

# 글로벌 블록체인 기술·정책·산업 동향

## *Global Blockchain Tech, Policy & Industry Trends*

블록체인 기술·정책·산업

CONTENTS

1. 블록체인 기반 IoT 라우팅의 보안 및 성능 최적화 메커니즘
2. 블록체인 기반 녹색인증서 연구의 기술 및 제도적 진화 경로
3. 의료 비즈니스 혁신을 위한 블록체인 데이터 신뢰 체계
4. 인도네시아 탄소 거래 체계의 블록체인 기반 인프라
5. OECD 책임 있는 인공지능(AI) 실사 지침

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털기반본부 디지털신뢰단 블록체인정책팀

[글로벌]

**블록체인 기반 IoT 라우팅의 보안 및 성능 최적화 메커니즘**

- 스마트 시티의 고밀도 IoT 환경에서 발생하는 라우팅 위협을 하이퍼레저 패브릭 분산 아키텍처로 해결함
- 경로 유효성 검증과 합의 제어 기술로 네트워크 처리량을 30% 향상시키고 지연 시간을 40% 단축함

**NS-3 시뮬레이션 환경을 통해 악성 노드의 위변조 및 라우팅 우회 공격을 실시간 차단하고 대규모 네트워크 스케일아웃 상황에서도 시스템 오버헤드를 줄여 안정적인 토폴로지 제어 가용성을 완벽히 실증함**

▶ **스마트 시티 사물인터넷 인프라에서 발생하는 기존 레거시 라우팅 프로토콜의 대규모 전송 한계를 고찰함**

- 급격하게 확장되는 무선 센서 네트워크 환경 내 이기종 단말의 동적인 토폴로지 변화로 인하여 하드웨어 자원이 부족한 소형 기기 간의 실시간 제어 데이터 전송 기술의 확장성 정체 현상이 점차 심화됨
- 6TiSCH 및 ROLL 등 기존의 분산 라우팅 규격은 밀집된 데이터 트래픽 상황을 유연하게 수용하여 전송 성공률을 보장할 수 있도록 대규모 밀집 네트워크 환경에 적합하게 구조적으로 설계되지 못함
- 게이트웨이에 집중되는 중앙 관리형 토폴로지는 단일 장애점 취약성을 지니고 있어, 외부의 유해한 악성 노드가 우회 경로를 통해 의도적으로 트래픽을 교란하는 보안 위협에 매우 취약함
- 네트워크 참여 노드 간의 상호 신원 인증 메커니즘 부재로 인하여 스푸핑 및 리플레이 등 악성 가짜 패킷 유입을 기계적으로 판별하여 데이터 패킷의 무결성을 지키는 방어선을 구축하기 어려움

▶ **하이퍼레저 패브릭 분산 원장 기술을 네트워크 레이어 코어에 통합한 3대 계층 구조 아키텍처를 정립함**

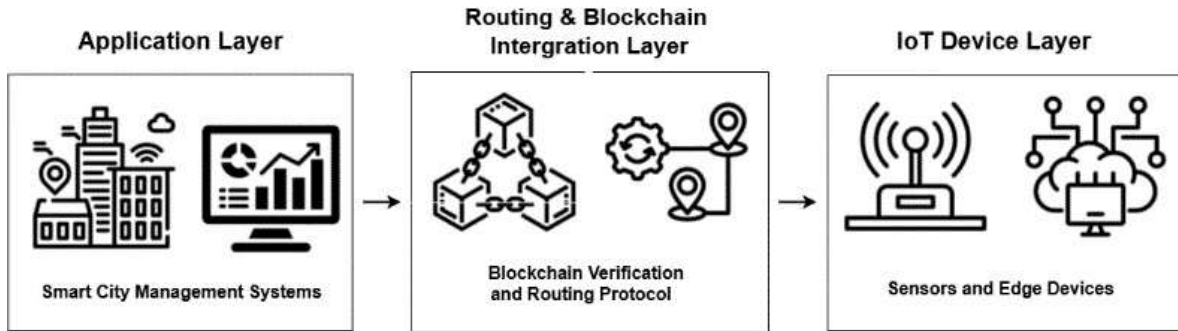
- 트랜잭션 무결성을 물리적으로 보장하기 위해 분산 원장 합의 엔진을 라우팅 의사결정 프로세스의 하부 구조와 직접 결합하여 분산형 보안 프레임워크의 아키텍처 토대를 공학적으로 정립함
- 디바이스 레이어(IoT Device Layer)를 통해 환경 센서 및 스마트 미터 등 다양한 사물인터넷 단말의 초기 메시지 신호를 수집하여 이기종 데이터 소스의 규격을 일관되게 정형화하는 작업을 유도함
- 라우팅·블록체인 통합 레이어상에서 합의 프로토콜을 구동하여 라우팅 경로의 진위 여부를 상시 검증하고 위변조가 영구히 불가능한 암호학적 분산 블록 내 원장 형태로 상시 백업하여 저장함
- 최상위 애플리케이션 레이어를 배치하여 검증 완료된 물리 데이터를 기반으로 교통 및 에너지망 등 실시간 지능형 제어를 수행하여 전체적인 비즈니스 거버넌스 규칙의 완전성을 안정적으로 유도함

▶ **분산 스마트 계약의 프로그래머블 자동화 규칙을 주축으로 작동하는 4대 핵심 트랜잭션 관리 모듈을 설계함**

- 노드 인증 계약 규칙을 온체인 상에 코딩하여 미인가 단말의 통신 네트워크 진입을 프로토콜 단에서 차단함으로써 초동 단계의 기기 식별 인터페이스 안정성을 성공적으로 보장함
- 경로 검증 계약을 구현하여 인가된 노드들이 상호 제출한 라우팅 테이블의 무결성을 분산 노드 간 자율 검증 체계에 기반하여 필터링함으로써 악의적인 통신 노드의 교란 행위를 정밀 제어함

- 이상 징후 탐지 계약 메커니즘을 내장하여 블랙홀 및 패킷 위변조 발생 노드를 실시간 식별하고 거부너스를 강화하여 불필요한 트래픽의 누출 가능성을 데이터 레이어 수준에서 완전 소거함
- 최적화된 트래픽 제어 파이프라인 설계를 통해 대규모 자원이 집중되는 가동 환경에서도 최대 10,000 TPS 이상의 처리 가용성을 확보하여 다층 분산 거버넌스의 신뢰도를 대폭 향상함

[ 제안된 프레임워크의 고수준 아키텍처 구조도 ]



출처 : Nature, 'A blockchain enabled IoT routing framework improving security and performance in smart cities', 2026.05.21.

▶ **블록체인 원장 내 패킷 전송 이력의 영속성 유지와 오버헤드 경량화를 위한 라우팅 쿼리 최적화를 정립함**

- 분산 합의를 통과하여 유효성이 검증된 소스 노드, 목적지 노드, 경유 경로 인덱스 및 타임스탬프 데이터를 블록에 반영하여 이기종 플랫폼 간의 상호운용성 지표 구조 체계를 명확하게 정립함
- 신규 패킷 발송 요청 발생 시 노드가 원장을 우선 조회하여 기 검증된 경로의 유무를 판별하는 스마트 쿼리 기술을 적용하여 전체 라우팅 인프라 전반의 메모리 탐색 병목 리스크를 억제함
- 과거 이력의 전송 지연 시간과 누적 신뢰도 메트릭을 가중치 지표로 환산하여 네트워크 내 최적의 경로를 자율적으로 선택해 전송 계층 파이프라인의 물리적인 대역폭 마진율을 안정적으로 유지함
- 이미 입증된 상호운용 경로 데이터를 재사용함으로써 신규 경로 탐색에 따르는 대역폭 소모와 연산 지연 오버헤드를 경량화하여 소형 사물인터넷 기기의 불필요한 배터리 소모 한계를 제어함

▶ **대규모 통신 부하와 하드웨어 연산 병목 현상을 방지하기 위해 네트워크 합의 레이어의 확장 구조를 구현함**

- 분산 합의 과정에서 필연적으로 발생하는 복잡도 문제를 해결하기 위해 전체 네트워크 토폴로지를 격자형으로 계층화하여 통신 대역폭 가용성을 극대화하는 계층형 네트워크 분산 파이프라인을 구축함
- 자원이 극도로 제약된 저전력 소형 IoT 단말 전체를 참여시키지 않고 게이트웨이 및 클러스터 헤드급 노드에만 합의 권한을 위임함으로써 연산 지연 시간 단축 효과를 기술적으로 유도함
- 인프라 규모가 1,000대 수준으로 확장되더라도 실제 합의 연산을 수행하는 노드의 비율을 전체의 5~10% 이내로 엄격히 통제하여 에지 메모리 제어 버퍼의 자율적인 가용 대역폭을 확보함
- 패킷이 전송될 때마다 블록체인을 매번 호출하지 않고 초기 경로 수립 단계에만 선택적으로 합의를

구동하여 데이터 전송 라운드당 수반되는 평균 연산 마진율을 높은 수준으로 방어함

▶ **NS-3 시뮬레이션 환경 기반의 테스트베드를 구축하여 제안 프레임워크의 대규모 트래픽 전송을 실증함**

- 통신 네트워크 전용 시뮬레이터인 NS-3(v3.39) 툴을 활용하여 2km<sup>2</sup> 직경의 가상 스마트 시티 인프라 영역 토폴로지를 생성하여 현실적인 밀집 트래픽 조건하의 실험 환경 파이프라인을 정교하게 구축함
- 최소 100대에서 최대 1,000대 범위의 대규모 단말 노드를 배치하고 단말 속도 0~3m/s 조건의 랜덤 이동성 모델을 적용하여 물리 노드의 홉 수 변화에 따르는 데이터 가용 영역 한계를 상시 연산함
- 현실적인 도시 트래픽 모사를 위해 50바이트 환경 센싱, 512바이트 상태 정보, 1MB 대용량 스트리밍 등 3대 데이터 규격을 혼합하여 전송 안정성 및 패킷 손실률 스케일링 지표를 다각도로 연산함
- 하이퍼레저 패브릭(v2.5) 프라이빗 원장 환경과 유기적으로 인터페이스를 연동하여 총 900초의 단일 시뮬레이션 구동 주기를 확립함으로써 가상 필드 환경의 구동 신뢰성을 한층 더 객관적인 지표로 수립함
- 데이터 신뢰도를 보증하기 위해 동일 시나리오당 50회 이상의 독립적인 반복 실험을 실행하여 오차 범위 가드레일을 정밀 검증함으로써 집계된 통계 가치 수치의 학술적인 정밀도를 입증함

▶ **기존 표준 라우팅 프로토콜 3종과의 다차원 정량 벤치마크 평가를 통해 종합적인 통신 우수성을 선언함**

- 제안 프레임워크의 가용 처리량은 기존 최고 모델 대비 약 30% 향상됨을 고증하였으며, 분산형 하이브리드 토폴로지 연산 구조의 우수한 통신 완결 가치를 통계적 시각으로 입증함
- 종단간 지연 시간 메트릭을 측정된 결과 고속 합의를 기반 경로 선택을 통해 기존 대비 최대 40% 단축하여 관계 중심 인덱싱 기술의 상호운용 인터페이스 전송 효율성 향상 효과를 명확하게 검증함
- 패킷 전송 완결성을 뜻하는 패킷 전달율(PDR) 지표의 경우 악성 경로 우회 공격을 차단함으로써 레거시 대비 최대 8%p 높은 수치를 기록하여 외부 유입 크래킹 시도에 대한 무결성 방어 역량을 확실히 선언함
- 블랙홀 및 리플레이 등 주요 사이버 위협 시나리오 검증 결과, 레거시 프로토콜 대비 성공적인 공격 침해 횟수(Security Breach Count)를 유의미하게 억제하여 보안 가드레일 모니터링의 유효성을 규명함
- 보안성 강화 공학 설계가 오히려 시스템 가동 효율성을 저해한다는 고질적인 트레이드오프 기술 장벽을 완벽히 극복하여 다중 컴플라이언스 체계 하향식 가이드라인의 수용 지표 타당성을 대폭 확장함
- 스케일아웃 가용성을 집계한 결과 노드 수가 1,000대로 늘어나더라도 제어 트래픽 증가 속도가 완만하게 수렴하여 필드 가동 안정성 및 시계열 분석 통계 지표의 우수함을 전체 실험 파트에서 증명함

- 분산 원장 기술을 사물인터넷 라우팅 구조의 코어 계층에 통합하는 설계 기법은 기존 중앙 집중식 인프라의 고질적인 단일 결함 리스크를 완벽히 제거하고 스마트 인프라의 무결성을 확보하는 프레임워크가 됨을 시사함
- 스마트 계약 기반의 자율 신뢰 검증 메커니즘과 계층적 합의를 토폴로지는 보안성 강화와 자원 최적화라는 트레이드오프 관계를 극복하여 대규모 스마트 시티 고도화 시 아키텍처적 가이드라인을 제공함을 의미함

[출처]

- Nature, 'A blockchain enabled IoT routing framework improving security and performance in smart cities', 2026.05.21.

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털기반본부 디지털신뢰단 블록체인정책팀

[글로벌]

**블록체인 기반 녹색인증서 연구의 기술 및 제도적 진화 경로**

- 블록체인 기반 녹색인증서 동향을 기술-제도 공동 진화 이론과 문헌 계량 기법으로 고찰함
- 글로벌 발전 단계와 국내외 패러다임 차이를 분석하여 표준화 및 시장 규제 방향성을 제시함

Web of Science 및 CNKI 핵심 데이터베이스를 기반으로 CiteSpace와 R 프로그래밍을 활용하여, 글로벌 블록체인 공급 기술과 각국 정책 수요 간의 역동적인 상호작용 및 융합 트렌드를 학술적 수준에서 정밀하게 분석함

▶ 거시적 기술-제도 공동 진화 이론을 활용하여 글로벌 융합 연구의 4단계 점진적 발전 경로 지형을 규명함

- 글로벌 학술 자산의 역사적 발전 흐름을 정량 분석한 결과 최초의 단계는 기술 도입의 가능성과 기초적인 개념적 실현 타당성을 학술적으로 타진하는 '초기 탐색(Initial Exploration)' 파트로 정의됨
- 두 번째 진화 단계는 분산 원장의 기초 메커니즘을 형성하고 재생에너지 데이터의 구체적인 기록 형태 및 규칙을 온체인 상에 본격적으로 설계해 나가는 '기본 구축(Basic Construction)' 과정으로 고찰됨
- 세 번째 이행 단계는 개별적으로 격리되어 독립 작동하던 토큰 인프라 플랫폼과 친환경 자산 거래 네트워크 시스템을 하나의 유기적 프로토콜로 결합하는 '시스템 통합(System Integration)' 계층으로 발전함
- 최종 도달 단계는 다중 전력 시장 체계와 복잡한 정부 규제 행정망이 암호학적 신뢰 구조를 기반으로 맞물려 수평적 확장을 구조적으로 이루는 '지능형 협업(Intelligent Collaboration)' 단계로 진화함

▶ 핵심 스마트 계약 시스템 및 대규모 분산 아키텍처를 주축으로 형성된 글로벌 학술 연구 클러스터 지형을 도출함

- 수집된 핵심 문헌의 공인용 관계성과 기술 키워드 밀도를 계량 연산한 결과 분산 자산 제어의 무결성을 보장하는 스마트 계약(Smart Contract)의 응용 메커니즘이 가장 핵심적인 학술 군집을 형성함
- 가치 사슬 전반에 걸쳐 신재생에너지 거래 플랫폼의 영속성과 데이터 무결성을 보증하기 위하여 단일 실패 지점을 제거한 분산형 시스템 아키텍처(System Architecture) 공학 설계가 연구 기동으로 확립됨
- 민감한 전력 자산 트랜잭션 정보 노출을 방지하고 민간 기업의 에너지 소비 패턴 프라이버시 침해 위협을 차단하기 위한 암호학적 영지식 증명 및 데이터 보안 메커니즘이 독자적인 영역으로 구축됨
- 시기별 학술 연구 Hotspot의 변천 궤적을 실시간 추적함으로써 기저 기술의 성숙도 향상이 거시적 정책 가이드라인 및 제도적 보완책 마련을 지속적으로 유도하고 상호 결합하는 연동 구조임을 입증함

▶ 분산형 블록체인 원장 기술이 기존 녹색인증서 거래 시스템을 혁신하는 4가지 차원의 프레임워크를 정립함

- 사물인터넷(IoT) 발전기 스마트 미터링 데이터를 분산 원장에 실시간 결합하여 발전원의 진위성을 다차원 검증하고 인증서 발행 원천을 정형화하는 '추적성(Traceability)' 가치를 시스템적으로 수립함
- 디지털 매칭 알고리즘과 거래 규칙을 분산 노드상에서 자율 집행하여 매도인과 매수인 간의 복잡한 중간 거래 청산 및 정산 프로세스를 완벽히 가속하는 '거래 매칭(Transaction Matching)' 효율을 확보함

- 서로 상이한 환경 속성 자산 시장 참여자 간의 이기종 데이터 사일로 현상을 완벽히 제거하고 신뢰 인프라를 바탕으로 다자간 친환경 가치 교환을 보증하는 '시장 협업' 인프라 체계를 고찰함
- 위변조가 불가능한 트랜잭션 원장 기록을 정부 당국에 투명하게 제공함으로써 시장의 행정 거버넌스 신뢰도를 높이고 시장 왜곡을 방지하는 '지능형 감독(Intelligent Supervision)' 메커니즘을 규명함

▶ **프로그래머블 스마트 계약 자동화 규칙과 이기종 연동을 위한 크로스체인 통합 엔지니어링을 화두로 제시함**

- 재생에너지 공급인증서의 최초 생성부터 소유권 이전, 금융 청산, 그리고 최종적인 '소멸(Cancellation)' 단계에 이르는 전 과정을 수작업 없이 자동 수행하는 프로그래머블 실행 로직을 고도화함
- 분산 합의 아키텍처 적용을 통해 인프라 전반의 불필요한 행정 처리 비용을 낮추고 중개인 개입에 따른 원장 데이터 조작 리스크 및 금융 사기 위협을 기술적으로 원천 차단하는 무결성을 검증함
- 각기 독자적인 프라이빗 원장으로 격리되어 작동하는 녹색인증서 거래 시장, 탄소 배출권 거래소, 실제 전력 거래 시스템 간의 물리적 장벽을 완벽히 허무는 크로스체인 상호운용성을 분석함
- 다중 체인 간의 자산 교환 릴레이 구조를 설계하여 환경적 권익 자산 가치의 통합적 정산(Unified Accounting) 체계를 안착시키고 한정된 녹색 자원의 최적 배분을 실현하는 돌파구를 제시함

▶ **글로벌 시장의 범용 기술 공급과 중국 내수 시장 정책 환경이 요구하는 제도적 수요 간의 디커플링 차이를 규명함**

- 국제 프론티어 연구진은 블록체인 아키텍처의 본질적인 기술적 타당성(Feasibility) 검증, 암호학적 신뢰 구조 확립, 프라이버시 익명성 보호 등 선도적 '기술 공급' 측면에 집중함
- 반면 중국의 국내 학술 연구 방향성은 국가적 최상위 거버넌스 지표인 '쌍탄소(Dual-carbon)' 목표 달성과 신재생에너지 보증 체계라는 정책 환경의 지배를 받음
- 중국 시장의 강제적 제도 조건인 신재생에너지 의무할당제(RPS) 소비 가중치를 만족하기 위해 전력-탄소-인증서 통합 연동형 애플리케이션 개발 연구가 전개됨
- 글로벌 학계가 제시하는 일반 목적 기술 공급 모델이 각국 로컬 시장의 특수한 제도적 수요(Institutional Demand)와 결합하며 상이한 실천 경로로 분화됨을 입증함
- 양대 데이터베이스의 정량 비교를 통해 중국 시장 환경에 최적화된 블록체인 기반 규제 메커니즘 혁신 모델과 다중 시장 협조 모델이 독자적인 분화를 거듭해 왔음을 명확히 실증함

▶ **유럽연합 및 영국 시장의 범국가적 규제 가이드라인 지표와 블록체인 도입 플랫폼 실증 사례를 고찰함**

- 유럽연합의 경우 재생에너지 지침(RED II/III)이라는 거시적 법적 지팩트 프레임워크를 기반으로 국경 간 환경 자산 거래 체계를 다층 거버넌스로 조율하고 있음
- EU 시장의 핵심 제도 지향점은 국가 간 등록부 교환의 신뢰를 보장하기 위한 데이터의 '표준화(Standardization)'와 이기종 시스템 간 '상호운용성' 확보에 집중됨
- 다중 국가 간의 데이터 완결성을 보장하기 위하여 Energy Web 분산 인프라에 기반한 보증서(GO) 발행, 소유권 이전, 소멸 제어 모듈 업그레이드 프로젝트를 탐색함

- 영국 시장의 경우에는 가스전력시장규제청(Ofgem)의 규제 가드레일 하에 전력 공급업체들이 재생에너지 의무(RO) 제도를 완벽히 준수하도록 기술적 지원 체계를 구축함
- 영국 민간 시장에 안착한 Urban Chain 플랫폼은 블록체인 기술을 활용해 개인간(P2P) 녹색 전력 거래 매칭과 원산지 증명(REGO) 실시간 소스 추적을 상용화함

▶ **미국 및 아시아태평양 주요 국가들의 분산 거버넌스 환경과 전력 공기업 중심의 거래 실증 현황을 분석함**

- 미국의 거버넌스 지형은 연방 차원의 단일 규제 구조가 아닌 개별 주(State) 정부 중심의 철저히 분산된 규제 가이드라인 하에 정책이 집행되는 파편화 특성을 지님
- 미국 REC 시장은 의무 준수 시장(Compliance Market)과 자발적 시장이 완벽히 공존함에 따라 기술 솔루션의 개방성, 시장의 선택권, 프라이버시 보호가 극도로 강조됨
- 주별로 상이한 RPS 규제 달성을 지원하기 위해 APX, Energy Web, Powerledger 등 기술 기업과 연계한 자산 트래킹 및 청산 결산 효율화 기술 실증이 활발히 전개됨
- 일본 시장은 소매 전력회사를 의무 주체로 삼는 비화석 증서(NFC) 체계를 도입했으며 KlimaDAO Japan을 통해 환경 속성 노드를 디지털 자산화하여 신뢰성을 제고함
- 한국 시장은 대형 발전 공급사에 RPS 의무를 부과하며 한국전력공사(KEPCO)가 발전 자회사들과 협력하고 정통부 지원하에 분산 원장 기반 REC 거래 플랫폼을 실증함

▶ **국제 표준 기구와 글로벌 플랫폼 연동을 통한 국경 간 녹색 자산 유통 및 데이터 무결성 검증 체계를 고찰함**

- 국제 표준 인증 기구가 발급하는 I-REC 자산 및 자발적 글로벌 인증서인 TIGRs 시스템을 블록체인 네트워크 프로토콜 환경과 연동하여 프로세스 신뢰성을 확보함
- 글로벌 기술 공급 체인인 Energy Web의 EW-Origin 토크를 활용하여 터키 등 주요 국가의 발전량 계측 데이터 연동과 I-REC 온체인 발행 및 등록 자동화를 실증함
- 싱가포르 SP 그룹 등이 주도하는 상용 녹색 자산 플랫폼은 자체 분산 원장과 APX TIGR 등록 시스템 간의 인터페이스 연계를 통해 국경 간 자산 거래 가시성을 확보함
- 다중 소스에서 발생하는 전력 생산 신호 데이터의 실시간 유입 단계부터 최종 소멸 원장 기록까지 전 주기 해시 검증을 통해 크로스보더 데이터 변조 가능성을 원천 차단함
- 자발적 국제 환경 자산 시장의 상이한 정산 규칙을 극복하기 위해 온체인 데이터의 시맨틱 표준화 포맷 연구와 글로벌 토큰 이코노미 연계형 청산 메커니즘을 시스템적으로 정립함

- 이종 경로 지식그래프 위상 분석 결과, 기술 혁신 속도와 제도적 규제 전파 사이에 시차가 존재함이 입증되었으므로 플랫폼 설계 시 국가별 컴플라이언스 충돌로 인한 거버넌스 리스크를 선제적으로 인식해야 함을 시사함
- 방대한 문헌 데이터를 CiteSpace 시각화 매핑과 R 프로그래밍 언어로 계량 분석하여 탄소중립 시장의 글로벌 기술 공급과 로컬 법률 가이드라인 간의 다차원 연동 체계를 규명하고 맞춤형 컴플라이언스 가이드라인을 제공함

**[출처]**

- Nature, 'Knowledge graph construction for "Blockchain & Tradable Green Certificate": a dual-pathway analysis of international technology drive and domestic institution guidance', 2026.05.20.

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털기반본부 디지털신뢰단 블록체인정책팀

[글로벌]

**의료 비즈니스 혁신을 위한 블록체인 데이터 신뢰 체계**

- 의료 데이터 파편화와 보안 취약성 해결을 위해 블록체인 분산 원장 기술을 비즈니스에 통합함
- 데이터 상호운용성 확보와 스마트 계약 기반 동의 관리 및 감사 추적 메커니즘을 분석함

분산 네트워크를 활용해 민감한 전자의무기록(EHR) 데이터의 호환성을 높이고, 스마트 계약 규칙 엔진을 통해 환자의 개인정보 주권 보장과 보안 컴플라이언스 감사의 실시간 무결성을 달성하는 파이프라인을 분석함

▶ 의료 기관 간 상호운용성 확보 및 비즈니스 운영 프로세스 최적화를 위한 데이터 동기화 아키텍처를 정립함

- 기관별로 격리된 레거시 전자의무기록(EHR) 시스템의 데이터 파편화 현상을 해결하기 위해, 분산 원장 기술 기반의 표준화된 시맨틱 인터페이스를 구축하여 기종 간 실시간 의료 정보 교환 가용성을 확보함
- 의료 공급망 관리 및 보험 청구 프로세스 전반에 내재된 복잡한 행정 절차와 수작업 검증 단계를 줄이기 위해, 합의 프로토콜 기반의 단일 진실 공급원(Single Source of Truth) 원장을 정립하여 효율성을 극대화함
- 트래픽 밀집 상황에서도 민감한 환자 진료 정보의 전송 지연을 방지하기 위해, 오프체인 데이터 저장소와 온체인 해시 원장을 결합한 하이브리드 아키텍처를 적용하여 네트워크 처리 마진율을 확보함
- 메디컬 플랫폼 간의 데이터 공유 과정에서 발생 가능한 전송 패킷 변조 및 접근 권한 오남용 리스크를 차단하기 위해, 비대칭 암호화 기술과 노드 간 자율 검증 프로토콜을 통신 레이어에 탑재함

▶ 스마트 계약 기반의 동적 환자 동의 관리 및 실시간 보안 컴플라이언스 감사 추적 프레임워크를 설계함

- 환자가 본인의 의료 데이터 접근 권한을 자율적이고 세부적으로 제어할 수 있도록, 조건부 실행 로직이 내장된 블록체인 스마트 계약 엔지니어링을 통해 자동화된 실시간 동의 관리 파이프라인을 구현함
- 데이터 사용 목적의 변동이나 권한 철회 요청 발생 시 온체인 상의 동의 상태 노드가 실시간 갱신되도록 설계하여, 의료 정보의 제3자 제공 과정에서 발생할 수 있는 컴플라이언스 위반 리스크를 예방함
- 모든 의료 데이터의 이력을 불변의 블록체인 블록 내에 타임스탬프와 함께 암호학적으로 기록함으로써, 외부 비인가 주체의 로그 위변조 시도를 무력화하는 고신뢰성 감사 추적(Audit Trail) 계층을 안착시킴
- 규제 기관의 수시 감사 및 컴플라이언스 검증 시 대규모 데이터 조인 연산 없이도 특정 노드의 트랜잭션 기록을 밀리초 단위로 역추적할 수 있도록, 관계 중심의 영속성 인덱싱 구조를 감사 엔진 버퍼에 반영함

- 분산 원장 도입은 의료 인프라의 고질적인 데이터 사일로 현상을 해결하고, 환자에게 개인정보 주권을 완벽히 반환함과 동시에 실시간 행정 자동화를 달성할 수 있는 생태계의 패러다임 전환을 시사함
- 스마트 계약 기반의 동적 동의 제어와 감사 추적 시스템 융합은 엄격해지는 글로벌 의료 정보 보호 규제 체계에 유연하게 대응 가능하도록 도우며 향후 디지털 헬스케어 인프라 수립의 표준이 될 것을 의미함

## [출처]

- Blockchain Council, 'Blockchain in Healthcare Business Operations: Interoperability, Consent, and Audit Trails', 2026.05.21.

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털기반본부 디지털신뢰단 블록체인정책팀

[인도네시아]

## 인도네시아 탄소 거래 체계의 블록체인 기반 인프라

- 인도네시아 정부가 탄소 배출권 거래 시스템(ETS)의 무결성 확보를 위해 블록체인 기술을 도입함
- 데이터의 투명한 기록과 이중 계산 방지 메커니즘으로 글로벌 표준에 부합하는 디지털 탄소 시장을 분석함

국가 탄소 레지스트리와 블록체인 분산 원장 기술을 유기적으로 연동하여 탄소 배출권의 발행, 추적, 상쇄 전 과정을 암호학적으로 검증하고 중개 프로세스의 병목 현상을 해결하는 기술적 통합 파이프라인을 분석함

### ▶ 국가 탄소 배출권의 발행 및 이력 추적 신뢰성 확보를 위한 분산 원장 동기화 시스템을 정립함

- 전통적인 중앙 집중식 탄소 등록부의 데이터 누락 및 위변조 취약성을 해결하기 위해, 블록체인의 불변적 분산 원장 기술을 도입하여 탄소 배출권의 비가역적인 디지털 이력 기록 체계를 구축함
- 탄소 배출권 거래 시장에서 가장 치명적인 기술적 결함으로 지적되는 이중 계산(Double Counting) 오류를 원천 차단하기 위해, 온체인 상에서 각 배출권 노드의 고유 식별자와 소유권을 실시간으로 검증함
- 데이터 트래픽이 밀집되는 거래 청산 및 정산 시점에서도 트랜잭션의 처리 속도를 보장하기 위해, 국가 레지스트리 시스템 데이터와 블록체인 네트워크 간의 유기적인 실시간 데이터 동기화 체계를 정립함
- 제3자 중개 기관의 수작업 검증 과정에서 발생하는 데이터 왜곡과 시간 지연 문제를 해결하기 위해, 합의 알고리즘 기반의 자동화된 노드 검증 프로토콜을 시스템 레이어에 통합하여 효율성을 극대화함

### ▶ 글로벌 탄소 시장 연동 및 거래 데이터 무결성 검증을 위한 보안 프레임워크를 설계함

- 해외 탄소 시장 및 국제 표준 기구와의 기술적 호환성을 확보할 수 있도록, 블록체인 기반의 표준화된 데이터 포맷과 인터페이스를 구축하여 국경 간 탄소 배출권 자산 거래의 확장성을 확보함
- 탄소 감축 프로젝트의 검증 데이터와 실제 배출권 발행량 간의 불일치를 방지하기 위해, 암호학적 해시 검증 메커니즘을 적용하여 데이터 유입 단계에서부터 거래 완결까지의 무결성 검증 계층을 안착시킴
- 정부 규제 기관과 시장 참여자들이 특정 탄소 배출권 트랜잭션의 최초 발행 기관과 유통 경로를 실시간으로 추적할 수 있도록, 불변의 타임스탬프 기반 데이터 구조를 원장에 기록함
- 외부 해킹 시도나 비인가 노드의 비정상적인 배출권 조작 행위를 차단하기 위해, 네트워크 전반에 비대칭 암호화 기술과 분산형 거버넌스 승인 절차를 도입하여 국가급 탄소 거래 시스템의 기술적 가드레일을 제공함

- 탄소 배출권 거래제에 블록체인 기술을 전면 도입하는 것은 단순한 시스템 전산화를 넘어 국가 탄소 자산의 실시간 추적성과 불변성을 확보하고, 시장의 기술적 신뢰도를 글로벌 표준 수준으로 도약시키는 계기가 될 것임을 시사함
- 분산 원장 기반의 이중 계산 방지와 자동화된 트랜잭션 검증 메커니즘은 향후 디지털 환경 자산 시장의 고질적인 불투명성을 제거하며, 다른 아시아 국가들의 탄소 시장 디지털 전환에 유용한 기술적 벤치마크를 제공함을 의미함

### [출처]

- Cointrust, 'Indonesia Plans Blockchain Upgrade for Carbon Trading', 2026.05.22.

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털기반본부 디지털신뢰단 블록체인정책팀

[글로벌]

**OECD 책임 있는 인공지능(AI) 실사 지침**

- 인공지능의 위험을 해결하기 위해 다국적기업 가이드라인과 인공지능 원칙을 통합한 실무 지침이 마련됨
- 기업의 신뢰성 구축과 경쟁력 확보를 돕는 6단계 실사 프레임워크와 실무 이행 예시를 제공함

글로벌 기업책임경영 기준에 기반한 인공지능 실사 프레임워크의 단계별 조치 사항과 가치사슬 내 참여 기업들의 위험 체계적인 위험 기반 관리 가이드라인을 정립함

**▶ 기업책임경영 기준에 기초한 인공지능 실사 프레임워크의 6단계별 상세 조치 사항을 제시함**

- 1단계는 기업책임경영을 기업의 정책 및 내부 관리 체계에 구조적으로 내재화하고 최고경영진의 승인을 거쳐 전사적 개발 자원 할당과 연계하여 정규 업무 프로세스의 핵심부로 명확히 이행하는 조치임
- 2단계는 인공지능 시스템의 전 주기 생애주기 내 데이터 파이프라인 정제, 알고리즘 모델 학습, 배포 운영 및 사업 관계에서 발생하는 실제적이고 잠재적인 부정적 영향을 식별하고 평가하는 과정임
- 3단계는 식별된 부정적 영향과 위험 요소를 중지, 예방 및 완화하기 위해 인권 및 노동 기준에 입각한 위험 정책과 시스템 설계 변형을 포함하는 대응 계획을 수립하고 이를 엄격히 실행함
- 4단계는 실제 가동 배포 환경과 유사한 조건에서 인공지능 시스템의 지속적인 가동 성능 상태와 수립된 실사 활동에 대한 시스템적인 이행 결과를 문서화하여 전주기적 관점에서 면밀하게 추적하고 모니터링함
- 5단계는 기업이 파악한 고위험성 부정적 영향과 위험 요소들을 완화하고 해결하는 구체적인 방법에 대하여 데이터 보호 규제 기관 및 외부 이해관계자와 성실히 소통함
- 6단계는 인공지능 시스템의 기술적 결함이나 자동화 의사결정 오류로 인해 발생한 부정적 피해 영향에 대해 적절한 사법적·비사법적 구제를 제공하거나 구제 절차에 협력함
- 인공지능 실사 프레임워크의 각 단계 서두에는 기존 글로벌 인공지능 위험관리 프레임워크(NIST AI RMF, ISO/IEC 42001) 등과 유기적으로 연계될 수 있는 상호 참조 규정의 하향식 가이드라인 로드맵을 수록함
- 각 단계별로 수록된 실무 이행을 위한 개발 프로세스 예시는 범용적 참조 표준의 일환일 뿐 포괄적인 점검 목록이 아니므로 기업의 개별적 상황과 맥락의 복잡성에 따라 이행 조치의 강도를 조정할 수 있음
- 인공지능 실사 프레임워크는 기존의 위험관리 체계에서 충분히 다루어지지 않았던 잠재적 취약 계층과 외부 소외 이해관계자의 유의미한 참여와 실질적인 구제 방안에 대한 명확성을 보완함

- 기업이 선제적으로 인공지능 위험관리를 전사적 실사 프로세스에 통합하는 것은 단순한 규제 준수를 넘어 글로벌 시장 진출과 투자 유치를 위해 반드시 선행되어야 하는 핵심 전략적 투자가 됨을 시사함
- 인공지능 기술은 인간의 노동을 배제하는 극단적인 자동화 대체 수단이 아니라 근로자와 이해관계자의 유의미한 참여를 통해 인간의 역량을 보완하고 생산성을 지속 가능하게 강화하는 방향으로 올바르게 활용되어야 함

**[출처]**

- OECD, 'OECD Due Diligence Guidance for Responsible AI', 2026.05.18.