

グリッドストレージ技術を用いた広域情報共有型陽子線治療情報システム  
Development of the Proton Therapy Informatics System  
with a Intelligence Sharing Environment Using a Grid Storage Thecnology .

横濱 則也<sup>\*1</sup>、山本 和高<sup>\*1</sup>

Noriya YOKOHAMA, Kazutaka YAMAMOTO

## Abstract

In this paper, will be presented that we propose a new medical informatics system which can be accommodated from a disaster recovery using a grid computing technology, and a scheme design of proton therapy informatics system in a world area network sharing environment.

## 要約

今回、グリッド技術を用いた耐障害性の高い陽子線治療情報システムの設計、開発及び基礎的検討を試みたので報告する。

## I. 緒言

近年、業務の効率化のために医療機関への情報システム導入が進んでいる。情報システムに障害が発生すると復旧するまでに稼働が停止することはもちろん、バックアップを行った時点からリストアされるためにデータが部分的に消失してしまう問題がある。通常これを防ぐために RAID(Redundant Array of Independent Disks) システムを導入するが、シングルストレージシステムであるが故、その可用性には疑問が残る。こうした問題に対して処理の負荷分散や耐障害性の向上を目的としたシステムとして RAID の欠点をカバーするために、冗長構成を持つクラスタリング技術を用いたシステムも提案されているが、災害などによる施設障害の復旧に対する考慮がなされていない。

我々は、グリッドコンピューティング技術の一つであるグリッドストレージの実装、及びインタラクティブな Web 医用画像配信システムの設計及び開発に取り組んでいる。本システムの目標は、データベースやストレージなど各種機能(モジュール) のクラスタリングやグリッド構成による耐障害性の確保である。本論文では、システムの設計と開発、及び基礎的検討について報告する。

## II. システムの設計

### 1. 概要

本システムの簡単なスキームを図-1 に示す。データベースやストレージなどの各レイヤに対応するサーバ群は TCP/IP ネットワークを介してモジュールとして分散しており、それぞれ独立したプロセスとして動作している。アプリケーションレイヤには、後述する Web 画像配信アプリケーションモジュールと DICOM プロセスモジュールが対応する。データベースレイヤにはクラスタリングデータベースモジュールが、ストレージレイヤにはグリッドストレージモジュールがそれぞれ対応する。各モジュールはさらに複数のノードで構成されており、ノード間のハートビートを取ることによって、常に相互ライフチェックを行っている。仮になんらかの障害によって一部のノードが停止した場合においても、自動的に障害があったノードを切り離し、残りのノードのみで継続稼働が可能な設計とした。また、いずれのモジュールにおいても、新たなノードに交換することでシステムとして停止することなく稼働継続することが可能な設計とした。

---

<sup>\*1</sup> 粒子線医療研究室

データベースモジュールは、複数のノードで構成されたクラスタリング構成とした。データの分散格納が可能な多重アクティブ/アクティブ方式を採用し、多重接続にも対応可能な設計とした。このため、多数のクライアントからの検索リクエストが同時に発生した場合でも、シングルサーバシステムと比較して処理の負荷分散が期待できる。

グリッドストレージモジュールにても複数のノードで構成されており、格納データは全てメタサーバにより管理される。グリッドストレージモジュールへデータ登録を行う際には、メタサーバがまず各グリッドノードのステータスチェックを行う。その後データの所在など、メタデータを登録し負荷の軽い複数のグリッドノードへデータを分散、蓄積する。仮に一部のグリッドノードに障害が発生した場合には、自動的にグリッドストレージモジュールから切り離される。また格納容量に限界が生じた場合には、グリッドノードをより大容量なグリッドノードと交換することで自動的にデータの再分散が行われる。そのためシステムを終了することなく、ストレージ容量を増大させることが可能となっている。

## 2. システム検証

最初に、今回の設計を元に施設内環境にてテストベッドシステムを構築し、DICOM クライアントを使用したデータ転送を行い、本システムの DICOM サーバシステムとしての基本動作確認を行った。

次に他施設間環境にてシステム障害時における可用性を検証するために、任意のクラスタデータベースノード及びグリッドノードを故意に停止した上で、システムへのデータアクセスが可能か検証した。最後に、施設間環境にてデータ転送速度の検討を行った。

## III. 結果及び考察

はじめに、DICOM クライアントとのデータ転送動作試験を DICOM プロトコルを用いて行ったところ、システムは正常に動作した。次に、一部ノードを故意に停止する方法にてノード切り替え時間を測定したところ、切り替えに要した時間は約 5 秒以内であった。このようにノードが停止する障害が発生した場合においても各ノードが自動的に切り替わるため、クライアントサイドからはノードが停止したことを意識することなく継続してアクセス可能であった。一般に、ノード切り替え時間はそのままシステムの応答時間に反映されるため、可能な限り短時間である方が望ましい。今後は、チューニングによって切り替え時間の短縮を図る。

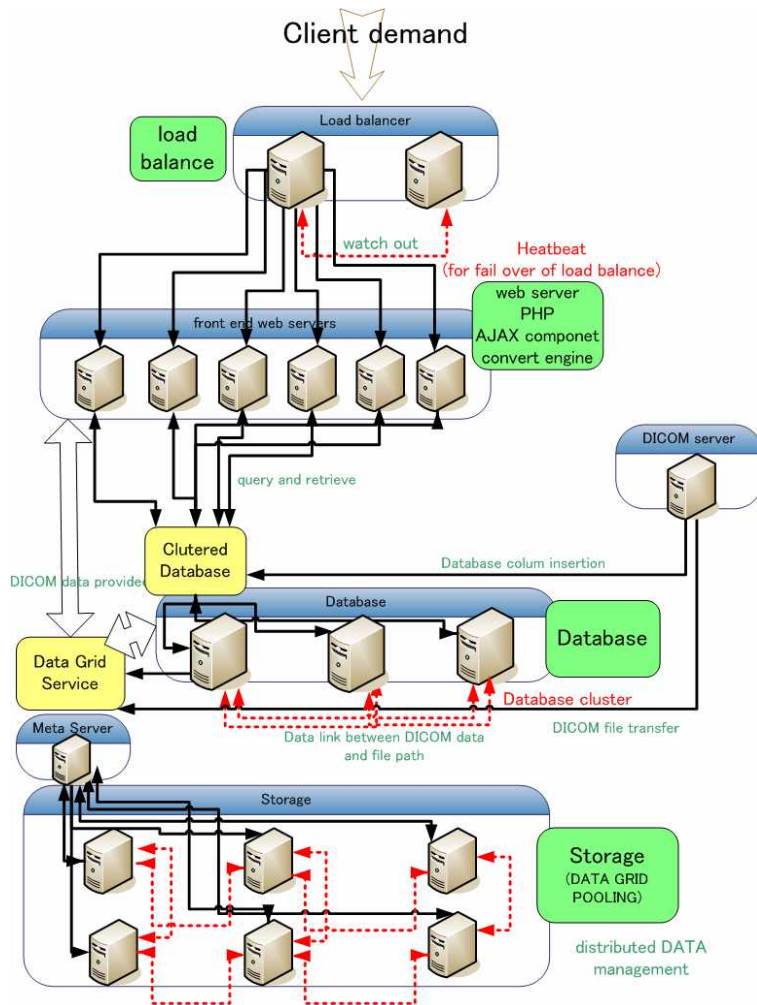


図1 システムスキーム

次にデータベースモジュールの検証を行った。通常、データベースモジュールの冗長化を行う場合、片方がアクティブ状態であるときにはもう一方をスタンバイ状態とするアクティブ/スタンバイ方式による二重化がとられている。この方式は、シングルデータベースモジュールと比較して可用性が高いが、正常ノードへの移行や障害復旧に複雑な作業を必要とするのが一般的である。本研究で開発したシステムは分散処理に効果的なアクティブ/アクティブ方式であることに加え、ノードの障害発生時においてもデータベースノードの交換を行うことで自動的に認識を行い、システムの一部として再構成可能であった。

次に、ストレージモジュールの検証を行った。従来のストレージシステムでは単一 RAID 構成が主流であったため、RAID を構成するハードウェアに障害が発生した場合、完全なデータ復旧は困難であった。本システムのグリッドストレージモジュールは、インターネットなど公衆回線を含むネットワークを経由してノードを複数保持することが可能である。その結果、従来のストレージシステムと比較して高い可用性が確保できる。また、データ格納容量の限界が近づいたとしても、ノードをより大容量のものに切り替えることによって自動的にデータの移行が可能、つまりスケラブルなシステムといえる。

従来のクラスタリングストレージでは、施設間情報共有の実現は困難であった。しかしながら本研究で採用したグリッドストレージでは、従来の施設内だけでなくネットワークを介した施設間での相互共有も可能である。今回、光回線網によるインターネット公衆回線を用いて、施設間情報共有を想定したデータ共有実験を行った。接続試験は福井県と北海道の各施設を結んで行った。図-2 にその概要を示す。センターサイトにはメタサーバとクラスタリングデータベース、及びグリッドストレージノードを設置し、インターネット公衆回線を介してサイト1及びサイト2のグリッドストレージノードと接続した。なお各サイトにはVPNを設置、仮想的なネットワークで通信可能とした。この環境で、本システムへDICOMデータを転送し各ノードへ分散蓄積されたことを確認した。次に、センターサイトにおけるグリッドストレージノードを停止した状態にて、蓄積されたデータへアクセス可能か確

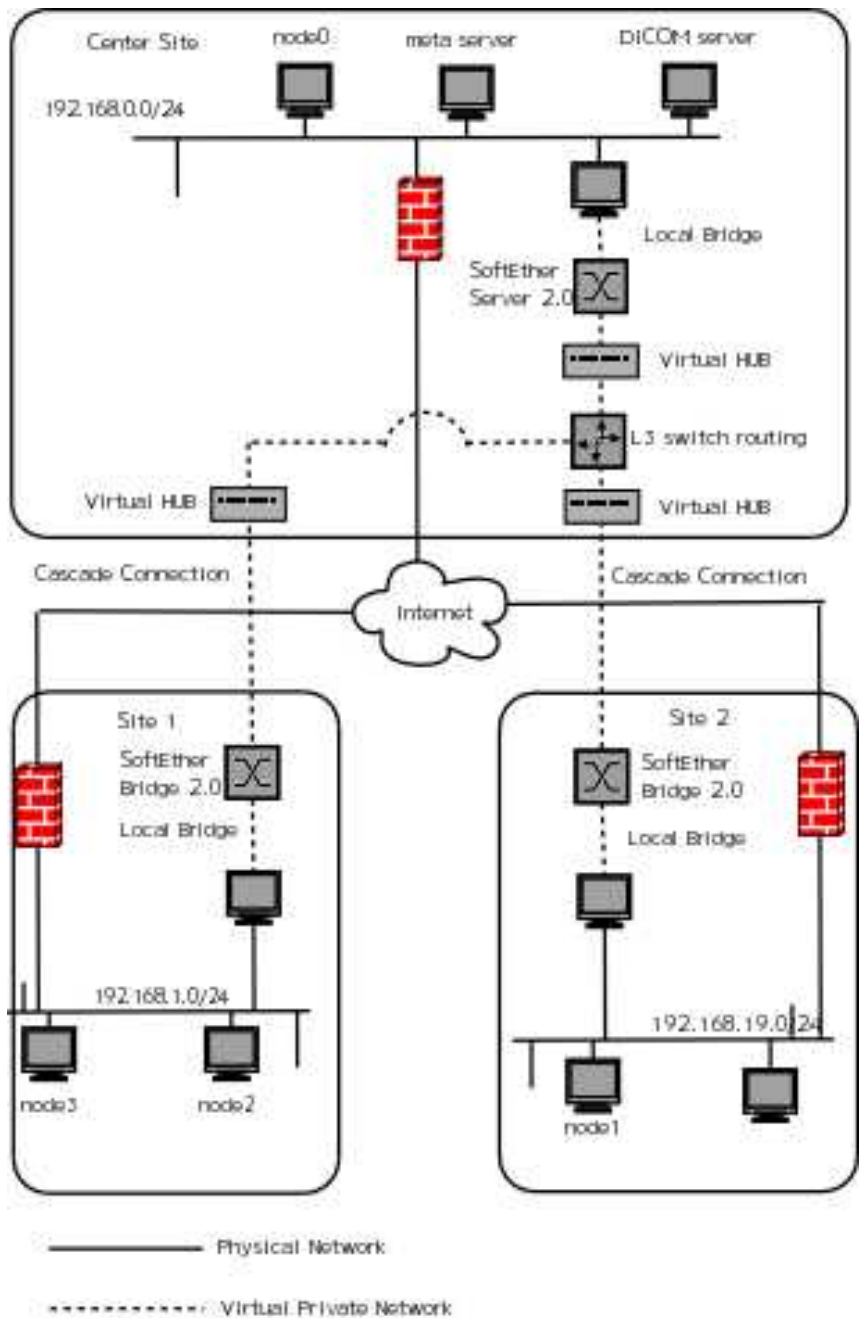


図2 多施設間情報共有ネットワーク

認した。その結果、メタサーバはセンタサイトの障害を自動的に感知した後、サイト 1 及びサイト 2 のグリッドストレージノードへアクセスを行い、蓄積済みデータの取得が可能であることを確認した。

次に、本環境下での転送速度試験を行った。まず本システムへ約 450MB の DICOM データを登録し、各条件接続における書き込み速度及び読み込み速度を計測した。その結果を図-3 の(a)に示す。VPN 環境における各サイトごとの転送速度は約 0.8MB/sec であった。これにより本環境下は、10Base イーサネット環境とほぼ同等の帯域を確保していることが分かった。また、VPN を設定しない環境では約 1.4MB/sec であった。この差は VPN の処理コストによるものと考える。また(b)は、複数のサイトの組み合わせによる転送速度の違いを表す。サイト 1 とサイト 2 の組み合わせと比較すると、センタサイトとの組み合わせが若干転送速度において優位であったが、総じて(a)における結果と同等であることが分かる。本グリッドストレージシステムは通常、ネットワーク的に一番近いサイトへアクセスするようになっているが、本環境における帯域では VPN の処理コストの占める割合が大きいため、大きな差が生じなかったと考える。

以上の結果から本システムは施設間における情報共有環境が実現可能で、耐障害性が高くかつ実用的な転送帯域が確保可能であることが分かった。

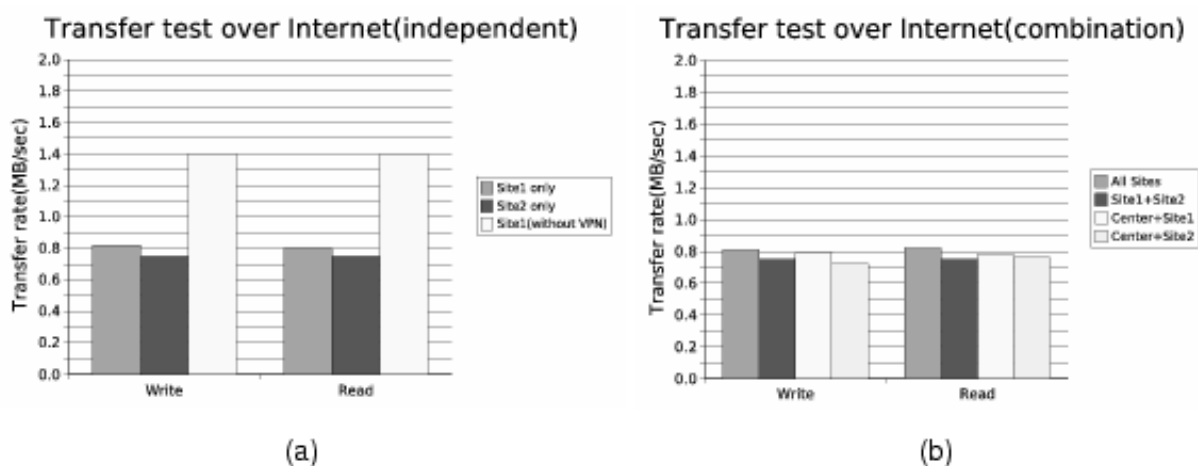


図-3 多施設間広域ネットワーク環境におけるデータ転送試験

#### IV. 結語

今回我々はグリッドストレージ技術を実装した、広域情報共有型陽子線治療情報システムの設計、開発及び検討を行った。その結果、従来より耐障害性の高い医療情報システムを構築することができた。今後、グリッド環境における転送速度や信頼性の向上、治療情報配信のさらなる高度化を図る必要がある。