

Xây dựng công cụ thu thập và lưu trữ ảnh vệ tinh dạng tile có độ phân giải cao từ Internet

Nguyễn Hải Châu*

Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 30 tháng 3 năm 2011

Tóm tắt. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày phương pháp xây dựng ứng dụng tải và lưu trữ ảnh vệ tinh từ nguồn miễn phí trên Internet. Chúng tôi đã tải và lưu trữ ảnh vệ tinh trên toàn lãnh thổ Việt Nam ở các mức chi tiết cao, đồng thời xây dựng giải pháp lưu trữ ảnh vệ tinh có hiệu năng đọc cao nhằm phục vụ cho các ứng dụng bản đồ có nhiều người sử dụng.

Từ khóa: ảnh vệ tinh, lưu trữ ảnh vệ tinh, hệ thống thông tin ảnh dạng tile.

1. Mở đầu

Ảnh vệ tinh là những hình ảnh về trái đất hoặc các hành tinh khác được chụp từ các vệ tinh do con người tạo ra. Ảnh vệ tinh cho phép lấy được các thông tin về các đối tượng từ khoảng cách xa, do đó có rất nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực như nông nghiệp, lâm nghiệp, địa chất, qui hoạch, bản đồ, giáo dục, du lịch, tình báo, quân sự, v.v...

Có bốn loại độ phân giải chính của ảnh vệ tinh, đó là các độ phân giải về không gian, thời gian, phổ và khoảng cách bức xạ. Campbell [1] đã định nghĩa các độ phân giải trên như sau: độ phân giải không gian là tỷ lệ giữa cỡ của ảnh (tính theo điểm và số điểm trên một inch – dpi) và diện tích của bề mặt vùng được chụp. Độ phân giải về thời gian xác định tần suất chụp bề mặt một vùng nào đó; độ phân giải phổ xác định bước sóng mà các sensor ghi nhận được; và độ phân giải khoảng cách bức xạ xác định

các mức xám khác nhau mà ảnh có thể lưu lại. Các loại độ phân giải trên sẽ được sử dụng tùy theo nhu cầu của các ứng dụng.

Ảnh vệ tinh được xử lý theo nhiều công đoạn khác nhau để mang lại kết quả mong muốn. Các bước xử lý thường gồm có: thu nhận ảnh và thông tin, tiền xử lý thông tin và tổ chức lưu trữ, giải đoán - trích rút thông tin và hiển thị thông tin.

Hiện nay có nhiều nguồn ảnh vệ tinh miễn phí trên Internet LANDSAT [2-4], MODIS [5], Google map [6], Bing map [7], Yahoo map [8]. Ảnh vệ tinh của Google, Yahoo, Bing (Microsoft) có thể sử dụng cho các ứng dụng về bản đồ, du lịch vì có độ phân giải không gian cao. Trong số đó, Google cung cấp ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian và chất lượng ảnh cao nhất.

Nguồn ảnh vệ tinh của Google được sử dụng trong nhiều loại ứng dụng khác nhau tại Việt Nam, trong đó có ứng dụng trong quân sự. Ảnh vệ tinh của Google được sử dụng để phục vụ nhiệm vụ phân vạch, cắm mốc biên giới,

* ĐT: 84-4-37547813
E-mail: chaunh@vnu.edu.vn

đoán đọc địa hình bảo vệ an ninh biên giới, chống tội phạm [9]. Bởi vậy, xây dựng công cụ để tải, lưu trữ và hiển thị và trích các phần ảnh vệ tinh của lãnh thổ Việt Nam là công việc cần thiết và có ý nghĩa ứng dụng.

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày phương pháp xây dựng một hệ thống tải và lưu trữ ảnh vệ tinh dạng tile của Google. Hệ thống này có thể được triển khai và sử dụng hiệu quả, đồng thời có thể được sử dụng để lưu trữ các loại ảnh vệ tinh từ các nguồn khác.

2. Ảnh vệ tinh Google

2.1. Phương pháp tổ chức lưu trữ ảnh vệ tinh của Google

Ảnh vệ tinh của Google, được mua lại từ một số hãng chuyên về viễn thám như Digital Globe, TeleAtlas, TerraMetrics (NASA), được lưu trữ theo dạng tile (cắt ảnh lớn thành các tile nhỏ có kích thước cố định) với kích thước của mỗi tile là 256×256 điểm ảnh.

Bảng 1. Các mức chi tiết và tỷ lệ bản đồ tương ứng của Google

Mức chi tiết	Số lượng ảnh 256×256	Tỷ lệ bản đồ tương ứng
1	1	1:147 456 000
2	4	1:73 728 000
3	16	1:36 864 000
4	64	1:18 432 000
5	256	1:9 216 000
6	1 024	1:4 608 000
7	4 096	1:2 304 000
8	16 384	1:1 152 000
9	65 536	1:576 000
10	262 144	1:288 000
11	1 048 576	1:144 000
12	4 194 304	1:72 000
13	16 777 216	1:36 000
14	67 108 864	1:18 000
15	268 435 456	1:9 000
16	1 073 741 824	1:4 500
17	4 294 967 296	1:2 250
18	17 179 869 184	1:1 125
19	68 719 476 736	1:563
20	274 877 906 944	1:281
21	1 099 511 627 776	1:141

Toàn bộ ảnh vệ tinh của bề mặt trái đất được lưu trữ theo các mức chi tiết tăng dần, từ mức 1 đến mức 21. Ở mức chi tiết 1, toàn bộ ảnh bề mặt trái đất được chứa trong một ảnh cỡ 256×256 điểm. Ở mức chi tiết 2, ảnh bề mặt trái đất có kích thước gấp bốn lần mức 1, tức là 512×512 điểm, được chứa trong bốn ảnh cỡ 256×256. Cách tổ chức này lặp lại cho đến mức cao nhất. Bảng 1 mô tả các thông số về lưu trữ ảnh của Google map. Phương pháp lưu trữ này cũng được sử dụng trong nhiều hệ thống bản đồ trực tuyến và ảnh vệ tinh khác như Yahoo map, Bing map.

2.2. Các dịch vụ bản đồ và ảnh vệ tinh trực tuyến cung cấp từ Google

Google cung cấp các dịch vụ Google map, Google Earth và Google static map dựa trên hệ thống lưu trữ ảnh tile nói trên. Google static map cung cấp cho người sử dụng một dịch vụ lấy các mảnh bản đồ với kích thước cực đại 640×640 điểm ảnh. Người sử dụng có thể lấy ảnh vệ tinh tại một vị trí bất kỳ trên toàn thế giới bằng cách sử dụng dịch vụ web của Google map. Để tải được một ảnh về máy tính hoặc nhúng ảnh vào trang web, người sử dụng giao diện lập trình ứng dụng (API) của Google static map bằng cách tham chiếu tới URL như sau:

`http://maps.google.com/maps/api/staticmap?center="108.2,21.3"&zoom=15&maptpe=satellite&size=640x640&format=jpg" --output-document=map.jpg`

trong đó center="108.2,21.3" xác định vị trí kinh độ 108.2 vĩ độ 21.3 với mức độ chính xác đến 10^{-6} , zoom=15 xác định mức chi tiết 15, size=640x640 xác định cỡ ảnh vệ tinh cần lấy, maptype=satellite xác định loại ảnh vệ tinh (các loại khác là map – bản đồ, terrain – địa hình và hybrid – kết hợp bản đồ và vệ tinh), format=jpg xác định khuôn dạng ảnh là JPEG. Lưu ý rằng

hệ tọa độ địa lý được sử dụng trong lưu trữ ảnh vệ tinh của Google là hệ tọa độ kinh độ - vĩ độ theo chuẩn quốc tế WGS84. Lưu ý với mỗi địa chỉ IP, Google static map API chỉ cho phép tải 1000 ảnh trong một ngày.

3. Hệ thống tải và lưu trữ ảnh

3.1. Tải ảnh

Chúng tôi sử dụng API của Google map static để tải các ảnh tile. Ngoài việc sử dụng API của Google static map, cần phải xác định đúng các tọa độ (kinh/vĩ độ) của các tile để có thể ghép lại chính xác. Để tải một ảnh tile, người sử dụng cần cung cấp kinh vĩ độ của tâm ảnh dưới dạng số thập phân.

Do đó dễ thấy rằng ta có thể thực hiện hai vòng lặp lồng nhau để tải nhiều ảnh tile trên một vùng nào đó. Nếu tính toán kinh vĩ độ của tâm các ảnh theo tọa độ thập phân của kinh vĩ độ, chúng ta sẽ gặp phải sai số tích lũy do hạn chế về độ chính xác 10^{-6} của kinh vĩ độ trong Google map static API [10]. Sai số tích lũy này làm cho việc ghép các ảnh tile trở nên không chính xác. Bởi vậy chúng tôi biến đổi kinh vĩ độ về tọa độ điểm ảnh ứng với từng mức chi tiết để tránh sai số tích lũy, sử dụng tọa độ điểm ảnh trong hai vòng lặp tải ảnh, và biến đổi tọa độ điểm ảnh sang dạng kinh vĩ độ khi sử dụng API của Google. Dựa trên các công thức về kinh, vĩ độ của hệ tọa độ WGS84 và hệ tọa độ Mercator, chúng tôi sử dụng các công thức biến đổi sau để tải ảnh:

Các công thức biến đổi tọa độ x của điểm ảnh sang kinh độ (longitude) và ngược lại:

$$x = \left[2^{z+7} \left(1 + \frac{longitude}{180} \right) \right]$$

$$longitude = 180 * \left(\frac{x}{2^{z+7}} - 1 \right)$$

Các công thức biến đổi tọa độ y của điểm ảnh sang vĩ độ (latitude) và ngược lại:

$$y = 2^{z+7} \left(1 - \frac{1}{2\pi} \log \left(\frac{1 + \sin(\text{latitude} \frac{\pi}{180})}{1 - \sin(\text{latitude} \frac{\pi}{180})} \right) \right)$$

$$\text{latitude} = \frac{180}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - 2 \arctan \left(e^{\frac{\pi(y}{2^{z+7}} - 1)} \right) \right)$$

Chúng tôi chỉ tải các ảnh vệ tinh có chứa phần lãnh thổ Việt Nam để phù hợp với mục đích sử dụng cũng như giảm dung lượng lưu trữ. Để kiểm tra một ảnh vệ tinh có chứa phần lãnh thổ của Việt Nam hay không, chúng tôi thực hiện truy vấn không gian với hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL (phiên bản 8.4.7) có phần mở rộng hỗ trợ truy vấn không gian PostGIS (phiên bản 1.5.1). Ảnh vệ tinh và vùng lãnh thổ Việt Nam được biểu diễn là hai đa giác (POLYGON) và ta cần thực hiện truy vấn kiểm tra hai đa giác có phần giao hay không. Ví dụ, để kiểm tra ảnh có tọa độ 4 đỉnh là (105.51, 23.22), (105.53, 23.22), (105.51, 23.20), (105.53, 23.20) có chứa phần lãnh thổ Việt Nam hay không, chúng ta thực hiện truy vấn sau:

```
SELECT ST_Intersects(
    ST_GeomFromText('POLYGON(
        (105.51 23.22, 105.53 23.22, 105.53
        23.20, 105.51 23.20, 105.51 23.22)'),
    (SELECT the_geom FROM
    vietnam_adm0 limit 1)
);
```

trong đó cột the_geom chứa dữ liệu biểu diễn lãnh thổ Việt Nam dưới dạng POLYGON đã được lưu trữ trong bảng vietnam_adm0. Kết quả trả về của truy vấn sẽ là t (hai đa giác có giao nhau) hoặc f (hai đa giác không giao nhau).

Chúng tôi đã sử dụng phương pháp nói trên để tải ảnh vệ tinh của Google. Công cụ tải ảnh

được viết trên ngôn ngữ lập trình PHP và thực hiện trên hệ điều hành Linux Fedora Core 14.

Chúng tôi đã tải toàn bộ các ảnh vệ tinh của vùng lãnh thổ và các đảo (không có phần ảnh của vùng biển) của các mức chi tiết từ 4 đến 17. Phần ảnh này nằm trong khu vực từ kinh độ 102.1443 đến 109.4978 và từ vĩ độ 8.3592 đến 23.3938. Số lượng ảnh đã tải được mô tả trong Bảng 2.

Từ mức chi tiết 4 đến 10, ảnh vệ tinh Google đã phủ toàn bộ lãnh thổ Việt Nam. Từ mức chi tiết 11 đến 15, mức độ phủ ảnh đạt trên 99.5%. Các vùng chưa có ảnh vệ tinh ở các mức này chủ yếu là một số đảo ở phía Đông Bắc và phía Nam. Tuy nhiên bắt đầu từ mức chi tiết 16, 17 mức độ phủ ảnh vệ tinh trên lãnh thổ giảm chỉ còn tương ứng là 80.43% và 80.88%. Các vùng chưa được phủ ảnh vệ tinh, chủ yếu thuộc các tỉnh ở phía bắc và một số đảo. Hình 1 minh họa mức độ phủ ảnh vệ tinh ở mức chi tiết 16 và 17.

3.2. Giải pháp lưu trữ ảnh

Một số nghiên cứu [11-13] đã cho thấy chúng ta nên sử dụng ảnh tile làm một đơn vị lưu trữ cơ bản cho ảnh vệ tinh vì nó tiện lợi cho việc hiển thị, cắt ghép. Có hai phương pháp chính thường được sử dụng để lưu trữ các ảnh tile nhỏ. Đó là lưu trữ trực tiếp trên hệ thống tệp và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu quan hệ.

Số lượng ảnh vệ tinh dạng tile rất lớn, do đó nếu lưu trữ mỗi ảnh tile trên một tệp riêng biệt, sẽ có các nhược điểm sau:

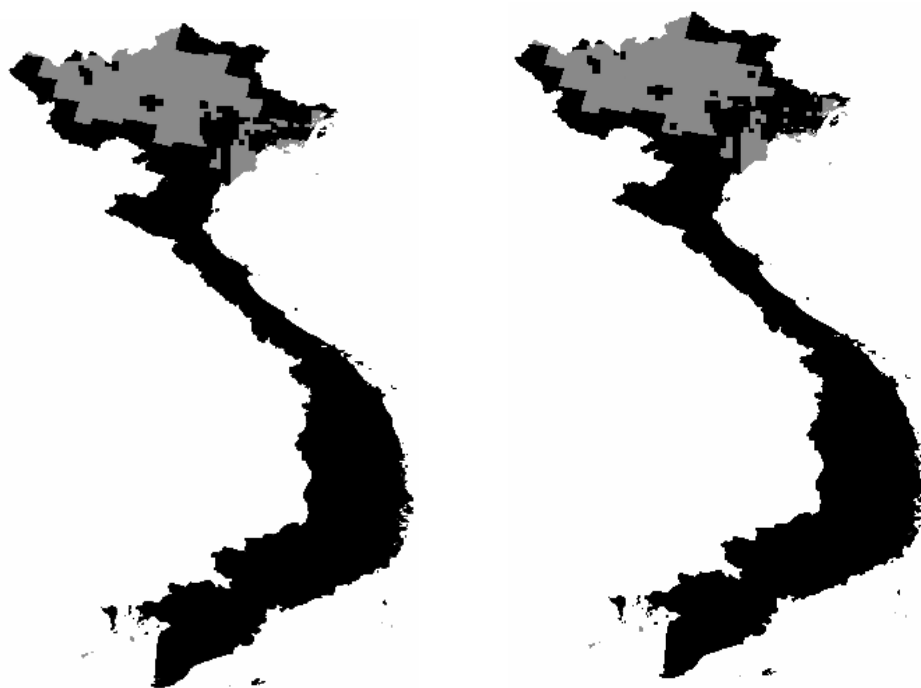
- Khi số lượng ảnh quá lớn, hệ thống lưu trữ của hệ điều hành sẽ nhanh chóng bị thiếu inode (nếu sử dụng Linux) hoặc các phần tử của bảng cấp phát tệp (nếu sử dụng hệ điều hành Windows), dẫn đến hiệu năng đọc/ghi của hệ thống lưu trữ giảm đi.

- Do số lượng ảnh lớn nhưng cỡ mỗi ảnh nhỏ, lưu trữ theo từng tệp riêng biệt làm tăng

phân mảnh trong; do đó làm lãng phí dung lượng lưu trữ.

Để khắc phục các nhược điểm của lưu trữ ảnh tile trên các tệp riêng lẻ, đã có một số nghiên cứu về các phương pháp lưu trữ khác. Sears và n.n.k [14] đã chỉ ra rằng lưu trữ các tệp nhị phân có kích thước nhỏ hơn 256 KB trong

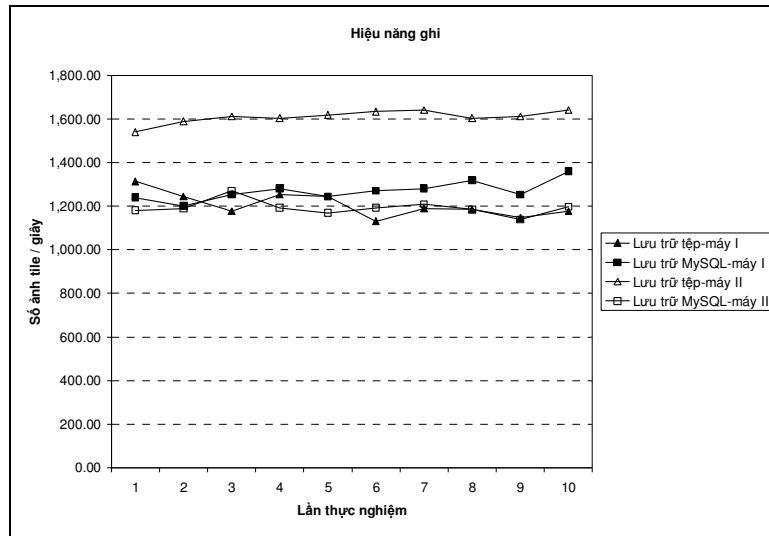
hệ quản trị cơ sở dữ liệu Microsoft SQL Server với kiểu BLOB có lợi hơn về hiệu năng đọc/ghi hơn lưu trữ trực tiếp các tệp này trên hệ thống tệp NTFS. Sample và Ioup cũng chỉ ra sự bất lợi của phương pháp lưu trữ mỗi ảnh tile trên một tệp riêng biệt [15].



Hình 1. Mức độ phủ ảnh vệ tinh Google trên lãnh thổ Việt Nam ở mức chi tiết 16 (trái) và 17 (phải)
Màu đen là phần có ảnh vệ tinh, màu nhạt là phần chưa có ảnh.

Căn cứ vào phân bố cỡ của các ảnh tile (xem hình 4), chúng tôi đã thực nghiệm kiểm tra hiệu năng ghi và đọc ngẫu nhiên ảnh tile được lưu trữ theo hai phương pháp: (1) Lưu trữ mỗi ảnh tile trong một tệp; (2) lưu trữ ảnh tile trong hệ quản trị cơ sở dữ liệu MySQL ở dạng BLOB. Chúng tôi đã kiểm tra hiệu năng đọc/ghi 349525 ảnh tile (chính là tổng số ảnh từ mức chi tiết 1 đến 10) với cỡ 32KB – gần với kích cỡ trung bình của các ảnh đã tải được trên hai máy tính khác nhau. Cấu hình các máy tính như

sau: Máy tính thứ nhất (gọi tắt là máy I): HP Server GL 380 G5, dung lượng RAM 2GB, CPU Intel(R) Xeon(R) CPU E5440 2.83GHz 4 core, ổ cứng SAS RAID-1 dung lượng 146GB, hệ điều hành CentOS 5.5 x86_64; máy tính thứ hai (gọi tắt là máy II): HP Desktop, dung lượng RAM 2GB, CPU Intel Core 2 Duo E4600 2.4GHz 2 core, ổ cứng SATA dung lượng 120GB, hệ điều hành Debian 6.0.1 Squeeze x86_64.

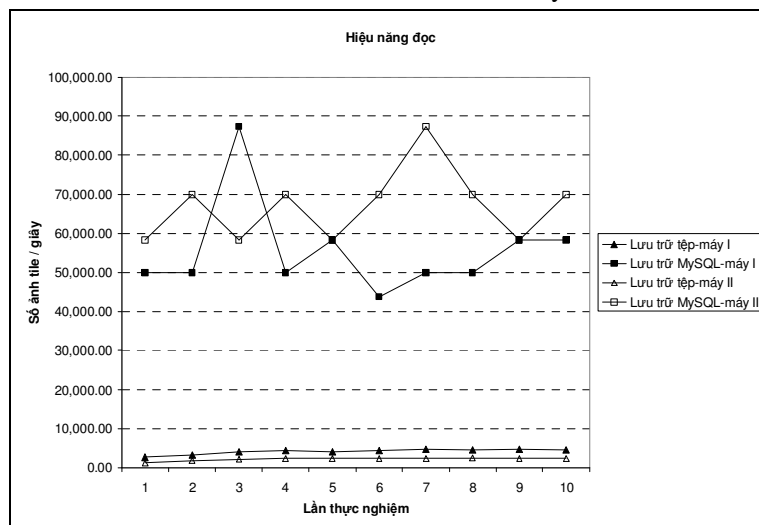


Hình 2. Hiệu năng ghi trên hai máy I và II.

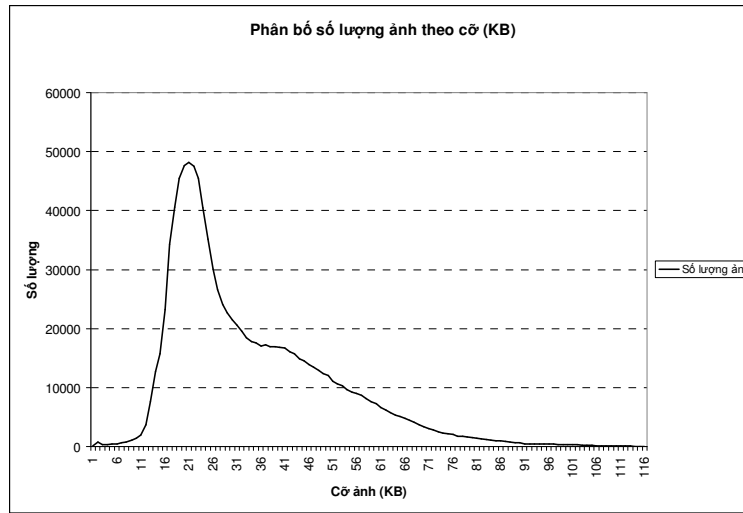
Kết quả thực nghiệm được mô tả trong các hình 2 và 3. Căn cứ vào đồ thị hiệu năng ghi trong hình 2, chúng ta thấy rằng hiệu năng ghi của phương pháp lưu trữ với MySQL xấp xỉ bằng hoặc kém hơn hiệu năng ghi khi lưu trữ mỗi tile trên một tệp riêng biệt. Tuy nhiên với các ứng dụng ảnh vệ tinh, tần suất đọc thường lớn hơn

nhiều so với tần suất ghi [15] do đó hiệu năng đọc có vai trò quan trọng hơn.

Trong hình 3, ta thấy hiệu năng đọc của phương pháp lưu trữ BLOB-MySQL vượt trội so với lưu trữ mỗi ảnh tile trong một tệp. Hiệu năng đọc của phương pháp lưu trữ BLOB-MySQL tốt hơn từ 9-22 lần trên máy I và 27-47 lần trên máy II.



Hình 3. Hiệu năng đọc trên hai máy I và II.



Hình 4. Phân bố số lượng ảnh tile theo cỡ.

Do số lượng và dung lượng ảnh vệ tinh rất lớn và thường được cập nhật, lưu trữ trên một máy tính đơn lẻ không phải là một giải pháp đúng đắn. Căn cứ vào các kết quả thực nghiệm ban đầu, chúng tôi đang tiếp tục thử nghiệm giải pháp lưu trữ ảnh vệ tinh với MySQL trên cụm máy tính sử dụng các giải pháp phân vùng

và tạo bản sao (partitioning and replication) để tăng hiệu năng và khả năng mở rộng của hệ thống lưu trữ, đồng thời nghiên cứu các giải pháp lưu trữ dựa trên các hệ quản trị cơ sở dữ liệu không hỗ trợ mô hình quan hệ (Not Only SQL) để tìm ra giải pháp tối ưu nhất.

Bảng 2. Số lượng và dung lượng ảnh vệ tinh lãnh thổ Việt Nam

Mức chi tiết	Số lượng ảnh vệ tinh 512x512 trong lãnh thổ Việt Nam đã tải	Số lượng ảnh vệ tinh chưa có (qua thống kê)	Dung lượng đĩa
4	2	0	292 KB
5	2	0	404 KB
6	4	0	724 KB
7	6	0	1.2 MB
8	16	0	2.3 MB
9	44	0	6.5 MB
10	120	0	20 MB
11	352	2	25 MB
12	1 207	5	89 MB
13	4 365	4	217 MB
14	16 384	12	774 MB
15	63 352	12	2.7 GB
16	248 514	48 616	8.2 GB
17	982 665	187 798	28 GB
18 (ước tính)	3 930 660	-	112 GB
19 (ước tính)	15 722 640	-	448 GB
20 (ước tính)	62 890 560	-	1.75 TB
21 (ước tính)	251 562 240	-	7.00 TB

4. Kết luận

Trong bài báo chúng tôi đã trình bày phương pháp xây dựng công cụ tải ảnh vệ tinh từ nguồn miễn phí trên Internet và giải pháp lưu trữ. Công việc đã thực hiện là một phần trong quá trình xử lý ảnh vệ tinh: thu nhận và lưu trữ. Dữ liệu ảnh vệ tinh có thể được sử dụng để phục vụ các ứng dụng bản đồ, trong đó có các ứng dụng địa hình quân sự. Đồng thời chúng tôi đã có kết quả thực nghiệm và đề xuất giải pháp lưu trữ ảnh có hiệu năng tốt và có khả năng mở rộng.

Lời cảm ơn

Công trình này được tài trợ một phần từ đề tài mang mã số QG.09.27, Đại học Quốc gia Hà Nội. Tác giả bài báo chân thành cảm ơn Thượng tá Đào Trọng Tâm, Ban bản đồ Bộ đội biên phòng vì những ý kiến quý báu trong việc khai thác, sử dụng ảnh vệ tinh của Google.

Tài liệu tham khảo

- [1] Campbell, J. B, *Introduction to Remote Sensing*, New York London: The Guilford Press, 2002.
- [2] <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landsat/>
- [3] <http://webmodis.iis.u-tokyo.ac.jp/Landsat/>
- [4] <http://glovis.usgs.gov/>
- [5] <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/directbrod/index.php>
- [6] <http://maps.google.com>
- [7] <http://www.bing.com/maps>
- [8] <http://map.yahoo.com>
- [9] Đào Trọng Tâm, *Khai thác phần mềm Google Earth*, Tạp chí thông tin địa hình quân sự, Cục Bản đồ Bộ đội biên phòng, số 2, 2007.
- [10] <http://code.google.com/apis/maps/documentation/staticmaps>
- [11] J. Deng , W. Dong , R. Socher , L. Li , K. Li , F. Li, *Imagenet: A large-scale hierarchical image database*, In proceeding of IEEE Conference on Computer vision and Pattern Recognition (CVPR), 2009.
- [12] E. Ioup, J. Sample, F. McCreedy, *Tiled Image Archival and Distribution for Seafloor and Terrestrial Imagery*, NRL Review, 2009.
- [13] Z. Liu, M. E. Pierce, G. C. Fox, *Implementing a caching and tiling map server: a Web 2.0 case study*, International Symposium on Collaborative Technologies and Systems (CTS), 2007.
- [14] R. Sears, C. van Ingen, J. Gray, *To BLOB or Not To BLOB: Large Object Storage in a Database or a Filesystem?*, Microsoft Research, 2006.
- [15] J. T. Sample, E. Ioup, *Tile-based geospatial information systems – principles and practices*, Springer, 2010.

A solution for collecting and storing high resolution tile-based satellite images

Nguyen Hai Chau

University of Engineering and Technology, VNU, 144 Xuan Thuy, Hanoi, Vietnam

In this paper, we propose a solution for storing a large number of tile-based high resolution satellite images that we have collected from the Internet. Based on MySQL storage, our solution delivers read performance from 9 to 47 times higher than the ordinary file storage method.