

温香彩：環境情報システムの発展による情報提供グリッド技術への需要分析

情報技術の発展に伴い、世界における環境情報システムの構築はすでに20数年の歴史を有している。現在、インターネットの普及や人々の環境意識の向上により、世界各地では環境情報への需要が益々増える一方である。各国は環境資源の利用を重視し、環境情報システムへの投資重点も初期段階のインフラ整備から情報サービスの提供や応用へ転換しつつある。我が国を例としてあげると、過去の10数年の間に、環境情報システムへの投資は主にインフラ整備に当てられた。前後にして、全国環境保全システムX・25専用ネットワークや環境保全衛星通信専用ネットワークが構築された。今後国の投資重点を環境情報リソースの利用に移すことになる。しかし、大量の資金を費やして収集した環境データや情報を、どのようにして有効に環境管理者や国民に利用してもらうことができるかは今後に残された問題である。

すでに国内では我が国の環境情報システムの構築などに関する研究が報告されている。本文は環境情報の共有という観点から世界における環境情報システムを分析し、環境情報システムによるグリッド技術への需要を検証した。情報技術や環境保全分野の専門家からの注目が期待されている。

1. ネットワークの概念および研究の現状

グリッド (Grid) は近年世界に興った一種の重要な情報技術である。アメリカ Argonne 国家実験室のシニア科学者、アメリカグリッド計算プロジェクトのリーダーであるイアン・フォスター氏は、1998年に「グリッド：21世紀情報技術インフラの青写真」と題する本を編集した。彼はこの本の中で次のように書いている。「グリッドはインターネット上に構築した新しい技術である。この技術は高速ネットワーク、高性能コンピュータ、大型データ・バンク、そして遠距離設備を一体化させ、科学技術者や一般市民のためもっと多くの情報・機能と交互性を提供した。インターネットが電子メールやホームページの閲覧サービスを提供するのに対して、グリッドはもっと多くて高い機能を

もっている。人々はグリッドを通じ、透明的に計算や保存などのリソースを利用することができる」。すなわち、伝統的なインターネットはコンピュータ間のハード的なつながりを実現できた。Web はホームページの繋がりを実現できた。これらと比べ、グリッドはインターネット上のすべてのリソースのつながりを実現しようとしている。グリッドはすべてのインターネットを一台のスーパーコンピュータに整合し、計算リソースやメモリー・リソース、通信リソースやソフトリソース、そして情報リソースと知識リソースの共有を図ろうとしている。最終的にインターネット・バーチャル環境でのリソース共有と協同作業を実現させ、情報とリソースにおける孤立した島を除去できる。中国科学院コンピュータ研究所の所長である李国傑院士は「次世代のインターネットは情報サービスを提供するグリッドである」と話している。20世紀60年代から、コンピュータのパケット交換技術を研究して以来、インターネットはすでに2世代を経験してきた。第1世代は20世紀の70～80年代である。主な成果としてはTCP/IP合意で全世界のコンピュータを繋げたことである。その応用はEmailである。第2世代は20世紀90年代であり、主な成果としては世界中の何万何千のホームページを繋げたことである。その応用としては、Webでの情報閲覧やeビジネスなどの情報サービスである。第3世代のインターネットはコンピュータやホームページに限らず、各種の情報リソースも含まれている。例えば、データ・バンク、ソフトウェアおよび各種の情報取得設備など。

グリッドと関連する情報技術としては、ネットワーク・バーチャル・デザイン環境、インターネット技術、知識管理、XML技術、ASP技術、WWW、セマンティック・ウェブ、情報ネットワーク、計算ネットワーク、高性能計算などがある。

現在、アメリカやヨーロッパ、日本などの先進国はもちろん、インドのような途上国でさえも大型グリッド研究計画を開始した。そして、それぞれの国の産業界の強力な支持を得ている。イギリス政府はすでに1

億ポンドを投入し、「イギリス国家グリッド (UK National Grid)」の研究開発に当てている。アメリカ政府によるグリッド技術の基礎研究のための経費はすでに5億ドルに達した。そして、アメリカ軍は大規模なグリッド計画の実施を計画している。「グローバルな情報グリッド」と名づけ、2020年に完成する予定である。この計画の一部として、アメリカ海軍海兵隊はすでに160億ドル規模、8年に及ぶプロジェクトを始動した。このプロジェクトにはシステムの研究開発、構築、維持管理とアップデートなどが含まれている。アメリカの著名雑誌の予測によると、グリッド技術は2004~05年頃一つのピークを迎え、情報産業の持続的・高速の成長を推進する。2020年に年間20万億ドル規模の市場を形成する。やがて人々はインターネットを使うとき、WWWを利用するのではなくGGGを使うことになる。

我が国では、1998年から中国科学院コンピュータ研究所は大量の人的資源と資金を投入して、グリッド技術の研究を始めた。2002年4月に、科学技術部の主催の下、北京で「グリッド戦略研究討論会」が行われた。会議では馬頌徳副部長はこのような発言をした、「科学技術部は863計画の「高性能計算」プロジェクトの一環として、十・五期間中にグリッド技術の研究と応用を支持する」。このほか、国防科学技術大学、江南計算所、清華大学、西安交通大学、中国科学技術大学、華中科学技術大学などの組織はネットワーク関連研究・応用部門と地方政府と協力し、グリッド技術の研究活動を展開した。

同時に、国民経済と社会発展の過程の中で、数多くの分野においてグリッド技術へのニーズが高まりつつある。例えば、運輸業における「総合情報プラットフォーム」、製造業における「ネットワーク・バーチャル・製造」、エネルギー産業における石油探査と埋蔵量のシミュレーション、科学研究におけるネットワーク化バーチャル実験室とバーチャル天文台、金融界の「業務集中」、電子政府における「リソース共有」と「協同作業」、情報サービス産業における高性能・高質とシステム制御などなどがグリッド技術を必要とする。

2. 世界における環境情報システムの現状分析

我が国では、政府は環境保全分野での情報化を重視してきた。九・五期間中に、一連の重大環境情報ネットワーク・システム構築プロジェクトを実施した。例えば、1996年に省レベルでのローカル・ネットワークを構築し、そして、X・25専用レインを賃借りして、全国環境保全広域ネットワークを構築し、各省環境保護局と国家環境保護総局の間の情報共有を実現した。さらに2001年に全国環境保全システム衛星ネットワークを構築した。このネットワークは、31の省レベルのステーション、110の市レベルのステーションおよび73の水質モニタリング・ステーションから構成される。環境モニタリングデータのリアルタイム発信とローカル・ネットワークの繋がりを実現した。現在、国家環境保護総局情報センターをネットワークの中核とし、各省レベルの環境情報センターを柱とし、各都市の環境情報センターを基礎に、国家環境保護総局と各省環境保護局、重点都市環境保護局、そして、他の組織や関係部門を繋ぐ環境情報ネットワーク・システムはすでに運営が始まった。

環境情報リソースにおいては、ここ20年間、関係部門や地方政府が環境調査のために大量の資金と人力を投入し、大気・水質・生態資源に関する豊富な資料とデータを収集した。これらのデータや資料を加工・分析・処理し、大量な情報製品が生まれた。しかし、これらの情報は管理体制や研究体制、部門の縦割り、資金ルートの相違などが原因で、異なる環境保全管理部門に分散し、統一的に管理・公開されてはいない。貴重なデータが有効に利用されていない。急に必要となる環境情報を得るために、多くの場合には重複調査や重複作業を行わざるを得なくなる。限られた資金の無駄遣いだけではなく、データの信憑性や完全性、権威性を保証できなくなる恐れがある。

国際的には、環境問題の一体化の時代を迎えることにつれ、部門間・地域間・国家間・国際間における環境保全の協力が次第に強化され、相互の情報交換も次第に多くなる。情報は上から下へ、下から上へ移動するだけではなく、横方向の移動も見られる。如何にして、有効的な環境情報コミュニケーション手段を提供し、環境管理者の間の空間距離と意思決定周期を短縮するかは、全世界の環境保全事業を加速化させる鍵と

なっている。同時に、如何にして世界中の、異なる地理環境条件下の政策決定者に迅速かつ正確な環境情報を提供し、その共同参加による政策決定に役立たせるかは、今後における環境保全事業の発展を図るために重要な前提となっている。

1975年に、国連環境計画（UNEP）は各国政府と協力し、情報技術を用いて初めての国際環境情報システムを構築した。すなわち、INFORTERRA（International Environmental Information）である。このシステムは加盟国の代表機構を通じてその国の環境情報を管理する機構を情報源として登録する。その後、これらの機構をまとめて編集し、国際環境情報源として各国の代表機構に配布し、各国の環境情報の交換などを促進する。1998年3月まで、このシステムに加盟した国の数は176にのぼり、登録した機構（国際組織を含め）は8000あまりになった。1986年に国連環境計画の主導の下で、他の国際組織と一緒に地球資源情報データ・バンク（GRID）を設立した。その主な目的は、収集・加工されたデータ及び衛星データを整理し、Webを利用しInternetを通じて世界中の研究者や政策決定者の参考に資する。また、発展途上国に環境データ処理技術を譲渡する。現在GRIDセンターは全世界に11の子センターを有している。これらの子センターは互いに応援・支持しながら、各自の特徴と特色を持って活動を展開している。

2001年11月、国家環境保護総局（SEPA）と国連環境計画（UNEP）は共同で「北京環境情報ネットワーク・連合センター」を設立した。この連合センターはSEPAの情報センター（SEIC）に設置している。主な役割としては、全世界のユーザーにUNEPの環境情報やデータを発信し、UNEPのホームページであるUNEP.COMへの接続をスムーズにできるように維持管理作業を行う。

総括すると、インターネット技術の出現により、分散的孤立的な情報をつなぐことができ、世界全体が触れられる情報供給連鎖を形成した。しかし、点と点のつながりだけを通じて、多くの「情報の孤立した島」をつなぎ、異なるシステム間の情報交換を実現させるだけでは、なかなか情報共有の効果を達成できない。原因は非常に簡単で、N個の応用的な部門集情報には $N(N-1)/2$ の努力が必要となり、実際のコストが高す

ぎる。

3. グリッド技術に対する環境情報システムの需要分析

前節の紹介のように、長年の努力の結果、世界各国は大気、水質、生態資源などに関する豊富な資料とデータを集めることができた。如何にして現在のコンピュータ技術や通信技術を用いてこれらのデータを環境管理や大衆奉仕のために利用させるかは、緊急に解決すべき問題となっている。現在、各国間の環境関係者の交流や情報共有のために、大多数の国では成熟したWeb技術を用いて環境保全ネットワーク・システムを構築し、自国や地域におけるさまざまな環境データ・情報・ファイルをWebデータ・バンクとサーバーに保存し、情報発信窓口を設立した。しかし、我われは情報大爆発の時代を迎えており、環境情報は指数的に急増している。Webサーバーはまるでインターネット世界に存在する孤立した小さな島である。これらの小島間に十分なバンド・スプレッド・リソースを有するが、まだまだ大量の情報が個々の小島の中央データ・バンクにロックされている。各「孤立した島」の間にユーザーのコマンドに従い有効に交流できなくなる。日増しに膨大化する情報に対し、ユーザーにとって必要な情報を入手するためには、次から次へ1つずつのホームページを検索するしかない。時間の無駄でもあり、満足のできる結果も得られない。ユーザーが短期間に正確に必要な情報やデータを入手でき、環境汚染や生態破壊の発生・進行状況・変化過程を全体的に把握できるために、情報技術の最新の潮流を追いかけ、開放的で、分布式で、地域と業界を跨った、自由流通型のネットワーク化情報システムを築かなければならない。このシステムの基礎はまさに情報サービス・グリッド技術である。

環境保全システムによるグリッド技術への要求としては、主にデータ処理と分析、共有、シミュレーション、予測である。具体的にいえば、グリッド技術を用いて、環境情報システム・リソースのベスト配置を図り、最も早いスピード、最も直観的な形式、最も低いコストで環境情報を各レベルのユーザーに伝達し、その有効利用を達成させる。

グリッド技術による環境保全への役割を以下のよう

にまとめる。

(1) グリッド技術を利用し、全世界における情報共有を実現できる。重複投資や重複調査を減らし、長期にわたって形成した各種のデータ障壁を打破し、資源の有効利用を高める。

(2) グリッド技術を利用し、各レベルの環境管理部門は迅速に、便利にいろんな環境保全情報を入手できる。そして関連の環境情報技術サービスサポートを得られる。社会に総合的、全体的、常時更新の環境情報を提供でき、環境保全事業の効率性と管理レベルの向上をもたらす、我が国における環境保全事業の情報化を推進する。

(3) グリッド技術を利用し、メディアのスロー・メモリーサービス、目録サービスやデータ発掘、サービス分類など新たな応用形式を提供できる。

(4) グリッド技術を利用し、ワン・ステーション式サービスを実現できる。ユーザーがどこにいても、ブラウザを開くだけで、簡単にマウスを動かして短期間に必要な情報を入手できる。

4. 環境情報サービス・グリッドの解決すべき幾つかの重要問題

実際には、現実の生活の中で、環境情報資源への需要や供給は常にダイナミックで世界中に分布する。ユーザーのニーズに応えるために、世界中のサーバーやデータ・バンクを利用することができる。環境情報サービス・グリッド技術の主な応用目的としては如何に既存のネットワーク基礎インフラ、協議規範、Webとデータ・バンク技術を利用し、世界中のユーザーに一体化のインテリジェント環境情報プラットフォームを提供することである。OSとWebを超えた、インターネットに基づいた次世代環境情報プラットフォームとソフトウェア基礎施設を構築する。このプラットフォーム上で、環境情報の処理は分布式で、協同的でインテリジェントである。任意地域のユーザーは単一の入り口から世界中に分布する環境情報を入手でき、真のグローバルな環境情報共有を実現する。ここで言う情報共有は単なる一般的ファイルの交換や情報閲覧だけではなく、すべての個人と組織を繋いで、バーチャルな社会組織(Virtual Organization)を構築し、ダイナミックな環境の中で協同式情報資源の共有を敏

活的に制御することである。情報サービスグリッドとWebの最大の区別としては一体化である。すなわち、ユーザーが見るのは数え切れないほどのホームページではなく、単一の入り口と単一のシステム映像である。情報サービスグリッド研究においては、需要に応じて、ユーザー・サービス・マネジメントの3つの面に主に以下のような問題を解決すべきである。

(1) ユーザー：如何にしてワン・ステーション・サービスを実現するかである。インターネット上で情報サービスを提供するサイトをロジック上で繋げ、安全制限を考慮しない前提の下、1つの情報源から連結されたその他の任意情報源へ到達でき、情報をすべてのユーザーに共有させる。これらの情報は違った位置に保存されているが、ユーザーにまるで同じ位置に保存されているような感覚を与える。ユーザーが特定の情報を入手したい時、コマンドを出すだけで、目的が達成でき、多くのホームページを訪問する必要がなくなる。

(2) サービス：如何にして情報の保存からユーザーの閲覧まで、ユーザーに縦式のパッケージ・プランを提供するかである。プログラマによる二次開発が必要なく、管理者が簡単な配置を行うだけで、サービス・プラットフォームを構築できる。利便性、統一性、主動的特性のある、ユーザー入力や操作をできるだけ低減するなどの個性化サービスを実現する。

(3) 管理面：如何にしてステーションの管理者に検索制御などの安全管理体制を提供するか。すなわち、管理者は自由に提供できる情報の内容、情報共有可能者や共有できない情報を決めることができる。当然なのは、この権限的制御は保守しやすくデータ・ソースと独立していなければならない。同時に、ロジック上では違うレベルの安全管理と制御度合いを提供しなくてはならない。

上述の問題を解決するために、ネットワーク技術の専門家と環境保全分野の専門家との間の緊密な連携を必要とし、共同で以下のような作業を完成させる。

(1) まず、グリッドの中の利用可能なリソースを精査すること。例えば、どちらのメイン・コンピュータを訪問できるのか、処理能力がどれくらい残っているのか、データ・バンクの中で使用可能なデータの種類、情報共有のためのプログラムが準備できたのか、メイ

ン・コンピューターが利用するドキュメント・システムの種類などを明らかにしなければならない。システムはユーザーの要求をリソース分配し、その稼動を制御する。その要求をどのメイン・コンピューターに振り分け、どのようなデータを利用するか、どのプログラムをスタートさせるのか、何時稼動させるのかの内容が含まれている。

(2) 構造化、半構造化、あるいは非構造化のデータをデータ・バンク化させ、あるいは他のメモリー方法(例えば、ドキュメント・システム)を用いてデータの実体を作る。情報は要素の属性と数値の間を通じて表示する。

(3) 情報の共有には、専門家システムを導入し、環境情報および知識の孤立した島現象を除去し、環境情報や知識のリソースのインテリジェントな共有を実現させる。

5. 総括

インターネットの普及及び技術の発展、そして「デジタル地球」プロジェクトの実施に従い、全世界における環境情報システムのネットワーク化と智能化が形成されつつある。しかし、さまざまな影響により、インターネット上の情報の利用率は極めて低い(インターネット上では毎年 2×10^{18} BYTEの情報がうまれるが、利用できる公的情報はわずか 3×10^{12} BYTEで、100万分の1しか占めていない)。如何にグリッド技術を発展させ、環境情報リソースを共有させ、情報資源の利用率を高めるかは、21世紀における環境保全業界、ネットワーク業界、そしてコンピュータ業界の共通の課題である。他のネットワーク技術と違い、グリッド技術は公開性と協力性の特徴を持つ、多くの研究者や応用分野の専門家にもっと多くのチャンスを提供できるようになる。