

셀레스티아(Celestia)

해당 번역본은 이용자가 디지털자산 관련 정보를 편리하게 확인할 수 있도록 단순 참고용으로 번역된 것이며, 투자 권유를 목적으로 하지 않습니다.

그 내용이 정확하지 않을 수 있으므로 정확한 정보 습득을 위해서는 원문을 참고하시거나 원문 작성 주체 측에 문의하시기 바랍니다.

두나무는 해당 번역본 내용의 진실성 및 정확성을 보장하지 않고, 제공된 정보에 의한 투자 결과에 대하여 어떠한 책임도 지지 않으며, 투자 손실은 투자자에게 귀속됩니다.

소개

Celestia는 사용자 수에 따라 안전하게 확장되는 모듈형 데이터 가용성 네트워크로, 누구나 손쉽게 자신의 블록체인을 출시할 수 있도록 합니다.

Celestia는 차세대 확장 가능한 블록체인 아키텍처인 모듈형 블록체인을 가능하게 합니다. Celestia는 실행을 합의에서 분리하고 새로운 원시 개념인 데이터 가용성 샘플링을 도입함으로써 확장성을 확보합니다.

전자는 Celestia가 트랜잭션의 정렬과 해당 데이터의 가용성 보장만을 담당한다는 것을 의미하며, 이는 합의를 원자적 브로드캐스트로 축소하는 것과 유사합니다.

후자는 리소스가 제한된 라이트 노드가 각 블록에서 소수의 무작위 조각만을 샘플링함으로써 데이터 가용성을 검증할 수 있게 하여, 데이터 가용성 문제에 대한 효율적인 해결책을 제공합니다.

흥미롭게도, 샘플링에 참여하는 라이트 노드 수가 많아질수록 네트워크가 안전하게 처리할 수 있는 데이터 양이 증가하며, 이로 인해 체인의 검증 비용을 동일하게 증가시키지 않고도 블록 크기를 키울 수 있습니다.

모놀리식 vs. 모듈형 블록체인

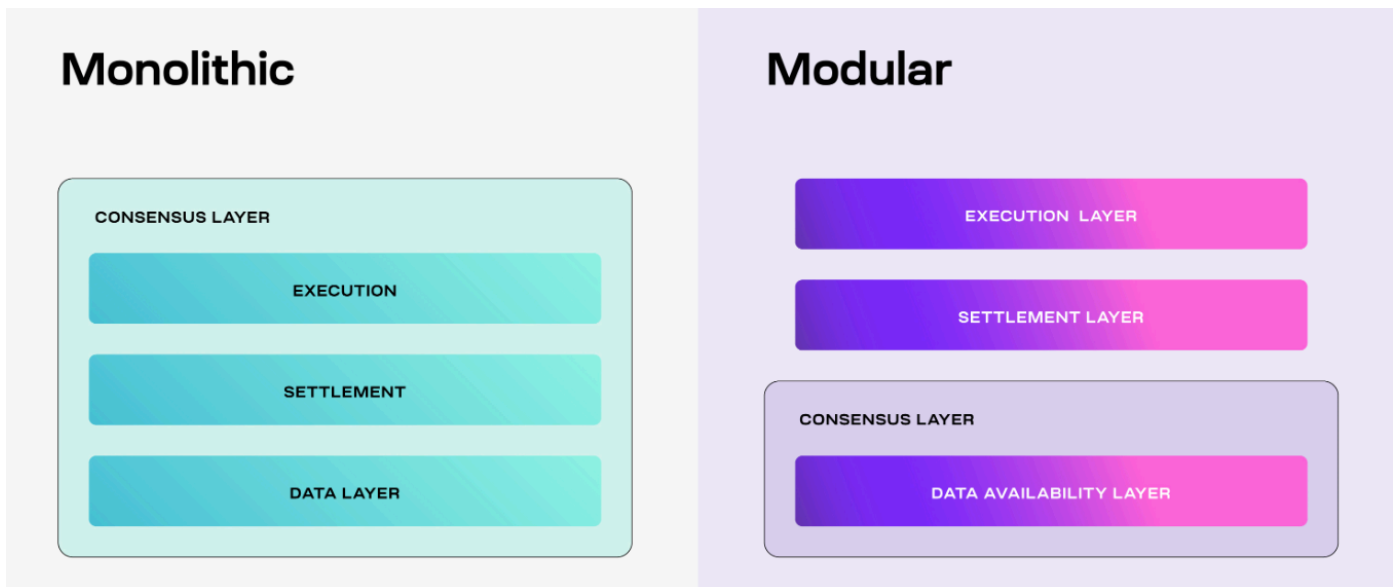
블록체인은 복제된 상태 기계(replication state machine)을 구현합니다. 이는 권한 없는 분산 네트워크의 노드들이 결정론적 트랜잭션의 정렬된 시퀀스를 초기 상태에 적용함으로써 공통된 최종 상태에 도달하는 것을 의미합니다.

즉, 이는 네트워크 내의 노드들이 동일한 규칙 집합(즉, 정렬된 트랜잭션 시퀀스)을 따름으로써 시작 지점(즉, 초기 상태)에서 종료 지점(즉, 공통 최종 상태)으로 이동한다는 것을 의미합니다. 이 과정은 모든 노드가 독립적으로 작동하더라도 블록체인의 최종 상태에 대해 일치된 결과를 도출하게 합니다.

이로 인해 블록체인은 다음의 네 가지 기능을 필요로 합니다:

- **실행(Execution)**은 상태를 올바르게 갱신하는 트랜잭션을 실행하는 것을 의미합니다. 따라서 실행은 유효한 상태 기계 전이(valid state machine transitions)를 초래하는 유효한 트랜잭션만 실행되도록 보장해야 합니다.
- **결제(Settlement)**는 실행 계층이 증명을 검증하고, 사기 분쟁을 해결하며, 다른 실행 계층 간의 브리지를 가능하게 하는 환경을 의미합니다.
- **합의(Consensus)**는 트랜잭션의 순서에 대한 합의를 의미합니다.
- **데이터 가용성(Data Availability, DA)**은 트랜잭션 데이터를 이용 가능하게 만드는 것을 의미합니다. 실행, 결제, 합의는 모두 DA를 필요로 한다는 점에 유의하십시오.

전통적인 블록체인, 즉 **모놀리식 블록체인(monolithic blockchains)**은 이 네 가지 기능을 모두 하나의 베이스 합의 계층 내에 통합하여 구현합니다. 모놀리식 블록체인의 문제는 합의 계층이 다양한 작업을 동시에 수행해야 하므로, 특정 기능에만 최적화될 수 없다는 데 있습니다. 그 결과, 모놀리식 패러다임은 시스템의 처리량을 제한하게 됩니다.



해결책으로서, 모듈형 블록체인은 이러한 기능들을 모듈형 스택의 일부로서 여러 특화 계층으로 분리합니다. 이러한 특화가 제공하는 유연성 덕분에, 해당 스택은 다양한 방식으로 구성될 수 있습니다. 예를 들어, 네 가지 기능을 세 개의 특화된 계층으로 분리하는 방식이 하나의 구성 예입니다.

베이스 계층은 DA와 합의를 포함하므로, 이를 합의 및 DA 계층(또는 간략히 DA 계층)이라 부르며, 결제와 실행은 그 위의 각기 다른 계층으로 이동됩니다. 이로 인해, 모든 계층은 오직 자신에게 해당하는 기능만을 최적으로 수행하도록 특화될 수 있으며, 그 결과 시스템의 처리량을 증가시킬 수 있습니다. 더 나아가, 이러한 모듈형 패러다임은 여러 실행 계층, 즉 **롤업(rollups)**이 동일한 결제 및 DA 계층을 공유할 수 있도록 합니다.

Celestia의 데이터 가용성 계층

Celestia는 데이터 가용성 문제에 대한 확장 가능한 해결책을 제공하는 데이터 가용성(DA) 계층입니다. 블록체인 네트워크의 권한 없는 특성으로 인해, DA 계층은 실행 및 결제 계층이 트랜잭션 데이터가 실제로 가용한지를 신뢰 최소화 방식으로 확인할 수 있는 메커니즘을 제공해야 합니다.

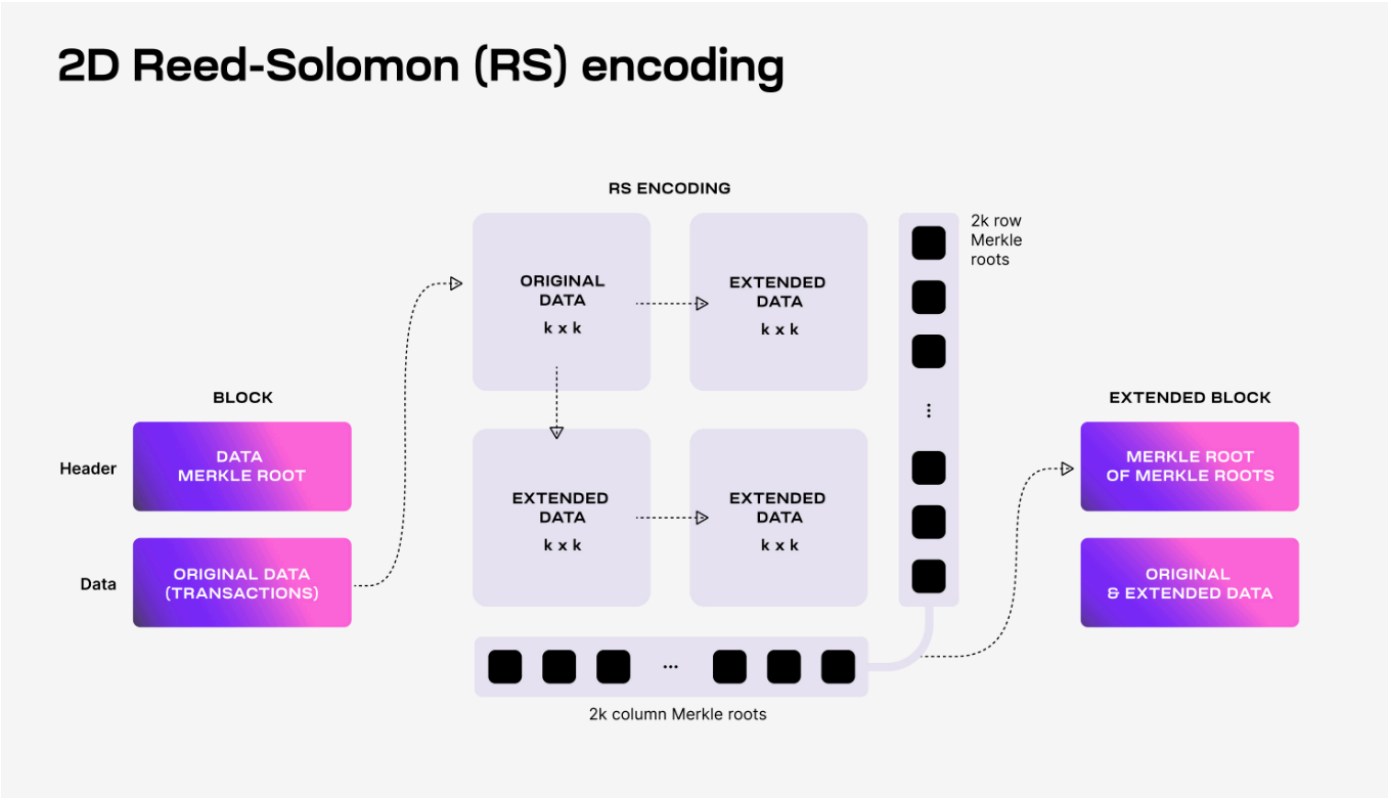
Celestia의 DA 계층의 두 가지 핵심 기능은 데이터 가용성 샘플링 (DAS)과 네임스페이스 머클 트리 (Namespaced Merkle Trees, NMTs)입니다. 이 두 기능은 모두 블록체인 확장을 위한 새로운 솔루션으로, DAS는 라이트 노드가 전체 블록을 다운로드하지 않고도 데이터 가용성을 검증할 수 있도록 하며, NMT는 Celestia 상의 실행 및 결제 계층이 자신들과 관련된 트랜잭션만을 선택적으로 다운로드할 수 있게 해줍니다.

데이터 가용성 샘플링(DAS)

일반적으로 라이트 노드는 블록 데이터(즉, 트랜잭션 목록)에 대한 커밋먼트(즉, 머클 루트)를 포함하는 블록 헤더만 다운로드합니다.

DAS를 가능하게 하기 위해, Celestia는 2차원 Reed-Solomon 인코딩 방식을 사용하여 블록 데이터를 인코딩합니다. 각 블록 데이터는 $k \times k$ 조각으로 분할되어 $k \times k$ 행렬로 배열되며, 여러 차례의 Reed-Solomon 인코딩을 적용해 패리티 데이터를 추가하여 $2k \times 2k$ 확장 행렬로 확장됩니다.

그 다음, 확장된 행렬의 행과 열 각각에 대해 $4k$ 개의 개별 머클 루트를 계산하고, 이들 머클 루트의 머클 루트가 블록 헤더 내 블록 데이터 커밋먼트로 사용됩니다.



데이터가 가용한지를 검증하기 위해, Celestia 라이트 노드들은 $2k \times 2k$ 데이터 조각을 샘플링합니다.

각 라이트 노드는 확장 행렬에서 무작위 고유 좌표 집합을 선택하고, 해당 좌표에 있는 데이터 조각과 그에 대한 머클 증명을 풀 노드에 질의합니다. 라이트 노드가 각 샘플링 요청에 대해 유효한 응답을 받을 경우, 전체 블록 데이터가 가용하다는 높은 확률의 보장을 확보할 수 있습니다.

또한, 유효한 머클 증명을 포함한 각 수신된 데이터 조각은 네트워크에 전파됩니다. 그 결과, Celestia 라이트 노드들이 충분한 수의 데이터 조각(즉, 최소 $k \times k$ 개의 고유 조각)을 함께 샘플링하는 한, 정직한 풀 노드들이 전체 블록을 복원할 수 있습니다.

DAS에 대한 더 자세한 내용은 원본 논문을 참고하십시오.

확장성(Scalability)

DAS는 Celestia가 DA 계층을 확장할 수 있도록 합니다. DAS는 각 라이트 노드가 블록 데이터의 일부만 샘플링하면 되므로, 리소스가 제한된 라이트 노드도 수행할 수 있습니다. 네트워크에 존재하는 라이트 노드가 많을수록, 그들이 집합적으로 다운로드하고 저장할 수 있는 데이터의 양도 많아집니다.

이는 DAS를 수행하는 라이트 노드의 수가 증가할수록 더 큰 블록(즉, 더 많은 트랜잭션을 포함한)을 처리할 수 있다는 것을 의미하며, 그럼에도 불구하고 리소스가 제한된 라이트 노드들에게 DAS는 여전히 실행 가능합니다. 다만, Celestia의 라이트 노드가 블록 헤더를 검증하기 위해서는 $4k$ 개의 중간 머클 루트를 다운로드해야 합니다.

블록 데이터의 크기가 n^2 바이트인 경우, 각 라이트 노드는 $O(n)$ 바이트를 다운로드해야 합니다. 따라서 Celestia 라이트 노드의 대역폭 용량이 개선되면, 이는 Celestia DA 계층의 처리량에 제공에 비례하는 영향을 줍니다.

잘못 확장된 데이터에 대한 사기 증명(Fraud proofs)

$4k$ 개의 중간 머클 루트를 다운로드해야 하는 요구사항은 2차원 Reed-Solomon 인코딩 방식을 사용하기 때문입니다. 대안으로, DAS는 표준(즉, 1차원) Reed-Solomon 인코딩으로 설계할 수도 있습니다. 이 경우 원래의 데이터는 k 개의 조각으로 분할되고, 여기에 k 개의 패리티 데이터를 추가하여 확장됩니다. 이때 블록 데이터 커밋먼트는 총 $2k$ 개의 데이터 조각에 대한 머클 루트가 되므로, 라이트 노드는 블록 헤더를 검증하기 위해 더 이상 $O(n)$ 바이트를 다운로드할 필요가 없습니다.

표준 Reed-Solomon 인코딩의 단점은, 확장 데이터를 잘못 생성하는 악의적인 블록 생성자를 다루어야 한다는 점입니다.

이는 **Celestia가 데이터 가용성을 보장하기 위해 합의자(즉, 블록 생성자)의 다수가 정직할 것을 요구하지 않기 때문**에 가능해집니다. 따라서 확장된 데이터가 유효하지 않을 경우, 비록 라이트 노드들이 충분한 수의 고유 조각(즉, 표준 인코딩에서는 최소 k , 2차원 인코딩에서는 $k \times k$)을 샘플링하더라도 원래 데이터를 복원할 수 없을 수 있습니다.

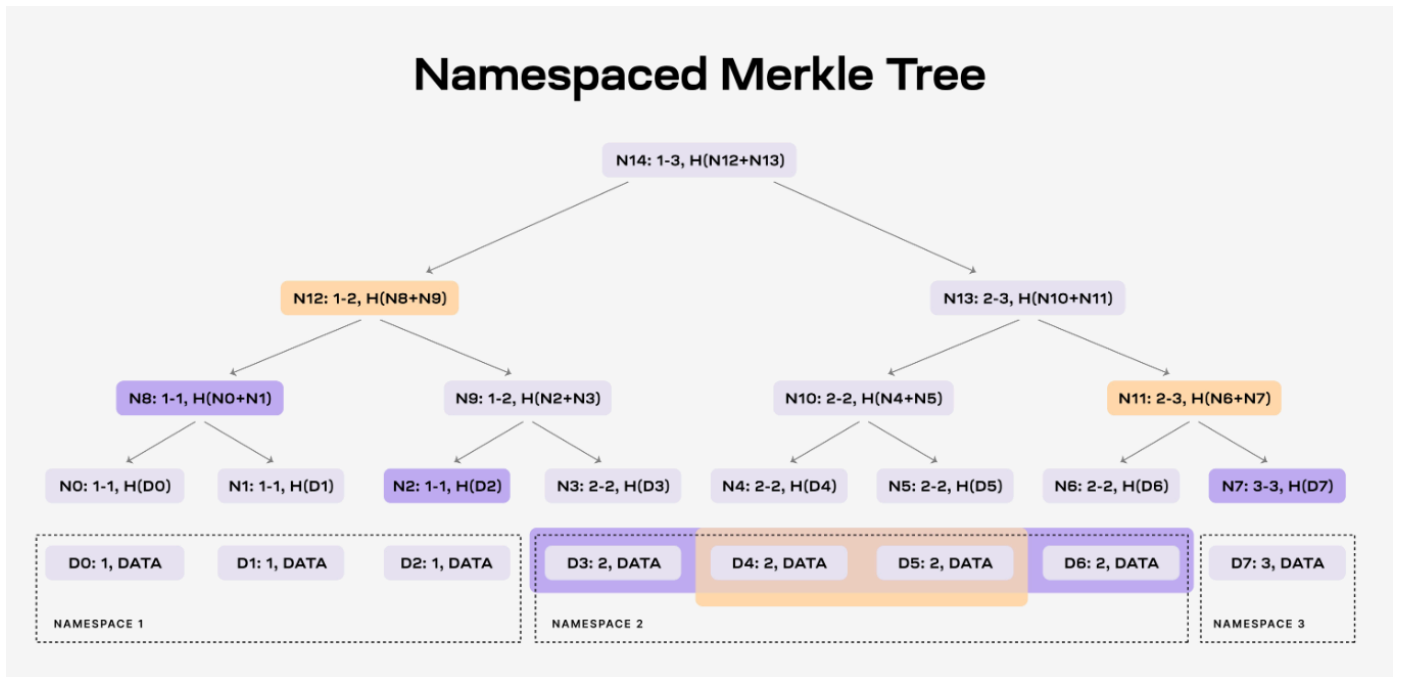
이에 대한 해결책으로 잘못 생성된 확장 데이터에 대한 사기 증명(Fraud Proofs of Incorrectly Generated Extended Data)은 라이트 노드가 유효하지 않은 확장 데이터를 포함한 블록을 거부할 수 있도록 합니다. 이러한 증명은 인코딩을 복원하고 불일치를 검증하는 과정을 요구합니다. 표준 Reed-Solomon 인코딩에서는 이를 위해 원래 데이터를, 즉 n^2 바이트를 다운로드해야 합니다. 반면, 2차원 Reed-Solomon 인코딩에서는 확장 행렬의 단 한 행 또는 단 한 열만 검증해도 충분하므로 $O(n)$ 바이트만 필요합니다.

네임스페이스 머클 트리(Namespace Merkle Trees, NMTs)

Celestia는 DA 계층을 사용하는 각 애플리케이션(예: 롤업)마다 하나씩, 블록 데이터를 여러 네임스페이스로 분할합니다. 그 결과, 각 애플리케이션은 자신에게 해당하는 데이터만 다운로드하면 되며, 다른 애플리케이션의 데이터는 무시할 수 있습니다.

이를 가능하게 하려면, DA 계층은 제공된 데이터가 완전하다는 것, 즉 특정 네임스페이스에 대한 모든 데이터가 반환되었음을 증명할 수 있어야 합니다. 이를 위해 Celestia는 네임스페이스 머클 트리(NMTs)를 사용합니다.

NMT는 머클 트리의 일종으로, 리프 노드들이 네임스페이스 식별자에 따라 정렬되며, 해시 함수가 수정되어 트리 내 모든 노드가 그 하위 노드들의 네임스페이스 범위를 포함하도록 설계되어 있습니다. 다음 그림은 높이 3(즉, 8개의 데이터 조각)을 가지는 NMT의 예시를 보여주며, 데이터는 세 개의 네임스페이스로 구분되어 있습니다.



애플리케이션이 네임스페이스 2의 데이터를 요청하면, DA 계층은 데이터 조각 D3, D4, D5, D6과 증명으로서 노드 N2, N8, N7을 제공해야 합니다 (애플리케이션은 이미 블록 헤더에서 루트 N14를 가지고 있다는 점에 유의하십시오).

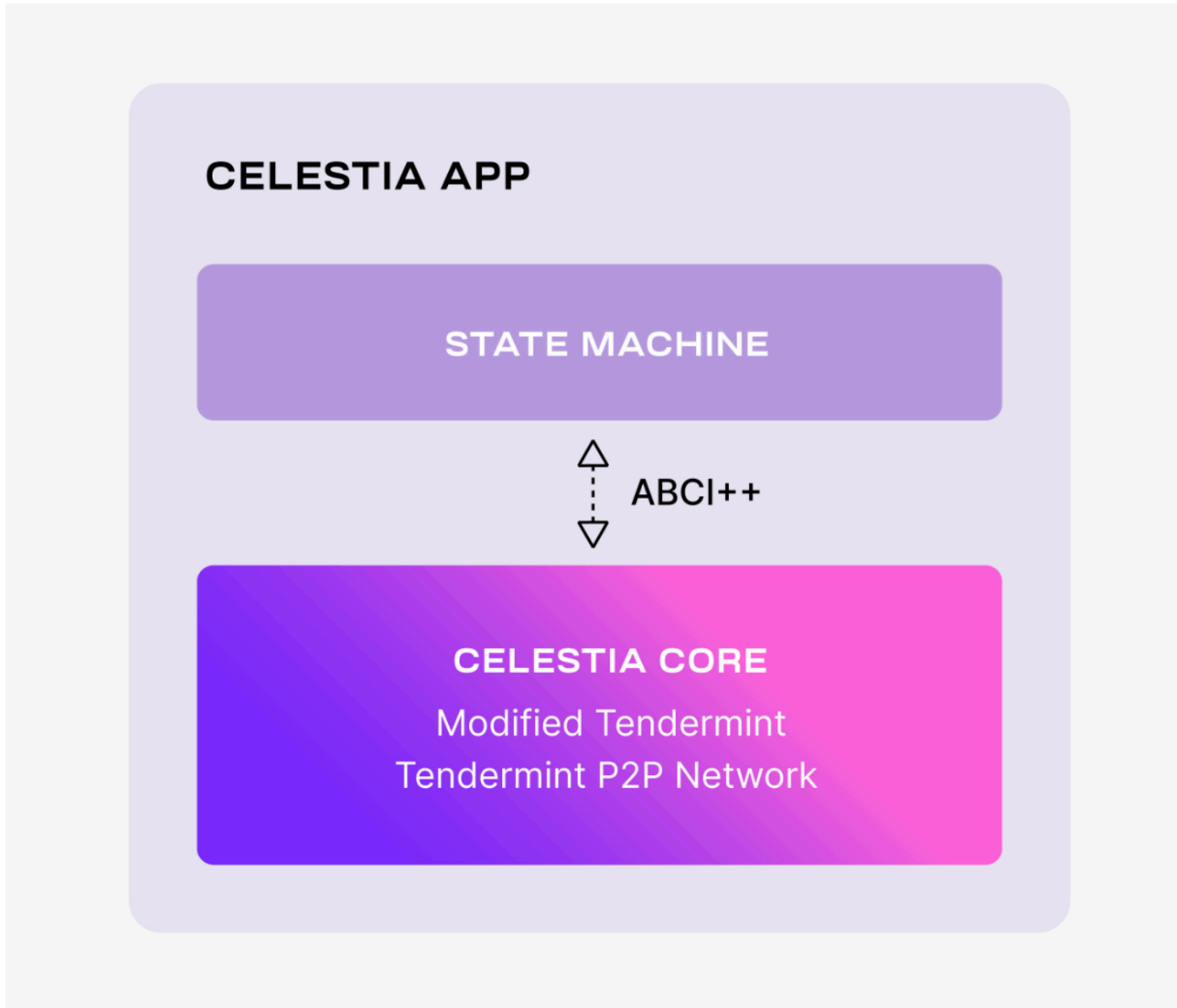
그 결과, 애플리케이션은 제공된 데이터가 블록 데이터의 일부임을 검증할 수 있습니다. 또한, 애플리케이션은 네임스페이스 2에 해당하는 모든 데이터가 제공되었는지도 확인할 수 있습니다. 예를 들어 DA 계층이 D4와 D5만 제공할 경우, 노드 N12와 N11도 증명으로 함께 제공해야 합니다. 그러나 애플리케이션은 이 두 노드의 네임스페이스 범위를 확인함으로써 데이터가 불완전함을 식별할 수 있습니다. 즉, N12와 N11 모두 네임스페이스 2에 속한 하위 노드를 포함하고 있기 때문입니다.

NMT에 대한 보다 자세한 내용은 [원본 논문](#)을 참조하십시오.

DA를 위한 PoS 블록체인 구축

데이터 가용성 제공

Celestia DA 계층은 PoS 블록체인으로 구성되어 있습니다. Celestia는 이 블록체인을 [celestia-app](#)이라 명명하였으며, 이는 DA 계층을 지원하는 트랜잭션을 제공하는 애플리케이션으로, [Cosmos SDK](#)를 기반으로 구축되어 있습니다. 다음 그림은 celestia-app의 주요 구성 요소를 보여줍니다.



celestia-app은 [celestia-core](#) 위에 구축되어 있으며, 이는 [Tendermint 합의 알고리즘](#)의 수정 버전입니다. 기본 Tendermint와 비교할 때, celestia-core의 주요 변경 사항은 다음과 같습니다:

- 블록 데이터를 2차원 Reed-Solomon 인코딩 방식을 통해 소멸 복호화(eraser coding)할 수 있도록 지원합니다.
- Tendermint가 블록 데이터를 저장하기 위해 사용하는 일반 머클 트리를 [네임스페이스 머클 트리](#)로 대체하여, 상위 계층(즉, 실행 및 결제 계층)이 필요한 데이터만 다운로드할 수 있도록 지원합니다 (자세한 내용은 아래 사용 사례 섹션 참조).

Tendermint에 대한 변경 사항의 세부 내용은 [ADR 문서](#)를 참고하십시오. celestia-core 노드는 여전히 Tendermint의 p2p 네트워크를 사용하고 있다는 점에 유의하십시오.

Tendermint와 마찬가지로, celestia-core는 [ABCI++](#)를 통해 애플리케이션 계층(즉, 상태 기계)과 연결됩니다. 이는 [기존 ABCI](#)의 주요 진화 버전입니다.

celestia-app의 상태 기계는 PoS 로직을 실행하고 DA 계층의 거버넌스를 가능하게 하기 위해 필요합니다.

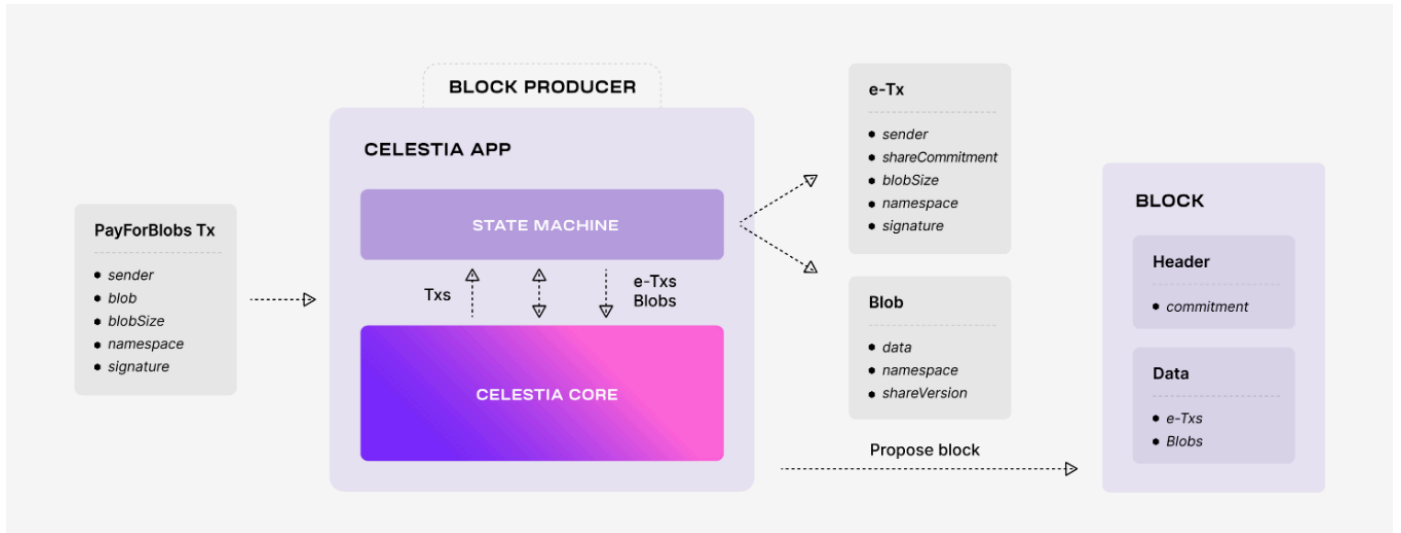
그러나 celestia-app은 데이터 비의존적(data-agnostic)입니다 — 상태 기계는 celestia-app에 의해 제공되는 데이터를 검증하거나 저장하지 않습니다.

celestia-app 트랜잭션의 라이프사이클

사용자는 PayForBlobs 트랜잭션을 전송함으로써 celestia-app에 데이터를 가용하게 만들도록 요청합니다. 각 트랜잭션은 송신자의 신원, 가용하게 만들 데이터(메시지라고도 불림), 데이터 크기, 네임스페이스, 서명으로 구성됩니다. 각 블록 생성자는 여러 개의 PayForBlobs 트랜잭션을 하나의 블록에 모읍니다.

그러나 블록을 제안하기 전에, 생성자는 해당 블록을 ABCI++를 통해 상태 기계에 전달하며, 이때 각 PayForBlobs 트랜잭션은 두 개의 구성 요소로 분할됩니다: 하나는 네임스페이스 메시지(Msg로 표시됨)이며, 이는 네임스페이스 ID와 함께 포함된 데이터이고, 다른 하나는 실행 가능한 트랜잭션(e-Tx로 표시됨)으로, 실제 데이터는 포함하지 않지만, 이후 시점에서 해당 데이터가 실제로 가용했음을 증명할 수 있는 커밋먼트만 포함합니다.

따라서 블록 데이터는 네임스페이스별로 분할된 데이터와 실행 가능한 트랜잭션으로 구성됩니다. 주의할 점은, 블록이 커밋된 이후 Celestia 상태 기계는 이러한 트랜잭션만을 실제로 실행한다는 점입니다.

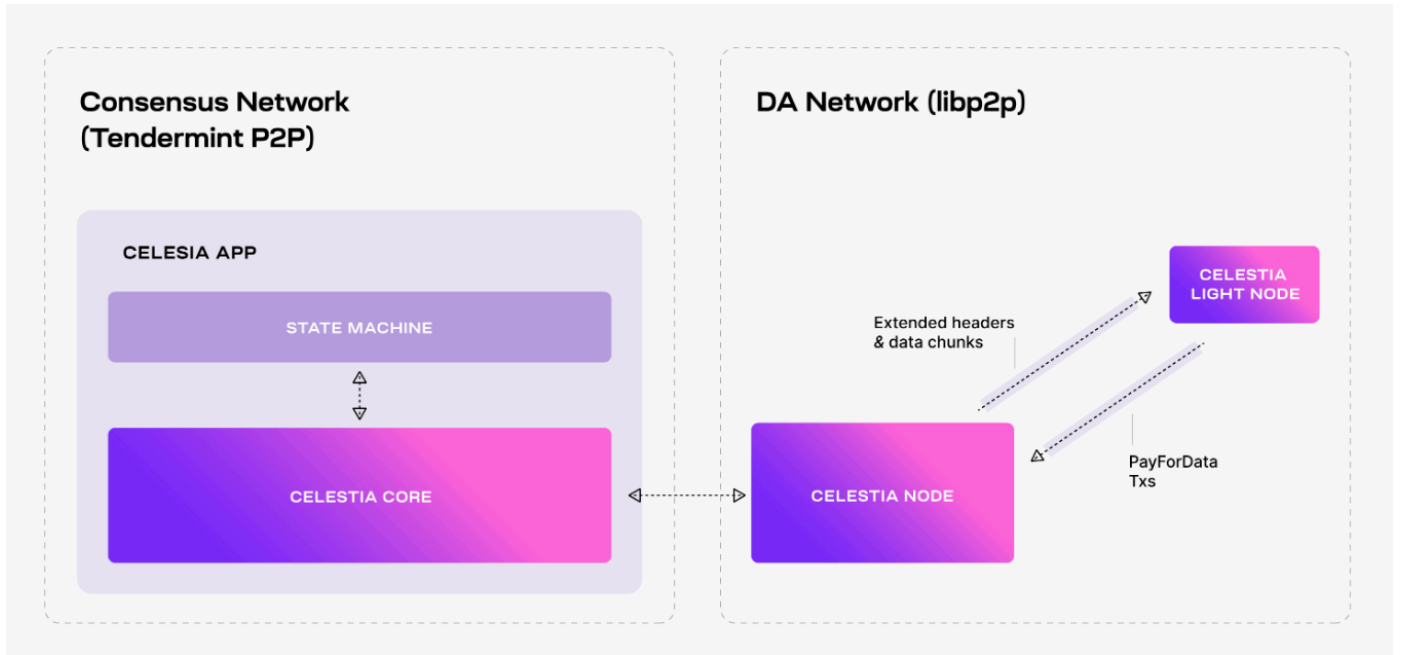


이후 블록 생성자는 블록 헤더에 블록 데이터에 대한 커밋먼트를 추가합니다. "[Celestia의 데이터 가용성 계층](#)"에서 설명된 바와 같이, 이 커밋먼트는 $4k$ 개의 중간 머클 루트(즉, 확장 행렬의 각 행과 열마다 하나씩)의 머클 루트입니다. 이 커밋먼트를 계산하기 위해 블록 생성자는 다음의 작업을 수행합니다:

- 실행 가능한 트랜잭션과 네임스페이스 데이터들을 조각(shares)으로 분할합니다. 각 조각은 네임스페이스를 접두어로 포함한 바이트 시퀀스로 구성됩니다. 이때 실행 가능한 트랜잭션은 예약된 네임스페이스에 할당됩니다.
- 이 조각들을 행 단위로 정렬하여 정사각형 행렬로 배열합니다. 조각은 2의 거듭제곱 크기로 패딩된다는 점에 유의하십시오. $k \times k$ 크기의 결과 행렬은 원본 데이터(original data)라 불립니다.
- 앞서 설명된 2차원 Reed-Solomon 인코딩 스킴을 사용하여 원본 데이터를 $2k \times 2k$ 크기의 확장 행렬로 확장합니다. 확장된 조각들(즉, 소멸 복호화 데이터 포함)은 또 다른 예약된 네임스페이스에 할당됩니다.
- 확장된 행렬의 각 행과 열에 대해, 앞서 설명한 NMT를 이용해 커밋먼트를 계산합니다.

결과적으로 블록 데이터의 커밋먼트는, 확장 행렬의 각 행과 열에 대해 생성된 네임스페이스 머클 서브트리들의 루트를 리프 노드로 가지는 하나의 머클 트리의 루트입니다.

데이터 가용성 확인



연결성을 향상시키기 위해, celestia-node는 celestia-app에 별도의 libp2p 네트워크, 즉 **DA 네트워크**라 불리는 네트워크를 추가하여 DAS 요청을 처리합니다.

라이트 노드는 DA 네트워크에 있는 celestia-node에 연결되어, 확장된 블록 헤더(즉, 4k 개의 중간 머클 루트와 같은 관련 DA 메타데이터가 포함된 블록 헤더)를 수신하고, 수신한 헤더에 대해 DAS를 수행합니다 (즉, 무작위 데이터 조각 요청을 보냄).

DAS 수행은 권장되지만 선택 사항이라는 점에 유의하십시오 — 라이트 노드는 블록 헤더에 포함된 커밋먼트에 해당하는 데이터가 Celestia DA 계층에 의해 실제로 가용하게 되었음을 신뢰하는 방식으로 동작할 수도 있습니다. 추가로, 라이트 노드는 PayForBlobs 트랜잭션과 같은 트랜잭션을 celestia-app에 제출할 수도 있습니다.

블록 헤더에 대해 DAS를 수행하는 동안, 각 라이트 노드는 확장 행렬로부터 무작위로 선택된 여러 데이터 조각과 해당 머클 증명을 Celestia 노드에 요청합니다. 모든 질의가 성공할 경우, 해당 라이트 노드는 DA 관점에서 해당 블록 헤더를 유효한 것으로 간주합니다.

질의 중 하나라도 실패할 경우(즉, 데이터 조각을 받지 못하거나 머클 증명이 유효하지 않은 경우), 라이트 노드는 블록 헤더를 거부하고 나중에 다시 시도합니다. 재시도는 *false negative*(즉, 실제로 블록 데이터가 가용함에도 불구하고 블록 헤더가 거부되는 경우)를 처리하기 위해 필요합니다. 이는 예를 들어 네트워크 혼잡 등으로 인해 발생할 수 있습니다.

반대로, 라이트 노드가 데이터가 실제로 가용하지 않은 상태에서도 블록 헤더를 수용하는 경우(*false positive*)도 있을 수 있습니다. 이는 *soundness* 속성(즉, 정직한 라이트 노드가 어떤 블록을 가용하다고 수용한다면, 결국 적어도 하나의 정직한 풀 노드가 전체 블록 데이터를 보유하게 된다는 성질)이 확률적으로 보장되기 때문에 발생할 수 있습니다. (자세한 내용은 [원본 논문](#)을 참조하십시오.)

Celestia의 파라미터(예: 각 라이트 노드가 샘플링하는 데이터 조각의 수)를 정밀 조정함으로써 *false positive*의 확률은 충분히 낮출 수 있으며, 이로 인해 블록 생성자가 블록 데이터를 은폐할 유인이 사라지게 됩니다.

데이터 검색 가능성 및 프루닝(Data retrievability and pruning)

Celestia와 같은 데이터 가용성 계층의 목적은 블록 데이터가 공개되었음을 증명 가능하게 보장하여, 애플리케이션과 롤업이 자신들의 체인 상태를 확인하고 해당 데이터를 저장할 수 있도록 하는 데 있습니다. 그러나 일단 데이터가 게시된 이후에는, 데이터 가용성 계층이 히스토리 데이터를 영구적으로 저장하거나 검색 가능하게 유지할 것을 본질적으로 보장하지는 않습니다.

이 문서에서는 Celestia에서의 데이터 검색 가능성과 프루닝 현황에 대해 설명하고, 롤업 개발자들이 새로운 롤업 노드를 동기화할 수 있도록 하기 위한 몇 가지 팁도 제공합니다.

celestia-node에서의 데이터 검색 가능성과 프루닝

버전 v0.13.0부터 celestia-node는 [CIP-4](#)에 명시된 바와 같이 라이트 노드의 샘플링 윈도우를 30일로 설정하였습니다. 이는 프루닝 기능이 도입되면, 라이트 노드가 제네시스 이후의 모든 블록을 샘플링하는 대신 최근 30일 이내의 블록만을 샘플링하게 됨을 의미합니다. 이 변경은 celestia-node에 프루닝 개념을 도입하며, 30일 윈도우를 벗어난 데이터는 라이트 노드에 의해 저장되지 않을 수 있다는 점에서, 네트워크 내 데이터 검색 및 저장 방식에 중요한 전환점을 제공합니다 ([v0.13.0 릴리스 노트](#)).

프루닝이 완전히 구현되면, 라이트 노드는 기본적으로 recency window(최근성 윈도우)를 벗어난 데이터 블록을 삭제하게 됩니다. 그러나 데이터를 프루닝하지 않는 아카이브 노드는 해당 데이터를 계속 저장합니다. 라이트 노드는 퍼블릭 네트워크에 아카이브 노드가 존재하는 한, 해당 노드들로부터 네임스페이스 내 과거 블록 데이터를 쿼리할 수 있습니다.

프루닝이 완전히 도입되면, 라이트 노드는 오직 30일 이내의 블록에 대해서만 데이터 가용성 샘플링을 수행하게 됩니다.

롤업을 위한 권장 관행

롤업은 새 롤업 노드가 과거 블록을 재실행하여 최신 상태를 복원할 수 있도록, 과거 데이터를 접근해야 할 수 있습니다. Celestia에 데이터가 게시되고 가용성이 보장된 이후부터는, 롤업 및 애플리케이션이 자신의 과거 데이터를 저장할 책임을 집니다.

퍼블릭 Celestia 네트워크에 아카이브 노드가 존재하는 한, celestia-node의 GetAll API 메서드를 통해 과거 블록에 접근할 수 있지만, 롤업 개발자들은 이 방식을 유일한 수단으로 의존해서는 안 됩니다. 퍼블릭 아카이브 노드가 무료로 과거 데이터 요청을 처리해줄 것이라는 보장은 없기 때문입니다. 아래는 과거 데이터에 접근할 수 있는 기타 권장 방식입니다:

- **전문 아카이브 노드 또는 데이터 제공업체 사용.** 전문 인프라 제공업체는 유료 방식으로 아카이브 노드 접근을 제공할 것으로 예상됩니다. 예를 들어 GetAll API 메서드를 이용해 과거 데이터를 조회할 수 있습니다. QuickNode와 같은 서비스는 전체 과거 데이터를 유지하는 아카이브 노드 서비스를 제공하며, 과거 트랜잭션 및 상태에 대한 안정적인 접근을 보장합니다. 이는 퍼블릭 Celestia 네트워크의 무료 아카이브 노드에만 의존하는 것보다 강력한 보장을 제공합니다. 사용 가능한 제공업체 목록은 [네트워크 개요 페이지](#)를 참고하고, 특정 아카이브 노드 엔드포인트는 [archival DA RPC endpoints](#) 섹션을 참고하십시오.
- **롤업 노드 스냅샷 공유.** 롤업은 데이터 디렉토리의 스냅샷을 공유하여, 새로 노드를 시작하는 사용자가 이를 수동으로 다운로드할 수 있도록 할 수 있습니다. 이 스냅샷은 롤업의 최신 상태와/또는 전체 과거 블록을 포함할 수 있습니다.
- **과거 블록 동기화를 위한 P2P 지원 추가.** 이는 스냅샷 공유의 자동화된 버전으로, 롤업 노드 간에 피어 투 피어 네트워크를 통해 과거 블록 데이터를 다운로드할 수 있도록, 자체 블록 동기화 기능을 구현하는 방식입니다.
 - **네임스페이스 고정(Namespace pinning):** 향후 celestia-node는 특정 네임스페이스의 데이터를 "고정(pinning)"하여 해당 데이터를 저장하고 다른 노드에게 제공할 수 있도록 설정하는 기능을 지원할 예정입니다. 이를 통해 롤업 노드는 자체적인 P2P 블록 동기화 메커니즘 없이도 자신들의 데이터를 책임지고 저장할 수 있게 됩니다.

TIA 개요

TIA 한눈에 보기

속성	세부 내용
약어	TIA
제네시스 시 총 공급량	1,000,000,000 TIA
인플레이션 일정	첫 해에 8%, 이후 매년 10%씩 감소하여 연간 1.5%의 인플레이션 하한선에 도달할 때까지 감소
소수점 자릿수	6
단위 변환	$1 \mu\mathrm{TIA} = \mathrm{TIA} \times 10^{-6}$

TIA의 역할

블록 공간(blobspace) 지불 수단

Celestia의 네이티브 자산인 TIA는 세계 최초의 모듈형 블록체인 네트워크에서 개발자들이 구축하는 방식의 핵심 구성 요소입니다. Celestia를 데이터 가용성 계층으로 사용하기 위해, 롤업 개발자들은 네트워크 상에서 PayForBlobs 트랜잭션을 TIA로 수수료를 지불하고 제출합니다.

신규 롤업 부트스트랩

Celestia의 비전에서 핵심은 블록체인 배포가 스마트 컨트랙트 배포만큼 간단해야 한다는 것입니다. 모듈형 시대에서는 개발자들이 자체 블록체인을 출시하기 위해 별도의 토큰을 발행할 필요가 없습니다.

Ethereum 기반 롤업에서 ETH가 사용되는 방식과 유사하게, 개발자는 데이터 가용성 비용 지불뿐 아니라, 가스 토큰 및 통화로서 TIA를 사용함으로써 빠르게 체인을 부트스트랩할 수 있습니다. 이 모드에서는 자체 토큰을 즉시 발행하지 않고 애플리케이션 또는 실행 계층 개발에 집중할 수 있습니다.

지분증명(Proof-of-Stake)

Cosmos SDK로 구축된 권한 없는 네트워크인 Celestia는 자체 합의를 보호하기 위해 지분증명(PoS)을 사용합니다. 다른 Cosmos 네트워크들과 마찬가지로, 누구나 자신의 TIA를 Celestia 검증인에게 위임함으로써, 검증인의 스테이킹 보상의 일부를 받으며 네트워크 보안에 기여할 수 있습니다.

Cosmos에서 [지분증명이 어떻게 작동하는지 알아보세요](#).

탈중앙 거버넌스

TIA 스테이킹은 커뮤니티가 Celestia의 핵심 요소에 대한 탈중앙 거버넌스에 중요한 역할을 수행할 수 있도록 합니다. 예를 들어 거버넌스 제안을 통해 네트워크 파라미터에 투표하거나, 블록 보상의 2%가 할당되는 커뮤니티 풀을 관리할 수 있습니다.

[Celestia의 탈중앙 거버넌스 모델에 대해 더 알아보세요](#).

단위(Denominations)

TIA: 표시용 토큰

TIA는 지갑이나 사용자 인터페이스에서 일반적으로 표시되는 DisplayDenom입니다.

utia: 스테이킹 단위

utia는 BondDenom이며 "micro TIA"를 의미합니다. 1 TIA = 1,000,000 utia입니다. 이는 네이티브 스테이킹 단위입니다.

스테이킹 작업이나 트랜잭션에서 명시된 단위가 없을 경우, 기본적으로 utia로 간주됩니다.

microtia: 스테이킹 단위 별칭

microtia는 utia의 별칭인 BondDenomAlias입니다.

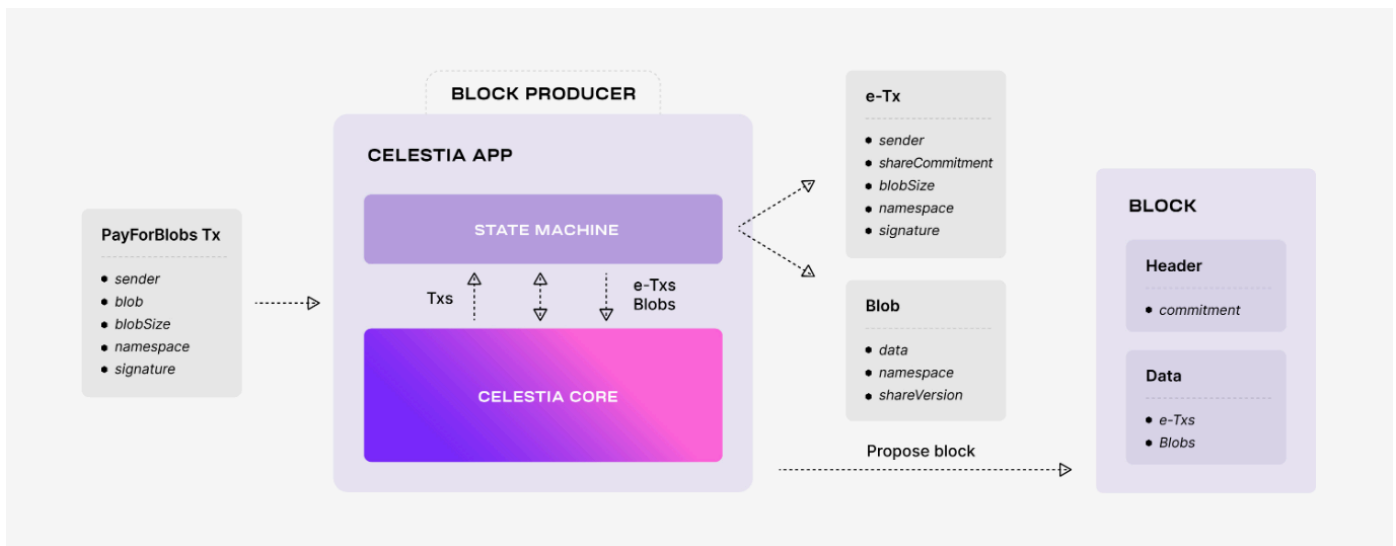
블롭 공간(blobspace) 지불

PayForBlobs 트랜잭션

Celestia에 데이터를 게시하려면, 개발자는 PayForBlobs 트랜잭션을 제출할 수 있습니다. PayForBlobs 트랜잭션은 송신자의 신원, 가용하게 만들 데이터, 데이터 크기, 네임스페이스, 그리고 서명으로 구성됩니다.

각 PayForBlobs 트랜잭션은 두 부분으로 분할됩니다: 가용하게 만들 데이터를 네임스페이스와 함께 포함한 블롭(blob) 또는 복수의 블롭, 그리고 해당 데이터에 대한 커밋먼트를 포함하는 실행 가능한 지불 트랜잭션입니다.

블롭과 실행 가능한 지불 트랜잭션은 각각 해당 네임스페이스에 따라 블록에 포함됩니다. 블록 데이터는 소멸 복호화(eraser coding)를 사용해 확장되며, 이후 머클 트리로 변환되어 블록 헤더에 포함되는 데이터 루트 커밋먼트로 구성됩니다.



수수료 시장 개요

Celestia는 표준 가스 가격 우선 순위(mem-pool) 방식을 사용합니다. 이는 수수료가 높은 트랜잭션이 검증자에 의해 우선 처리된다는 것을 의미합니다. 수수료는 트랜잭션당 고정 수수료와 트랜잭션에 포함된 각 블롭의 크기에 따라 변동되는 가변 수수료로 구성됩니다.

Celestia에서 수수료가 어떻게 계산되는지에 대해서는 [PFB 트랜잭션 제출 개요](#)를 참고하세요.

스테이킹, 거버넌스, 공급

Celestia에서의 지분증명(PoS)

Celestia는 CometBFT 및 Cosmos SDK 기반의 지분증명(Proof-of-Stake) 블록체인입니다. Celestia는 프로토콜 내 위임을 지원하며, 초기에는 100개의 검증인 세트로 시작합니다.

검증인 또는 위임자로서 TIA를 스테이킹하면 네트워크로부터 스테이킹 보상을 받을 수 있습니다. 검증인은 위임자로부터 수수료를 부과하며, 이 수수료는 스테이킹 보상의 일부 비율로 구성됩니다.

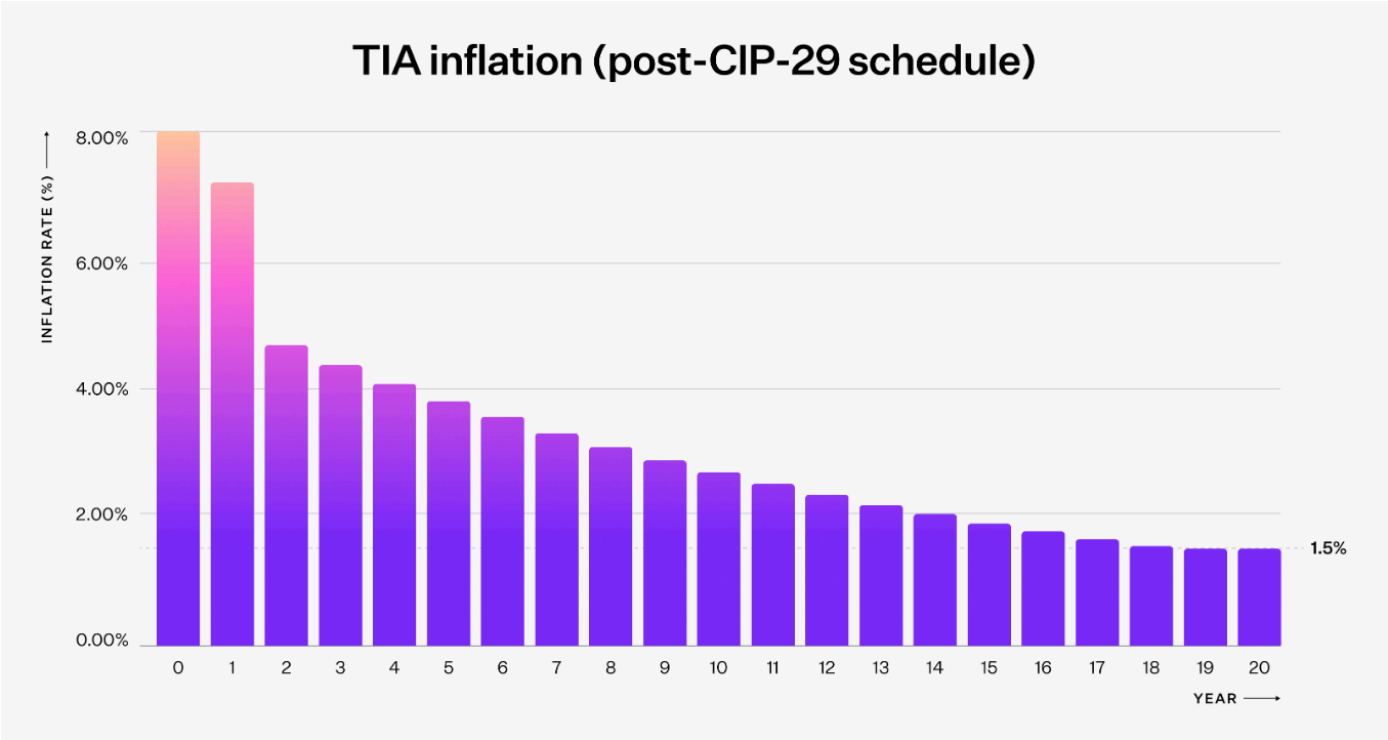
Cosmos SDK 체인(Celestia 포함)에서 [지분증명이 어떻게 작동하는지 알아보세요](#).

합의 메커니즘	지분증명(Proof-of-Stake)
블록체인 프레임워크	Cosmos SDK
검증인 세트 크기	100
위임(Delegation) 지원	있음

[커뮤니티 대시보드에서 직접 스테이킹하는 방법을 알아보세요](#).

인플레이션

TIA의 인플레이션은 연간 8%에서 시작합니다. 초기에는 매년 10%씩 감소하여 장기적으로 1.5%의 발행률에 도달하도록 설정되어 있었습니다. 그러나 2025년 7월의 v4 Lotus 업그레이드(CIP-29) 이후, 인플레이션율은 약 7.2%에서 약 5.0%로 하락하였으며, 이후 매년 6.7%씩 감소하여 1.5%에 안정적으로 도달할 때까지 계속 감소할 예정입니다. 아래 도표는 초기 인플레이션율과 v4 업그레이드 이후의 인플레이션율을 모두 보여줍니다.



연간 인플레이션 공급량은 매년 초 기준 TIA 총 공급량을 기준으로 계산됩니다. Celestia는 블록마다 발행할 TIA 수량을 계산할 때 블록 높이 대신 블록 타임스탬프를 사용합니다. 이는 블록 간 시간 간격이 일정하지 않아 실제 발행량이 목표치를 초과할 수 있기 때문입니다.

보다 자세한 내용은 [ADR019](#)를 참조하십시오.

탈중앙 거버넌스

네트워크 파라미터

TIA 보유자(스테이킹 여부와 무관)는 일부 네트워크 파라미터 변경을 위한 거버넌스 제안을 제출하고 투표할 수 있습니다. 자세한 내용을 확인하려면 [변경 가능한 파라미터와 변경 불가능한 파라미터 목록 및 현재 값](#)을 참조하세요. 또한, [거버넌스 제안 제출 및 투표 방법](#)도 확인해 보세요.

커뮤니티 풀

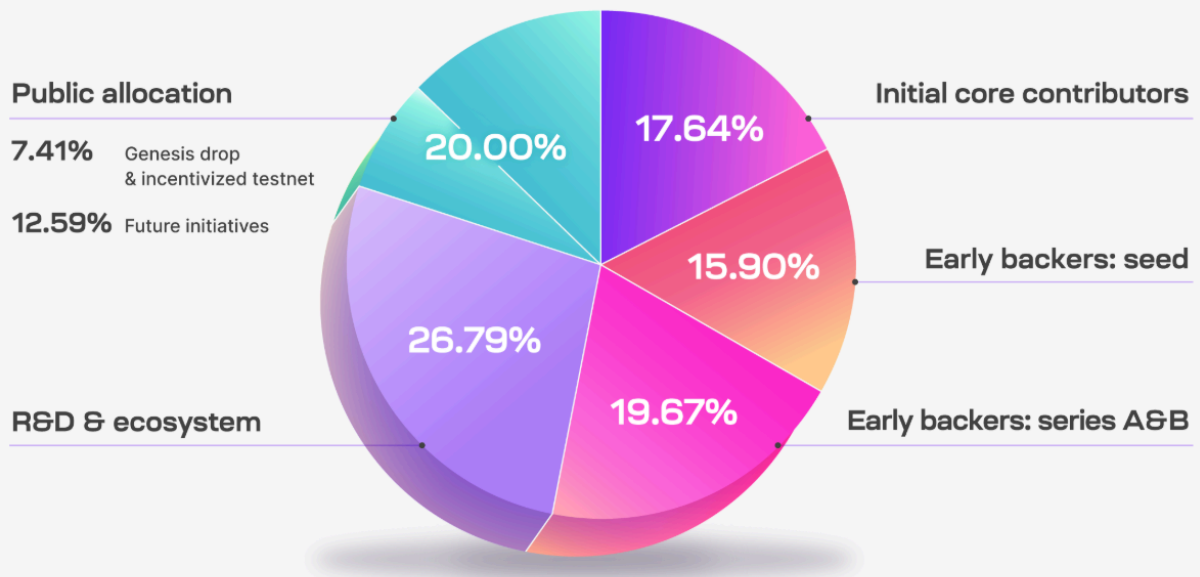
Celestia의 [커뮤니티 풀](#)은 제네시스 시점부터 Celestia 블록 보상의 2%를 수령합니다. 많은 다른 Cosmos SDK 체인들과 마찬가지로, TIA 스테이커들은 생태계 이니셔티브에 자금을 지원할지 여부에 대해 투표할 수 있습니다.

[커뮤니티 풀 자금 지출을 위한 거버넌스 제안 제출 방법](#)을 알아보세요.

TIA의 제네시스 시점 할당

Celestia는 제네시스 시점에 총 10억 TIA를 공급하며, 아래 도표와 표에 나오는 다섯 개 범주에 따라 분배됩니다.

TIA allocation at genesis



범주	설명	비율
퍼블릭 할당	제네시스 드롭 및 인센티브 테스트넷: 7.41% 향후 이니셔티브: 12.59%	20.00%
R&D 및 생태계	Celestia 재단과 핵심 개발자에게 할당된 토큰으로, 다음을 포함한 연구·개발·생태계 이니셔티브에 사용: - 프로토콜 유지보수 및 개발 - 롤업 개발자, 인프라, 노드 운영자를 위한 프로그램	26.79%
초기 후원자: 시리즈 A&B	Celestia의 초기 후원자	19.67%
초기 후원자: 시리즈	Celestia의 초기 후원자	15.90%
초기 핵심 기여자	Celestia의 첫 번째 핵심 기여자인 Celestia Labs 구성원	17.64%

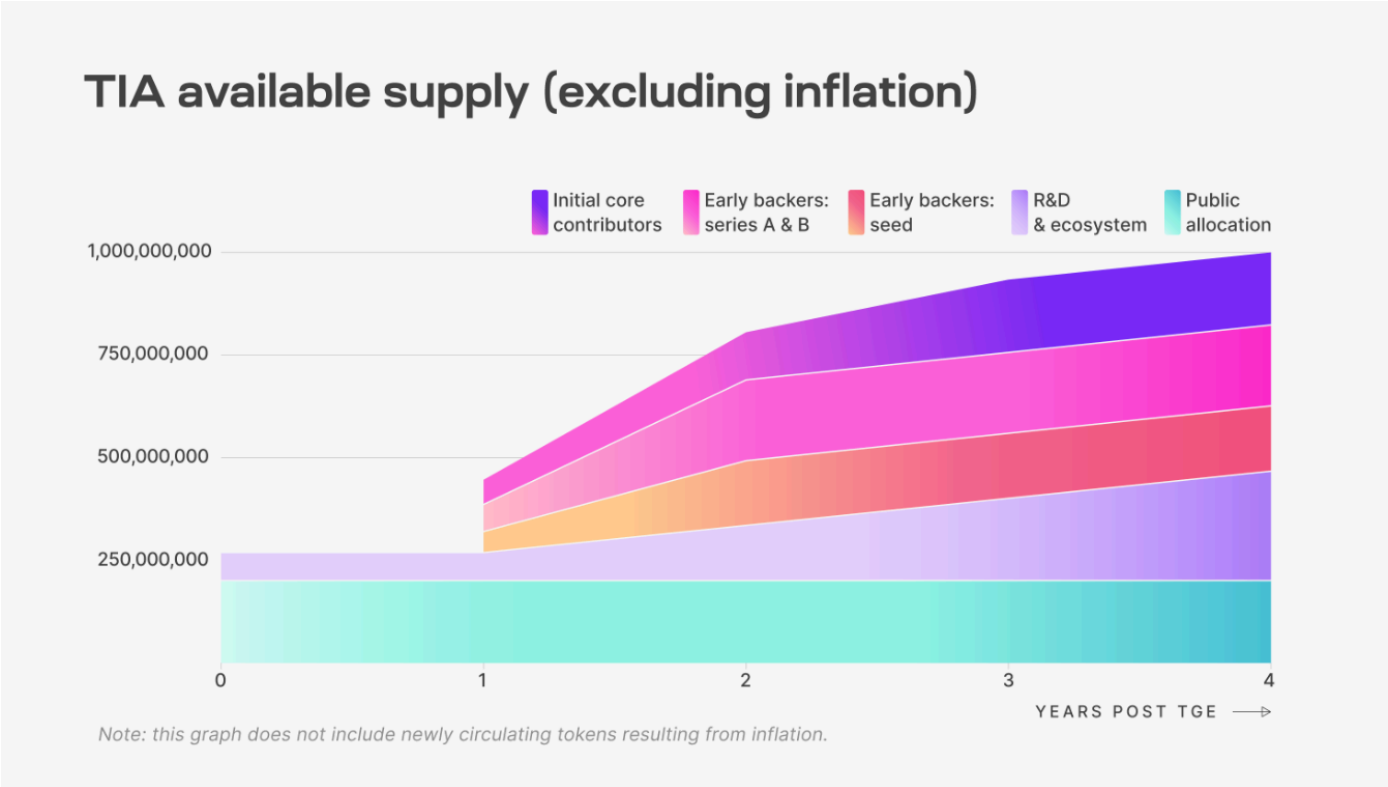
락 해제(Unlocks)

Celestia의 제네시스 시점 총 공급량 10억 TIA는 여러 가지 락 해제 스케줄을 따릅니다. 잠금 여부와 관계 없이 모든 토큰은 스테이킹이 가능하며, 스테이킹 보상은 수령 시 자동으로 잠금 해제되며 유통 공급량에 추가됩니다.

유통 공급량(Circulating supply)은 온체인 전송 제한 없이 일반 유통 중인 TIA 토큰의 양을 의미합니다.

가용 공급량(Available supply)은 유통 공급량에 포함되거나, 잠금 해제되었지만 언제 할당될지를 결정하기 위한 거버넌스 절차가 필요한 토큰의 양을 의미합니다. 여기에는 R&D 및 생태계 토큰의 잠금 해제된 부분과 향후 이니셔티브를 위한 토큰이 포함됩니다.

유통 공급량과 가용 공급량에 대한 정의는 [Optimism의 정의](#)를 참조하여 작성되었습니다.



범주별 락 해제 일정은 아래 표와 같습니다.

참고: 2024년은 윤년이므로, 매년의 락 해제는 10월 30일에 발생합니다. 예: 1년 차 락 해제는 2024년 10월 30일에 이루어집니다.

범주**락 해제 일정**

퍼블릭 할당

출시 시점에 전량 락 해제

R&D 및 생태계

출시 시점에 25.00% 락 해제
나머지 75.00%는 1년 차부터 4년 차까지 지속적으로 락 해제

초기 핵심 기여자

1년 차에 33.33% 락 해제
나머지 66.67%는 1년 차부터 3년 차까지 지속적으로 락 해제

초기 후원자: 시드

1년 차에 33.33% 락 해제
나머지 66.67%는 1년 차부터 2년 차까지 지속적으로 락 해제

초기 후원자: 시리즈 A&B

1년 차에 33.33% 락 해제
나머지 66.67%는 1년 차부터 2년 차까지 지속적으로 락 해제