

Caracterización de los elementos estructurales de la cosmic web y análisis de su evolución temporal a partir de datos generados por una simulación cosmológica de N-cuerpos

Juan Sebastián Pérez

Director: Jaime Forero

Noviembre 2015

1 Introducción

Las simulaciones cosmológicas han resultado ser de gran utilidad en las últimas décadas como un mecanismo para realizar predicciones acerca de la estructura del universo tanto a gran escala como a pequeña escala, permitiendo así obtener resultados que pueden ser sometidos a comparación con las observaciones astronómicas realizadas. Uno de los resultados más importantes acerca del análisis de esta estructura es que tanto las observaciones astronómicas como las simulaciones, muestran una estructura cosmológica bien definida, la cual se conoce como “cosmic web”, la cual cuenta con elementos estructurales definidos según sus características geométricas, siendo estos: vacíos, filamentos, hojas y nudos. Así pues, el estudio de las características morfológicas de esta red y de su evolución temporal han resultado un tema de estudio de alto impacto en la astrofísica moderna.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo pretendo realizar una caracterización de los elementos estructurales de la cosmic web nombrados anteriormente, a partir del análisis de los datos obtenidos al realizar una simulación cosmológica de N-cuerpos.

Para crear la simulación, haré uso del código GADGET-2[1], creado por el profesor Dr. Volker Springel de la universidad de Heildeberg, Alemania. Este código, escrito en C, se ha convertido en un estándar para la realización de simulaciones cosmológicas y fue desarrollado para trabajar en sistemas de cómputo de múltiples procesadores en paralelo, lo cual permite optimizar el desempeño del programa para así lograr simulaciones con un número de partículas considerable.

Posteriormente, usaré los datos obtenidos a partir de la simulación para realizar un análisis de las características geométricas de cada punto espacial con

el fin de categorizarlos en 4 grupos: vacíos, filamentos, hojas y nudos. Para realizar esta categorización, haré un estudio de los valores propios del tensor de deformación $T_{\alpha\beta}$, el cual corresponde al Hessiano del potencial gravitacional ϕ [2][4]. Para realizar la clasificación, se diagonalizará el Hessiano del potencial gravitacional evaluado en cada punto espacial y se hará una cuenta de los valores propios obtenidos por encima de cierto umbral; si el número de valores propios obtenidos es cero, el punto corresponderá a un vacío, si el número es uno corresponderá a un filamento, si es dos será una hoja y si es tres será un nudo.

2 Objetivo General

Realizar una caracterización de los elementos estructurales de la cosmic web (vacíos, filamentos, hojas y nudos) y su evolución temporal a partir de los datos generados por una simulación cosmológica realizada con el código GADGET-2.

3 Objetivos Específicos

1. Familiarizarse con el uso de máquinas de computo de múltiples procesadores en paralelo.
2. Aprender a compilar y correr el código GADGET-2 para simulaciones de N-cuerpos.
3. Realizar una simulación cosmológica, usando los parámetros cosmológicos definidos por las últimas observaciones astronómicas y usando el código GADGET-2.
4. Evaluar el Hessiano del potencial gravitacional para cada punto espacial y en cada paso temporal y encontrar los valores propios que se encuentran por encima de un cierto umbral.
5. Clasificar cada punto espacial, dependiendo de los valores propios obtenidos, como: vacíos, filamentos, hojas o nudos.
6. Analizar la evolución de la estructura observada en cada paso temporal.

4 Metodología

Esta será una monografía computacional en la cuál usaré el código GADGET-2 que ha sido desarrollado para correr simulaciones cosmológicas en máquinas de múltiples procesadores paralelos, por lo tanto, es necesario tener acceso al cluster de la universidad como primera medida. Adicionalmente, y aunque no es indispensable, requeriré acceso al laboratorio computacional de ciencias ubicado en el salón Q406.

La primera etapa del trabajo se centrará en familiarizarme con las herramientas tecnológicas necesarias para la elaboración de la simulación. Lo anterior corresponderá a aprender acerca del manejo de sistemas de cómputo de múltiples procesadores en paralelo, en específico, obtener acceso al cluster de la universidad y a manejar su ambiente de programación. Adicionalmente, en esta etapa pretendo obtener un conocimiento básico del funcionamiento del código GADGET-2 que será usado para la simulación cosmológica a partir de la cual se generarán los datos. Para familiarizarme con el programa, correré simulaciones sencillas las cuales vienen incluidas en la documentación del código, tales como colisiones de galaxias, colapso de nubes de gas, entre otras.

Posteriormente, y una vez halla obtenido un entendimiento adecuado del funcionamiento de GADGET-2, procederé a realizar la simulación cosmológica necesaria para el análisis estructural de los elementos de la cosmic web. Como se mencionó anteriormente, el análisis consistirá en calcular los valores propios del Hessiano del potencial gravitacional evaluado en cada punto espacial con el fin de determinar las características geométricas de cada uno de ellos y así clasificarlos como vacíos, filamentos, hojas o nudos.

Finalmente, realizaré el análisis comentado anteriormente para cada paso temporal con propósito de tener una imagen de la evolución temporal de estas estructuras y de su aporte a la morfológica de la cosmic web. En esta última etapa haré comparaciones con datos de otras simulaciones y de observaciones astronómicas con el fin de corroborar que la estructura obtenida en este estudio corresponde con la estructura cosmológica observada.

5 Cronograma

Tarea 1: Revisión inicial de la literatura

Tarea 2: Familiarización con el manejo del cluster y primeros acercamientos al uso de GADGET-2

Tarea 3: Correr las simulaciones de prueba que vienen incluidas en la documentación de GADGET-2

Tarea 4: Investigar acerca de los parámetros que se usarán para la elaboración de la simulación que generará los datos

Tarea 5: Realizar la simulación mencionada anteriormente

Tarea 6: Analizar preliminarmente los datos obtenidos a partir de la simulación

Tarea 7: Categorizar cada punto espacial de la simulación realizada según sus características geométricas en vacíos, filamentos, hojas o nudos (Diagonalización de $T_{\alpha\beta}$).

Tarea 8: Estudiar la evolución temporal de las características geométricas de cada punto espacial.

Tarea 9: Interpretar los resultados obtenidos de la caracterización para obtener así información acerca de la estructura morfológica de la cosmic web

Tarea 10: Preparación del documento final

Tarea 11: Preparación de la presentación

Tarea / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	X	X	X	X												
2				X	X											
3					X	X										
4						X										
5						X	X									
6							X	X								
7								X	X	X						
8										X	X	X				
9												X	X			
10													X	X	X	
11																X

6 Personas Conocedoras del Tema

- Jaime Forero (Universidad de los Andes)
- Pedro Bargeño (Universidad de los Andes)
- Nelson Padilla(Pontificia Universidad Católica de Chile)

References

- [1] Springel, Vorkel, "GADGET-2 A code for cosmological simulations of structure formation", Cosmological simulations with GADGET, November 05 2015 <http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/gadget/>
- [2] J.E. Forero-Romero, Y. Hoffman, S. Gottloeber, A. Klypin, G. Yepes, A Dynamical Classification of the Cosmic Web, arXiv:0809.4135 [astro-ph].
- [3] V. Springel, The cosmological simulation code GADGET-2, Mon. Not.R.Astron. Soc.364,1105–1134 (2005)
- [4] <https://github.com/astroandes/TV-Web>

Firma del Director
Firma del Codirector