



Criando um Telescópio Virtual usando

Java

Como obter imagens e outros dados astronômicos usando clientes de web services em Java



Rafael Santos
(rafael.santos@lac.inpe.br)

É doutor em Inteligência Artificial pelo Instituto Tecnológico de Kyushu, Japão. É tecnólogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, atuando em pesquisa e desenvolvimento de aplicações e técnicas de mineração de dados e processamento de imagens, e é pesquisador visitante da Universidade Johns Hopkins, nos Estados Unidos. É autor do livro "Introdução à Programação Orientada a Objetos usando Java" e de várias palestras e tutoriais sobre Java.

Vários institutos e centros de pesquisa em diversos países estão envolvidos na coleta e análise de dados astronômicos. Alguns destes esforços resultaram em catálogos de imagens que podem ser acessadas pela Internet de forma dinâmica, como, por exemplo, recortes de regiões determinadas pelo usuário que podem ser acessados por clientes de web services.

Neste artigo, veremos como criar aplicações em Java usando web services que permitem a criação de um telescópio virtual que acessa imagens do Sloan Digital Sky Survey.

Se você está lendo este artigo é por que se interessa por astronomia e computação. Se for como eu, já teve ou quis ter um telescópio para poder observar por conta própria objetos fascinantes ou mesmo esquisitos que existem no espaço.

Astronomia amadora é um passatempo divertido, mas caro: embora muitas observações possam ser feitas com binóculos modestos, para ver objetos mais distantes, como nebulosas e galáxias, é necessário ter um telescópio de alguma qualidade, o que consiste em um investimento razoável, ainda mais se o astrônomo quiser usar câmeras para registrar as imagens. Complicando mais a vida dos astrônomos amadores temos problemas como poluição atmosférica, falta de espaço e segurança para observações, problemas inerentes a atividades noturnas, ao ar livre (mosquitos), etc.

Felizmente, com auxílio da tecnologia, podemos fazer alguns tipos de observação no conforto de nossa casa ou trabalho (ao menos enquanto o chefe não estiver olhando). Alguns instrumentos como os telescópios Hubble e Spitzer, que estão em órbita da Terra, criam imagens nítidas de estrelas, galáxias, cometas e outros objetos, com qualidade muito superior a que pode ser obtida com instrumentos amadores. Os sites destes telescópios (<http://hubble.nasa.gov> e <http://www.spitzer.caltech.edu>) permitem acesso a algumas das imagens obtidas por eles.

Embora estes telescópios sejam os mais populares, eles não cobrem uma área muito grande do céu. Outros telescópios, baseados em observatórios, foram usados para coletar imagens de grandes regiões do céu para diversas finalidades, chamadas surveys. Por exemplo, o Sloan Digital Sky Survey (www.sdss.org) ou SDSS tem como objetivo prover imagens de mais de um quarto de todo o céu, que contém mais de 280 milhões de objetos, além de dados espectrais de muitos destes objetos, totalizando mais de 10 terabytes de dados.

Outros surveys têm objetivos e características diferentes: o Two Micron All Star Survey (<http://pegasus.phast.umass.edu/>) contém imagens em infravermelho de todo o céu e ainda outros surveys cobrem partes do céu em outros espectros (rádio, ultravioleta, gama, microondas).

Os avanços na capacidade de armazenamento e processamento destes dados e da necessidade de distribuição dos mesmos possibilitaram a criação de observatórios virtuais, que permitem que cientistas usem os dados armazenados em diversas bases para fazer suas pesquisas. Com as ferramentas de observatórios virtuais, os astrônomos e astrofísicos podem recuperar dados já coletados, fazer cruzamentos entre diversas bases de dados, solicitar processamento de grandes bases de dados em computadores em grade, anotar e referenciar artigos científicos relacionados com suas pesquisas, etc. Usando técnicas como web services, pesquisadores podem expandir as funções dos observatórios virtuais para finalidades específicas.

Os observatórios virtuais permitem o acesso a uma enorme gama de dados, inclusive para astrônomos amadores que podem construir seus próprios telescópios virtuais com poucas linhas de código. Veremos como fazer isso, mas antes precisamos entender alguns conceitos.

Alguns conceitos básicos

Cada objeto existente no espaço tem sua posição determinada por três valores: ascensão reta, declinação e distância. Para observações simples, ignoramos as distâncias dos objetos à Terra, considerando que todos estão a uma mesma distância, e que o observador está no centro de uma esfera: a abóboda celeste. Precisamos então de dois valores para identificar a posição de um objeto, que são a ascensão reta (AR) e a declinação (DEC).

Resolvendo nomes de objetos astronômicos

Um dos web services mais interessantes que pode ser usado em um observatório ou telescópio virtual é um “resolvedor” de nomes, que, a partir do nome de um objeto retorna a sua ascensão reta e declinação. O “resolvedor” de nomes mais usado é o Sesame, hospedado no Centro de Dados Astronômicos da Universidade de Strasbourg.

Como a resolução de nomes é implementada como um web service, o seu uso é extremamente simples, mas é preciso antes criar o cliente para o web service.

Se você usar a IDE Eclipse (instalação padrão, com o plug-in web tools platform ou release JEE-Europa), selecione o menu File/New/Other e escolha Web Service Client. No diálogo de criação de cliente de web service, entre a URL <http://cdsws.u-strasbg.fr/axis/services/Sesame?WSDL> no campo Service definition e clique em Finish. O Eclipse criará as classes necessárias para implementação de clientes para este web service, assim como referências a bibliotecas e pacotes necessários (no caso, Axis).

Com as classes instaladas, podemos criar um primeiro pequeno exemplo de resolução de nomes. Este exemplo é mostrado na Listagem 1.

Listagem 1. Aplicação para resolver o nome de um objeto astronômico.

```
import java.rmi.RemoteException;
import javax.xml.rpc.ServiceException;
import Sesame_pkg.*;

public class SesameResolver {
    public static void main(String[] args) throws ServiceException, RemoteException {
        // Criamos um localizador do web service.
        SesameService locator = new SesameServiceLocator();
        // Criamos um proxy para execução dos métodos remotos.
        Sesame sesame = locator.getSesame();
        // Resolvemos o nome de um objeto, retornando dados em formato texto.
        String result = sesame.sesame("M101");
        // Imprimimos o resultado.
        System.out.println(result);
    }
}
```

MAIS SOBRE AR E DEC

A ascensão reta (AR) corresponde à longitude geográfica, sendo contada a partir de uma posição arbitrária e medida em horas, minutos e segundos. A declinação (DEC) corresponde à longitude geográfica, sendo contada a partir do equador celeste e variando entre -90 e +90 graus. Frações de graus são medidas em arcominutos (1/60 graus, indicados pelo símbolo ') e arcosegundos (1/3600 graus, indicados pelo símbolo "). Uma explicação mais detalhada sobre coordenadas pode ser vista no site Sistemas de Coordenadas, <http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm>.

Objetos aparentemente fixos como estrelas e galáxias têm coordenadas constantes (ao menos para as nossas finalidades). Por exemplo, o centro da galáxia Andrômeda está nas coordenadas (0h, 42m, 44.310s e +41o 16 9.40). As mesmas coordenadas podem ser expressas em decimais: a ascensão reta de Andrômeda pode ser calculada como $0+42/60+44.310/3600 = 0.712308333$, e sua declinação como $41+16/60+9.40/3600 = 41.2692777$.

Objetos que parecem se mover em relação à Terra, como a Lua, o Sol, outros planetas, asteroídes e cometas não têm coordenadas constantes; para expressar a sua posição, além das coordenadas precisamos saber o momento exato que diz quando o objeto estará naquela coordenada. Para as finalidades e exemplos deste artigo, somente objetos fixos serão considerados.

Muitos dos objetos astronômicos têm nomes, ou baseados em mitologia ou como índices em um catálogo de objetos. Estrelas ou têm nomes próprios, com origem na mitologia de várias culturas (ex.: Antares, Sirius, Rigel) ou têm nomes associados às constelações as quais pertencem. Algumas galáxias, agrupamentos e nebulosas têm nomes próprios, mas mais freqüentemente são referenciadas como uma entrada em um catálogo de objetos. Dois dos catálogos mais conhecidos são o Messier Catalog e o New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars (NGC). A galáxia Andrômeda também é conhecida por M31 no catálogo Messier ou NGC 224 no catálogo NGC.

Na Listagem 1 vemos que em apenas três linhas podemos obter os dados de um objeto astronômico. Ao executar a aplicação desta Listagem temos o resultado mostrado na figura 1.

```
# M101 #Q01058
#=#Simbad: 1
%J 210.8021250 +54.3480833 (6) = 14 03 12.510 +54 20 53.10
%J.E [10800.00 10800.00 90] D 1999ApJS..125..409C
%V v +241 D [~] 2004AJ....127.2031K
%T Sc
%l.O APG 26
%C IG
%@ 8504,0
#--ServerTime(ms): 5
```

Figura 1. Resultado da execução da aplicação na Listagem 1.

Caso o nome do objeto não seja reconhecido, o método Sesame.sesame retornará null. Além das coordenadas, o web service retorna outras informações sobre o objeto, que não serão utilizadas neste artigo. O

que nos interessa, do resultado mostrado na figura 1, é a linha que começa com os caracteres '%J' seguida de um espaço: os dois valores nesta linha são a ascensão reta e a declinação do objeto, primeiro em coordenadas decimais e depois em horas/minutos/segundos e graus/arcominutos/arcosegundos.

Para extrair a ascensão reta e declinação do resultado retornado pelo web service, podemos usar o trecho de código mostrado na Listagem 2, que obtém os valores decimais do texto retornado.

Listagem 2. Trecho de código para obter coordenadas dos objetos.

```
double ra=0,dec=0;
if (result != null) {
    String[] lines = result.split("\n"); // Separamos o resultado em linhas.
    for(String line:lines) {
        if (line.startsWith("%J ")) // Esta é a que nos interessa (veja o espaço depois de %J!)
        {
            String[] tokens = line.split("[\t]+"); // Separamos em tokens.
            ra = Double.parseDouble(tokens[1].trim());
            dec = Double.parseDouble(tokens[2].trim());
        }
    }
}
```

• Obtendo imagens do SDSS

Com as coordenadas de um objeto, podemos solicitar um cutout, ou recorte da região do céu correspondente àquele objeto. Um dos surveys que permite a criação de cutouts usando web services é o Sloan Digital Sky Survey (SDSS). A criação de um cliente para este serviço também é bastante simples.

No Eclipse, selecione o menu File/New/Other e escolha Web Service Client. No diálogo de criação de cliente de web service, entre na URL <http://casjobs.sdss.org/ImgCutoutDR5/ImgCutout.asmx?wsdl> no campo Service definition e clique em Finish para criar as classes necessárias para acesso ao web service.

Podemos usar o serviço de cutout para obter imagens de vários tamanhos e que cobrem uma região arbitrária do céu. Para definir o tamanho da imagem, precisamos de duas medidas: qual é a dimensão, em pixels, da imagem resultante e qual é a escala a ser usada, em arcosegundos/pixel.

Uma outra forma, mais natural, de definir o tamanho da imagem pode ser dada por pixels e área do espaço (ou campo) a ser coberta pela imagem (como referência, a lua cheia ocupa uma área de 30 arcominutos no céu). Para converter entre largura do campo em graus/arcominutos/arcosegundos e escala, multiplicamos o campo por (3600/L) em que L é a largura da imagem em pixels.

Os passos para obter uma imagem do serviço de cutout e armazenar em disco são:

1. obter os bytes da imagem através do web service, usando as coordenadas, escala e tamanho da imagem. Isso é feito pelo método `getJpeg` da instância do proxy do web service;
2. usar os bytes da imagem para criar uma instância de `BufferedImage`, usando uma instância de `ByteArrayInputStream` como intermediária;
3. armazenar a imagem usando métodos do pacote `JavaIO` ou visualizar a imagem (podemos criar um `ImageIcon` com a imagem e colocá-lo em um `JLabel`).

Estes passos são mostrados na Listagem 3.

A imagem armazenada como resultado da execução da aplicação na Listagem 3 é mostrada na figura 2.

O método `getJpeg` da instância do proxy do web service aceita uma

string como último parâmetro. Podemos pedir ao web service que anote ou desenhe a imagem com as seguintes opções:

- **G**: desenha uma grade com escala na imagem;
- **L**: desenha uma legenda descritiva no canto da imagem;
- **P**: marca objetos detectados na imagem com pequenos círculos azuis;
- **S**: marca objetos para os quais existe informação espectroscópica com pequenos quadrados vermelhos;
- **F**: mostra, na imagem, quais imagens originais foram usadas na composição do recorte.

A imagem mostrada na figura 3 é a mesma da figura 2, mas usando a string "PLG" como último argumento para o método `getJpeg`.

Como o survey SDSS não cobre todo o céu, caso coordenadas não cobertas sejam passadas para o web service, a imagem retornada será preta com uma mensagem sobreposta indicando o problema.

Listagem 3. Aplicação que recupera uma imagem do serviço de cutout do survey SDSS.

```
import java.awt.image.BufferedImage;
import java.io.*;
import javax.imageio.ImageIO;
import org.sdss.skyserver.ImgCutoutSoapProxy;

public class GetImage {
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        // Criamos um proxy para acesso ao serviço de cutout.
        ImgCutoutSoapProxy ic = new ImgCutoutSoapProxy();
        // Parâmetros para a imagem:
        double ra = 189.1366667; // próximo a NGC 4214
        double dec = 11.24;
        double campo = 0.1; // em graus
        int largura = 800;
        int altura = 800;
        // Convertamos o campo para arcosegundos por pixel.
        campo = campo*(3600./largura);
        // Obtemos os bytes da imagem com estes parâmetros.
        byte[] image = ic.getJpeg(ra,dec,campo,largura,altura, );
        // Convertamos para um BufferedImage
        BufferedImage bi = ImageIO.read(new ByteArrayInputStream(image));
        // Armazenamos no disco como uma imagem JPEG.
        ImageIO.write(bi, "jpeg", new File("NGC4214.jpg"));
    }
}
```



Figura 2. Imagem obtida com o código da Listagem 3.



Figura 3. Imagem obtida com o código da Listagem 3 (versão anotada).

: Galeria de imagens

Estas são algumas das imagens que você pode obter com o código mostrado e diferentes objetos e escalas. A legenda de cada imagem indica o nome do objeto na mesma, que pode ser usado para a obtenção de coordenadas e da imagem. A maioria das imagens é de galáxias e é interessante observar que além das galáxias escolhidas outras ainda aparecem ao fundo das imagens.



Figura 4. M3: aglomerado globular, estima-se que contém 500.000 estrelas.



Figura 7. M88, uma galáxia espiral.



Figura 5. M51: Galáxia Whirlpool, um par de galáxias em interação.



Figura 8. NGC 4565, outra galáxia espiral.

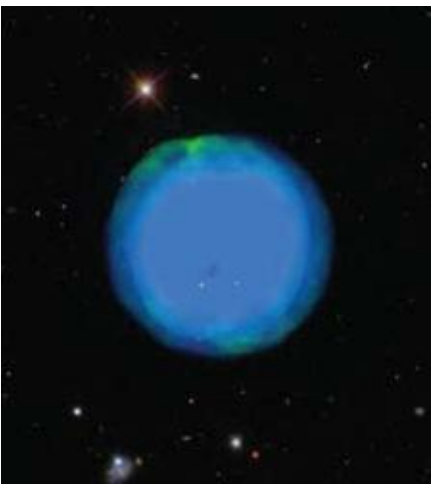


Figura 6. M97, uma nebulosa planetária.



Figura 9. NGC 4676, outro par de galáxias em interação.

Estes sites contêm listas de objetos astronômicos interessantes. As listas contêm os nomes dos objetos e em alguns casos, as suas coordenadas:

Astronomy Picture of the Day (<http://apod.nasa.gov/apod/>): mostra imagens astronômicas e astronáuticas de diversos tipos, muitas com nomes dos objetos, obtidas com telescópios mais modernos e, às vezes, em frequências espectrais diferentes.

O site The Messier Catalog (<http://seds.org/messier/>), da associação Students for the Exploration and Development of Space, mostra a lista de objetos do catálogo de Messier. Outra seção do site (<http://seds.org/messier/xtra/ngc/ngc.html>) mostra nomes e coordenadas de outros objetos interessantes. Também é possível procurar objetos do New General Catalog (<http://seds.org/~spider/ngc/ngc.html>).

O site Interesting Objects listed by size (<http://www.mailbag.com/users/ra-greiner/objects.html>) lista mais de 300 objetos com nomes e coordenadas.

O site (<http://www.astrosurf.com/benoit/ngc.html>) contém dados de todos os objetos do New General Catalog, com links para imagens do survey DSS, mas sem mostrar as coordenadas.

Saber mais

Um ponto de partida para a exploração de ferramentas computacionais para astronomia e astrofísica é o site do US-VO, o observatório virtual americano (www.us-vo.org), que indexa muitos serviços e ferramentas.

Informações sobre outros observatórios virtuais podem ser encontradas no site da International Virtual Observatory Alliance (www.ivoa.net). O Brasil também tem um observatório virtual (BRAVO, Brazilian Astrophysical Virtual Observatory), que está em desenvolvimento e cujo site é <http://www.lac.impe.br/bravo>.

Dois catálogos de web services relacionados à astronomia (e usados neste artigo) podem ser encontrados em <http://www.voservices.org/webservices.aspx> e <http://cdsweb.u-strasbg.fr/cdsws.gml>. Outros web services estão listados no registro de recursos do US-VO (<http://nvo.stsci.edu/nvo-registry/QueryRegistry.aspx>, procure por webservice).

O serviço SkyView (<http://skyview.gsfc.nasa.gov/>) pode ser usado como outra fonte de imagens. As imagens podem ser criadas através da composição de URLs (em que parâmetros para geração de imagens são passados como parte das URLs). Uma vantagem do SkyView é que ele contém o survey DSS (Digital Sky Survey), que cobre todo o céu, mas com resolução menor que o SDSS.

: Considerações finais

Através de web services é possível criar aplicações que acessam literalmente terabytes de dados astronômicos. Neste artigo, demonstramos como usar web services de resolução de nomes de objetos e cutouts para criar um telescópio virtual. Muitas outras aplicações são possíveis, usando outros web services (veja a caixa Para Saber Mais).

: Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Departamento de Física e Astronomia da Universidade Johns Hopkins pelo suporte no desenvolvimento de trabalhos relacionados com este artigo, em especial aos autores do SDSS Image cutout (Maria Nieto-Santisteban, Alex Szalay e Jim Gray). **MJ**

Referências

- Conceitos básicos e intermediários sobre astronomia podem ser encontrados no livro *Astronomy Today*, de Eric Chaisson e Steve McMillan, editora Prentice-Hall, quinta edição (2004).
- Mais informações sobre uso de ferramentas computacionais em observatórios virtuais podem ser encontradas no site das Escolas de Verão do Observatório Virtual (<http://www.us-vo.org/summer-school/index.cfm>) e do Projeto Bravo (<http://www.lac.impe.br/bravo>).