

글로벌 블록체인 기술·정책·산업 동향

Global Blockchain Tech, Policy & Industry Trends

블록체인 기술·정책·산업

CONTENTS

1. 블록체인 도입이 폐쇄형 공급망 전략에 미치는 영향
2. 공급망에서 블록체인 기술 도입을 위한 장벽 분석
3. 암호화폐 규제의 이점: 실험적 자산에서 제도권 중심으로
4. 자동차 산업의 VUCA를 해결하기 위한 블록체인 기반 프레임워크
5. 예측 기반 인프라, 블록체인의 한계를 넘다

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털안전지원본부 신기술안전단 블록체인정책팀

[글로벌]

블록체인 도입이 폐쇄형 공급망 전략에 미치는 영향

- 이란 테헤란 대학교 연구진은 블록체인 기술을 통해 폐쇄형 공급망의 환경성과 경제성을 증진시킴
- 특히 정보 투명성 확보를 통해 더 많은 녹색투자가 이루어지는 선순환이 가능함을 확인함

정부 및 정책 입안자는 탄소정책과 블록체인 기술을 도입한 정책 패키지를 고려할 수 있으며, 기업들의 블록체인 시스템 도입을 위해 보조금 지급, 세제 등의 혜택 제공하고, 초기 도입 비용을 완화하여 기업들의 참여를 높일 수 있음

▶ 기업들은 생산부터 재활용까지 책임지는 폐쇄형 공급망을 구축하며 탄소배출 감축을 모색

- 기업들은 탄소중립 목표와 환경 규제 강화로 인해 생산부터 재활용까지 책임지는 공급망을 구축하며 탄소 배출 감축을 모색하고 있으나, 일부 기업이 제품의 친환경성을 과장하거나 허위로 홍보함에 따라 소비자들은 친환경 제품의 가격에 대한 불신이 커져 제품 구매 의지 감소로 이어짐
- 이러한 소비자 불신과 탄소거래 시장의 비효율 등도 기업들의 감축 노력에 장애요인으로 작용함
- 블록체인 기술은 정보의 투명성과 추적성을 높여 공급망 참여자 간 신뢰 구축의 혁신적인 수단으로 주목받고 있으며, 기업이 제품 이력 추적을 위해 도입하는 등 공급망 탄소관리 도구로 활용되고 있음
- 이란의 테헤란 대학교 연구진은 이러한 배경을 바탕으로 탄소정책 (예: 탄소세 및 탄소배출권 거래제) 환경에서 블록체인 기술 도입이 폐쇄형 공급망의 전략적 의사결정에 미치는 영향을 분석하였음
- 특히 소비자의 친환경 정보 불신 문제와 탄소비용 정책을 함께 고려하여, 블록체인 도입 여부와 친환경 투자 수준이 어떻게 진화(Evolutionary) 게임 균형으로 수렴하는지 규명하는 것을 목표로 함

▶ 제조업체-소매업체-수거업체로 이루어진 3자 폐쇄형 공급망, 블록체인 도입 선택형 진화 게임 모형 수립

- 제조업체는 친환경 설계나 청정기술에 투자해 제품의 환경 친화도를 높일 수 있으며, 소매업체는 친환경 제품을 시장에 판매하고, 수거업체는 사용 후 제품을 회수하여 제조업체에 반환하는 역할을 함
- 소비자는 제품의 친환경 수준과 탄소정보에 민감하지만, 블록체인이 도입되지 않은 경우 해당 정보를 완전히 신뢰하지 못해 구매에 회의적인 태도를 보이는 것으로 전제로 함
- 반면 블록체인 도입 시에는 제품의 친환경 정보와 탄소배출 데이터가 투명하게 공개되어 소비자 신뢰가 높아지고, 친환경 제품에 대한 수요 증가와 가격 프리미엄이 발생하는 효과를 모델에 반영시킴
- 또한 정부의 탄소 정책으로서 탄소세 부과와 탄소배출권 거래제 두 가지를 고려하면서, 탄소세의 경우 제조업체에 탄소배출량에 비례한 세금을 부과하고, 거래제의 경우 기업에 초기 탄소배출 할당량을 주고 초과 배출 시 탄소시장에서 배출권을 구매해야 하는 비용 구조를 모델링함
- 이러한 요소들을 종합하여, 각 참여자의 이익함수에는 블록체인 도입 비용, 탄소배출 관련 비용(세금 또는 거래비용), 친환경 투자비용과 그에 따른 수요증대 효과 등이 포함되도록 구성됨

- 연구진은 상기 모형을 기반으로 진화 안정 전략(Evolutionarily Stable Strategy, ESS)을 도출하기 위해 복수의 차별방정식으로 이루어진 진화의 움직임을 분석함
- 이는 시간 경과에 따라 제조업체, 소매업체, 수거업체 인구 집단 내의 블록체인 도입 전략 채택 비율이 어떻게 변화하고 안정화되는지를 규명하는 것이며, 특히 블록체인 도입 초기 비용, 운용비용, 도입으로 인한 편익(예: 수요 증대, 탄소거래 비용 절감)의 상대적 크기가 ESS에 미치는 영향을 해석함
- 또한 정부의 탄소정책 강도(탄소세 세율 수준, 탄소배출권 가격 등)가 공급망 참여자의 전략에 어떤 변화를 유발하는지 비교 분석하였으며, 시뮬레이션을 통해 여러 시나리오(예: 블록체인 기술 비용의 감소, 탄소세 인상, 소비자 친환경 선호 강화 등)를 검증함으로써 모형의 주요 결과를 강화함

▶ 진화 게임 해석 결과, 블록체인 도입의 사슬 전반에 대한 순효과는 긍정적인 것으로 나타남

- 블록체인을 도입하면 소비자의 신뢰 회복을 통해 친환경 제품에 대한 시장 수요가 늘어나 제조업체의 녹색 생산 투자 수익성이 개선되므로, 제조업체는 친환경 기술에 더 적극적으로 투자하게 됨
- 실제 분석에서 블록체인 도입 여부는 제조업체의 친환경 투자 수준과 밀접히 연계되어, 투명성 확보가 곧 녹색 투자 확대와 직결되는 것으로 확인되었으며, 블록체인 도입으로 인한 수요 확대와 투명성 효과는 공급망 상류(제조)와 하류(유통) 단계의 이익을 모두 증가시킴
- 제조업체와 소매업체의 경우 블록체인 도입 시 이윤이 늘어나는 경향을 보여주었으며, 이는 소비자 신뢰도 향상에 따른 매출 증대 효과가 도입 비용을 상쇄하기 때문임
- 수거업체의 경우 블록체인 도입으로 얻는 이익은 상대적으로 작게 나타났는데, 이는 회수 단계에서는 투명성 강화로 인한 추가 수익보다 시스템 도입 및 운영비용의 부담이 더 크게 작용하기 쉽기 때문임
- 이로 인해 자발적 진화 균형 상태에서는 제조업체와 소매업체는 블록체인 채택 방향으로 전략이 수렴하나, 수거업체는 채택을 망설이는 분포가 안정화될 가능성이 있음을 시사함
- 한편 탄소세 정책과 탄소거래제도 전반적으로는 블록체인 도입과 친환경 행위를 촉진하는 방향으로 작용했는데, 예를 들어 탄소세율을 높이면 배출 비용 증가로 제조업체가 친환경 투자를 늘리고 블록체인으로 녹색 투자 효과를 소비자에게 투명하게 전달해, 블록체인 도입 균형으로 진화할 확률이 높아짐
- 탄소거래제의 경우도 탄소배출권 가격이 상승하면 유사한 효과로 기업의 저탄소 전략 채택이 강화됨
- 그러나 거래제에서는 블록체인이 탄소배출 정보 추적 및 거래 비용 절감을 통해 간접적으로 이익을 주는 측면이 있어, 탄소세와는 약간 다른 경로로 기업 행동에 영향을 미침
- 이러한 연구 결과를 토대로 정부 입장에서의 탄소정책 수위를 제안하였는데, 이는 일정 범위의 탄소세 또는 탄소가격이 모든 주체가 블록체인을 도입하고 친환경 활동을 극대화하도록 유도함을 의미함
- 아울러 시간에 따른 전략 변화 경로를 분석함으로써, 초기 도입 주체의 비율이나 비용 변화에 따라 시스템이 어떻게 채택 또는 비채택 상태로 굳어질 수 있는지 장기 동태를 규명함

▶ **블록체인의 도입이 공급망의 녹색전환을 촉진하는 유용한 수단임을 시사하나, 주체별로 편익이 상이함**

- 공급망 전체의 지속가능성을 높이려면 이러한 인센티브 불균형 문제를 완화할 협력 방안이 필요함
- 그 예로 제조업체와 소매업체가 블록체인 도입에 따른 일부 혜택을 공유하거나 초기 비용을 분담하는 계약을 고려할 수 있으나, 블록체인 도입만으로는 탄소감축 기술 혁신을 직접 일으키는 데 한계가 있음
- 블록체인은 정보 인프라로서 투명성과 효율을 높여 간접적으로 탄소감축을 지원하는 역할에 초점을 두고 활용하는 것이 바람직하며, 블록체인 도입 시 나타나는 구체적인 효과를 정리하면 다음과 같음
- **(효과 #1)** 투명한 정보공개로 소비자의 친환경 제품에 대한 신뢰도가 높아져 시장 수요가 증가하고, 이로 인해 기업의 친환경 행위(녹색제품 생산, 회수 등)가 장려될 수 있음
- **(효과 #2)** 실시간 추적과 기록을 통해 탄소배출 모니터링과 거래가 효율화되어, 탄소비용(세금 또는 거래비용)을 줄이고 탄소정책의 실효성을 효율적으로 높일 수 있음
- **(효과 #3)** 공급망 참여자 간 데이터 공유와 신뢰 구축이 용이해져, 협력적 폐쇄형 공급망 운영이 가능해짐
- 이러한 효과들은 결국 공급망의 환경적 지속가능성을 높이는 동시에 일부 단계에서는 운영 효율과 이윤 향상이라는 경제적 성과도 함께 가져다 줄 수 있음
- 또한 정부는 탄소세나 배출권거래제를 설계할 때 블록체인 기반의 투명한 탄소데이터 관리 체계를 병행 구축함으로써, 기업들이 감축 노력을 제대로 인정받고 거래 비용을 최소화하도록 할 수 있음
- 예를 들어 탄소배출 추적에 블록체인을 활용하면 기업의 감축 실적을 신뢰성 있게 검증하여 적절한 탄소 비용을 부과하거나 거래를 용이하게 할 수 있으며, 이는 궁극적으로 정책의 효과를 높여줄 것임
- **(효과 #4)** 교육과 표준화 측면에서 정부는 업계와 소비자에게 블록체인 기술의 가치와 사용법을 홍보하고, 탄소정보의 표준을 만들어 모두가 신뢰할 수 있는 탄소 발자국 공개 시스템을 구축해야 함
- 이러한 정부나 정책 기관의 정책적인 노력은 블록체인 기술이 가진 잠재력을 극대화하여, 저탄소 순환 경제로의 전환을 앞당기는 데 크게 기여할 것으로 기대되는 중임
- 시사점으로, 현재 모델은 제조업체만 세금 납부 대상으로 가정했으며, 소매업체/회수업체의 세금 구조 추가와 담합(collusion), Bertrand 경쟁 등 다양한 전략 구조와 계약 조합을 포함한 확장 모델 필요함

- 블록체인 기술은 공급망 내 투명성과 신뢰를 강화하여 친환경 제품에 대한 소비자 수요를 확대하고, 기업의 탄소감축 노력의 실효성을 높이는 유용한 수단으로 작용할 수 있음
- 그러나 공급망 참여자 간 블록체인 도입 편익의 불균형이 존재하므로, 정책적 보조금, 세제 혜택, 참여자 간 비용 분담 계약 등 유인 설계를 통해 전반적인 채택과 협력을 촉진할 필요가 있음

[출처]

- Science Direct, 'Towards Blockchain-enabled Circular Closed-Loop Supply Chain and Impact of Consumers' Distrust in Price, Product Greenness Sensitivity and Carbon Tax and Subsidy', 2025.06.25.

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털안전지원본부 신기술안전단 블록체인정책팀

[글로벌]

공급망에서 블록체인 기술 도입을 위한 장벽 분석

- 블록체인은 공급망의 효율성을 향상시킬 수 있지만, 다양한 장애 요인으로 인해 혁신이 지연되고 있음
- 방글라데시 공과대학교 연구진은 이와 같은 신기술 도입 과정에서 직면하는 핵심 장벽 요인들을 규명하고, 통합적 분석을 통해 이를 극복하기 위한 시사점을 도출하였음

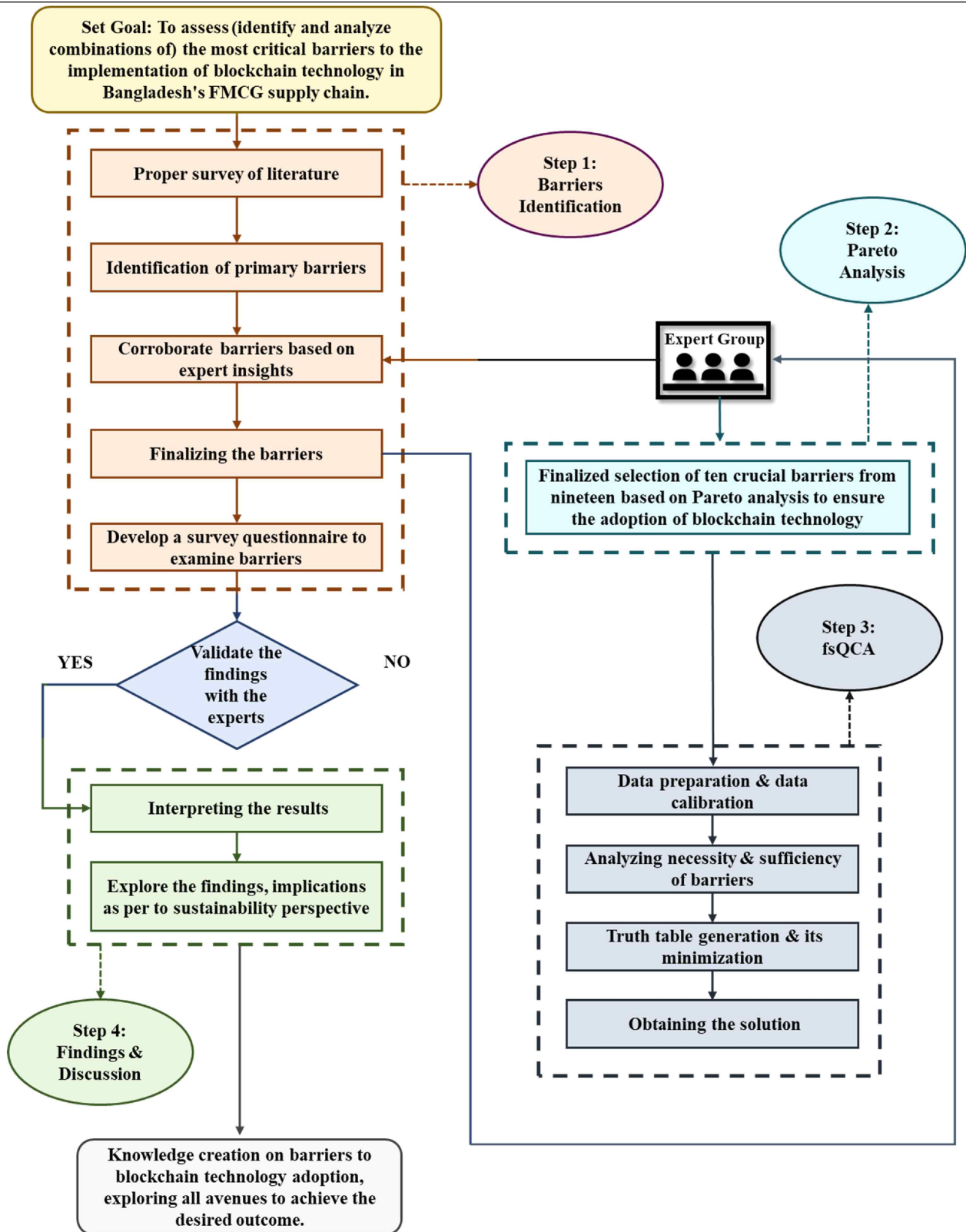
방글라데시 공과대학교 연구진은 문헌 검토와 산업계 전문가 의견을 바탕으로 장벽 요인을 도출한 후, 파레토 분석과 퍼지셋 질적 비교분석(fsQCA)을 결합한 새로운 접근법을 적용하여 주요 장애 요인과 그 상호작용을 분석하였음

▶ 복합적인 조직 변혁 장벽을 실증적으로 규명하기 위해 다단계 통합 방법론을 설계함

- 방글라데시 공과대학교 연구진은 신기술 도입을 저해하는 방해 요인을 식별하고 우선순위를 결정하기 위해 Pareto 분석과 퍼지셋 정성 비교분석(fsQCA)을 단계적으로 활용하였음
- **(절차 #1)** 선행 연구 및 산업 전문가 자문을 통해 19개의 신기술 도입 장애 요인을 도출하였으며, 기술적(예: IT 인프라 부족), 조직적, 문화적(예: 변화저항) 요인으로 분류하였음
- **(절차 #2)** 과잉 변수로 인한 분석 왜곡을 방지하고 fsQCA의 해석 가능성을 높이기 위해, 80/20 법칙에 기초한 Pareto 분석을 실시하여 영향도가 상대적으로 낮은 요인을 걸러내고, 조직 혁신에 가장 중요한 상위 10개 장벽을 선정함
- **(절차 #3)** 조합 분석(fsQCA)을 실시하여 선정된 10개 요인에 대해 퍼지셋 질적 비교분석(fuzzy-set QCA) 기법을 적용했는데, 이 기법은 다양한 요인의 조합이 결과(조직 변혁 성공/실패)에 어떻게 기여하는지를 분석할 수 있어, 단선형 통계분석이 간과하는 다원 인과성을 포착하였음
- 또한 fsQCA를 통해 단일 요인의 영향뿐 아니라 다중 요인들의 상호작용에 따른 복합 인과경로를 규명하여 장애 요인의 구성적 역할을 평가함

▶ 퍼지셋 질적 비교분석(fsQCA)을 통해 장벽 요인의 복합적 영향을 정량적으로 높은 신뢰성으로 검증함

- 퍼지셋 구성이란 각 사례에 대해 10개 장벽 요인의 존재 정도를 [0, 1] 사이의 퍼지값으로 정량화함을 의미하며, 그 예로 '리더십 부재'가 강한 경우 0.9, 약한 경우 0.1로 설정됨
- 진리표 구축이란 fsQCA는 모든 요인 조합(2^{10})의 진리표를 작성하고, 각 조합이 '성공'을 유발하는지 '실패'를 유발하는지를 비교 분석함을 의미함
- 분석 모델이 높은 성능을 달성하기 위해 커버리지와 일관성을 분석해야 하며, 각 0.8이상의 성능을 달성하면 신뢰가 가능한 성능 수치를 달성하였다는 것을 의미함
 - 커버리지(coverage): 특정 조합이 전체 성공 사례를 얼마나 설명하는지의 범위
 - 일관성(consistency): 특정 조합이 성공 결과를 유발할 확률의 일관성
- 분석 결과로 커버리지는 0.948, 일관성은 0.964을 달성하며 모델의 성능이 높은 설명력을 지님을 입증함



출처: Science Direct, 'Unraveling the blockchain technology adoption barriers in the fast-moving consumer goods supply chain: An integrated fuzzy-set qualitative comparative analysis approach', 2025.06.24.

▶ 본 연구는 기존의 단일 차원 평가 방식을 넘어 구성적 인과성(conjunctural causation)에 기반해 접근함

- 분석 결과, 조직 혁신을 가로막는 네 가지 핵심 장벽으로 ▲공급망 협업·소통·조정 부족, ▲기술의

미성숙, ▲최고경영진 지원과 의지의 부족, ▲공급망 파트너 간 제한적인 데이터 공유로 도출됨

- fsQCA 결과로 다음과 같은 4개의 핵심 조합(패스)을 도출함
 - ① 패스 1: 협업 부족 + 기술 미성숙 + 데이터 공유 부족 → 실패
→ 가장 결정적인 실패 요인 조합. 세 가지 요인이 동시에 존재하면 거의 모든 사례가 실패로 귀결됨
 - ② 패스 2: 리더십 부족 + 정책 미비 + 공급망 유연성 부재 → 실패
→ 조직의 내부 의사결정 시스템 미비가 외부 협업과 기술 도입을 어렵게 만들
 - ③ 패스 3: 기술 성숙 + 강한 리더십 + 데이터 공유 → 성공
→ 성공적 혁신의 전형적 조합. 특히 리더십과 정보투명성이 핵심 조건임
 - ④ 패스 4: 리더십은 없지만 정부 지원 + 공급망 협력 → 조건부 성공
→ 내부 동인이 약해도 외부 정책 지원이 보완 역할을 수행할 수 있음을 시사함
- 이러한 결과는 단일 장벽 요인 제거만으로는 혁신을 실현하기 어렵고, 특히 이 주에서 공급망 협업 부족은 다른 조건의 존재 여부와 무관하게 일관되게 혁신을 저해하는 중요한 요인으로 나타나, 해당 요인의 개선이 무엇보다도 중요함을 보여줌

▶ 연구 결과는 기업 경영자와 정책 입안자들에게 실무적, 전략적 대응에 대한 시사점을 제공함

- **(공급망 협업 및 정보 공유 강화)** 의사소통 및 조정 부족과 제한적인 데이터 공유 문제를 해소하기 위해, 파트너 간 신뢰 구축과 투명한 정보 공유 정책을 추진할 수 있음
- 이는 블록체인 도입을 가로막는 장벽을 낮추고, 공급망 전반에 걸쳐 데이터 통합을 촉진할 것으로 전망됨
- **(기술 역량 및 인프라 투자)** 기술의 미성숙으로 인한 도입 장애를 줄이기 위해, 기업은 전문인력 육성 및 기술 역량 개발에 투자하고 정부는 인프라 구축에 대한 지원정책(비용 부담 등)을 마련해야 함
- 이를 통해 새로운 기술 도입에 필요한 지식과 환경을 갖추어 장애 요인을 완화할 수 있음
- **(조직 정책 및 리더십 강화)** 최고경영진의 지원 부족과 미흡한 조직 정책을 개선하기 위해, 조직 내부 규정을 정비하고 경영진의 변화 추진 의지를 강화하여 신기술 도입이 조직 목표와 정렬되도록 해야함
- 이러한 최고경영진의 정책적 뒷받침은 혁신 추진 과정에서 발생하는 내부 저항을 줄이는 데 필수임
- **(유연한 거버넌스 및 규제 환경 조성)** 정부 차원에서 유연한 규제 프레임워크를 구축하고 산업계·학계와 협력하여 표준을 마련함으로써, 신기술 도입을 장려하고 안전한 활용을 뒷받침해야 함
- 특히 정부 규제의 부재가 중요한 장애로 확인된 만큼, 공공-민간 파트너십을 통해 디지털 혁신을 지원하는 제도적 기반을 강화할 필요가 있음

- 공급망 내 협업과 데이터 공유 부족은 블록체인 기술 도입에 있어 가장 결정적인 장애 요소로, 이를 해소하기 위한 신뢰 기반 정보 공유 메커니즘과 파트너십 전략이 시급함
- 블록체인 도입 장벽은 단일 요인보다 복합적 요인들의 상호작용에 의해 형성되므로, 기술 역량 강화, 최고경영진의 리더십 확립, 유연한 정책적 지원 등 다차원적 접근이 병행되어야 효과적임

[출처]

- Science Direct, 'Unraveling the blockchain technology adoption barriers in the fast-moving consumer goods supply chain: An integrated fuzzy-set qualitative comparative analysis approach', 2025.06.24.

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털안전지원본부 신기술안전단 블록체인정책팀

[글로벌]

암호화폐 규제 여정: 실험적 자산에서 제도권 중심으로

- 전 세계적으로 암호화폐 시장의 금융 건전성, 소비자 보호 등을 포함한 규제를 시행한 국가는 소수에 불과함
- 암호화폐의 복합적 성격과 기존 제도와의 부조화는 규제 적용에 구조적 한계를 드러냄

암호화폐 시장이 급성장함에 따라 각국은 금융 건전성, 소비자 보호, 시장 건전성을 아우르는 규제 프레임워크를 마련 중이나, 국가 간 규제 격차와 기술·법적 복잡성으로 인해 국제적 협력과 새로운 규제 접근이 절실한 상황임

▶ **암호화폐 시장 성장에 따라 각국 규제 당국은 규제 프레임워크를 마련 중이나 여러 문제에 직면해있음**

- 전 세계적으로 금융 건전성, 소비자 보호, 시장 건전성을 모두 포괄하는 종합적인 규칙을 시행한 주요 암호화폐 관할지역 25개 중 단 8개에 불과하며, 나머지 대부분은 여전히 규제 프레임워크를 개발 중임
- **(규제 #1 금융 건전성)** 글로벌 암호화폐 시장 중 18개의 관할지역은 자금세탁방지/테러자금조달 방지 (AML/CFT) 규정을 도입했지만, 실질적인 이행이 없어 암호화폐 생태계는 여전히 취약한 상태임
- **(규제 #2 소비자 보호)** 소비자 보호법의 경우 국가마다 적용 방식이 상당히 상이하며, 16개의 관할지역 (전체의 64%)이 암호화폐 자산에 대한 일종의 소비자 보호 규정을 시행하고 있음
- **(규제 #3 시장 건전성)** 시장 건전성은 복잡한 금융시장 구조와 법적 불확실성으로 인해 가장 어려운 정책 영역으로 꼽히며, 암호화폐에 대한 명확한 시장 남용 규칙을 가진 관할지역은 단 9개뿐임
- 이와 같이 각국의 규제 프레임워크가 정교해짐에 따라, 지역 내 암호화폐 규제와 글로벌 암호화폐 비즈니스 모델 간의 대립점이 생겨날 것이며, 이는 기존 전통 금융과 유사한 국제 감독 협의의 구조를 요구할 것으로 예상됨
- 암호화폐는 틈새 실험에서 3조 달러 규모의 산업으로 성장하여 전 세계 규제 당국의 주목을 받는 가운데, 각국 정부는 금융 혁신과 투자자 보호, 금융 안정을 위한 프레임워크 마련에 박차를 가하고 있음
- 그러나, 암호화폐 상품과 서비스는 기존의 규제 틀에 잘 들어맞지 않아, 정책 결정자들은 암호화폐가 결제 수단인지, 투자 상품인지 등에 대한 근본적인 물음에 직면해있음

- 국가 간 규제 수준과 적용 방식의 차이는 암호화폐 시장의 신뢰성과 일관성 확보에 걸림돌이 되며, 글로벌 금융 안정성과 투자자 보호를 위해 국제적인 규제 공조 체계 수립이 시급함
- 암호화폐의 복합적 성격과 기존 제도와의 부조화는 기존 금융 규제의 한계를 드러내고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 기술 발전을 반영한 유연하고 혁신적인 규제 접근 방식이 요구됨

[출처]

- Chainalysis, 'The Road to Crypto Regulation Part 1: Crypto's Journey from Margins to Mainstream', 2025.06.26.

웹 기술·정책·산업 동향

디지털안전지원본부 신기술안전단 블록체인정책팀

[글로벌]

자동차 산업의 VUCA를 해결하기 위한 블록체인 기반 프레임워크

- 일본 기후대학교는 블록체인과 분산 파일 시스템을 통해 자동차의 생애 주기를 관리하는 시스템을 제안함
- 해당 프레임워크는 자동차 산업이 직면한 VUCA(변동성, 불확실성, 복잡성, 모호성) 환경에 대응하고자 함

EU는 GDPR의 국경 간 집행을 효율화하기 위해 2025년 6월 16일 행정 절차 간소화 규정에 잠정 합의했으며, 이는 수리 요건 통일, 권리 보장, 기한 설정 등을 통해 민원 처리의 신속성과 공정성을 강화하려는 조치로 평가됨

▶ 블록체인의 특성을 활용해 자동차 산업의 VUCA 환경에서 효율성을 확보하기 위한 프레임워크가 연구됨

- 자동차 산업은 수요의 변동성, 생산 공정의 불확실성, 공급망의 복잡성, 정보의 모호성 등 이른바 VUCA(Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) 환경에서 효율성을 확보하기 어려운 상황에 처함
- 4차 산업혁명의 도래와 함께 블록체인은 투명성, 추적성, 데이터 무결성을 확보할 수 있는 강력한 기술로 주목받고 있으며, AI 및 ML과의 결합을 통해 운영 자동화와 의사결정을 고도화할 수 있다.
- 일본 기후대학교의 연구진은 이러한 블록체인의 특성을 활용하여 자동차의 전 생애 주기에 블록체인 기반 DPoS(Delegated Proof of Stake)와 Private IPFS(분산 파일 시스템)를 통합한 시스템을 연구함
- 이 시스템은 설계, 제조, 판매, 사용, 폐차에 이르기까지 모든 단계에서 데이터 무결성과 가시성을 확보하고, 이해관계자 중심의 데이터 기반 의사결정을 가능하게 함
- **(구성 #1 DPoS)** DPoS는 신뢰 기반의 노드 선출 시스템으로 위임자(Delegate)들이 블록 생성 및 검증을 담당하며, 이해관계자들이 투표를 통해 신뢰할 수 있는 대표를 선출함
- **(구성 #2 Private IPFS)** Private IPFS는 블록체인의 저장 부담을 줄이기 위해 사용되며, 텍스트, 이미지, 영상 등 대용량 데이터는 오프체인에 저장되고, 해시(CID) 정보만 블록체인에 기록됨
- **(구성 #3 시스템 노드)** 설계, 제조, 정비, 재활용 등 각 도메인에 특화된 노드로 구성되며, 각 노드는 자신이 생성하거나 필요한 데이터를 IPFS를 통해 조회할 수 있음
- 즉, 본 프레임워크는 VUCA의 4대 요소를 다음과 같은 방식으로 해결함
 - 1) 변동성(Volatility): 실시간 위기 감지 및 대응 시스템
 - 2) 불확실성(Uncertainty): 위험 평가 및 적응형 시스템 구조
 - 3) 복잡성(Complexity): 공급망을 노드 단위로 분할하여 관리 단순화
 - 4) 모호성(Ambiguity): 분산 원장을 통한 투명성 및 책임 추적성 확보

- 블록체인의 DPoS 알고리즘과 IPFS를 결합한 시스템은 자동차 산업의 VUCA 환경에서 실시간 대응, 데이터 무결성 확보, 공급망 단순화 등 구조적 문제 해결에 효과적인 기술적 대안이 될 수 있음
- 이러한 기술적 프레임워크는 자동차 생애 전반의 데이터를 투명하게 관리함으로써 제조사부터 소비자까지 모든 이해관계자의 신뢰와 효율적인 의사결정을 가능하게 함

[출처]

- Frontiers, 'Proposing blockchain based framework to mitigate VUCA realm problems for automobile life cycle', 2025.06.27

블록체인 기술·정책·산업 동향

디지털안전지원본부 신기술안전단 블록체인정책팀

[글로벌]

예측 기반 인프라, 블록체인의 한계를 넘다

- 블록체인의 지연과 확장성 문제는 기존의 사후적 확장 방식으로 해결하기에는 기술적 한계가 존재함
- 예측 기반 인프라는 실시간 분석과 자동 자원 할당을 통해 사용자 중심의 지능형 플랫폼으로 발전시킴

예측 기반 인프라는 실시간 수요 분석과 지능형 자원 할당을 통해 블록체인의 고질적인 지연과 확장성 문제를 해결하고, 사용자 의도에 맞춘 유연하고 효율적인 성능 최적화를 가능하게 함으로써 블록체인 생태계의 실용성과 확장성을 강화함

▶ 예측 기반 인프라를 통해 블록체인의 지연과 확장성 문제가 해결되며 의도 기반 성능 최적화가 가능해짐

- **(문제점)** 블록체인 기술은 빠르게 진화하고 있으나, 여전히 지연(latency)과 확장성(scalability)이라는 기술적 한계를 극복하지 못하고 있음
- 이러한 문제는 블록체인 네트워크에서의 거래 승인 지연, DApp 인터페이스 반응 속도 저하, 트래픽 급증 시 성능 불안정 등으로 나타나며, 사용자 경험 저하와 서비스 신뢰성 부족이라는 결과로 이어질 수 있음
- 전통적인 대응 방식은 네트워크에 더 많은 노드를 추가하거나 용량을 확장하는 사후적(reactive) 접근에 기반하지만, 이는 비용이 크고 지속가능성이 낮다는 문제점이 존재함
- 특히 GameFi처럼 지리적 분산이 중요한 서비스나 고빈도 거래(High Frequency Trading, HFT)처럼 초저지연이 요구되는 시스템에 기존 확장 방식은 효과적이지 않음
- 따라서 블록체인은 다양한 트래픽 유형과 시간대, 사용자 위치, 응용 특성 등을 고려한 지능형, 상황 대응형 인프라로의 진화를 요구받고 있습니다.
- **(해결 방법)** 예측 기반 인프라(Predictive Infrastructure)는 과거 데이터와 실시간 네트워크 분석을 통해 수요를 미리 예측하고, 이에 따라 노드 자원을 자동으로 할당하여 효율적인 네트워크 운영이 가능함
- **(장점)** 이러한 인프라는 ▲지연 최소화 ▲운영비용 절감 ▲네트워크 확장 자동화 ▲개발자 효율 향상과 같은 장점을 가지며, 사용자의 의도에 따라 우선순위를 조정할 수 있는 의도 기반 성능 최적화로 발전함
- 이를 통해 개발자는 개발에 집중하고, 사용자는 안정성과 속도를 보장받으며, 블록체인 생태계는 다양한 사용 사례와 요구를 수용할 수 있는 포용적이고 유연한 기술 플랫폼으로 발전하게 될 것으로 전망됨

- 예측 기반 인프라는 블록체인 인프라를 기존의 사후 대응형에서 지능형·선제 대응형 구조로 전환시켜, 네트워크 효율성과 사용자 경험을 동시에 향상시킬 수 있는 핵심 기술로 주목됨
- 블록체인의 대중화와 확장을 위해서는 단순한 처리 속도 향상뿐 아니라, 사용자 의도에 따라 자원을 유연하게 배분할 수 있는 예측 기반 인프라로의 전환이 필수적임

[출처]

- Alinvest, 'Predictive Intelligence Transforms Blockchain Infrastructure', 2025.06.29.