

SaaS 型ストレージ監視システムにおける性能データへの Lossy 圧縮適用の検討 A Study on Application of Lossy Compression to a SaaS Storage Monitoring System

佐藤 賢太[†]
Kenta Sato

弘中 和衛[†]
Kazuei Hironaka

出口 彰[†]
Akira Deguchi

1. はじめに

近年、企業では IT システムの複雑化に伴い、運用管理の複雑さが進む一方で、運用管理の自動化や Ease of Use 向上が重要課題となっている。そこで、IT システムの運用管理では、オンプレミス環境へ導入する従来型の監視システムから、Software-as-a-Service (SaaS) 型で提供される監視システムへのシフトが進んでいる[1]。本研究が対象とするストレージ装置の運用管理においても同様であり、顧客は導入したストレージ装置をベンダが提供する SaaS 型ストレージ監視システムに登録するだけで装置状態の監視や、運用管理を支援する高度な分析サービスを利用できる。

このようなシステムは、監視対象の装置から各種の性能データを収集し、それらをいわゆる AI 技術を用いて分析することで実現されている。一方で、大量の装置から収集したデータを保存しておくには、膨大なコストが発生する課題がある。本研究では、High Performance Computing (HPC) データの圧縮に用いられる Lossy 圧縮 (非可逆圧縮) を用いたデータ量削減の SaaS 型ストレージ監視システムへの適用可能性を検討する。

2. SaaS 型ストレージ監視システムの概要

図 1 に一般的な SaaS 型ストレージ監視システムの概要を示す。図に示すように、SaaS 型ストレージ監視システムは、顧客データセンタで動作するストレージ装置と、クラウド上に構築された監視システム、ストレージ装置の管理者が利用するダッシュボードによって構成される。処理の流れは以下の通りである。

- (1) 各ストレージ装置が、定期的に性能データを監視システムに送信
- (2) 監視システムが、受信した性能データをクラウド上の記憶領域に保存
- (3) 監視システム (リスク評価エンジン) が、収集したデータを用いて、例えば異常検知や故障予測といった分析を実施
- (4) 監視システムが、ダッシュボードを介して分析結果を管理者に提示

3. SaaS 型ストレージ監視システムの課題

前章(3)で説明した通り、SaaS 型ストレージ監視システムが提供する高度な分析サービスは、収集したデータを分析することで実現されている。

SaaS 型ストレージ監視システムが監視するストレージ装置は数万台規模であり、主な監視対象であるボリュームもストレージ装置あたり最大で数千~数万規模となるため、保存するデータ量は膨大なものとなる。例えば、HPE InfoSight は過去 10 年間で 1,250 trillion (1.25×10^{15}) ポイントのデータを分析したとされる[2]。これを、1 ポイント

[†] 株式会社 日立製作所 研究開発グループ

Hitachi, Ltd. Research & Development Group

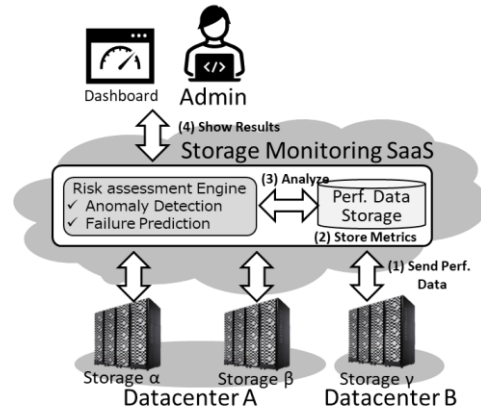


図 1 SaaS 型ストレージ監視システムの概要

8 [byte] (倍精度浮動小数点数) とし、単純に全データが保存したと仮定すると、 $8 [\text{byte/point}] \times 1.25 \times 10^{15} \approx 8.9 [\text{PiB}]$ となり、ペタバイト規模になる。

この試算は一例ではあるが、SaaS 型ストレージ監視システムにおいて、高度な分析サービスを提供するためには、このような膨大な性能データを扱う必要があり、保存しておくだけで膨大なコストが発生してしまう。本研究では、この膨大なデータを安価に保存する方法を検討する。

4. 保存コスト削減のアプローチ

一般に本研究で扱うような性能データの保存コストを削減するアプローチとして、以下 3 つが考えられる。

- (a) 性能データを安価な記憶領域に保存
- (b) 性能データの情報量を維持したまま、データを削減
- (c) 性能データの情報量を減らして、データを削減

(a) のアプローチは例えば、光ディスクやテープといったアーカイブ用の記憶領域を利用することで、容量あたりのコストを抑えるアプローチである。

(b) のアプローチは、例えば ZIP (Deflate) や Zstandard (Zstd) のようなデータ圧縮を適用することでデータ量を削減するアプローチである。

(a) と (b) のアプローチは、何れも情報量が維持されるため、処理時間が伸びることはあっても、分析の精度等に影響を与えない。一方で、(a) は新しいアーカイブ用の記憶媒体が開発されない限り削減量に限度があり、(b) は圧縮アルゴリズムにより多少の性能差はあるが、原理的に情報量未滿に削減することは出来ない。前章で説明した通り、SaaS 型ストレージ監視システムで扱うデータはペタバイト規模にも及び得るため、数パーセントでも減らす必要がある。

そこで、(c) のアプローチは、情報量を減らすことで、(b) 以上にデータ量を削減可能なアプローチである。(c) のアプローチは更に、(c-1) 時系列方向の情報量を減らす、(c-2) 振幅方向の情報量を減らす、に分けられる。単純な実現手段としては、例えば、(c-1) 従来 5 分周期で保存していた性能データを 30 分周期で保存してデータ量を 1/6 に減らす、(c-

2)従来は倍精度浮動小数点数 (FP64) で保存していた性能データを単精度 (FP32) や半精度 (FP16) で保存してデータ量を1/2や1/4に減らす、といったものが考えられる。

(c-2)については、単純に精度を落とすのではなく、浮動小数点数データに特化した Lossy 圧縮を利用することで、より効率的にデータ量を削減できる可能性がある。ただし、Lossy 圧縮は、情報量を減らすアプローチのため、圧縮・伸長後のデータに誤差が含まれる。誤差の程度やデータ削減量は、圧縮対象の性能データによって異なるため、安易に適用すると、分析に悪影響を及ぼしたり、データ量が増えてしまう可能性もある。そこで、本研究では、性能データに対して Lossy 圧縮を適用した際の誤差の程度や、データ削減量を評価することで、Lossy 圧縮の SaaS 型ストレージ監視システムへの適用可能性を評価する。

5. 評価方法

5.1 評価対象の圧縮アルゴリズム

本研究では、評価対象の Lossy 圧縮アルゴリズムとして、FPZIP[3]、ZFP[4]、SZ[5]の3つを用いる。これらは HPC 分野において、シミュレーション結果等の大量のデータを効率的に保存するために開発されたものである。データ削減率が高い、処理速度が速い、といった圧縮アルゴリズムの一般的な特長に加えて、誤差の程度をパラメータとして指定可能であり (Error-bounded Compression)、データ分析に影響を与えるような極端に再現性の悪い圧縮を抑制できると想定される。

5.2 再現性の評価方法

本研究では、Lossy 圧縮により生じる誤差の程度を評価するために、Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) を用いる。

PSNR は画像圧縮分野で一般的に用いられる指標であり、性能データのような一次元のデータ列に対する PSNR は以下の数式で表される[4]。式中の x は元のデータ列を、 \hat{x} は圧縮・伸張後のデータ列を示している。PSNR は、値が大きいほど再現性が高いことを意味する。

$$PSNR(x, \hat{x}) [dB] = 10 \log_{10} \frac{\left[\frac{1}{2} \{ \max(x) - \min(x) \} \right]^2}{\frac{1}{N} \sum_i (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

なお、PSNR は再現性の指標にはなるが、これだけでは分析に耐え得るかの判断が難しい。そこで、Lossy 圧縮のパラメータについて、圧縮適用時の PSNR が、単純に FP64 を FP16 にキャストした場合と同程度になるように調整する。そのうえで、FP16 や Zstd とデータ削減量 (圧縮率) を比較評価する。近年の AI を用いた分析では、FP16 で学習や推論を行うことが多いため、FP16 と同等の再現性で、データ量を削減できるのであれば、データ分析への影響は小さく、実用に耐え得ると考えられる。

その他の評価条件については、表 1 に示す。

6. 評価結果

図 2 に評価結果を示す。上図は圧縮率 (圧縮後のデータ量の割合)、下図は PSNR を示している。

圧縮率については、FP16 が 25 [%]、Zstd で 17.9 [%] なのに対して、FPZIP で 10.2 [%]、ZFP で 11.0 [%]、SZ で 5.4 [%] となっており (いずれも中央値)、SZ を使うことで FP16 や Zstd よりも保存コストを削減可能と分かる。PSNR につ

表 1 評価条件

項目	条件
対象の性能データ	日立製ブロックストレージ装置 (VSP シリーズ) ×4 台から取得
性能データの周期	1 分
性能データの期間	6 か月分 (1 か月分のデータにノイズを付与して 6 か月分を生成)
性能データの項目	ボリューム毎の Response Time (FP64)
ボリューム数	合計 1,000 程度 (I/O が発生しているボリュームのみ対象)
圧縮単位	各ボリュームの各性能項目を個別に圧縮

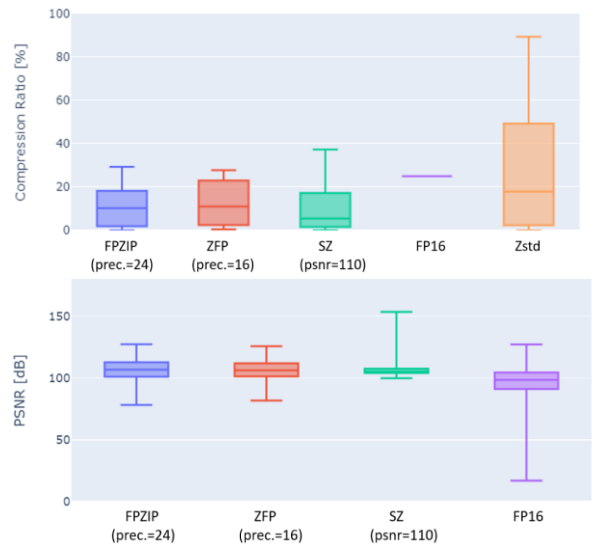


図 2 評価結果 (上: 圧縮率、下: PSNR)

いては、FP16 に合わせて 100~110 [dB]程度になるように調整しているが、SZ では下振れが小さい点が優れている。

7. おわりに

本研究では、SaaS 型ストレージ監視システムで扱う大量の性能データに対して、Lossy 圧縮の適用による保存コスト削減の可能性を検討した。評価の結果、FP16 と同等の再現性でデータ量を約 95 [%] (FP16 比で 1/4~1/5 程度) に削減できることが分かった。

近年の AI を用いた分析では、学習や推論を FP16 で行うことも多く、性能データの保存時に Lossy 圧縮を適用しても、分析精度に与える影響は小さく、実用に耐え得ると推測される。実環境での検証については今後の課題である。

参考文献

- [1] Hewlett Packard Enterprise, “HPE InfoSight”, <https://www.hpe.com/us/en/solutions/infosight.html>.
- [2] Hewlett Packard Enterprise, “Hewlett Packard Enterprise redefines mission-critical storage with new platform designed for the intelligence era”, <https://www.hpe.com/us/en/newsroom/press-release/2019/06/hewlett-packard-enterprise-redefines-mission-critical-storage-with-new-platform-designed-for-the-intelligence-era.html>, June 18, 2019.
- [3] Peter Lindstrom, Martin Isenburg, “Fast and Efficient Compression of Floating-Point Data”, IEEE transactions on visualization and computer graphics, 2006.
- [4] Peter Lindstrom, “Fixed-Rate Compressed Floating-Point Arrays”, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2014.
- [5] Sheng Di, Franck Cappello, “Fast error-bounded lossy HPC data compression with SZ”, IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium 2016.