 콘텐츠가 사용자를 늘리는 선순환 구조를 만들며 기하급수적으로 성장하였다. 현재 Wikipedia는 전 세계 웹사이트 중 방문자 수로 상위 10위에 속하며 없어서는 안 될 글로벌 공공재가 되었다. Encarta는 2009년 폐쇄되었다(Figure 5).

Figure 5: Encarta와 Wikipedia

출처: Wikipedia



이 에피소드에서 알 수 있듯 중앙화된 솔루션의 장점은 분명 존재한다. 일사불란한 실행 속도, 통제의 수월함 등이 그 예이다. 이러한 장점이 중요한 상황에서는 탈중앙화 솔루션이 이를 대체하기는 어렵다. 반면 중앙화 솔루션의 단점은 무엇보다 솔루션을 제공하는 특정 주체, 즉 중개인이 존재한다는 점이다. 중개인에게 전적으로 의존하기 때문에 중개인을 신뢰할 수 있어야 한다. 중개인의 횡포나 과실로 신뢰가 무너지고 그로 인한 손실이 막대하다면 탈중앙화 솔루션을 대체재로 고려할 수 있다. 특히 탈중앙화 솔루션이 제공하는 장점이 중앙화된 솔루션의 장점을 크게 능가할수록 더욱 매력적인 대안이 된다.

탈중앙화 솔루션의 장점을 구체화하면 비허가성(permissionless)과 검열저항성(censorship resistance)으로 요약된다. ‘지식의 민주화’라는 문제 해결을 위한 Wikipedia의 탈중앙화 솔루션이 마이크로소프트의 중앙화된 솔루션을 이길 수 있었던 이유에는 비허가성이 크게 작용하였다. 성장에 필요한 리소스를 전 세계에서 자유 콘텐츠 형태로 클라우드소싱할 수 있었기 때문이다. 이처럼 비허가성은 탈중앙화 솔루션의 성장을 돕는다.

검열저항성은 탈중앙화 솔루션의 생존(지속성)을 돕는다. Wikipedia의 사례에는 해당하지 않지만 때로는 중앙화 솔루션 제공자는 경쟁 솔루션에 큰 위협을 느끼면 이를 제거하려 할 수 있다. 중앙화 솔루션 제공자가 권력기관일 경우(정부, 금융기관, 언론 등) 더욱 그러하다. 이러한 위협이 클수록 경쟁 솔루션의 검열 저항성이 매우 중요하다. 충분히 탈중앙화된 솔루션은 검열 시도를 포함하여 갖은 난관을 견디고 생존하며 그 가치를 발휘한다. 비트코인이 좋은 예이다.

결국 탈중앙화 솔루션이 존재 가치가 있기 위해서는 1) 탈중앙화 솔루션의 비허가성과 검열저항성이 가져다주는 혜택이 기존 중앙화 방식보다 훨씬 우수하고 2) 그 혜택이 탈중앙화 솔루션의 단점들(시간적 비효율성, 통제 대상의 부재 등) 몇 배 이상으로 보상할 수 있어야 한다. 어느 하나라도 성립하지 않으면 그 탈중앙화 솔루션이 중앙화된 솔루션을 대체할 가능성은 매우 낮다.

탈중앙화 정량화의 필요성

현재 진행형이고 상대적인 개념

탈중앙화는 이분법적인 개념이 아닌, 현재 진행형이고 스펙트럼상에 존재하는 상대적인 개념이다. 모든 블록체인은 출시 당시에 프로젝트를 주도하는 주체들이 있어 충분히 분산되지 않은 중앙화된 형태로 시작할 수밖에 없다. 시간이 어느 정도 지나야 규모 있는 커뮤니티가 형성되고 노드 운영자도 증가하며 네트워크의 고유 자산도 충분히 많은 사람들에게 분배된다. 이렇게 네트워크 작동에 필요한 요소들이 점차 분산됨에 따라 탈중앙화 네트워크의 면모를 갖추며 성장한다. 탈중앙화는 정적인 개념이 아닌 동적인 개념이다. 탈중앙화가 진행된다는 것은 네트워크가 성숙해짐을 뜻하는 것이다.

이러한 물성을 정량화할 수 있다면 여러 면에서 유용하다. 일단 특정 네트워크의 성장 상태를 평가하는 데 도움이 된다. 이것은 마치 어린아이가 잘 성장하고 있는지 알기 위해 키와 몸무게를 정기적으로 측정하는 것에 비유할 수 있다. 만일 3년 전 출시된 블록체인 네트워크의 탈중앙화 지표가 지금도 같은 수준이라면 그 네트워크는 3년간 분산된 네트워크로 성장하지 못한 것이다. 이처럼 탈중앙화 네트워크의 특성인 비허가성과 검열 저항성이 충분히 확보되지 않은 네트워크는 성장성과 지속성이 불안정한 상태라고 평가할 수 있다.

규제 관점에서도 필요한 지표

탈중앙화를 정량화하는 것은 규제 관점에서도 중요하다. 가상자산의 제도권화는 업계가 성장하기 위해 꼭 필요하며 합리적인 규제가 동반되어야 한다. 가상자산을 효율적으로 규제하기 위해서는 증권성 판별이 선행되어야 한다. 제도권에서는 오랜 기간 구축해 놓은 증권법을 통해 증권을 규제하고 있다. 따라서 증권으로 판별되는 가상자산은 복잡한 추가 입법 과정 없이 이미 만들어진 증권법의 규제 프레임워크를 적용하면 된다.

앞서 언급했듯이 하위테스트에 따르면 탈중앙화는 Commodity와 증권을 구분 짓는 기준으로 사용된다. 출범한 지 수년이 지났는데도 네트워크의 기본 작동 요소들이 여전히 특정 주체에 집중되어 있는 가상자산이 있다면 그 자산은 증권성이 매우 강하다고 볼 수 있다. 그 자산 가치가 특정 주체의 노력으로 좌우되는 하위테스트의 4번째 조건을 충족시키기 때문이다. 충분히 탈중앙화된 자산만이 증권이 아닌 commodity로 구분할 수 있으며 이를 위해서는 탈중앙화에 대한 객관적인 잣대가 필요하다. 모두가 공감할 수 있는 투명하고 정량화된 탈중앙화 지표가 필요한 이유이다.

탈중앙화 지표는 투자자, 개발자 모두에게 유용

대중매체가 탈중앙화를 ‘이념’이라고 표현하는 경우를 종종 본다. 틀린 표현은 아니지만 탈중앙화의 잠재적 가치를 경제적 가치가 없는 단순한 이데올로기 정도로 축소해버리기 때문에 아쉬움이 있다. 탈중앙화는 투자

관점에서도 경제적 가치가 있는 물성이기 때문이다. 앞서 언급한 Wikipedia, 인터넷 등의 예에서 알 수 있듯이 탈중앙화 네트워크의 비허가성과 검열 저항성은 네트워크의 성장과 생존의 발판이 된다. 가상자산에 투자한다는 것은 네트워크 가치의 지속 가능한 성장에 투자한다는 것과 같다. 따라서 정량화된 탈중앙화 지표는 네트워크의 성장 잠재력과 지속성 판단의 중요한 근거가 될 수 있다.

탈중앙화의 정량화는 프로젝트에 참가하는 개발자들에게도 유용하다. 탈중앙화 솔루션을 구축하려는 개발자들에게는 출시한 네트워크가 분산된 네트워크로 성장해 나가는 과정을 수시로 점검하며 중앙화된 요소를 하나 둘 제거해 나가는 과정이 필요하다. 정기적인 건강검진을 통해 나타나는 건강 위험 요소에 대처하듯이 네트워크의 다양한 세부 요소들의 탈중앙화 정도를 정기적으로 측정하면 개발자 커뮤니티 입장에서 탈중앙화를 위해 추가 작업이 필요한 분야를 식별하여 리소스를 집중적으로 투여할 수 있다. 그리고 투입된 리소스 대비 어느 정도 성과가 있었는지도 정량화된 지표를 통해 평가할 수 있다.

탈중앙화 측정을 위한 여러 기준

과거 수년간 학계와 업계에서는 블록체인의 탈중앙화를 정량화하기 위한 몇 가지 방법을 제안해 왔다. 본 섹션에서는 그 중 엔트로피 지수(Shannon's entropy), 지니 계수(Gini coefficient), 나카모토 계수(Nakamoto coefficient)를 설명하고 각 수치의 장단점을 비교 설명한다.

엔트로피 지수

엔트로피 지수는 1948년 미국의 수학자인 새넨(Claude Shannon)이 제시하였다. 새넨은 정보가 불확실(uncertainty)하며 무작위(randomness)하기 때문에, 어떤 사건이나 메커니즘을 정량화하기 위해서는 해당 사건이 일어날 확률 또는 분포(distribution)에 의존해야 한다고 주장하였다. 엔트로피 지수를 블록체인의 탈중앙화 측정에 적용할 경우 확률 대신 채굴 혹은 합의에 참여한 비율을 이용한다². Figure 6의 식(1)에 따르면 엔트로피 지수는 각 채굴자가 참여한 비율이 동일할 경우 $\log_2 K$ (K : 네트워크 참여자의 수)가 되며, 순수 독점일 경우 0이 된다. 따라서 엔트로피 지수가 0과 $\log_2 K$ 범위에서 증가한다면 각 채굴자가 참여한 비율이 전반적으로 균등하다는 것을 의미하기 때문에 해당 블록체인의 탈중앙화 수준이 높음을 나타낸다. 종합해보면 엔트로피 지수는 각 채굴자의 참여도 및 분포를 반영할 수 있는 지표라고 할 수 있다. 하지만 엔트로피 지수의 범위 $[0, \log_2 K]$ 를 통해 알 수 있듯이, 엔트로피 지수는 결괏값을 보았을 때 탈중앙화 정도를 '체감'하기가 상대적으로 어렵다는 단점이 있다.

지니 계수

지니 계수(Gini coefficient)는 전통적으로 경제학에서 소득 분배의 불평등을 측정하는 척도로 사용되어 왔다(Figure 6, 식(2)). 2017년 발라지 스리니바산(Balaji Srinivasan)은 지니 계수를 블록체인 탈중앙화 측정에 적용할 것을 제안하였다³. 지니 계수는 로렌츠 곡선(Lorenz Curve)을 통해 산출하기 때문에 다른 탈중앙화 측정치에 비해 직관적인 이해가 높은 편이다. Figure 7에 따르면 로렌츠 곡선은 네트워크 참여자들의 누적 분포(Figure 7, X축)와 탈중앙화 측정 분야(subsystem, 이하 '서브시스템')의 누적 분포(Figure 7, Y축) 간 관계를 나타낸다. 예컨대 채굴 참여 비율로 로렌츠 곡선을 도출할 경우 X축은 해당 가상자산 채굴자들의 누적 비율, 그리고 Y축은 해당 누적 비율에 상응하는 블록 리워드(block reward)의 누적 비율을 각각 표상한다.

Figure 7의 좌측 그래프는 로렌츠 곡선을 통해서 지니 계수를 구하는 방법을 보여준다. 즉, 완전한 탈중앙화 상태를 의미하는 완전균등선(equality curve)과 로렌츠 곡선 사이의 영역을 A, 그리고

² Lin, Qinwei, et al. "Measuring decentralization in bitcoin and ethereum using multiple metrics and granularities." 2021 IEEE 37th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW). IEEE, 2021.

³ Balaji S. Srinivasan, "Quantifying Decentralization", Jul 28 2017, Earn.com.

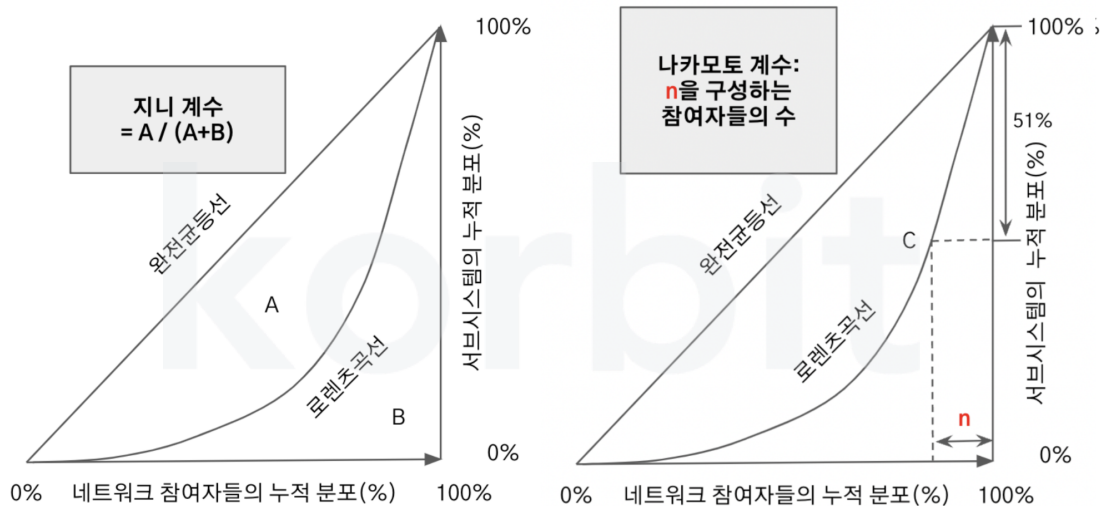
로렌츠 곡선 아래의 영역을 B라고 하면 지니 계수는 $\frac{A}{A+B}$ 로 계산할 수 있다. 따라서 특정 블록체인이 완전한 탈중앙화 상태일 경우 불균등 영역을 나타내는 A가 0이 되므로, 지니 계수는 0의 값을 가지게 된다. 반대로 완전한 중앙화 상태일 경우 로렌츠 곡선은 직각 형태가 되고 B가 0이 되므로, 지니 계수는 $\frac{A}{A}$, 즉 1의 값을 가지게 된다. 또한 지니 계수 하락은 특정 블록체인의 탈중앙화가 잘 되고 있다는 것을 의미하며, 반대로 지니 계수 상승은 탈중앙화가 잘 안 되고 있다는 것을 의미한다.

이렇듯 지니 계수는 탈중앙화 상태를 0에서 1 사이의 숫자로 간단명료하게 나타낼 수 있어 쉽게 이해할 수 있다는 장점이 있다. 비유하자면 통계학에서 상관계수가 공분산과 달리 [-1,1] 범위로 '정규화'되어 있기 때문에 상관관계를 비교하기 쉬운 것과 같다. 하지만 어떤 현상을 하나의 수치나 이론으로 설명하기 어렵듯 지니 계수도 탈중앙화에 대한 사실 전달이 제한적일 수 있다. 즉, 지니 계수는 [0,1] 범위로 제한된 상대 수치(relative estimate)이기 때문에 가령 블록체인의 보안이나 시스템을 컨트롤하는 데 필요한 네트워크 참여자의 수와 관련한 정보는 제공해 주지 않는다. 탈중앙화 개선을 위한 구체적인 액션 플랜을 전달하는 데에는 한계점이 있는 것이다.

Figure 6: 탈중앙화 측정 기준 비교

출처: 코빗 리서치

측정기준	엔트로피 지수(E)	지니 계수(G)	나카모토 계수(N)
식	$(1) E = - \sum_{i=1}^K p_i \log_2 p_i,$ p_i는 네트워크 내 참여도이며 K는 네트워크를 구성하는 참여자의 수	$(2) G = \frac{A}{A+B},$ A는 완전균등선과 로렌츠 곡선 사이의 영역, B는 로렌츠 곡선 아래의 영역.	$(3) N = \min \left\{ k \in [1, \dots, K]: \sum_{i=1}^k p_i \geq 0.51 \right\}$ p_i는 네트워크 내 참여도이며 K는 네트워크를 구성하는 참여자의 수
장점	각 채굴자의 참여도 및 분포를 반영할 수 있음.	로렌츠 곡선을 통해 산출 가능하고, 0에서 1사이의 수치로 산출되기 때문에 직관적인 이해가 가능함.	블록체인 고유의 요소를 고려하여 탈중앙화에 대한 정확한 그림을 제공함. 시스템 분산화에 필요한 개선 정도를 가능하기 용이함.
단점	결과값을 보았을 때 탈중앙화 정도를 '체감'하기가 상대적으로 어려움	시스템을 컨트롤하는데 필요한 네트워크 참여자의 수를 직접 측정하지 못함.	수치 산출 과정에서 상위분포를 차지하는 참여자들을 상대적으로 많이 반영되어 경우에 따라 분산도가 왜곡될 수 있음.



나카모토 계수

스리니바산은 블록체인 탈중앙화 지표의 실용성을 높이기 위해 지니 계수에 블록체인 고유의 요소를 추가한 나카모토 계수를 제안하였다(Figure 6, 식(3)). 이에 따르면 나카모토 계수란 블록체인 네트워크의 51% 이상을 제어하기 위해 최소한으로 필요한 참여자의 수를 말한다. 나카모토 계수도 지니 계수처럼 로렌츠 곡선을 통해 산출되지만 절대 수치라는 점에서 차이가 있다. Figure 7의 우측 그래프에 따르면, 해당 측정 분야에서 상위 누적 분포가 51% 이상이 되었을 때 이를 구성하고 있는 참여자들의 수가 나카모토 계수에 해당한다. 때문에 나카모토 계수가 높을수록 해당 네트워크의 탈중앙화 수준이 높음을 알 수 있다.

또한 나카모토 계수는 블록체인 고유의 요소를 고려하여 탈중앙화에 대한 보다 정확한 그림을 제공한다. 특히 스리니바산은 탈중앙화 측정을 세분화하기 위해 블록체인 시스템을 6개의 서브시스템으로 구분하여, 각 측정 분야의 나카모토 계수 산출이 가능함을 보여주었다. 해당 서브시스템에 대한 설명은 다음 섹션에서 다루기로 한다. 나카모토 계수는 지니 계수의 개념을 기반으로 블록체인의 특성을 잘 반영하여 탈중앙화 정량적 평가 방법의 프레임워크를 제시하였다는 데 큰 의미가 있다. 하지만 수치 산출 과정의 특성상 상위 분포를 차지하는 참여자들을 상대적으로 많이 반영하여 수치가 다소 현실을 왜곡하는 경우도 발생할 수 있다.

가상자산 업계가 신생 산업인만큼, 탈중앙화 정량화 방법에 대한 연구 또한 현재 진행형이며 향후에는 위에 언급한 세 가지 방법 외에 새로운 접근 방식이 등장할 수 있다. 당사는 현시점에서 나카모토 계수가 블록체인의 본질과 실용성을 겸비한 탈중앙화 정량화 방식을 제안하고 있다고 판단한다. 반면 일정 부분 한계점도 존재하는 만큼 이를 보완하기 위해 상대 수치인 지니 계수도 같이 고려할 것을 제안한다.

분석 방법 및 결과

본 섹션에서는 나카모토 계수와 지니 계수를 이용하여 비트코인과 이더리움의 탈중앙화 정도를 측정한다. 구체적인 사용 사례를 통해 탈중앙화 측정이 어떻게 실전에서 활용될 수 있는지 알아보고 이를 통해 두 개념에 대한 이해도를 높이고자 한다.

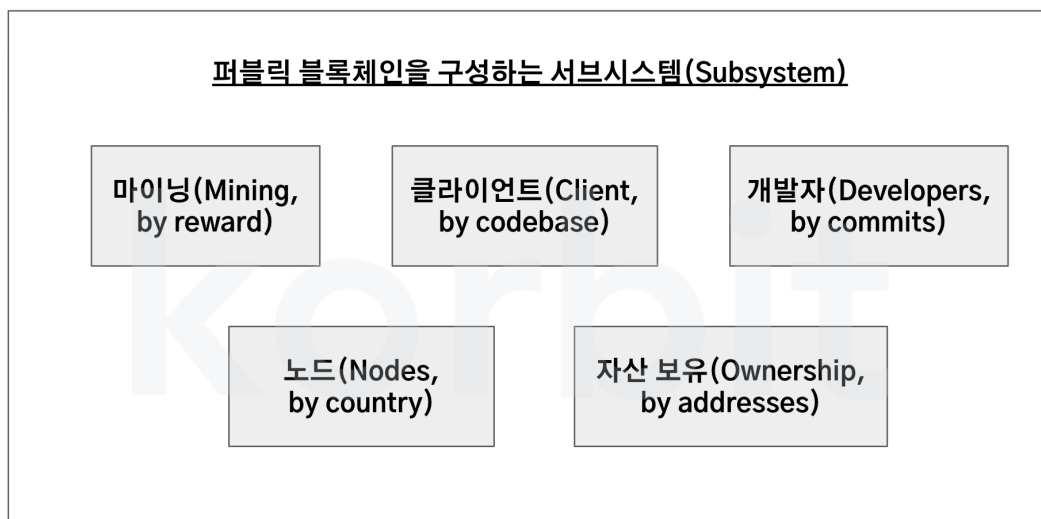
나카모토 계수와 지니 계수 산출 방법

발라지 스리니바산은 비트코인과 같은 퍼블릭 블록체인이 6개의 서브시스템으로 이루어져 있다고 가정하였다. 스리니바산이 구분한 서브시스템은 마이닝(mining), 클라이언트(client), 개발자(developer), 거래소(exchanges), 노드(nodes), 자산 보유(ownership)이다. 또한 그는 시스템 전체의 탈중앙화를 위해서는 해당 서브시스템들의 탈중앙화가 필요하다고 전제하고 이를 기반으로 전체 시스템의 탈중앙화를 정량화해야 한다고 설명한다. 다만 거래소의 경우 네트워크의 탈중앙화가 어느 정도 진행이 되면 거래소의 ‘중앙집중도’가 전체 네트워크의 탈중앙화에 미치는 영향이 미미해지며, 향후 가상자산의 제도권 편입으로 적절한 규제가 확립되면 거래소의 네트워크에 대한 영향은 감소할 것으로 당사는 판단한다. 따라서 본 리포트에서는 거래소를 제외한 5개 서브시스템을 기반으로 나카모토 계수를 산출한다(Figure 8).

각 서브시스템의 탈중앙화 측정 방법과 자료 출처는 대부분 스리니바산이 사용한 방법을 따랐다. 또한 대부분의 데이터베이스가 24시간 동안의 snapshot만을 제공하고 있어 개발자와 마이닝을 제외한 나머지 서브시스템들은 일별로 7일간(5/26~6/2) 수치를 계산한 후 해당 수치들의 평균으로 구하였다. 구체적인 산출 방법은 Figure 9와 같다.

Figure 8: 나카모토 계수 산출에 이용된 서브시스템

출처: Balaji Srinivasan, 코빗 리서치



서브시스템	산출 방법	비트코인 데이터 출처	이더리움 데이터 출처
마이닝(Mining)	최근 4일간(이더리움의 경우 7일간) 주요 마이닝 풀의 시장 점유율을 이용하여 나카모토 및 지니 계수를 산출.	blockchain.info	etherscan.io
클라이언트(Client)	네트워크 상 퍼블릭 노드 중 주요 클라이언트가 차지하는 노드의 개수를 사용하여 나카모토 및 지니 계수를 산출.	coin.dance	ethernodes.org
개발자(Developer)	최근 1달간 주요 개발자들의 커밋(commit) 개수를 이용하여 나카모토 및 지니 계수를 산출.	github.com/bitcoin/bitcoin/pulse	github.com/ethereum/go-ethereum/pulse/daily
노드(Node)	국가별 노드 분포를 이용하여 나카모토 및 지니 계수를 산출.	bitnodes.io	ethernodes.org
자산 보유 (Ownership)	해당 자산의 주소(address) 별로 보관되어 있는 자산의 잔액(balance)을 이용. 단, 비트코인은 주소당 32 BTC, 이더리움은 주소당 600 ETH 이상을 보유한 계정에 한하여 자산의 보유 비중을 계산한 후 나카모토 및 지니 계수를 산출.	bitinfocharts.com	scan.io
전체 블록체인 네트워크	위 5개 서브시스템에서 나온 나카모토 계수의 최솟값을 전체 블록체인에 대한 나카모토 계수로 정의. 또한 5개 지니 계수의 최댓값을 전체 블록체인에 대한 지니 계수로 정의.		

첫째, 마이닝의 탈중앙화를 파악하기 위해 비트코인의 경우 최근 4일간 주요 마이닝 풀(Mining pool)의 시장 점유율을 이용한다. 마이닝 풀은 네트워크를 통해 컴퓨팅 파워를 공유하고 각 구성원의 기여도에 따라 보상받는 채굴자(miner) 그룹을 말한다. 또한 시장 점유율은 채굴된 블록 개수로 각 마이닝 풀의 비중을 계산하여 채굴자들의 참여도를 측정하였다. 이더리움의 경우는 최근 7일간⁴ 상위 49개의 채굴자가 생성한 블록 수로 각 채굴자의 참여도를 계산하였다. 두 블록체인의 마이닝에 대한 나카모토 계수는 각 마이닝 풀 또는 채굴자의 누적 분포(즉, 로렌츠 곡선)를 구한 후, 해당 네트워크의 51%를 제어하는 데 필요한 상위 마이닝 풀 또는 채굴자의 수를 구하여 산출하였다. 이전 섹션에서 언급한 바와 같이 지니 계수는 완전균등선(equality curve)과 로렌츠 곡선 사이의 영역(A)을 완전균등선 아래의 영역(A+B)으로 나누어 계산하였다.

둘째, 클라이언트의 탈중앙화를 측정하기 위해 비트코인과 이더리움은 네트워크상의 퍼블릭 노드 중 주요 클라이언트가 차지하는 노드의 개수를 사용하였다. 블록체인에서 클라이언트는 네트워크에서 발생했던 모든 거래 내역을 저장하고 있는 거래 장부를 가지고 있다. 비트코인의 주요 클라이언트는 비트코인 코어(Bitcoin Core), 이더리움의 경우 Geth를 들 수 있다. 두 블록체인 클라이언트의 나카모토 계수 및 지니 계수는 각 클라이언트 노드의 누적 분포를 구한 후 위와 동일한 방법으로 산출하였다.

⁴ 이더리움 마이닝 데이터의 주기를 7일로 잡은 이유는, 데이터 내 노이즈를 제거하는 smoothing 효과가 있기 때문이다. 또한 비트코인 마이닝 데이터베이스의 경우 가장 길게 잡을 수 있는 주기가 4일이었기 때문에, 7일에 가장 근접한 4일을 데이터 주기로 택하였다.

셋째, 개발자의 탈중앙화를 수치화하기 위해 본 리포트는 발라지가 사용한 방법에 따라 최근 1달간 주요 개발자들의 비트코인과 이더리움에 대한 커밋(commit) 수를 이용하였다. 커밋이란 개발자들이 특정 기간 중 어떤 개발을 했다는 표시를 의미하기 때문에 블록체인 프로젝트 내 개발자들의 참여도를 알 수 있는 데이터 중 하나이다. 노이즈를 최소화하기 위해 데이터 주기는 1달로 정하였고, 주요 개발자별 커밋 개수에 대한 누적 분포를 구한 뒤 위에서 언급한 대로 나카모토 계수와 지니 계수를 계산하였다.

넷째, 노드의 탈중앙화 측정은 비트코인과 이더리움의 국가별 노드 분포를 이용하였다. 두 네트워크의 데이터베이스는 국가별 비중도 제공하고 있기 때문에 국가별 누적 분포를 구한 후 이전과 같은 방법으로 노드에 대한 나카모토 및 지니 계수를 구하였다.

다섯째, 가상자산 보유의 분산 정도를 측정하기 위해 비트코인과 이더리움 모두 해당 자산의 주소(address)별로 보관된 자산의 잔액(balance)을 이용하였다. 이때 전체 주소를 대상으로 분석할 경우, 아주 적은 액수를 보유한 계정까지 포함하기 때문에 지니 계수가 overestimate될 가능성이 있다. 그래서 본 리포트는 비트코인의 임계치는 주소당 32 BTC, 이더리움은 주소당 600 ETH 이상을 보유한 계정으로 제한하였다. 이는 2022년 6월 비트코인과 이더리움 가격 기준 약 65만 달러 이상의 비트코인과 이더리움을 보유한 계정에 한해 해당 자산의 보유 비중을 산출한다는 것을 의미한다. 발라지 스리니바산은 2017년 7월 비트코인과 이더리움 가격 기준 약 50만 달러 이상을 보유한 계정을 임계치로 정하였으나 이더리움 계정 관련 데이터베이스의 경우 600 ETH 이상을 보유한 계정에 대한 정보만 제공하고 있어 임계치를 65만 달러 이상으로 조정하였다. 주소별로 자산의 보유 비중을 구한 뒤 위와 동일한 방법으로 나카모토 및 지니 계수를 계산하였다.

위와 같이 5개 서브시스템에 대한 나카모토 및 지니 계수를 구한 후, 전체 블록체인 네트워크에 대한 나카모토 계수는 5개 나카모토 계수의 최솟값으로 정의하였다. 또한 전체 네트워크에 대한 지니 계수는 5개 지니 계수의 최댓값으로 정의하였다.

나카모토 계수와 지니 계수 분석 결과

비트코인과 이더리움의 탈중앙화 분석 결과는 Figure 10이며 결과 그래프는 Figure 11과 같다.

먼저 비트코인은 나카모토 계수 분석 결과 전체 네트워크의 탈중앙화가 2017년(기존 연구 분석 시점) 대비 그대로임을 시사한다. 그러나 서브시스템 중 비트코인 보유에서 수치가 큰 폭으로 상승하며 자산 보유 비중은 탈중앙화가 상당히 개선되었음을 알 수 있다. 마이닝과 노드는 오히려 나카모토 계수가 감소하였는데, 이는 수치 산출에 필요했던 데이터베이스의 문제점에서 기인한 듯하다. 왜냐하면 마이닝 데이터의 경우 출처를 알 수 없는 채굴자들을 ‘unknown’이라는 이름의 카테고리 묶어서 분류했기 때문에 해당 나카모토 계수가 underestimate되는 결과를 초래하였다. 노드의 경우에도 데이터 구축 시 출처를 알기 어려운

노드들은 ‘n/a’ 카테고리 안에 분류해 놓았기 때문에 같은 결과를 초래하였다. 하지만 비트코인의 지니 계수를 살펴보면 전체 네트워크뿐 아니라 클라이언트, 개발자, 자산 보유의 수치가 모두 감소하였기 때문에 비트코인의 탈중앙화가 잘 개선되었음을 보여준다.

이더리움은 나카모토 계수 분석 결과 전체 네트워크의 탈중앙화가 2017년과 동일한 결과를 보였으나, 개발자, 자산 보유에서 수치가 상승하여 해당 서브시스템에서 탈중앙화가 잘 개선된 것을 알 수 있었다. 또한 지니 계수는 전체 네트워크뿐 아니라, 마이닝, 클라이언트, 개발자, 노드에서 감소하며 네트워크의 탈중앙화가 개선되었음을 시사하였다. 나카모토 계수와 지니 계수 결과가 약간 상이한 이유는 수치 산출 방법의 차이에서 기인한 것으로 보인다. 왜냐하면 나카모토 계수는 산출 과정상 최상위 참여자들을 상대적으로 많이 반영하기 때문에 나머지 참여자들의 분포도를 고려하기가 어렵다. 하지만 지니 계수는 참여자들의 분포를 상대적으로 고루 반영하기 때문에 어느 한 참여자의 비중이 지나치게 높더라도 이 사실이 수치 산출에 많이 반영되지 않는다.

Figure 10: 비트코인과 이더리움의 탈중앙화 분석 결과

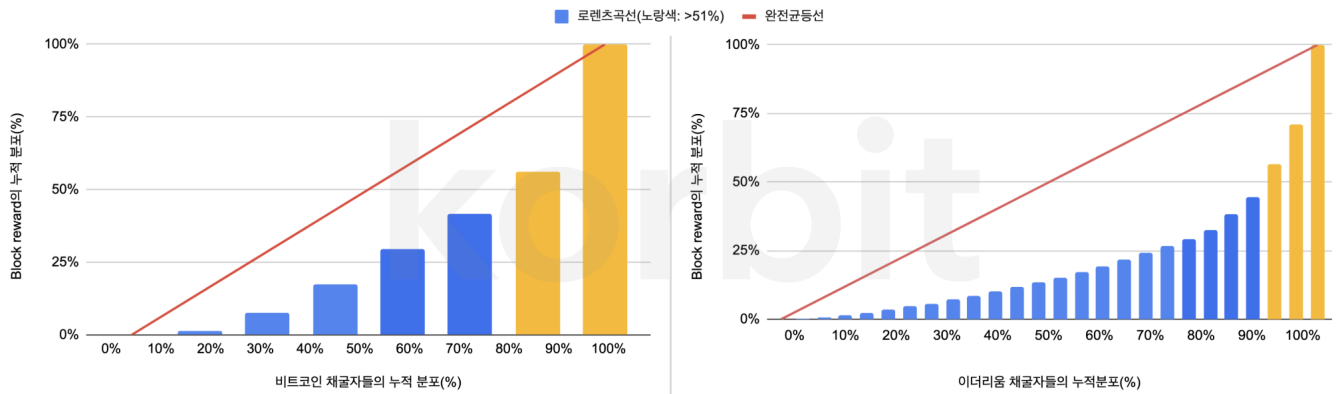
출처: Balaji Srinivasan, 코빗 리서치

가상자산	비트코인 (2022년 5월말 기준)		이더리움 (2022년 5월말 기준)		비트코인 (2017년 기준, B. Srinivasan 참조)		이더리움 (2017년 기준, B. Srinivasan 참조)	
	지니 계수	나카모토 계수	지니 계수	나카모토 계수	지니 계수	나카모토 계수	지니 계수	나카모토 계수
마이닝 (Mining)	0.42	2	0.59	3	0.40	5	0.82	3
클라이언트 (Client)	0.89	1	0.84	1	0.92	1	0.92	1
개발자 (Developers)	0.34	5	0.51	3	0.79	5	0.91	2
노드 (Nodes)	0.91	1	0.84	2	0.84	3	0.85	4
자산 보유 (Ownership)	0.51	133,369	0.84	128	0.65	456	0.76	72
전체 블록체인 네트워크	0.91	1	0.84	1	0.92	1	0.92	1

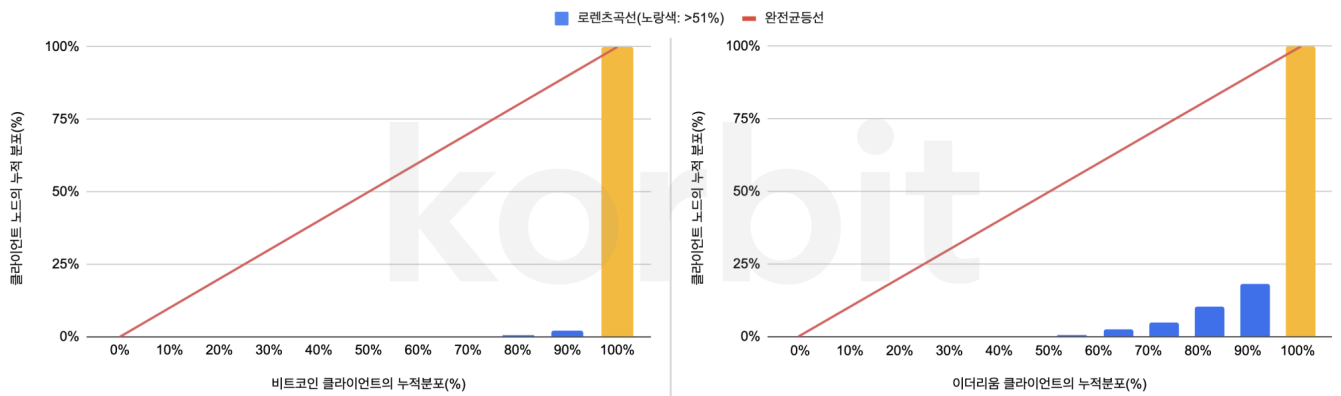
Figure 11: 비트코인과 이더리움의 분석 결과 그래프

출처: Balaji Srinivasan, 코빗 리서치

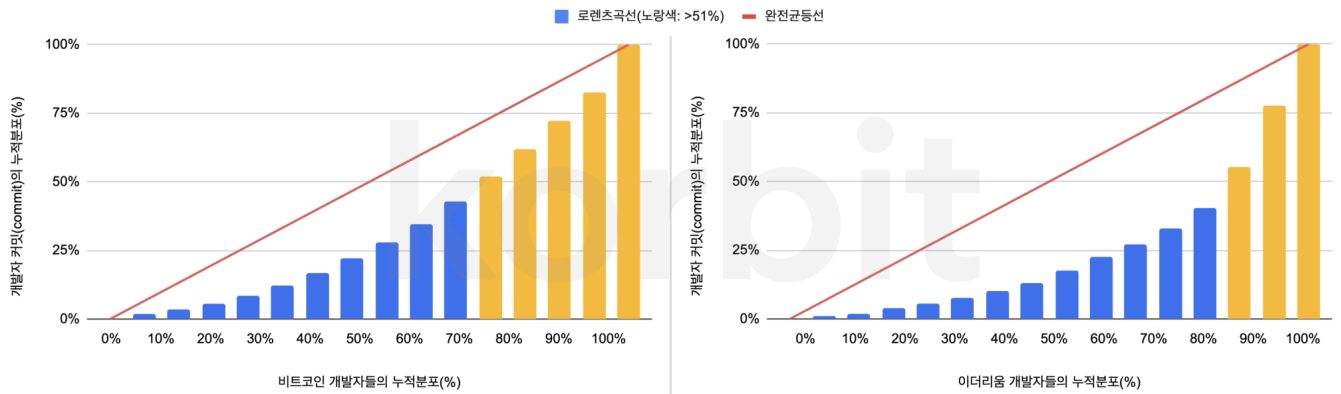
마이닝(Mining)



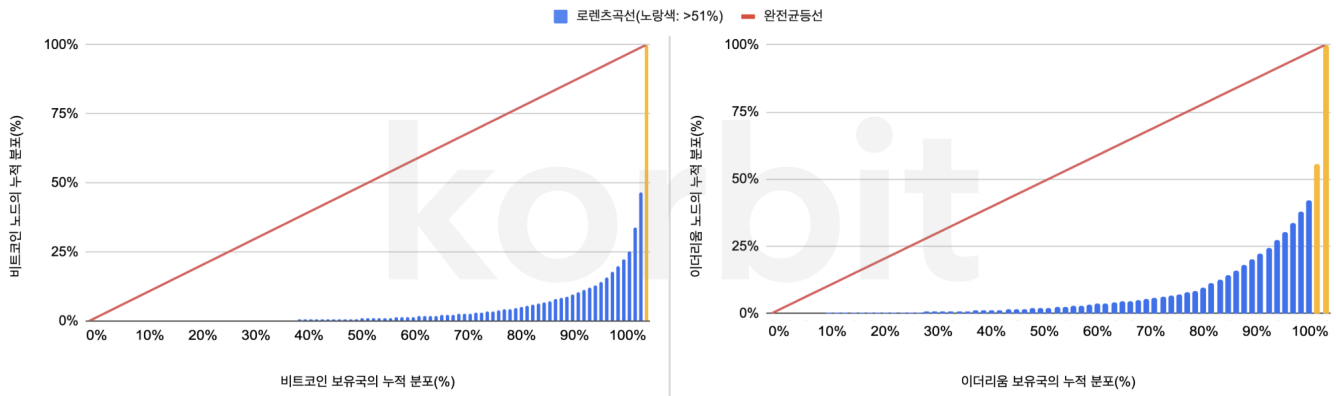
클라이언트(Client)



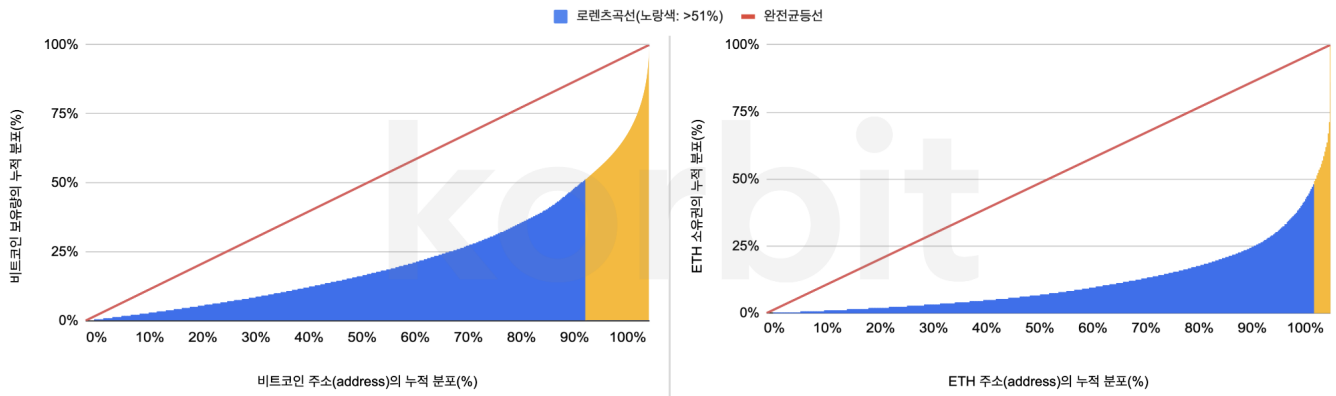
개발자(Developer)



노드(Node)



자산 보유(Ownership)



두 블록체인은 이전 대비 유의미한 탈중앙화 개선

분석 결과를 통해 두 가지 결론을 내릴 수 있다. 첫째, 발라지 스리니바산이 측정한 2017년 대비 비트코인과 이더리움은 탈중앙화가 개선된 것을 알 수 있다. 나카모토 계수를 기준으로 이더리움은 개발자와 자산 보유에서 탈중앙화가 개선되었으며, 비트코인은 자산 보유에서 탈중앙화가 개선되었다. 둘째, 전체 블록체인 네트워크에 대한 나카모토 계수는 이전과 동일하지만, 두 가상자산의 지니 계수는 상승하였기 때문에 탈중앙화가 개선되었다는 것을 알 수 있다. 지니 계수 기준 비트코인은 클라이언트, 개발자, 자산 보유자에서 탈중앙화가 개선되었고, 이더리움은 마이닝, 클라이언트, 개발자, 노드에서 탈중앙화가 개선되었다. 상호 보완적 역할을 하는 두 지표를 기준으로 평가해 보면 과거 5년간 5개 서브시스템 전반적으로 유의미한 탈중앙화가 개선되었음이 확인된다.

탈중앙화 정량화는 지속적인 연구가 필요

본 리포트는 탈중앙화의 기본 개념, 정량화의 필요성, 그리고 그 방법에 대해 알아보았다. 블록체인 네트워크의 탈중앙화 정도를 정량화해야 하는 이유는 3가지이다. 첫째는 합리적인 규제 체계를 만들기 위함이다. 정량화된 탈중앙화 지표는 해당 가상자산의 증권성 판단 기준으로 사용할 수 있다. 둘째는 투자가치 판단 측면이다. 탈중앙화된 네트워크의 특징은 비허가성과 검열 저항성이며 이러한 물성은 네트워크 가치 성장에 중요한 발판이 된다. 셋째는 프로젝트의 효율적인 성장을 위해 필요하다. 네트워크의 각 분야별 탈중앙화 정도를 측정하면 그 결과에 맞추어 개발자 커뮤니티의 리소스를 적절히 배치할 수 있고 그 성과를 평가할 수 있다.

업계 전문가들은 수년 전부터 탈중앙화의 정량화에 대한 몇 가지 방법들을 제안해 왔었다. 본 리포트에서는 나카모토 계수와 지니 계수를 이용하여 주요 가상자산 네트워크인 비트코인과 이더리움의 탈중앙화 정도를 측정하였다. 분석 결과, 2017년 대비 두 네트워크의 탈중앙화는 전반적으로 개선되었음을 확인할 수 있었다.

한가지 오해가 없어야 할 것은 본 리포트 분석 결과가 비트코인과 이더리움의 탈중앙화가 완벽하다든지 그 과정이 완료되었다는 것을 뜻하는 것은 아니라는 것이다. 앞서 언급했듯이 탈중앙화는 현재 진행형이고 상대적인 개념이다. 두 네트워크 모두 2017년 대비 탈중앙화가 개선되었지만 중앙화된 요소들 또한 아직 남아있다. 비트코인과 이더리움 커뮤니티는 이러한 부분들을 지속적으로 개선해야 한다. 탈중앙화를 정량화한 지표는 이러한 과정을 체계적으로 실행하기 위해 필요한 유용한 도구이다.

탈중앙화의 정량화 방법에 대한 연구는 현재 진행형이다. 따라서 향후에는 본 리포트에서 언급한 방법보다 더 우수한 정량화 방법이 제안될 수 있다. 예컨대 Galaxy Digital Research에서는 자산 보유의 불평등 정도를 측정하는 Supply Equity Ratio를 사용하여 탈중앙화를 정량화하고 있다. Supply Equity Ratio는 특정 가상자산 보유 비중이 적은 하위 보유자들의 총공급량을 상위 보유자들의 공급량으로 나누어 산출한다⁵.

당사는 비트코인과 이더리움을 포함한 주요 블록체인의 탈중앙화 트렌드를 체계적으로 분석하기 위해 나카모토 계수와 지니 계수를 모니터링하고 정기적인 리서치 간행물을 통해 공유할 계획이다. 또한 두 지표 외에도 향후 다른 유용한 지표가 나온다면 적극적으로 도입하여 네트워크 내 탈중앙화의 흐름을 더 정확하게 파악할 수 있도록 노력할 계획임을 밝힌다.

⁵ Alex Thorn, "Dogecoin: The most honest, Sh*tcoin", May 4 2021, Galaxy Digital Research.
<https://docsend.com/view/vutymtgqif99yrpu>

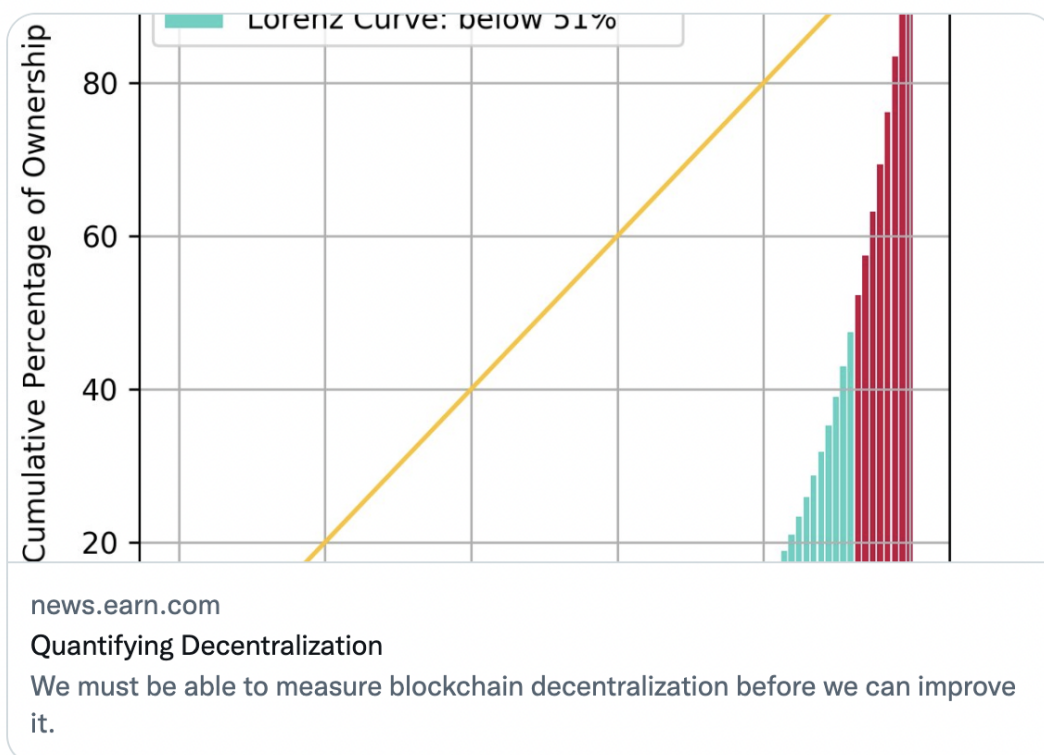


Balaji Srinivasan 
@balajis



Quantifying decentralization allows us to:

- 1) Measure a system's current decentralization level
- 2) Determine how a proposed modification quantitatively impacts decentralization
- 3) Design optimization algorithms & architectures to maximize decentralization



3:50 PM · Dec 3, 2020 · Twitter Web App

작성자

정석문 | Peter Chung

2018년 코빗 입사. 사업개발팀을 거쳐 현재 코빗 리서치센터장 역임중. 그 전에는 커리어 대부분을 홍콩과 뉴욕 금융권에 종사. Goldman Sachs, UBS, Credit Suisse, Nomura를 거치며 top-tier 글로벌 자산운용사 들을 담당하여 아시아 주식 법인 영업을 주도했다. 학업으로는 University of Pennsylvania, The Wharton School에서 Finance 전공으로 학사과정을 졸업하였다.

최윤영 | Yoonyoung Choy

2022년 코빗 입사. (現)코빗 리서치 센터 Research Analyst. (前)삼성경제연구소, 하나금융경영연구소, 서울대 증권금융연구소 근무. 서울대 경영학 박사(Finance 전공). 미시간 주립대, 스미스여대 졸업.

법적 고지서

본 자료는 투자를 유도하거나 권장할 목적이 아니라 투자자들의 투자 판단에 참고가 되는 정보 제공을 목적으로 배포되는 자료입니다. 본 자료에 수록된 내용은 당사 리서치팀이 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로부터 얻은 것이나 오차가 발생할 수 있으며, 당사는 어떠한 경우에도 정확성이나 완벽성을 보장하지 않습니다.

따라서 본 자료를 이용하시는 분은 자신의 판단으로 본 자료와 관련한 투자의 최종 결정을 하시기 바랍니다. 당사는 본 자료의 내용에 의거하여 행해진 일체의 투자 행위에 대하여 어떠한 책임도 지지 않습니다.

본 자료에 나타난 정보, 의견, 예측은 본 자료가 작성된 날짜 기준이며 통지 없이 변경될 수 있습니다. 과거 실적은 미래 실적에 대한 지침이 아니며 미래 수익은 보장되지 않습니다. 경우에 따라 원본의 손실이 발생할 수도 있습니다. 아울러 당사는 본 자료를 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.

본 자료에 나타난 모든 의견은 자료 작성자의 개인적인 견해로, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성되었습니다. 본 자료에 나타난 견해는 당사의 견해와 다를 수 있습니다. 따라서 당사는 본 자료와 다른 의견을 제시할 수도 있습니다.

본 자료는 어떠한 경우에도 고객의 투자 결과에 대한 법적 책임 소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다. 본 자료의 저작권은 당사에 있고, 어떠한 경우에도 당사의 허락 없이 복사, 대여, 재배포될 수 없습니다.