

令和 7 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 24101
研究開発課題名 高信頼データ流通のための非集中型ネットワーク内ストレージ及びアプリケーションの研究開発
副 題 高弾性ハイパーセキュアな非集中型ストレージによるデジタルツイン流通アプリケーションの研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究課題の目標は、NICT セキュアオフチェーンストレージを活用して共創型デジタルツインや機密分散ストレージといった非集中型アプリケーションを稼働させることにより、各ユーザがセキュアにコンテンツを流通させ、かつ大容量のコンテンツであっても高可用となることを示すことである。そのためにまず、研究開発項目 1 におけるサービスメッシュフレームワークや弾性機構によって NICT セキュアオフチェーンストレージと任意の非集中型アプリをコンテンツ指向で連携させるための仕組みを開発し、任意の非集中型アプリに対してコンテンツ流通に秘匿性や弾性をもたせつつも、ユーザに参加インセンティブを与える仕組みを実現する。そして、研究開発項目 2 では研究開発項目 1 の仕組みを用い、NICT セキュアオフチェーンストレージの上で共創型デジタルツインサービス及び機密分散ストレージを構築する。これら 2 つの非集中型アプリにおいてセキュアかつ効率的なデータ流通が可能となることを検証する。

(2) 研究開発期間

令和 7 年度から令和 8 年度 (2 年間)

(3) 受託者

学校法人早稲田大学〈代表研究者〉
国立大学法人東京科学大学
株式会社ガイアックス
Casley Deep Innovations 株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 7 年度から令和 8 年度までの総額 75 百万円 (令和 7 年度 50 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 非集中型ネットワーク内ストレージフレームワークの研究開発
研究開発項目 1-1 サービスメッシュフレームワーク (早稲田大学)
研究開発項目 1-2 非集中型ストレージ弾性機構とインセンティブ機能
(早稲田大学、東京科学大学)

研究開発項目 2 高信頼データ流通アプリケーションの研究開発
研究開発項目 2-1 共創型デジタルツイン流通サービス (ガイアックス社)
研究開発項目 2-2 高弾性ハイパーセキュアストレージサービス
(Casley Deep Innovations 社)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	3	3
	その他研究発表	25	25
	標準化提案・採択	1	1
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	2	2
	受賞・表彰	6	6

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1 非集中型ネットワーク内ストレージフレームワークの研究開発

1-1. サービスメッシュフレームワーク

NICT セキュアオフチェーンストレージを利用可能とする ICN/IPFS サービスメッシュフレームワークの基本設計・プロトタイプ実装・基本動作検証を進めた。サービスメッシュフレームワークは、上位に位置するアプリケーションのソフトウェア改変を最小限に抑えつつ、アプリケーションに対して NICT セキュアオフチェーンストレージの機能を具備可能とするものである。

基本動作検証を通して、提案する本フレームワークを適用することで、上位に位置する非集中型ストレージに対して、ソフトウェアの改変なしに NICT セキュアオフチェーンストレージ技術が適用可能となり、非集中型ストレージの高セキュア化の実現可能性を得た。

1-2. 非集中型ストレージ弾性機構とインセンティブ機能

ユーザの参加インセンティブを付与するための各種要素技術の確立を目標とし、そのための実現可能性に関する調査および実用的なセンシングを行うための検討を行った。

これまでに構築済みの協力ゲーム理論を用いたインセンティブ付与方式におけるキーパラメータである、点群の最低品質や、点群の密度を変化させた場合の特性を解析し、実装に向けた課題を明らかにした。また、持続可能なセンシングを実現させるために、非選択率やユーザのセンシング位置を考慮した際のユーザ選択方式も検討した。

また、非集中型ストレージ弾性機構については、地域ごとに 3D 点群情報を蓄積する各 IPFS ノードが、ユーザの要求に応じて新たに IPFS ネットワークに参加したり、予期せぬ事象により離脱する可能性がある。その結果、当該ノードが保持しているコンテンツが取得できず、結果としてコンテンツの可用性の問題がある。そこで、本年度では、各ノードが互いに情報交換を行い、IPFS ネットワークでの参加時間、コンテンツ要求率をもとに、どのコンテンツをどのノードへ複製するかという基準を確立した。本年度は、そのプロトタイプを作成し、必要なコンテンツを離脱率の低いノードへ複製することで、各コンテンツ可用性が向上することを確認した。

研究開発項目2 高信頼データ流通アプリケーションの研究開発

2-1. 共創型デジタルツイン流通サービス

2025 年度は、スマートフォンのアプリケーションの中でセンシングからアップロード、インセンティブの受取までを完結するアプリケーションの開発を実施するまでが目標であったが、実際に一般ユーザにて点群の共同取得を行ってもらうことまで達成できた。国内最大の架電見本市である CEATEC と東京科学大の学園祭にて、当アプリケーションを一般ユーザに使用してもらい、一通りの体験を問題なく行えることが証明された。更に、その使い勝手の良さからユーザからは非常に高い評価が得られている。

2-2. 高弾性ハイパーセキュアストレージサービス

3D 点群情報の断片化・暗号化および分散保存を実現する、高機密性を備えた非集中型ストレージサービスの開発を行った。同サービスは、VPN ネットワークを構築し、利用者同士が相互に分散的に情報のやり取りを行うことを可能としている。また、同サービスに NICT セキュアオフチェーンストレージ技術を適用するため、サービスメッシュフレームワークとの接続部分を実装した。同サービスでは、断片化・暗号化した情報を IPFS に保存した際に得られる CID のリストをメタデータとして扱い、このメタデータのみをサービスメッシュフレームワークを通じて NICT セキュアオフチェーンストレージに保存することで、安全性と処理性能の両立を実現した。

(8) 今後の研究開発計画

次年度では、本年度で開発したサービスメッシュフレームワーク、IPFS、セキュアオフチェーンストレージ間の連携に関しての実用性検証、および性能改善を行う。その上で、コンテンツ取得にかかる所要時間が実用的であることを実証し、今後の社会実装に向けた取り組みを行う。そのために、各項目別の取り組みを述べる。

研究開発項目 1 では、研究開発項目 2 にて研究開発を進めるアプリケーションが NICT セキュアオフチェーンストレージを利用可能とするサービスメッシュフレームワークの研究開発、および高速かつ高可用にコンテンツを検索・取得を可能とする弾性のあるコンテンツ流通とインセンティブ機能を組み込む。その後、NICT セキュアオフチェーンストレージとの接続が問題なく動作することを確認する。本検証では、提案するフレームワークによって、その上位に位置するアプリケーションが NICT セキュアオフチェーンストレージに対してコンテンツ検索・取得を可能とし、自身のアプリケーションで利用できることを示す。

研究開発項目 2 では、項目 1 にて開発したサービスメッシュフレームワークを介して NICT セキュアオフチェーンストレージを活用し、共創型デジタルツイン流通サービス（採択番号 05601）と furehako® を構築し、アプリケーションのセキュア化・高弾性化（高可用化）を確認する。研究開発項目 2-1 では、共創型デジタルツインにおいてユーザがスマートフォンによって収集されるデータを非集中型で取引するアプリケーションを実装する。研究開発項目 2-2 では、furehako® の高弾性化に向けて、大容量ファイルの格納・取得を可能とする機密分散型の暗号化、分散保存機能を開発・実装する。