

Grid Datafarm による太陽地球系物理観測データの大規模統計解析・3次元可視化システム

山本 和憲 [1]; 村田 健史 [2]; 木村 映善 [3]; 建部 修見 [4]; 松岡 大祐 [5]; 宮地 英生 [6]

[1] 愛媛大・理工; [2] 愛大・メディアセンター; [3] 愛媛大 CITE; [4] 筑波大・シス情・コンピュータサイエンス; [5] 愛媛大; [6] KGT

A large-scale statistical analysis and 3-D visualization system for satellite and ground-based observations via Grid Datafarm

Kazunori Yamamoto[1]; Takeshi Murata[2]; Eizen Kimura[3]; Osamu Tatebe[4]; Daisuke Matsuoka[5]; Hideo Miyachi[6]
[1] Ehime Univ; [2] CITE, Ehime University; [3] CITE, Ehime Univ.; [4] Computer Science, Univ. of Tsukuba; [5] Ehime Univ.; [6] KGT

<http://www.infonet.cite.ehime-u.ac.jp/>

In the Solar-Terrestrial Physics (STP) field, the amount of satellite observation data has been increasing every year. It is necessary to solve the following three problems to achieve large-scale statistical analyses of plenty of data. (i) More CPU power and larger memory and disk size are required. However, total powers of personal computers are not enough to analyze such amount of data. Super-computers provide a high performance CPU and rich memory area, but they are usually separated from the Internet or connected only for the purpose of programming or data file transfer. (ii) Most of the observation data files are managed at distributed data sites over the Internet. Users have to know where the data files are located. (iii) Since no common data format in the STP field is available now, users have to prepare reading program for each data by themselves.

To overcome the problems (i) and (ii), we constructed a parallel and distributed data analysis environment based on the Gfarm reference implementation of the Grid Datafarm architecture. The Gfarm shares both computational resources and perform parallel distributed processing. In addition, the Gfarm provides the Gfarm filesystem which behaves as a virtual directory tree among nodes. The Gfarm environment is composed of three parts; a metadata server to manage distributed files information, filesystem nodes to provide computational resources and a client to throw a job into metadata server and manages data-processing scheduling.

In the present study, both data files and data processes are parallelized on the Gfarm with 8 file system nodes: CPU clock frequency of each node is Athlon 64 x2 Dual Core 2GHz, 2GB memory and 1.2TB disk (using RAID0). Figure 1 shows an example of statistical study of satellite observation data using the Gfarm system. An orbit path of GEOTAIL spacecraft located in the geomagnetic tail region (X:from -30Re to -15Re, Y:from -20Re to 20Re, Z:from -10Re to 10Re) is extracted. In addition, we extracted a set of the time intervals during which amplitude of magnetic field is 0.1 nT or less in the region. In this study, we noted that time resolution of orbit data is lower than magnetic field data. At first, the observational intervals which fulfill the conditions of orbit are extracted. The Gfarm system provides high load balancing. As a result, 579 orbit paths are extracted from 1992-07-27 to 2006-07-01. In addition, the observational intervals which fulfill the conditions of Bx are extracted based on these orbit paths. In this step, these orbit paths are processed in turn by the node which finished processing. In this system with 8 file system nodes, time lag of maximum elapsed time and minimum elapsed time was within 10 seconds. It suggests that we achieved high load balancing in the present system.

To overcome the problem (iii), we developed an original data class. This class supports our reading of data files with various data formats. It is because the class converts them into an original data format since it defines schemata for every type of data and encapsulates the structure of data files. Since the class provides a function of time re-sampling, users can easily convert multiple data (array) with different time resolution into the same time resolution array.

Using the present Gfarm system, we achieved a high performance environment for large-scale statistical data analyses. At present, we are also attempting parallel visualization of computer simulation data via Gfarm system. In the present talk, we show the latest results with applying the present system for data analyses with huge number of satellite observation data files.

宇宙科学研究は、科学衛星による宇宙空間探査を行い、観測データ処理により未だ人類が到達していない空間についての知見を得ることが研究の主目的のひとつである。近年、打ち上げられる衛星数は増大し、また観測データは複雑になっている。それらの観測データにより、遠い宇宙空間の物理現象を理解するためには、観測される多種多様なデータを効率的に解析する環境が必要とされる。科学衛星観測データが、特定の組織だけではなく国内外の大学や研究機関で独立に公開されていることが、わが国の科学観測データベースの特徴のひとつである。そのために、解析者は、データの検索、収集、各データファイルからのデータの読み出し、異なるデータの比較といった数段階に渡るプロセスを経て、初めてデータから情報や知識を取得できる。これらの作業量の負担が、これまでの宇宙科学研究の妨げとなっていた。

本研究では、分散管理・公開されている複数の科学衛星観測データをシームレスに検索・収集し、さらにこれらの観測データから所望する宇宙空間の物理パラメータを抽出する環境を構築する。クライアントは、まず、分散管理・公開されている観測データファイルの情報をメタデータベースから取得する。次に、メタ情報を使って必要とするデータファイルをダウンロードする。本研究で用いるメタデータベースは、我々の研究グループが開発してきた STARS (太陽地球系観測

データ解析参照システム)メタデータベース [1] を用いた。システムでは、さらに、これらの取得データを GRID のミドルウェアのひとつである Gfarm[2] システム上で解析する。Gfarm はペタバイトスケールデータインテンシブコンピューティングを実現するためのアーキテクチャを提供している。科学衛星観測データは多岐にわたり複雑であるが、個々のデータサイズはテレメトリの制限により比較的小さい。したがって、本研究では、Gfarm の全ノードにダウンロードデータファイルをリプリケートする。リプリケーションは、Gfarm の機能の一つである gfreep コマンドを用いる。データ処理を各ノードで分散することで、観測データ統計処理が可能となる。

構築した試験システムを使った観測データの統計処理例を図に示す。図は、GEOTAIL 衛星が地球磁気圏尾部 ($-30\text{Re} < x < -15\text{Re}$, $-20\text{Re} < y < 20\text{Re}$, $-10\text{Re} < z < 10\text{Re}$) に位置する軌道パスを抽出している。実験ではさらに、磁気圏尾部の中でも $|B_x|$ (同衛星が観測する磁場の x 成分の絶対値) が 0.1 以下のイベントの抽出を行なった。従来のイベント検索では、 $x, y, z, |B_x|$ の条件に合う観測日時を独立して求め、これらの and をとる方法が主流であるが、この方法では負荷分散が容易ではない。本研究では磁場データに比べ軌道データの方が、時間分解能が低いことに着目し、まず x, y, z の条件を満たす観測日時をあらかじめ抽出する。この処理は、各ノードが処理するデータ期間を等分割して分散処理されるため、100%の負荷分散が可能である。本研究では、1992/07/27 ~ 2006/07/01 の内、579 個のパスが抽出された。これらのパスは最短で 3 秒、最長で 709171 秒とばらついている。次に、これらのパスを Gfarm の並列プログラム実行コマンドにより各ノードで処理 (B_x の条件で検索) する。処理が終わったノードは次の期間を処理する。十分に粒度が小さい場合には、この方法でも十分に高い負荷分散が期待できる。本システムでは 8 台のノードを使用して負荷分散を行なったが、実行時間が最短と最長のノードの時間差を取ったところ 10 秒以内に収まっており、高い負荷分散効果を得ることができた。なお、現在はシミュレーションデータを対象として実験しており、発表時には大規模可視化の負荷分散についても報告を行う予定である。

参考文献

[1] 村田健史: 国際太陽地球系物理観測の広域分散メタデータベース, 電子情報通信学会 (B), vol.J86-B, no.7, pp.1331-1343, Jul. 2003 .

[2] 建部 修見, 森田 洋平, 松岡 聡, 関口 智嗣, 曾田 哲之: ペタバイトスケールデータインテンシブコンピューティングのための Grid Datafarm アーキテクチャ, 情報処理学会論文誌: ハイパフォーマンスコンピューティングシステム, Vol.43, No. SIG6 (HPS 5), pp. 184-195 (2002) .

