



SUMMARY

산업/기업

기술

산업 영국 정부의 AI 학습 데이터 관련 규제 방향 변화

▶ 영국 정부는 2024년 말 적법한 저작물에 대한 AI 학습을 허용하되 창작자의 사후 거부권을 보장하는 옵트아웃 체계를 우선 검토안으로 제시하였으나, 창작 산업계의 반발에 부딪혀 2026년 3월 정책 추진을 잠정 유보했다. 창작 업계는 이미 온라인에 넓게 배포된 저작물 특성상 옵트아웃 구조가 실질적인 저작권 행사를 저해하는 불공정한 제도임을 지적했지만, AI 업계는 개별 허락 취득 방식이 대규모 모델 학습에 현실적으로 적용하기 어렵다는 견해를 유지했다. 이에 영국 정부는 논의의 초점을 단순 학습 허용 여부에서 ▲ AI 산출물 라벨링 ▲ 비동의 디지털 복제물 대응 ▲ 창작자 통제권 및 학습 데이터 투명성 확보 ▲ 독립 창작자 지원 등 세부 제도 설계로 전환했으나, 사회적 합의 도달 전까지 저작권법을 개정하지 않겠다는 원칙에 따라 규제 불확실성은 당분간 지속될 것으로 보인다.

산업 소니 AI, 저작권 침해 차단 기술 개발 착수

▶ 생성형 AI의 대중화로 스튜디오 지브리의 화풍을 무단 모방한 AI 이미지가 급속히 확산되면서 저작권 침해 문제가 심화되고 있다. 이에 소니 AI는 2026년 3월 저작권 콘텐츠를 AI 모델에 직접 학습시켜 해당 스타일을 인식하고 이미지 생성 과정에서 지브리와 유사한 화풍의 이미지를 산출하는 것을 방지하도록 설계된 프로텍티브 AI 개발에 착수했다. 이 기술은 지브리 특유의 색감·선 처리·구도 등을 학습하여 우회 프롬프트에도 대응할 수 있다. 프로텍티브 AI는 이미지 생성 단계에서부터 저작권 침해 가능성을 원천 차단한다는 점에서 기존 사후 대응 방식과 차별화되나, 동 기술이 실효성을 확보하기 위해서는 산업 전반의 적극적인 필요하다.

산업 루미너리복스, 사실검증까지 자동화한 AI 교정·검수 시스템 공개

▶ 루미너리복스는 2026년 3월, RAG 기반 지식 검증 엔진과 7개의 전문 AI 에이전트를 결합한 자동 교정·검수 시스템을 공개했다. 이 시스템은 맞춤법·띄어쓰기 교정뿐 아니라 원고의 사실관계까지 자동 검증하는 것이 특징이다. 사실 확인이 필요한 문장을 추출한 뒤 학술 논문, 백과사전, 공인 통계 등이 담긴 의미 기반 검색 DB와 대조해 검증하며, 신뢰도 70점 미만 항목에는 수정 제안과 근거 출처를 함께 제시한다. 7개 에이전트는 사실검증, 문법 교정, 문체 분석, 용어 통일, 수치 검증, 법적 리스크 분석, 최종 판정을 분담하고 교차 검증으로 오차를 줄인다. 다만 회사가 제시한 사실검증 정확도 99.6%와 도서 한 권 분량 원고를 30분 이내에 검수할 수 있다는 설명은 외부 검증을 거치지 않은 만큼, 향후 업계 공통의 평가 기준을 마련하고 지식 자료 관리 체계도 함께 갖춰 나갈 필요가 있다.



SUMMARY

산업/기업

기술

산업 클라우드플레이어, 자동화 웹 크롤링 기능을 지원하는 '크롤 API' 공개

▶ 클라우드플레이어가 자사 크롤링 시스템에 웹사이트 크롤링을 요청할 수 있는 크롤 API를 베타 버전으로 공개했다. 사용자는 별도의 크롤링 도구를 구축하지 않아도 크롤 API 호출만으로 특정 웹사이트를 크롤링할 수 있으며, 탐색 깊이나 수집 페이지 수, URL 패턴 등을 설정하여 크롤링 범위를 조정할 수 있다. 클라우드플레이어는 크롤링 시스템이 robots.txt 등 웹사이트의 크롤러 접근 제어 규칙을 준수하도록 설계했다고 밝혔으나, 출시 직후 일부 운영자들이 자체 크롤러에 차단 기능이 적용되지 않는다는 문제를 지적했고, 보안 기업이 직접 크롤링 도구를 공개한 것 자체가 기존 역할과 모순된다는 논란도 제기되었다.

산업 故발 킬머, 사망 1년 만에 생성형 AI로 복원되어 스크린에 등장

▶ 사망한 배우 발 킬머가 생성형 AI로 복원되어, 독립영화에 출연할 예정인 것으로 알려졌다. 감독 코어트 부어히스는 5년 전 발 킬머를 캐스팅했으나 그의 후두암 투병으로 촬영이 이루어지지 못했다. 이후 예산 부족 등의 문제로 다른 배우로의 대체도 대체하기도 어려워지자, 제작진은 생성형 AI로 발 킬머의 모습을 재현하기로 결정했다. 이번 사례는 생성형 AI가 배우를 전면적으로 대체하는 수단이 아니라, 사망 등으로 배우가 완수하지 못한 출연을 보완하는 방식으로 활용될 수 있음을 보여주었다. 또한 향후 콘텐츠 산업에서 유사한 방식으로 생성형 AI를 통한 사후 출연이 추진될 경우 동의와 보상 절차의 참고 기준으로 활용될 수 있다.

기술 주간 기술 동향

▶ AI를 활용한 음악 생성 방식이 보컬 트랙과 반주 트랙을 각각 생성한 후 합성하는 멀티소스 방식으로 진화하면서, 각 트랙의 워터마크를 개별적으로 추적해야 하는 필요성이 커지고 있다. 기존의 기술들은 여러 트랙이 합성되면 워터마크가 서로 간섭하고, 이를 분리하면 워터마크가 손상되어 탐지 오류율이 평균적으로 20-40%에 달했다. 본 보고서의 멀티스트림 워터마킹 기술은 음원 분리 모델과 워터마크 탐지 모델을 통합 시스템으로 결합하여 동시에 학습시킨다. 결합 학습을 통해 분리 모델은 워터마크를 보존하고, 탐지 모델은 분리 왜곡에 강건해지는 방향으로 상호 최적화되며, 실험 결과 오류율을 1%로 개선하면서 음질은 유지했다.



저작권 이슈 브리프

SUMMARY

산업/기업

기술

영국 정부의 AI 학습 데이터 관련 규제 방향 변화

영국의 AI 학습 데이터 규제 완화 시도

• 영국 정부의 정책 추진 유보

- 영국 정부는 2024년 말 AI 학습 데이터의 저작권 규제 방향에 관한 공개 협의를 개시하며, 적법하게 접근한 저작물에 한하여 AI 학습을 허용하되 창작자가 사전에 거부 의사를 표시할 수 있는 옵트아웃(opt-out)* 방식을 우선 검토안으로 제시함
- 해당 안에 대한 문화예술·창작 산업계의 반대 기류가 확산되자, 리즈 켄달(Liz Kendall) 과학혁신기술부 장관은 2026년 3월 의회 성명을 통해 '정부 차원의 우선 검토안은 없다'는 입장을 공식적으로 발표함¹⁾
- 다만 이는 기존 옵트아웃 방안의 완전한 철폐 선언이 아닌 정책 추진의 잠정적 유보에 해당하며, 정부는 향후 제한적 예외 적용이나 라이선싱 지원 방식 등 다양한 대안 검토를 지속할 것임을 시사함

* 옵트아웃(opt-out): 창작자가 자신의 저작물이 AI 학습에 활용되는 것을 사전에 거부 의사를 표시함으로써 제외할 수 있는 방식으로, 별도의 거부 표시가 없으면 이용이 허용되는 구조임

• 옵트아웃 방식의 기본값 설정과 이해관계 대립

- (창작 업계) '기본 허용, 사후 거부'라는 옵트아웃의 구조적 불공정성을 핵심 반론으로 제기함. 저작물이 온라인상에 무분별하게 확산된 환경에서, 개별 창작자가 자신의 모든 저작물을 추적하여 거부 의사를 표시하는 데 한계가 있음을 강조함
- (AI 업계) 대규모 모델 학습의 특성상 모든 데이터에 대해 개별 라이선스를 취득하는 방식은 기술적·실무적 적용이 어려우며, 광범위한 데이터 접근이 보장되지 않으면 AI 모델의 개발 및 고도화가 불가능하여 국가 기술 경쟁력 약화로 이어질 수 있다는 논지를 제시함
- (영국 정부) 정부는 창작 산업과 AI 산업을 모두 국가의 핵심 자산으로 인정하고 있으나, 양측의 이해관계가 상충하는 가운데 양립할 수 있는 구체적인 균형 방안을 제시하지 못한 상황임

정책 유보 이후의 불확실성과 논의 확장

• '합의되지 않음(No Consensus)'이 시사하는 규제 불확실성

- 정부 성명에 명시된 '합의되지 않음(No Consensus)'은 단순한 이해관계 충돌을 의미하는 것이 아니라, 창작자 보호와 AI 혁신이라는 두 가치를 어떻게 동시에 충족할 것인지에 대한 균형점이 도출되지 않은 것으로 해석됨
- 정부와 업계 간 공개 협의 과정에서 다양한 정책 대안이 검토되었으나, 경제적 타당성·기술적 실현 가능성·법적 안정성을 동시에 충족하는 단일 방안은 도출되지 못함

1) Liz Kendall, "Copyright and AI Progress", Written Statement HCWS1416, UK Parliament, 2026.03.18., <https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2026-03-18/hcws1416>

- 이에 따라 영국 정부는 충분한 근거 확보 전까지 저작권법 개정을 추진하지 않겠다는 태도로 선회하며, 정책적인 결론 도출을 유보함
- 결과적으로 창작 업계에는 불리한 법 개정이 일단 중단됐지만, AI 업계는 학습 데이터 활용에 관한 명확한 기준 부재로 인해 장기적인 규제 불확실성이 지속되는 결과가 나타남

• 후속 검토 과제를 통한 논의 확장

- 영국 정부는 후속 검토 과제로 ▲ AI 산출물 라벨링 ▲ 비동의 디지털 복제물 대응 ▲ 창작자 통제권 및 학습 데이터 투명성 확보 ▲ 독립 창작자 지원 등을 제시하며 논의 범위를 구체화함
- 이는 정책 논의의 초점을 단순한 ‘AI 학습 허용 여부’에서 창작자의 저작권 보호와 AI 활용 간 균형을 위한 세부 제도 설계로 확장되는 흐름임
- 특히 저작권법 개정이라는 직접적인 방식 대신, 라이선싱에 기반한 적법한 활용 체계 구축과 기술적 표준 마련 등 우회적인 관리 및 유통 구조 설계로 정책의 무게 중심이 이동하는 양상을 보임

[표1] 영국 정부의 AI 저작권 관련 검토 과제

검토 과제	목적	추진 방안
AI 산출물 라벨링 (Labelling AI-generated content)	소비자 정보 보호, 허위정보·딥페이크 대응	라벨링 모범 사례 방안 마련을 위한 태스크포스(TF) 구성
비동의 디지털 복제물 (Digital replicas)	동의 없는 외모·음성 복제 피해 대응	대응방안 마련을 위한 의견 수렴
창작자 통제권 및 학습 데이터 투명성 (Creator control and transparency)	창작자의 온라인 저작물 통제 수단 확보, 정부 개입의 필요성 판단	기술 표준, 기술적 해결책, 투명성 관련 모범 사례를 포함한 보고서 발표
독립 창작자 지원 (Independent creatives)	독립·소규모 창작 단체의 콘텐츠 라이선스 역량 지원	워킹그룹(working group) 구성 예정

출처: Liz Kendall, "Copyright and AI Progress", Written Statement HCWS1416, UK Parliament, 2026.03.18., <https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2026-03-18/hcws1416>

시사점: 통제권 중심의 논의와 규제 불확실성의 지속

• 옵트아웃에서 ‘창작자 통제권 중심’ 체계로의 논의 변화

- 기존 논의는 AI 학습 허용 여부를 중심으로 전개되었으나, 최근에는 창작자가 저작물 활용 여부를 실질적으로 통제할 수 있는 구조를 어떻게 설계할 것인가로 논의의 초점이 이동하는 양상을 보임
- 옵트아웃 방식이 갖는 기본값의 불공정성 문제가 제기되면서, 단순한 거부권 부여를 넘어 창작자가 사전에 이용 조건을 설정하거나 보상을 받을 수 있는 체계를 마련할 필요성이 제기되고 있음
- 이와 함께 AI 기업의 학습 데이터 출처 공개와 활용 방식에 대한 투명성 확보 요구도 확대되고 있으며, 이는 ‘창작자의 통제권’을 실질적으로 보장하기 위한 논의 범위에도 포함될 것으로 보임
- 다만 영국 정부가 제도적 결론을 내리기보다 정책적 판단을 보류함에 따라, 당분간 공식 규범을 대체할 업계 간 자율 협약이나 맞춤형 개별 라이선싱 체계 등 현장 중심의 유연한 대응이 병행될 것으로 예측됨

• 규제 불확실성의 지속과 산업적 함의

- 영국 정부의 정책 유보는 단기적 해결보다 신중한 재설계를 선택한 것으로, 미국, 유럽연합, 호주 등 주요국에서도 유사한 쟁점에 직면해 있어 글로벌 규제 표준 정립에는 상당한 시일이 소요될 것임
- AI 업계는 명확한 법적 기준이 부재한 상황에서 데이터 확보 전략을 수립해야 하므로, 향후 자율적 라이선싱 협약이나 기술적 보호 조치 준수 등 선제적 리스크 관리 부담이 가중될 것으로 보임
- 창작 업계는 입법을 통한 즉각적인 보호 체계 마련이 지연됨에 따라, 개별 계약이나 집단적 협상을 통해서 스스로 저작권을 방어해야 하는 구조적 과도기가 당분간 지속될 것으로 예상됨

참고문헌

- Advanced Television, "UK begins AI copyright backdown", Advanced Television, 2026.03.18., <https://www.advanced-television.com/2026/03/18/uk-begins-ai-copyright-backdown/>
- Liz Kendall, "Copyright and AI Progress", Written Statement HCWS1416, UK Parliament, 2026.03.18., <https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2026-03-18/hcws1416>
- Reuters, "UK to examine labelling of AI content among wider copyright reforms", Reuters, 2026.03.18., <https://www.reuters.com/business/media-telecom/uk-examine-labelling-ai-content-among-wider-copyright-reforms-2026-03-18/>



저작권 이슈 브리프

SUMMARY

산업/기업

기술

소니 AI, 저작권 침해 차단 기술 개발 착수

소니 AI의 프로텍티브 AI 출범 배경

• 지브리 화풍을 무단 모방한 AI 이미지의 확산

- 생성형 AI의 대중화로 인해, 일본의 애니메이션 제작사 지브리(Studio Ghibli)의 화풍을 무단으로 모방한 AI 생성 이미지가 급속히 확산되면서 저작권 침해 문제가 심화되고 있음
- 수많은 소셜미디어 이용자들이 자신의 프로필 사진을 지브리 스타일로 변경하는 것이 유행하면서, 원작자의 허락 없이 지브리의 독창적인 예술 스타일이 대규모로 복제되는 문제가 발생함
- 특히 미국 이민세관집행국(Immigration and Customs Enforcement, ICE)이 이민자 추방 정책 포스터에 지브리 스타일 AI 이미지를 사용한 사례는 AI 이미지의 저작권 침해 문제가 개인 영역을 넘어 공공 영역으로까지 확산되고 있음을 시사함
- 무분별한 AI 산출물의 확산은 지브리를 비롯한 창작자들의 저작권을 침해할 뿐 아니라, 창작 생태계 전반의 지속가능성을 위협하는 요인으로 지목되고 있음

• 소니 AI의 프로텍티브 AI 개발 착수

- 소니(Sony)의 연구개발 부서인 소니 AI(Sony AI)는 2026년 3월 생성형 AI가 저작권으로 보호되는 콘텐츠를 무단으로 모방하지 못하도록 차단하는 기술인 프로텍티브 AI(Protective AI) 개발에 착수하였다고 발표함
- 이 기술은 지브리 영화와 같은 콘텐츠를 AI 모델에 직접 학습시켜 해당 스타일을 정확히 인식하게 한 뒤, 생성 과정에서 엄격히 회피하도록 설계하는 역발상적 접근 방식을 채택함

프로텍티브 AI의 핵심 메커니즘 및 보상 체계와의 연계성

• 원본 콘텐츠 직접 학습을 통한 역발상적 차단 메커니즘

- 프로텍티브 AI는 일반적인 생성형 AI가 저작권 콘텐츠를 학습 데이터에서 배제하는 것과 달리, 지브리의 애니메이션을 의도적으로 학습 데이터로 활용하여 지브리 특유의 색감·선 처리·구도 등을 정밀하게 파악하도록 훈련됨
- 이러한 학습 과정을 통해 모델이 지브리 스타일의 핵심 요소를 명확히 인지하게 되면, 사용자가 유사한 스타일의 이미지 생성을 요청하더라도 이를 탐지하고 생성을 거부하도록 메커니즘이 작동함
- 이 방식은 특정 키워드나 프롬프트를 필터링하는 수준을 넘어, 모델 자체가 보호해야 할 콘텐츠의 스타일을 학습하고 인지함으로써, 생성 단계에서부터 저작권 침해 가능성을 원천 차단하는 구조임
- 소니는 AI 모델에게 보호 대상을 명확히 학습시킴으로써 오히려 더 정확한 차단이 가능하다고 강조하며, 이러한 역발상적 접근을 통해 저작권 보호와 AI 발전을 동시에 추구할 수 있다고 주장함

• 우회 프롬프트 대응 역량 강화

- 프로텍티브 AI는 사용자가 직접적으로 지브리 스타일을 요청하지 않고 특정 색감이나 구도를 조합하는 등 간접적 표현을 통해 유사한 결과물을 얻으려는 우회 시도에도 대응할 수 있도록 설계됨
- 소니는 2026년부터 게임 플레이 보조 AI, 캐릭터 음성 기반 팟캐스트 생성 AI 등 다양한 AI 기술 특허를 출원하고 있으며, 이를 통해 AI 기술 개발과 자사 지식재산권 보호 체계를 병행 구축하는 전략을 추진하고 있음
- 프로텍티브 AI는 현재 지브리 콘텐츠를 중심으로 개발되고 있으나, 향후 소니 그룹이 보유한 소니 픽처스(Sony Pictures)의 영화 콘텐츠, 플레이스테이션(PlayStation) 게임 관련 IP 등 여타 분야로도 확장될 가능성이 있음

• 원작자 기여도 추적 및 공정 보상 체계와의 연계

- 소니 AI는 프로텍티브 AI가 단순히 저작권 침해 콘텐츠 생성을 차단하는 것을 넘어, AI 산출물에 원작자의 창작물이 기여한 정도를 추적하는 기술을 함께 개발 중이라고 밝힘
- 이 추적 기술은 생성형 AI의 출력물이 특정 창작자의 원본 작품에서 영향을 받았는지를 식별하고, 그 기여도를 정량적으로 측정하여 보상 체계와 연계하는 것을 목표로 함
- 소니는 이를 통해 창작자가 자신의 작품이 AI 학습에 활용되었을 때 적절한 보상을 받을 수 있는 프레임워크를 구축하고자 함

책임 있는 AI 생태계 구축을 위한 기술적·제도적 과제

• 저작권 보호형 AI 기술의 실효성 확보 과제

- 프로텍티브 AI는 생성 단계에서부터 저작권 침해 가능성을 원천 차단한다는 점에서 기존의 사후 대응 방식과 차별화되나, 해당 기술의 실효성은 우회 시도를 얼마나 정교하게 탐지하고 차단할 수 있는지에 달려 있음
- 현재 프로텍티브 AI는 연구개발 단계로 상용화 시점이나 구체적인 적용 범위가 확정되지 않은 상태임
- 해당 기술은 소니 내부 콘텐츠에 우선 적용될 것으로 예상되며, 향후 산업 전반으로 확산되기 위해서는 타 AI 기업 및 플랫폼과의 협력이 필수적임
- 이번 소니의 사례는 AI 기술 개발 기업이 창작자 권리 보호에 대한 책임을 인식하고 기술적 해법을 모색한다는 점에서 의의가 있으나, 단일 기업의 노력만으로는 AI 산출물 전반의 저작권 침해 문제를 해결하기 어려울 것으로 예상됨

• AI 생태계 내 공정 보상 체계 정립의 필요성

- 현재 생성형 AI 산업은 창작자의 원본 콘텐츠를 학습 데이터로 활용하면서도 창작자에 대한 적절한 보상 체계가 마련되어 있지 않은 상황임
- 프로텍티브 AI가 상용화에 성공할 경우 향후 AI 생성 콘텐츠 관련 법률과 가이드라인 제정에 도움을 줄 수 있을 것으로 전망됨

참고문헌

- Isaiah Colbert, “BSony Wants to Defeat Ghibli AI Slop… By Feeding Ghibli Movies Into Its Own Slop Machine”, Gizmodo, 2026.03.18., <https://gizmodo.com/sony-protective-ai-studio-ghibli-2000735011>
- Hypebeast, “Sony AI Unveils "Protective AI" to Block Ghibli-Style Copies”, 2026.03.19., <https://hypebeast.com/2026/3/sony-ai-unveils-protective-ai-to-block-ghibli-style-copies>
- Verity Townsend, “Sony Takes Aim at Studio Ghibli AI Slop, Developing Tool to Stop Copyright Infringing Content and Compensate Original Creators”, IGN, 2026.03.18., <https://www.ign.com/articles/sony-takes-aim-at-studio-ghibli-ai-slop-developing-tool-to-stop-copyright-infringing-content-and-compensate-original-creators>



저작권 이슈 브리프

SUMMARY

산업/기업

기술

루미너리북스, 사실검증까지 자동화한 AI 교정·검수 시스템 공개

기존 출판 검수의 한계와 AI 검수 시스템의 등장

• 기존 출판 교정·검수의 한계

- 기존 출판 교정·교열은 여러 명의 전문인력이 며칠에서 몇 주에 걸쳐 수행해 왔으며, 비용 부담이 클 뿐 아니라 사실검증은 검수자 개인의 지식과 경험에 의존할 수밖에 없었음
- 특히 역사서, 과학 교양서 등 전문 분야 원고는 기술된 연도, 수치, 인용 정보가 맞는지 일일이 대조해야 하므로 시간과 비용이 많이 들고, 검수자에 따라 결과물의 품질 차이가 발생했음
- 이에 따라 출판 업계에서는 교정·검수 과정에 AI 기술을 도입해 비용과 시간을 줄이면서도 원고의 사실검증까지 다루려는 시도가 이어지고 있음

• 루미너리북스의 AI 교정·검수 시스템 공개

- 시중에 보급된 출판 전용 AI 교정 도구의 대부분은 맞춤법, 띄어쓰기, 조사 오류 등 단순한 문법 오류 교정에 머물러 있으며, 원고에 담긴 사실관계의 정확성까지 판별하는 기능은 갖추지 못함
- 이러한 상황에서 한국의 AI 기반 출판 기업 루미너리북스(Luminary Books)는 2026년 3월, 검색증강생성(RAG)* 기반의 지식 검증 엔진과 7개의 전문 AI 에이전트를 결합한 AI 자동 교정·검수 시스템을 공개함
- 루미너리북스의 AI 자동 교정·검수 시스템은 높은 정확도와 짧은 검수 시간을 강점으로 내세우며, 기존 AI 교정 도구가 다루지 못했던 사실검증까지 자동화했다는 점에서 관심을 끌고 있음

* 검색증강생성(Retrieval-Augmented Generation, RAG): 대형언어모델(LLM)이 답변을 생성할 때 외부 지식 자료를 실시간으로 검색하고 참조하여, 학습 데이터에 포함되지 않은 정보에 대해서도 답변의 사실적 근거를 보강하는 기술

AI 교정·검수 시스템의 기술 구조와 작동 방식

• 사실검증 자동화의 작동 방식

- 이 시스템의 검수 과정은 AI가 원고를 읽으며 '사실 여부를 확인해야 할 문장'을 자동으로 추출하는 단계에서 시작됨
- 골라낸 문장은 학술 논문, 백과사전, 공인 통계 등 수백만 건의 신뢰할 수 있는 자료가 저장된 의미 기반 검색 데이터베이스*를 통해 대조 및 검증됨
- 대조 과정에서는 단순히 동일 단어의 포함 여부를 확인하는 것이 아니라 문장의 의미를 기준으로 비교하므로, 원고와 참고 자료의 표현이 다르더라도 동일한 사실을 가리키는지 판별할 수 있음

- 각 문장에는 0~100점의 신뢰도 점수가 매겨지며, 신뢰도가 70점 미만인 항목은 자동으로 표시되며, 검수 리포트에는 해당 문장에 대한 수정 제안과 이를 뒷받침하는 근거 출처가 함께 포함됨

* 의미 기반 검색 데이터베이스: 텍스트를 수치 벡터로 변환해 저장한 뒤, 단어가 정확히 일치하지 않더라도 의미가 유사한 내용을 찾아낼 수 있도록 설계된 데이터베이스

• 7개 전문 에이전트의 교차 검증 시스템

- 루미너리북스는 오픈AI(OpenAI)의 최신 모델 GPT-5.4 Pro를 기본 엔진으로 사용하고, 여기에 자체 개발한 7개 전문 AI 에이전트*를 연계해 하나의 원고를 동시에 검수하도록 설계함
- 각 에이전트는 사실관계 검증, 맞춤법·문법 교정, 문체 분석, 용어 통일, 수치 검증, 법적 리스크 분석, 최종 판정을 각각 담당함
- 7개 에이전트는 각각 독립적으로 검수를 마친 뒤 결과를 교차 검증함. 이 과정에서 동일한 판단이 여러 에이전트에서 반복된 항목에 더 높은 가중치를 부여해 개별 에이전트의 오류를 상호 보완하고, 잘못된 탐지를 줄여 최종 검수의 정확성을 높임

* AI 에이전트(AI Agent): 특정 목표를 위해 스스로 판단하고 작업을 수행하는 AI 시스템으로, 여러 에이전트가 함께 협업하는 구조를 멀티 에이전트 시스템이라 함

[표1] 루미너리북스 AI 자동 교정·검수 시스템의 7개 에이전트 역할 및 기능

에이전트명	담당 영역	주요 기능
팩트체커	사실검증	원고 속 사실 주장을 외부 지식 자료와 대조해 정확성을 판별
그래머리안	맞춤법·문법	맞춤법, 띄어쓰기, 조사 오류 등 기본적인 문법 오류를 탐지
스타일리스트	문체 분석	문장의 톤, 문체 일관성, 가독성 등을 분석
컨시스턴시	용어 통일	원고 전체에서 같은 개념에 쓰인 용어가 일관되는지 점검
데이터가드	수치 검증	통계, 날짜, 금액 등 수치 정보가 정확한지 확인
컴플라이어	법적 리스크	명예훼손, 저작권 침해 등 법적 리스크 요소를 탐지
오케스트레이터	최종 판정	6개 에이전트의 검수 결과를 종합해 최종 판정을 도출

출처: 뉴스와이어, “책 한 권 30분, 팩트체크 정확도 99.6%” 루미너리북스, 국내 최초 AI 사실검증 기반 교정·검수 시스템 개발”, 2026.03.20., <https://press.mtime.co.kr/newsRead.php?no=1030663>

• 성능 수치와 적용 현황

- 루미너리북스에 따르면, 자체 평가 결과 사실검증 정확도 99.6%를 달성했으며, 도서 한 권 분량의 원고를 30분 이내에 검수할 수 있다고 함¹⁾. 아울러 2026년 2월부터 자사 출판 도서 전반에 해당 시스템을 적용하고 있다고 밝힘
- 루미너리북스는 외부 출판사, 저자, 학술 기관 등을 대상으로 시스템 제공을 검토하고 있다고 밝히며, 자사 출판물 적용을 넘어 서비스 확장을 모색하고 있음

1) 뉴스와이어, “책 한 권 30분, 팩트체크 정확도 99.6%” 루미너리북스, 국내 최초 AI 사실검증 기반 교정·검수 시스템 개발”, 2026.03.20., <https://press.mtime.co.kr/newsRead.php?no=1030663>

AI 사실검증 기술의 출판 적용 가능성과 과제

• 객관적 성능 검증과 지식 자료 관리의 필요성

- 루미너리북스의 사례는 AI 교정 도구가 문법 오류 교정을 넘어 사실관계 검증까지 수행하는 출판 검수 도구로 발전할 수 있는 가능성을 보여줌
- 다만 현재 공개된 정확도 99.6% 등의 수치는 루미너리북스의 자체 평가 결과이며, 외부 제3자에 의한 독립적 검증은 이루어지지 않은 상태임. 해당 기술이 출판 산업에서 신뢰할 수 있는 품질 보증 수단으로 정착하려면 업계 공통의 평가 기준과 외부 검증 절차 마련이 필요함
- 아울러 검증에 활용되는 지식 자료의 범위와 최신성에 대한 지속적인 관리도 과제로 남아 있음

참고문헌

- 김해원, “루미너리북스, 출판사 전용 AI 자동 검수 시스템 출시”, AI Times, 2026.03.20., <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=208131>
- 뉴스와이어, “‘책 한 권 30분, 팩트체크 정확도 99.6%’ 루미너리북스, 국내 최초 AI 사실검증 기반 교정·검수 시스템 개발”, 2026.03.20., <https://press.mtime.co.kr/newsRead.php?no=1030663>
- 고희진, “AI 시대 문학을 보는 두 시선…‘클라스월드 편집장’과 ‘루미너리북스 CTO’”, 경향신문, 2026.03.04., <https://www.khan.co.kr/article/202603041955001#ENT>



클라우드플레어, 자동화 웹 크롤링 기능을 지원하는 '크롤 API' 공개

클라우드플레어, 자사 크롤링 시스템에 웹사이트 자동 크롤링 가능한 '크롤 API' 공개

- 클라우드플레어의 크롤 API 작동 구조와 크롤링 범위 조정 방식
- 웹 보안 서비스 기업 클라우드플레어(Cloudflare)가 자사 크롤링(crawling)* 시스템에 웹사이트 크롤링을 요청할 수 있는 크롤 API**를 베타 버전으로 공개함
- 사용자는 별도의 크롤링 도구를 구축하지 않아도, 크롤 API 호출만으로 특정 웹사이트를 크롤링할 수 있음
- 크롤 API를 통한 웹사이트 크롤링은 다음과 같은 절차로 수행됨
- 사용자가 웹사이트 주소를 입력해 크롤 API를 호출하면 해당 요청이 클라우드플레어로 전달되고, 요청이 접수되면 클라우드플레어의 크롤링 시스템이 해당 웹사이트의 첫 페이지를 탐색함
- 크롤링 시스템은 첫 페이지 링크를 시작으로 하위 페이지로 순차적으로 탐색 범위를 넓히며, 탐색한 각 페이지에서 텍스트·이미지 등의 데이터를 수집함
- 이때 사용자는 몇 번째 페이지까지 탐색할지 지정하거나, 설정된 최대 수집 페이지 수에 도달하면 탐색을 중단하도록 할 수 있음
- 또한, 특정 URL 패턴을 지정하여 그에 해당하는 페이지만 수집하거나 수집 대상에서 제외할 수 있음
- 예를 들어, 뉴스 웹사이트에서 경제 섹션 기사만 수집하고자 할 경우 URL이 'example.com/economy/...'로 시작하는 페이지만 수집 대상으로 지정할 수 있음

* 크롤링(crawling): 웹사이트의 페이지를 자동으로 탐색하며 텍스트·이미지 등의 데이터를 수집하는 작업을 의미함. 이를 수행하는 프로그램을 크롤러(crawler)라고 함

** API(Application Programming Interface): 서로 다른 프로그램이나 서비스 간에 정해진 방식으로 요청과 응답을 주고받을 수 있도록 하는 통로를 의미함. 이 통로를 통해 데이터 조회나 특정 기능의 실행을 요청하는 행위를 'API 호출'이라고 함

[표1] 크롤 API 작동 구조

단계	내용
① API 호출	• 사용자가 크롤링할 웹사이트 주소를 입력해 크롤 API를 호출하면 요청이 클라우드플레어로 전달됨
② 탐색 시작	• 클라우드플레어의 크롤링 시스템이 입력한 웹사이트의 첫 페이지를 자동으로 탐색함
③ 확장 수집	• 첫 페이지 링크를 따라 하위 페이지로 순차적으로 확장되며, 탐색한 페이지에서 텍스트·이미지 등 데이터를 수집함
④ 범위 조정	• 탐색 단계, 최대 수집 페이지 수, URL 패턴 등을 설정하여 사용자가 크롤링 범위를 조정할 수 있음

출처: 참고문헌 종합하여 재구성

클라우드플레이어의 크롤 API, 웹사이트가 보안 목적으로 설정한 크롤러 제어 규칙을 준수

• 웹사이트의 크롤러 접근 제어 규칙을 준수하도록 설계

- 클라우드플레이어의 크롤링 시스템은 robots.txt를 준수하도록 설계되어, robots.txt에서 접근 제한 대상으로 지정된 페이지나 경로는 크롤링 대상에서 제외됨
- robots.txt란 웹사이트 운영자가 크롤러 등 외부 프로그램에 대해, 자신의 웹사이트에서 어떤 페이지나 경로에는 접근할 수 있고, 어떤 영역에는 접근하지 말아야 하는지를 안내하는 규칙을 담은 파일임
- 또한, 클라우드플레이어의 크롤링 시스템은 웹사이트에 접근할 때 자신을 크롤링 봇으로 명시함
- 웹사이트에는 robots.txt 외에도 크롤링 봇을 탐지·차단하는 보안 시스템이 있는데, 이러한 보안 시스템이 웹사이트 운영자가 설정한 차단 규칙대로 작동하기 위해서는 봇의 정체가 명확히 식별되어야 하기 때문임
- 클라우드플레이어는 사용자가 요청하는 크롤링 범위보다 웹사이트의 크롤러 접근 제어 규칙을 우선 적용하며, 이에 따라 웹사이트 운영자의 허용 범위를 벗어난 크롤링은 하지 않도록 설계했다고 밝힘

• 크롤러 제어 규칙의 준수 여부 및 보안 기업 역할과의 정합성 논란

- 크롤 API 출시 직후, 클라우드플레이어가 실제 서비스 환경에서 웹사이트의 크롤러 접근 제어 규칙을 준수하는지 여부에 대한 의문이 제기됨
- 클라우드플레이어는 외부 크롤러를 차단하는 기능을 제공하고 있음. 그러나 일부 웹사이트 운영자들은 이 차단 기능이 클라우드플레이어의 자체 크롤러에는 적용되지 않는다는 문제를 지적함
- 클라우드플레이어는 출시 초기 차단 기능이 정상적으로 작동하지 않았음을 인정하고, 현재는 해당 문제를 해결했다고 설명함¹⁾
- 아울러 보안 서비스 기업이 직접 크롤 API를 공개한 것이 웹사이트를 외부 크롤링으로부터 보호하는 기존 역할과 모순된다는 지적도 제기됨
- 이러한 상황에서 클라우드플레이어는 웹사이트 운영자를 보호하는 것이 자사의 책임이라는 입장을 밝히며, 이를 위한 노력을 지속할 것임을 강조함²⁾

참고문헌

- Jessica Davies, “Cloudflare’s compliant crawler highlights tension – and opportunity – in the emerging AI content market”, DIGIDAY, 2026.03.19., <https://digiday.com/media/cloudflares-compliant-crawler-highlights-tension-and-opportunity-in-the-emerging-ai-content-market/>
- Cloudflare, “Crawl entire websites with a single API call using Browser Rendering”, 2026.03.10., <https://developers.cloudflare.com/changelog/post/2026-03-10-br-crawl-endpoint/>
- Cloudflare, “/crawl - Crawl web content”, 2026.03.26. 접속 기준, <https://developers.cloudflare.com/browser-rendering/rest-api/crawl-endpoint/>

1) Jessica Davies, “Cloudflare’s compliant crawler highlights tension – and opportunity – in the emerging AI content market”, DIGIDAY, 2026.03.19., <https://digiday.com/media/cloudflares-compliant-crawler-highlights-tension-and-opportunity-in-the-emerging-ai-content-market/>

2) Jessica Davies, “Cloudflare’s compliant crawler highlights tension – and opportunity – in the emerging AI content market”, DIGIDAY, 2026.03.19., <https://digiday.com/media/cloudflares-compliant-crawler-highlights-tension-and-opportunity-in-the-emerging-ai-content-market/>



故발 킬머, 사망 1년 만에 생성형 AI로 복원되어 스크린에 등장

사망한 배우 발 킬머가 생성형 AI로 독립영화에 출연하게 된 배경

• 예산 부족·배우 대체 난항 속 생성형 AI로 발 킬머 복원 결정

- 2026년 3월, 약 1년 전 사망한 배우 발 킬머(Val Kilmer)의 초상과 음성이 생성형 AI로 복원되어 독립영화 '무덤만큼 깊은 곳(As deep as the grave)'에 출연한다는 사실이 공개됨¹⁾
- 감독 코어트 부어히스(Coerte Voorhees)는 5년 전 발 킬머를 해당 영화의 핀턴 신부(Father Fintan) 역으로 캐스팅했으나, 킬머의 후두암 투병으로 인해 촬영하지 못함
- 발 킬머의 촬영분만 남은 상황에서 예산 제약 등으로 다른 배우를 새로 캐스팅하기도 어려워지자, 제작진은 생성형 AI로 발 킬머의 초상과 음성을 재현하는 방식을 선택함

• 유족 동의 및 보상 절차를 기반으로 한 제작 과정

- 발 킬머는 2021년 영국 AI 음성 기업 소난틱(Sonantic)과 협력하여, 후두암 치료 과정에서 변한 자신의 음성을 기존의 목소리로 복원한 바 있음. 또한, 2022년 영화 '탑건: 매버릭'에서도 발 킬머의 음성이 AI 기술로 재현된 사례가 있음
- 발 킬머의 유족은 생성형 AI로 킬머의 초상과 음성을 재현하여 영화에 출연시키는 데 동의함
- 발 킬머의 딸인 메르세데스 킬머(Mercedes Kilmer)는 아버지가 생전에도 창작의 가능성을 확장하는 도구로서 신기술을 긍정적으로 받아들였다고 전함¹⁾
- 해당 영화의 제작진은 SAG-AFTRA*의 디지털 복제물(Digital Replica)** 보호 규정***에 따라 발 킬머의 유족에게 보상을 지급함
- 감독 부어히스는 사망한 배우의 유족과 협력하여 윤리적으로 생성형 AI를 활용할 수 있는 사례를 제시하고자 한 것으로 알려짐

* SAG-AFTRA(Screen Actors Guild-American Federation of Television and Radio Artists): 미국의 배우·방송인 노동조합으로, 약 16만 명의 배우·방송인·스턴트 배우 등을 대표하며 영화·TV·스트리밍 분야의 노동 조건과 권리를 관장하는 단체

** 디지털 복제물(Digital Replica): AI 등 디지털 기술을 활용하여 배우의 음성이나 초상을 복제한 결과물

*** 디지털 복제물 보호 규정: 2023년 SAG-AFTRA와 AMPTP 간 단체협약을 통해 확보된 규정으로, 디지털 복제물의 생성과 활용에 대해 배우의 사전 동의, 사용 목적 설명, 보상 지급 등을 의무화하는 내용을 포함

1) Tyler Lacombe, "AI Brings Val Kilmer Back to the Big Screen a Year After His Death", CNET, 2026.03.18, <https://www.cnet.com/culture/entertainment/ai-set-to-create-val-kilmers-likeness-for-film-one-year-after-his-death/>

생성형 AI 기반 복원 기술과 SAG-AFTRA의 디지털 복제물 보호 규정

• 생성형 AI 기술, 발 킬머의 연령대별 외형·음성 복원에 활용

- 영화 속 파더 핀턴은 청년기부터 노년기까지 여러 시기를 거치는 인물로, 이에 따라 제작진은 킬머의 젊은 시절 사진부터 말년의 영상까지 다양한 자료를 생성형 AI로 결합하여 각 연령대에 맞는 외형을 재현함
- 제작진은 후두암 치료로 변한 발 킬머의 음성이 결핵을 앓는 파더 핀턴의 설정에 부합한다고 판단하여, 발 킬머의 과거 음성 기록물을 활용하여 생성형 AI로 음성을 재현함

[그림] AI로 재현된 발 킬머 - 영화 '무덤만큼 깊은 곳(As deep as the grave)'의 파더 핀턴 역



출처: Kimberlee Speakman, "Val Kilmer Appears in New Movie Nearly 1 Year After His Death via AI Technology: 'This Is What He Wanted'", People, 2026.03.18., <https://people.com/val-kilmer-appears-in-new-movie-nearly-1-year-after-his-death-via-ai-technology-11929033>

• 생성형 AI 확산에 따른 배우 초상·음성 무단 활용 우려와 디지털 복제물 보호 규정의 적용

- 할리우드에서는 생성형 AI를 통한 디지털 복제물의 활용 범위가 넓어지면서, 배우의 동의 없이 초상과 음성을 활용하는 상황에 대한 우려가 커지고 있음
- 이러한 우려 속에서 SAG-AFTRA는 2023년 AMPPT*와의 단체협약을 통해 디지털 복제물 보호 규정을 마련함
- 해당 규정에 따르면 사망한 배우의 디지털 복제물을 생성하거나 활용할 경우, 유족이나 유산 관리 권한을 위임받은 대리인의 동의가 필요하며, 유족이나 대리인이 모두 부재할 경우 SAG-AFTRA의 동의가 필요함
- SAG-AFTRA는 2026년 3월 20일 킬머 사례에 대한 공식 성명을 발표하여, 유족의 동의가 확보되었음을 확인함²⁾

* AMPPT(Alliance of Motion Picture and Television Producers): 미국의 영화·TV 제작사 연합체로, 주요 스튜디오 및 스트리밍 플랫폼을 대표하여 SAG-AFTRA 등 노동조합과의 단체교섭을 담당하는 제작자 측 단체

2) SAG-AFTRA, "SAG-AFTRA Statement Regarding Val Kilmer Digital Replication", 2026.03.20., <https://www.sagaftra.org/sag-aftra-statement-regarding-val-kilmer-digital-replication>

[표1] SAG-AFTRA 디지털 복제물 보호 규정 - 사망한 배우와 관련된 주요 내용

구분	핵심 내용
동의의 기본 원칙	동의 조항은 명확하고 눈에 띄게 제시되어야 하고, 별도 서명 또는 이니셜 기재가 가능해야 함
사용 설명 의무	디지털 복제물의 사용 목적과 활용 방식에 대한 구체적 설명이 제공되어야 함
프로젝트별 동의 원칙	디지털 복제물의 활용에 대한 동의는 프로젝트 단위로만 가능함
사망한 배우의 복제물 사용	유족이나 유산 관리 권한을 위임받은 대리인의 동의가 필요하며, 이들이 부재할 경우 SAG-AFTRA의 동의가 필요함
생전 동의의 효력	배우가 생전에 부여한 동의는 사망 후에도 자동으로 소멸되지 않음

출처: SAG-AFTRA, "Digital Replicas 101: What You Need to Know About the 2023 TV/Theatrical Contracts", 2026.03.25. 접속 기준, <https://www.sagaftra.org/digital-replicas-101>

발 킬머 사례를 통해 본 영화 사후 출연에 대한 생성형 AI 활용 방식과 조건

• 배우를 대체하지 않는 생성형 AI 활용 방식

- 할리우드에서는 생성형 AI를 통해 배우의 동의 없이 초상이나 음성이 활용될 수 있다는 우려뿐만 아니라, 배우의 실제 출연 기회를 축소할 수 있다는 우려도 제기되고 있음
- 이번 사례는 생성형 AI가 배우를 전면적으로 대체하는 수단이 아니라, 건강 악화나 사망 등으로 배우가 완수하지 못한 출연을 완성하는 제작 방식으로 활용될 수 있음을 보여줌

• 동의와 보상 절차가 수반된 권리 처리의 참고사례

- 이번 사례에서는 제작진이 SAG-AFTRA의 디지털 복제물 규정에 따라 유족의 동의를 확보하고 보상을 지급한 점에서, 생성형 AI를 통한 사후 출연에 필요한 기본 조건을 확인할 수 있음
- 제작진이 윤리적으로 생성형 AI를 활용할 수 있는 선례를 제시하고자 한 만큼, 향후 유사한 방식으로 사후 출연이 추진될 경우, 동의와 보상 절차에서 참고할 수 있음

참고문헌

- Tyler Lacombe, "AI Brings Val Kilmer Back to the Big Screen a Year After His Death", CNET, 2026.03.18, <https://www.cnet.com/culture/entertainment/ai-set-to-create-val-kilmers-likeness-for-film-one-year-after-his-death/>
- Kimberlee Speakman, "Val Kilmer Appears in New Movie Nearly 1 Year After His Death via AI Technology: 'This Is What He Wanted'", People, 2026.03.18., <https://people.com/val-kilmer-appears-in-new-movie-nearly-1-year-after-his-death-via-ai-technology-11929033>
- SAG-AFTRA, "Digital Replicas 101: What You Need to Know About the 2023 TV/Theatrical Contracts", 2026.03.25. 접속 기준, <https://www.sagaftra.org/digital-replicas-101>
- SAG-AFTRA, "SAG-AFTRA Statement Regarding Val Kilmer Digital Replication", 2026.03.20., <https://www.sagaftra.org/sag-aftra-statement-regarding-val-kilmer-digital-replication>



저작권 이슈 브리프

SUMMARY

산업/기업

기술

주간 기술 동향

혼합 음원에 삽입된 워터마크를 탐지하는 결합 학습 기술

• AI 음악 생성 환경의 진화와 멀티스트림 오디오 워터마킹 기술

대부분의 음악 생성 AI 모델은 보컬 트랙과 반주 트랙을 각각 독립적으로 생성하거나, 사용자가 제공한 보컬에 AI가 만든 반주를 결합하는 멀티소스 제작 방식을 사용한다. 이러한 환경에서는 트랙마다 참고한 학습 데이터의 저작권자가 다를 수 있어 개별 워터마크를 삽입해야 하는 필요성이 커지고 있다. 문제는 여러 트랙을 하나로 합치면 각각의 트랙에 삽입된 워터마크끼리 간섭하면서 탐지 성능이 크게 저하된다는 점이다.

이러한 배경에는 AI 음악 생성 파이프라인의 구조적 변화가 자리하고 있으며, 특히 확산 모델 기반 오디오 생성 기술과 신경망 기반 음원 분리 모델의 발전이 멀티소스 제작 환경을 가속화하고 있다. 그러나 기존 워터마킹 기술은 단일 음원 환경을 전제로 설계되어 이러한 복잡한 권리 구조를 처리하지 못하는 한계를 보인다. 특히 여러 창작자의 기여가 혼합된 합성 음원에서 각자의 권리를 입증하거나 무단 사용을 추적하는 것은 기술적으로 매우 어려운 과제로 남아 있다.

기존의 오디오 워터마킹 기술은 음원에 인간의 귀로 들을 수 없는 신호를 삽입하는 방식으로 작동하며, 노이즈 추가나 압축 같은 일반적인 공격에는 높은 강건성을 보여왔다. 하지만 여러 음원이 혼합되면 워터마크 간 신호 중첩으로 인해 탐지율이 크게 떨어지는 문제가 발생한다. 이를 해결하고자 음원 분리 모델을 먼저 적용한 뒤 분리된 개별 음원에서 워터마크를 탐지하는 방식도 제안되었으나, 분리 과정에서 워터마크 신호가 왜곡되어 실용이 제한적이었다. 핵심 문제는 음원 분리 모델과 워터마크 탐지 모델이 별도로 최적화되어 상호 연동성이 낮다는 점이다.

본 보고서에서는 음원 분리 모델과 워터마크 탐지기를 하나의 통합 시스템으로 결합하여 두 모듈이 서로 협력하도록 동시에 학습시키는 멀티스트림 오디오 워터마킹 기술을 분석한다. 이 기술은 분리 모델이 단순히 보컬과 반주를 나누는 것을 넘어 워터마크 신호를 보존하는 방향으로 학습되도록 만들며, 반대로 워터마크 삽입 AI는 분리 과정에서도 살아남을 수 있는 방식으로 신호를 심도록 최적화된다. 결합 학습 방식은 기존의 분리 우선 접근법 대비 워터마크 탐지 오류율을 20-40%에서 1% 수준으로 극적으로 개선하면서도 음질 저하를 최소화한다. 이를 통해 복잡한 AI 음악 생성 환경에서도 실용적인 저작권 추적 체계를 구축할 가능성을 제시한다.

[사례] 음원 분리와 워터마크 탐지를 동시 학습하는 멀티스트림 오디오 워터마킹

• 기술 배경 및 문제 정의

- 현재 출시된 딥러닝 기반 오디오 워터마킹 기술(WavMark, AudioSeal, AURA 등)은 단일 음원 환경에서 노이즈 추가, 압축, 리샘플링 등의 공격에 높은 강건성을 보이지만, 여러 음원이 혼합된 경우에는 워터마크 간 간섭으로 탐지 성능이 급격히 저하됨
- 음원 분리 모델을 먼저 적용한 뒤 개별 스트림에서 워터마크를 탐지하는 분리 우선 방식이 사용되고 있으나, 분리 과정에서 발생하는 신호 손실과 주파수 왜곡이 워터마크를 손상시켜 오류율이 20-40%에 달함
- 핵심 문제는 음원 분리 모델과 워터마크 탐지 모델이 각자 독립적으로 학습되어 서로의 목표를 고려하지 않는다는 점이며, 분리 모델은 음질만 최적화하고 워터마크 보존은 무시하는 구조적 한계가 존재함
- 멀티스트림 오디오 워터마킹은 이러한 한계를 극복하기 위해 음원 분리 모델과 워터마크 탐지를 하나의 통합 시스템으로 결합하여, 두 모듈이 서로 협력하도록 동시에 학습시키는 결합 학습 방식을 도입함

• 워터마킹 및 분리 모델의 작동 원리

- 워터마크를 심는 AI는 음악을 주파수별로 쪼개 그래프인 스펙트로그램으로 변환한 뒤, 사람의 귀에는 들리지 않지만, AI는 읽을 수 있는 패턴을 특정 주파수 영역에 추가하는 방식으로 작동함
- 이는 단시간 푸리에 변환(STFT)*을 통해 음악을 시각화한 뒤, 컨포머 신경망**이 FiLM***을 통해 비밀 키 정보를 각 처리 단계에 주입하면서 어느 주파수 대역을 얼마나 변형할지 계산하여 비가청 워터마크를 삽입하는 방식임
- 워터마크를 읽는 AI는 위 과정과 반대로 음악에서 스펙트로그램을 추출한 뒤, 숨겨진 패턴을 찾아내 이진 코드로 복원하는 역할을 수행함
- 음원 분리 모델은 합성된 음악을 2개 스트림(보컬과 반주)으로 나누는 역할을 하며, 결합 학습 방식에서는 분리하면서 워터마크도 보존해야 한다는 목표를 동시에 학습함
- 결합 학습 시 분리 모델의 출력이 탐지 모델의 입력으로 직접 연결되어, 분리 품질이 워터마크 탐지 성능에 미치는 영향을 학습 과정에서 즉시 반영하고 두 모듈이 상호 조정되도록 피드백 과정을 거침

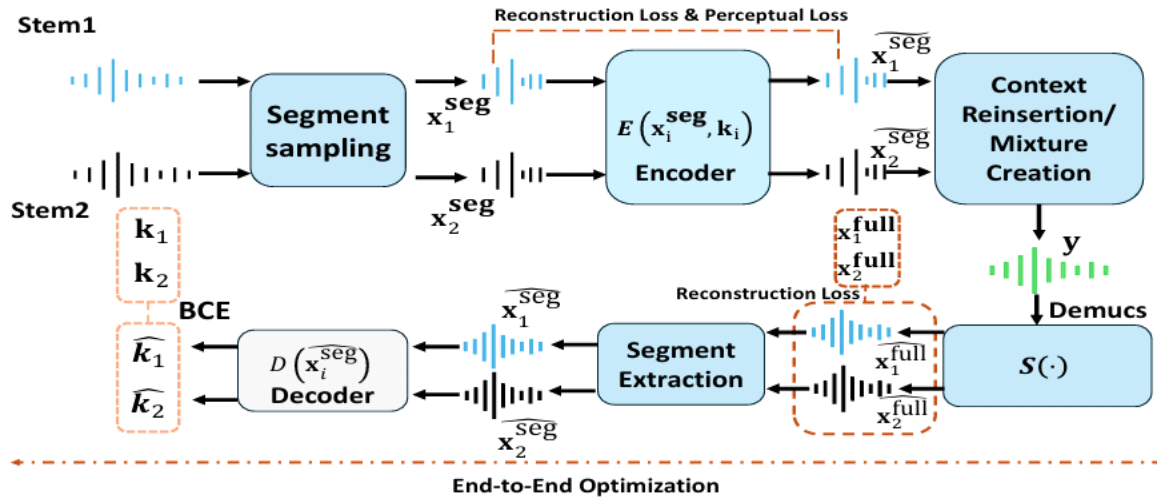
* 단시간 푸리에 변환(Short Time Fourier Transform, STFT): 시간에 대해 구간을 짧게 나누어, 나누어진 여러 구간의 데이터를 각각 푸리에 변환하는 기법. 푸리에 변환은 입력된 신호를 다양한 주파수의 합으로 분해하는 연산임

** 컨포머(Conformer) 신경망: 음성 및 오디오 처리에 특화된 신경망 구조로, 트랜스포머의 장문 문맥 파악 능력과 합성곱 신경망의 국소적 패턴 추출 능력을 결합한 하이브리드 모델

*** FiLM(Feature-wise Linear Modulation): 신경망의 중간 처리 단계마다 외부 조건 정보를 주입하는 기법

• 결합 학습 기반 멀티스트림 워터마킹 구조

- 제안된 시스템의 핵심은 음원 분리 모델과 워터마크 탐지 모델을 하나의 파이프라인으로 묶어서, 두 AI가 서로의 성능을 고려하며 동시에 학습되도록 만든 점임
- 학습 과정에서 분리 모델은 워터마크 신호가 집중된 주파수 대역을 우선적으로 보존하도록 가중치가 조정되며, 탐지 모델은 분리 과정에서 발생하는 왜곡 패턴에 강건해지는 방향으로 최적화됨
- 기존 방식은 각 AI가 따로 학습되어 서로를 전혀 고려하지 않았지만, 결합 학습은 두 AI가 협력하도록 만들어 워터마크 탐지율을 크게 높이면서도 음질 저하는 최소화함

[그림 1] 멀티스트림 오디오 워터마킹의 결합 학습 개요


출처: Houmin Sun외 5인, "Making Separation-First Multi-Stream Audio Watermarking Feasible via Joint Training", arXiv, 2026.03.17., <https://arxiv.org/pdf/2603.16805>

• 실험 설계 및 성능 평가

- 연구팀은 여러 종류의 음원 분리 모델과 워터마킹 시스템을 조합하여 독립 학습 방식과 결합 학습 방식의 성능을 비교 실험함
- 실험 결과, 결합 학습 방식은 기존 방식 대비 워터마크 탐지 정확도를 평균 15-25% 향상시켰으며, 오류율을 20-40%에서 1% 수준으로 대폭 개선함
- 음원 분리에 의한 탐지를 저하나 음질 저하 없이 워터마크 탐지율만 향상시키는 데 성공한 것으로 평가됨

결론 및 시사점

• 기술적 한계 및 개선 과제

- 결합 학습 프레임워크는 기존 워터마킹 시스템에 추가 모듈 없이 적용 가능하여 산업 현장 도입 장벽이 낮으며, 음악 스트리밍 플랫폼과 AI 음악 생성 서비스의 신뢰도 제고에 기여할 것으로 기대됨
- 다만, 현재로서는 2개 스트림(보컬, 반주) 환경에서만 검증되었으며, 드럼, 베이스 등 4개 이상의 음원이 혼합된 복잡한 시나리오에서는 아직 실험되지 않았다는 한계가 있음
- 또한, 결합 학습 과정에서 분리 모델과 탐지 모델의 파라미터를 동시에 업데이트해야 하므로 학습 시간과 계산 비용이 독립 학습 방식 대비 2배 이상 증가한다는 단점도 있음
- 향후 연구는 실시간 처리 최적화, 더 많은 음원 스트림 지원, 그리고 다양한 공격 시나리오에 대한 강건성 강화 방향으로 진행될 것으로 전망됨

참고문헌

- Houmin Sun외 5인, "Making Separation-First Multi-Stream Audio Watermarking Feasible via Joint Training", arXiv, 2026.03.17., <https://arxiv.org/pdf/2603.16805>