

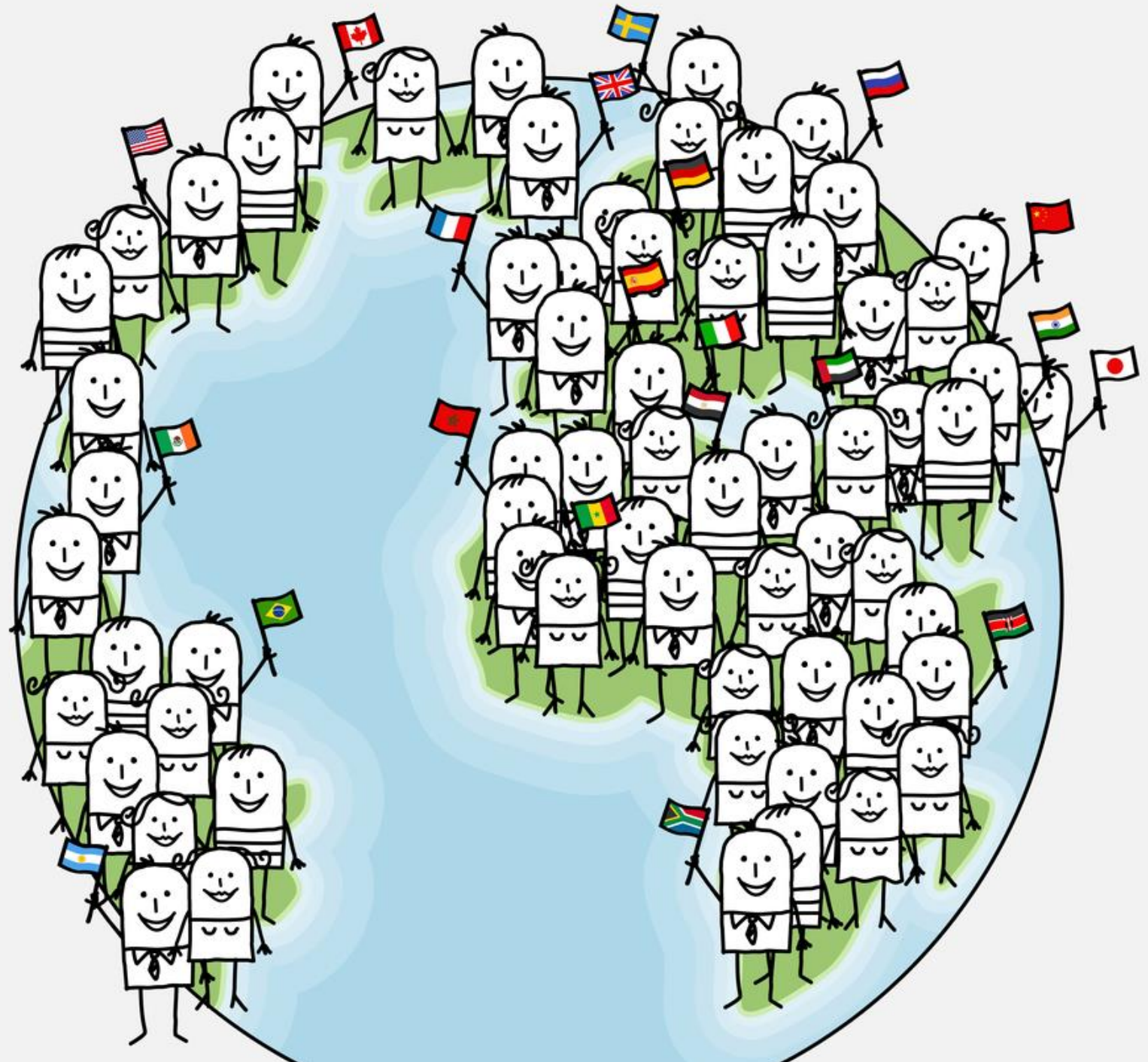
El problema del mundo pequeño

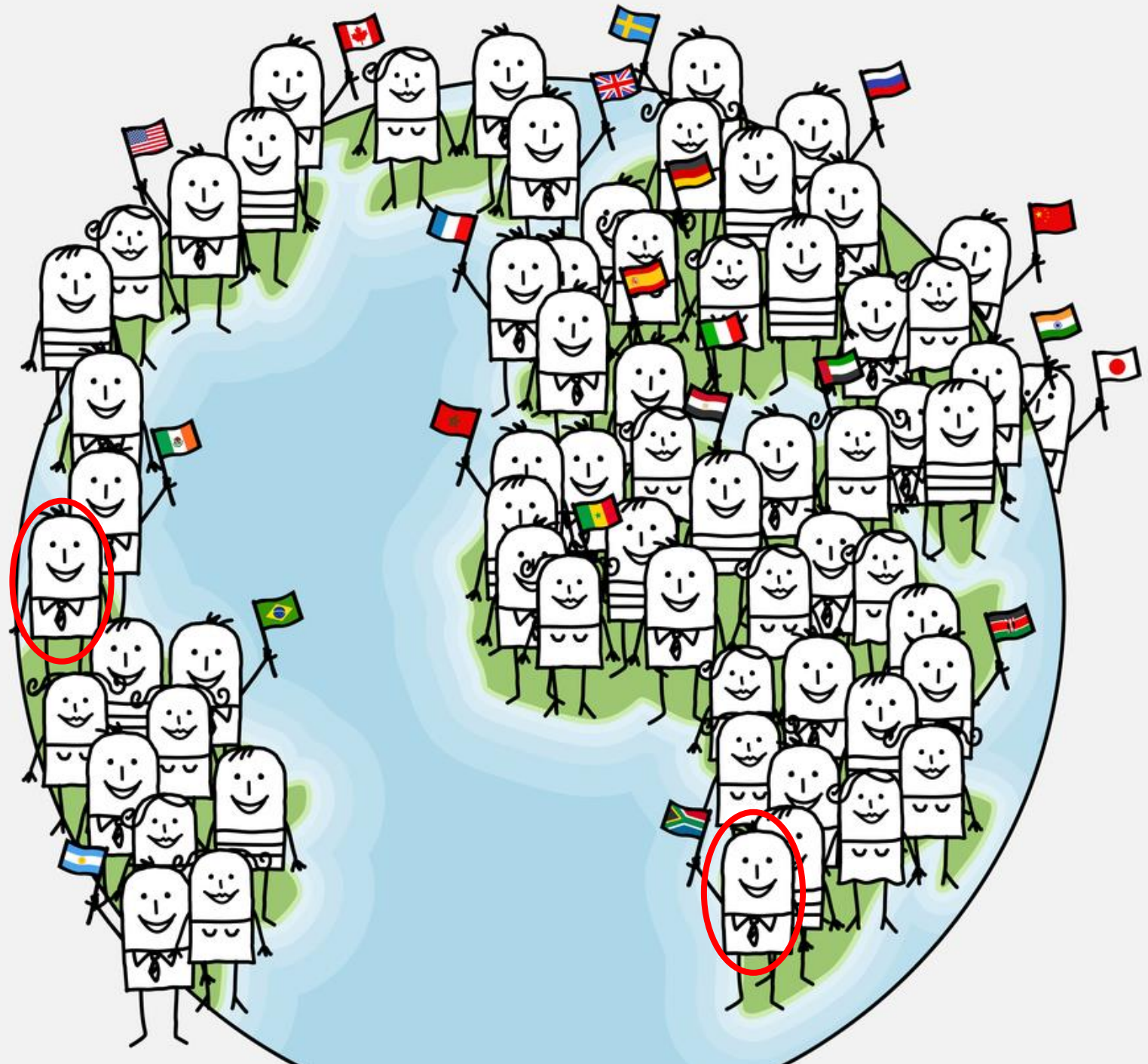
Daniela Rodriguez
Semana de la matemática
26 de abril de 2017

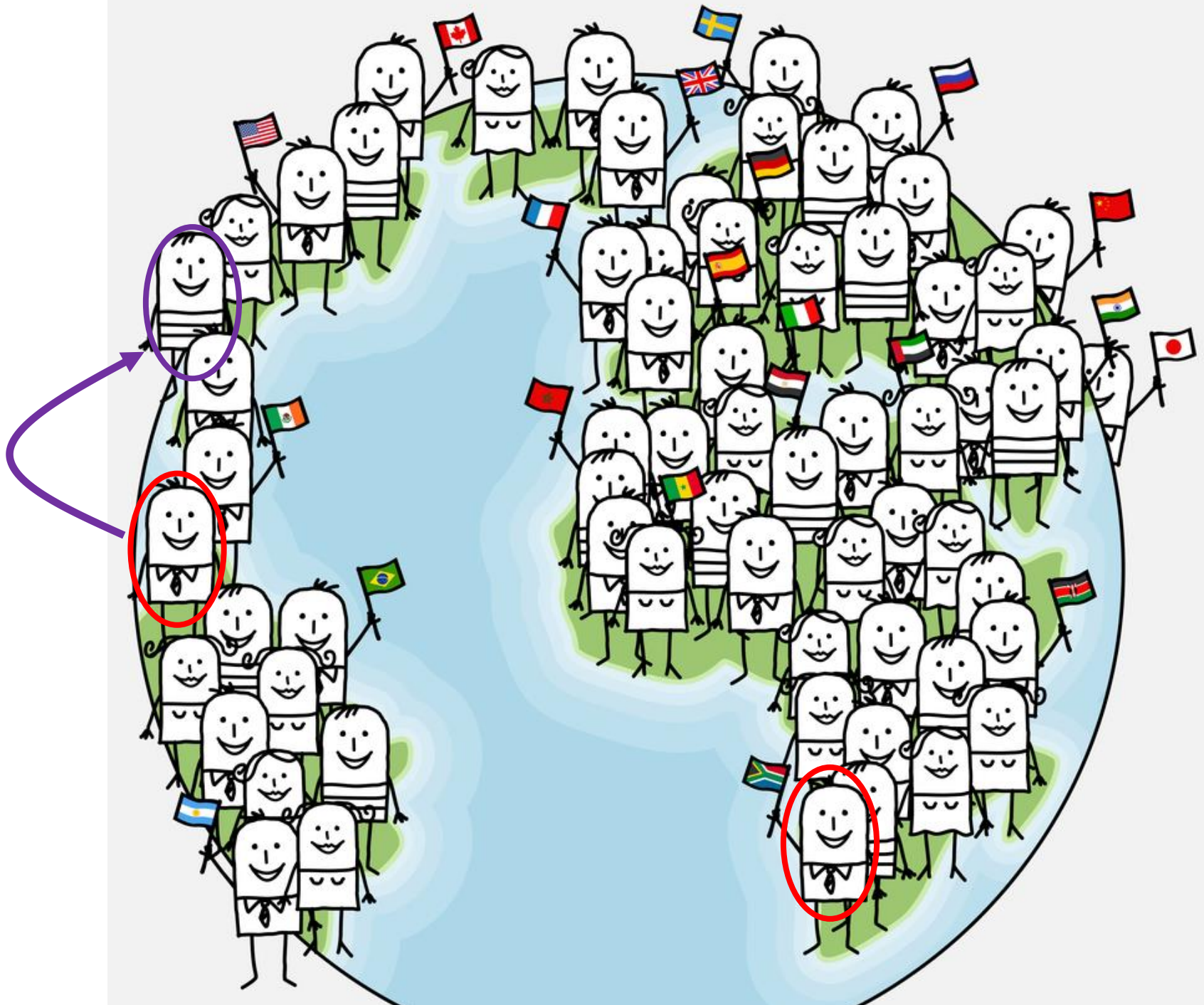
1929

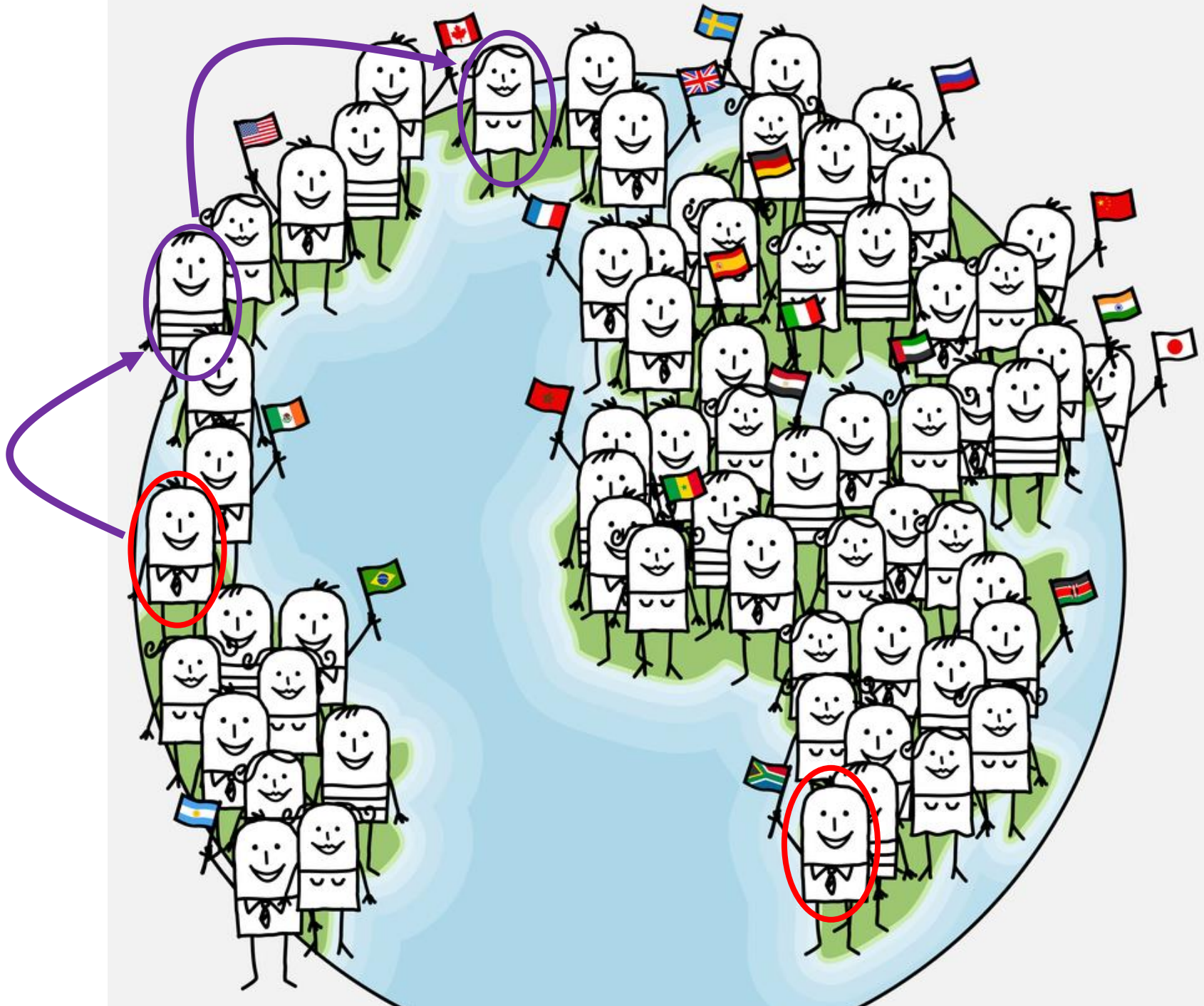
Frigyes Karinthy (escritor húngaro).
escribió un cuento titulado
"Láncszemek" (eslabones) que
postulaba esta teoría.

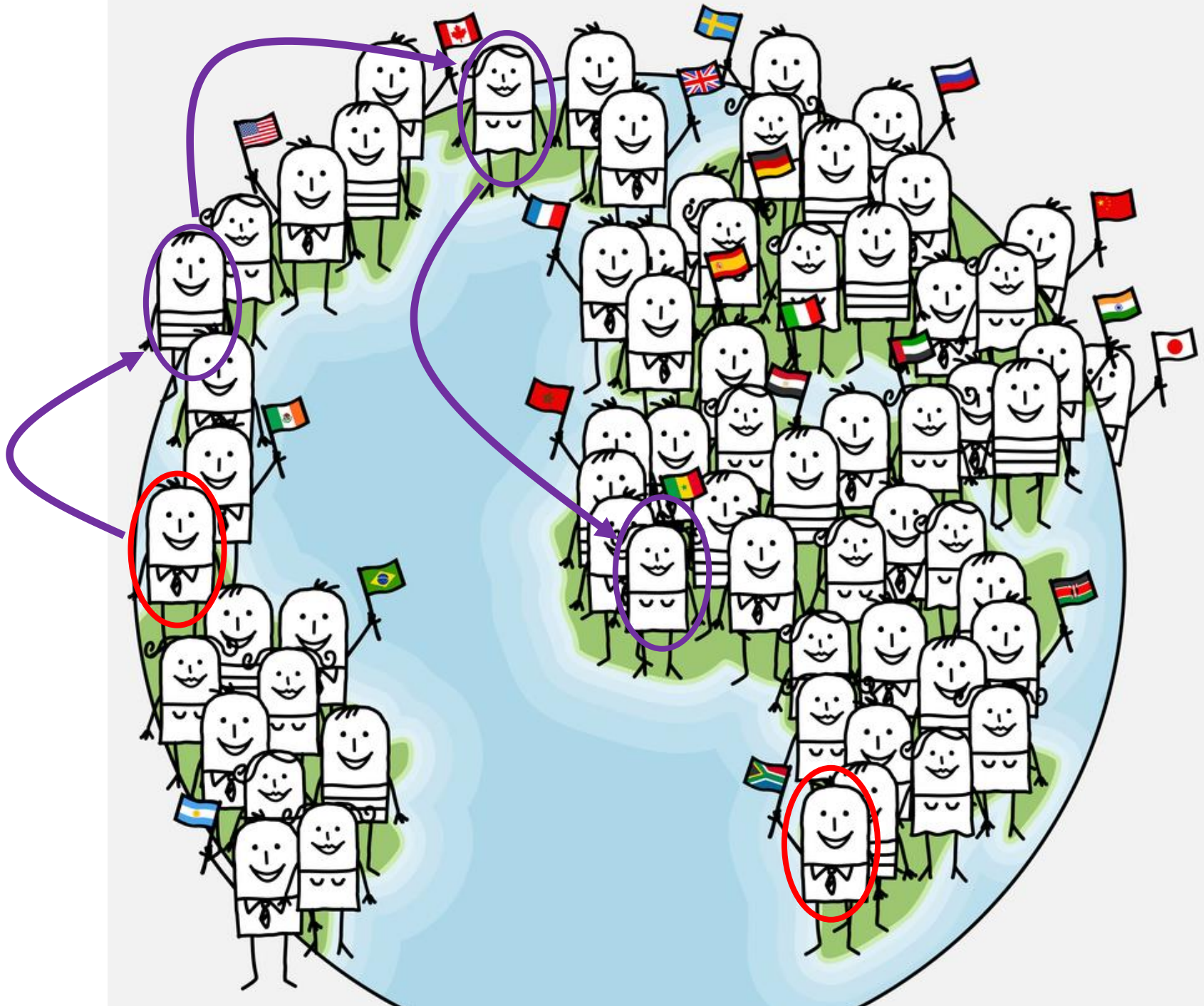
*"cualquiera en la Tierra puede estar
conectado a cualquier otra persona
mediante una cadena de conocidos con no
más de cinco intermediarios"*

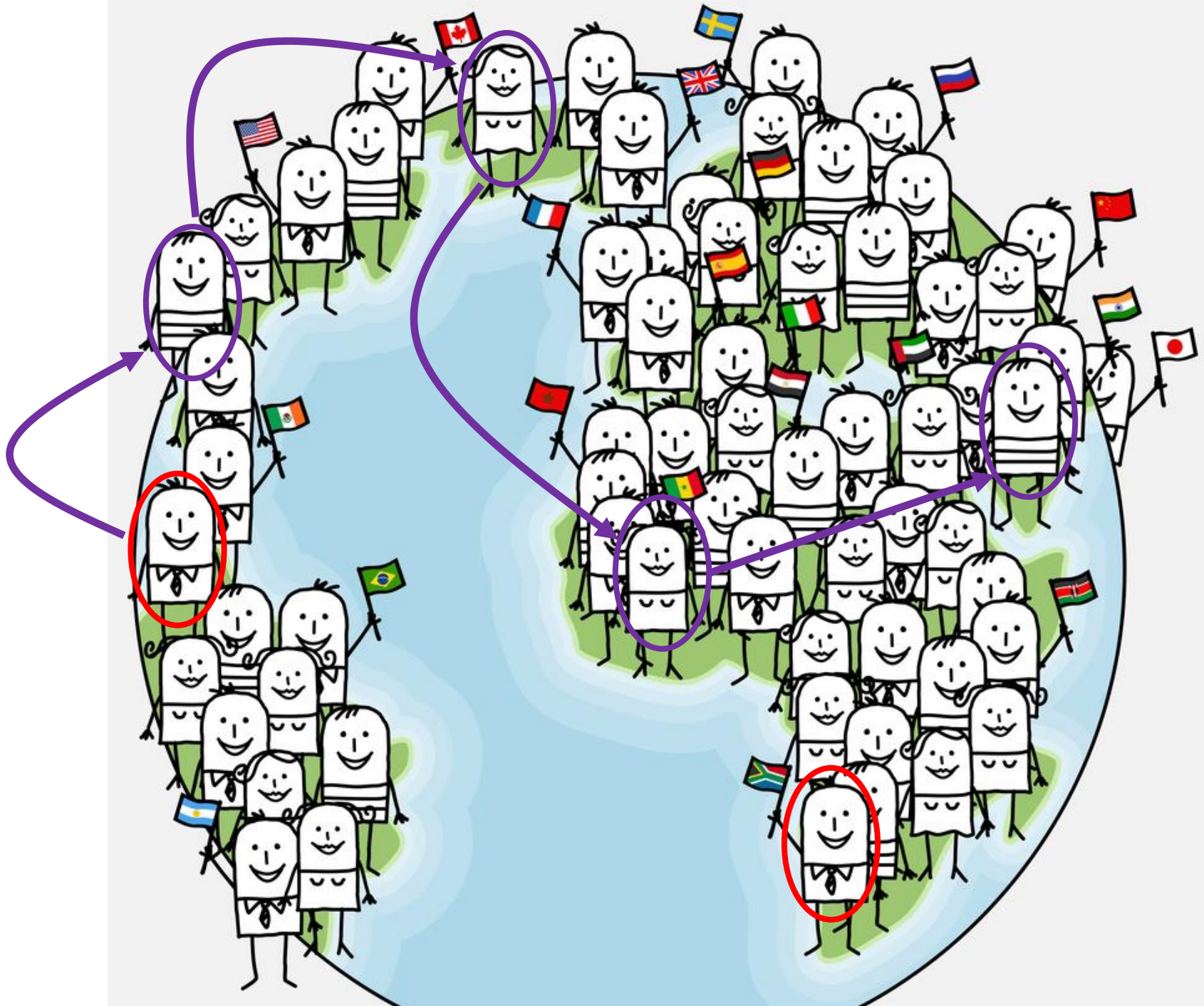


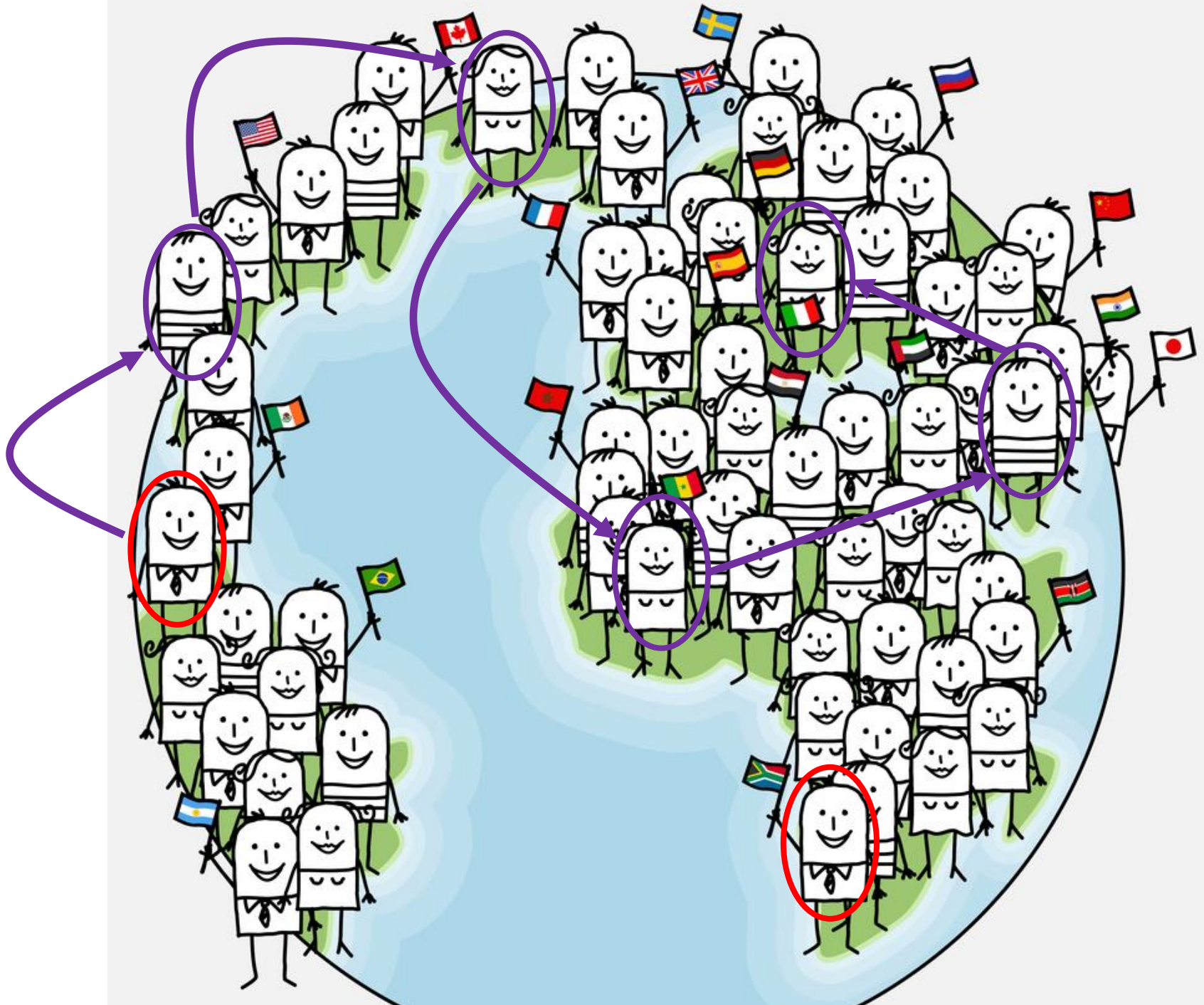


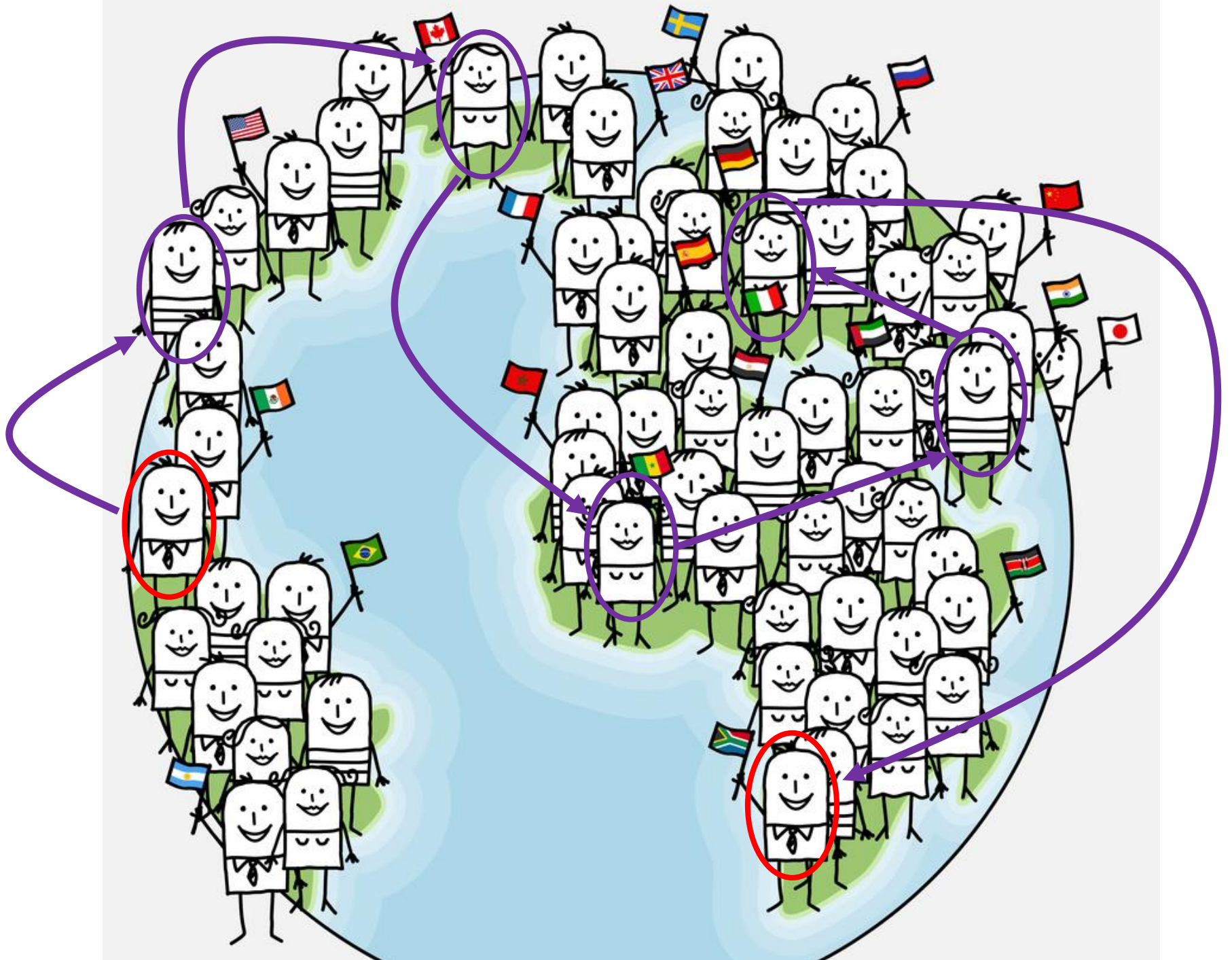
















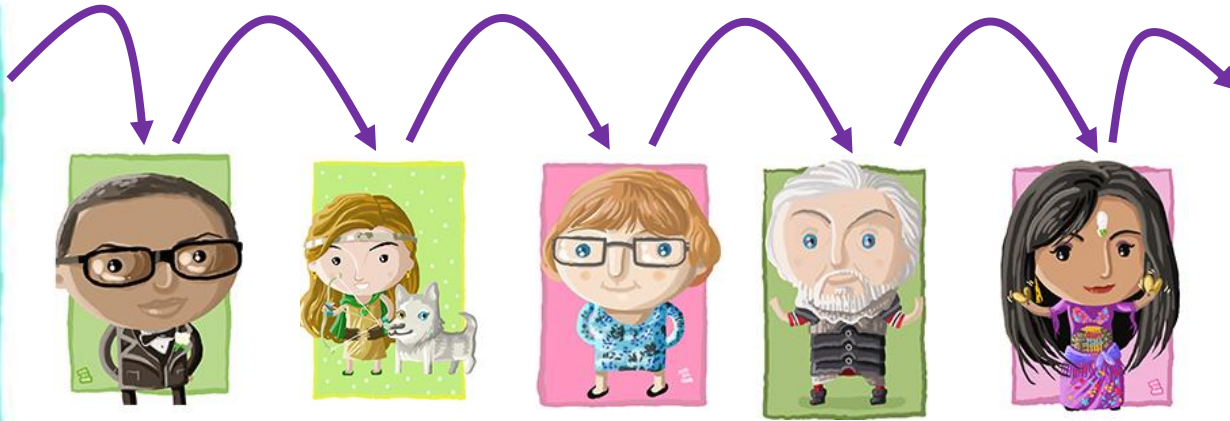
El conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a ella



5 intermediarios

El conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a ella

6 cadenas



5 intermediarios

El conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a ella

Seis grados de separación

6 cadenas



El conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a alguien, que conoce a ella

Número de Bacon

Número de Bacon



Número de Bacon



Dos actores están conectados si alguna vez trabajaron en la misma película.



THE ORACLE OF BACON

- Welcome
- Credits
- How it Works
- Contact Us
- Other stuff »

Ad closed by Google

Report this ad

Why this ad? ⓘ

How the Oracle of Bacon Works

Every couple of weeks the Oracle downloads several database files from one of the [Internet Movie Database's FTP sites](#) containing around 2.9 million actors and actresses, around 1.9 million movies and TV shows, and around 400,000 nicknames. The Oracle builds a big map of actors and movies and stores it in a 372 MB database file.

There is a database service running at all times that stores the database file in memory. It is [written in C](#) for maximum CPU and memory efficiency. The service handles three different types of requests:

- Find the link from Actor A to Actor B.
- How good a "center" is a given actor?
- Who are all the people with an Actor A number of N?

There are several PHP pages -- one for each of the above types of queries -- that run on the Oracle of Bacon web server, which all connect to the database service using TCP.

The database service uses a breadth-first search (BFS) to find the shortest path between pairs of actors. If you want to dig further into how shortest-path algorithms work, I recommend the textbook [by Cormen, Leiserson, Rivest, and Stein](#) as an excellent place to start. Other algorithms textbooks are likely to cover the subject as well, if [Introduction to Algorithms](#) isn't available. You may also look at materials that I wrote to explain graph algorithms (including BFS) to Duke undergraduate CS students [here](#).

Whenever the Oracle answers a query, the results are cached so that future requests to link to the same actor will occur more quickly. About 95% of all queries can be served instantly from the result cache. The current contents of the cache (i.e., which actors can be

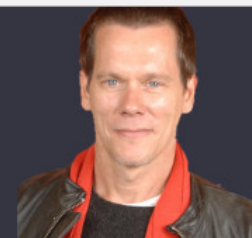
G+ 33

Tweet

f



THE ORACLE OF BACON



- Welcome
- Credits
- How it Works
- Contact Us
- Other stuff »

Google ha cerrado el anuncio

Generar un informe sobre este anuncio

Anuncios Google

Guillermo Francella has a Bacon number of 3.

Find a different link



Kevin Bacon to Guillermo Francella Find link More options >>

G+1 0

Tweet

f

© 1999-2016 by Patrick Reynolds. All rights reserved.

Número de Erdős

Mide la distancia de colaboración en la autoría de trabajos académicos entre una persona y el matemático Paul Erdős.



Número de Erdős + Bacon



Lisa Kudrow

E10+B2



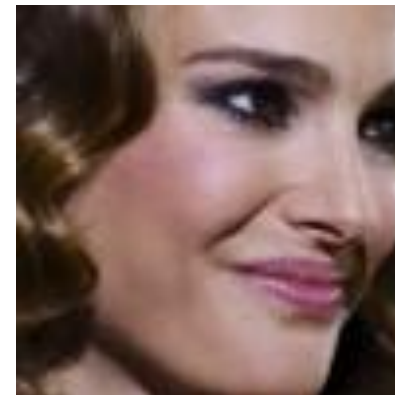
Albert
Einstein

E2+B4



Brian May

E5+B3



Natalie
Portman

E5+B2

Podemos decir algo desde
la matemática al problema?

Podemos decir algo desde la matemática al problema?

El mundo tiene 7400 millones de personas

$$7.4 \times 10^9 = 7.4 \times \underbrace{10 \times \dots \times 10}_{9 \text{ veces}}$$

Hagamos una cuenta mal!

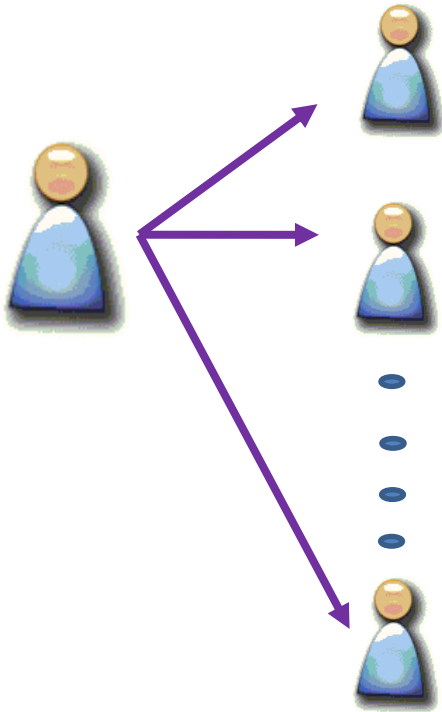
Hagamos una cuenta mal!

Supongamos lo siguiente

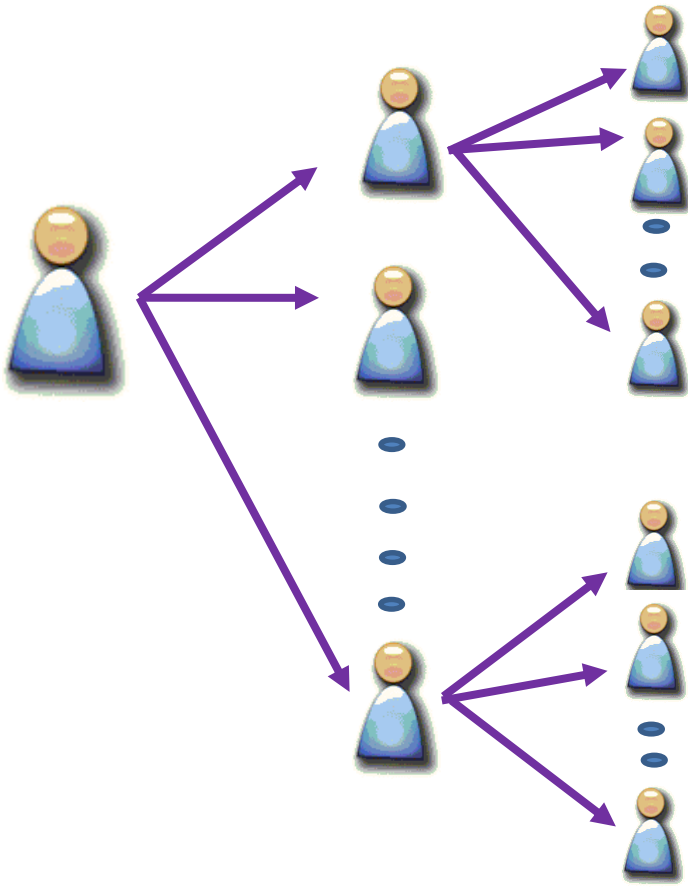
Hagamos una cuenta mal!

Supongamos lo siguiente

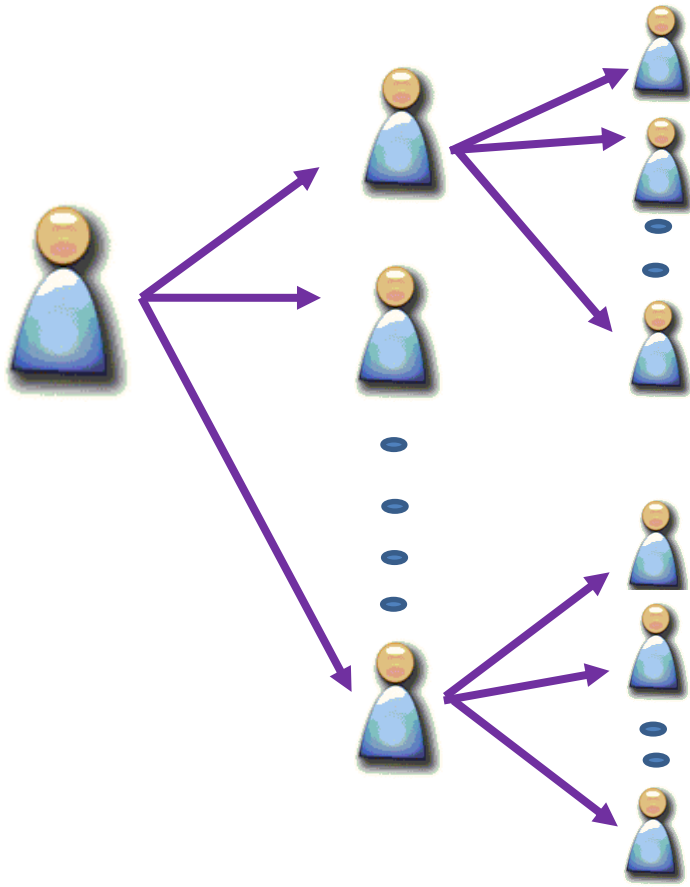
- yo tengo 100 amigos



- cada uno de mis amigos tiene otros 100 amigos



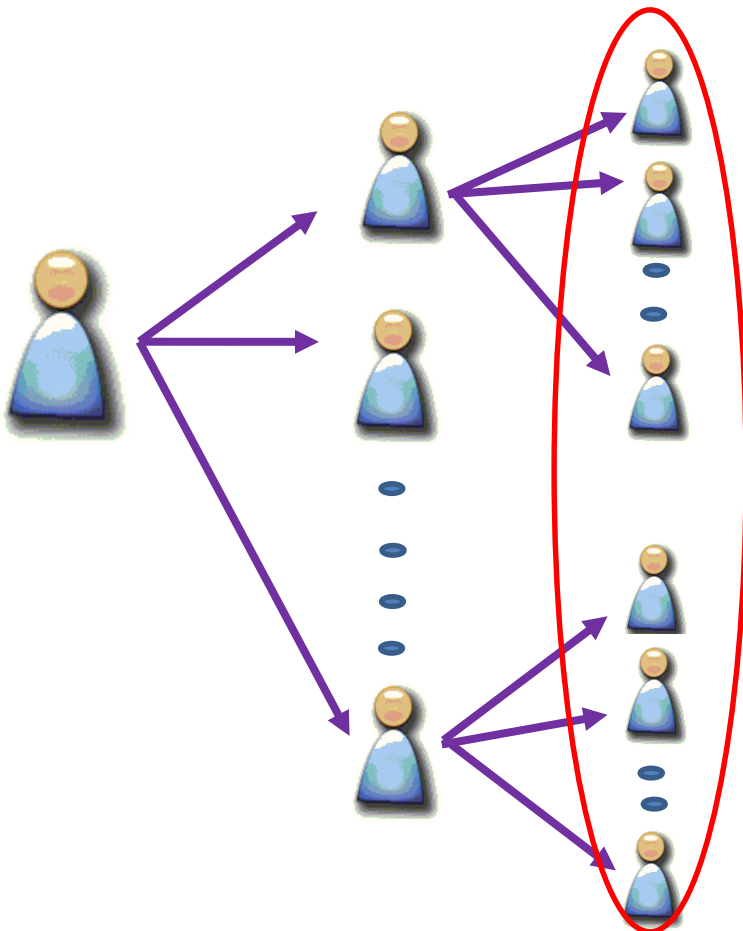
- cada uno de mis amigos tiene otros 100 amigos



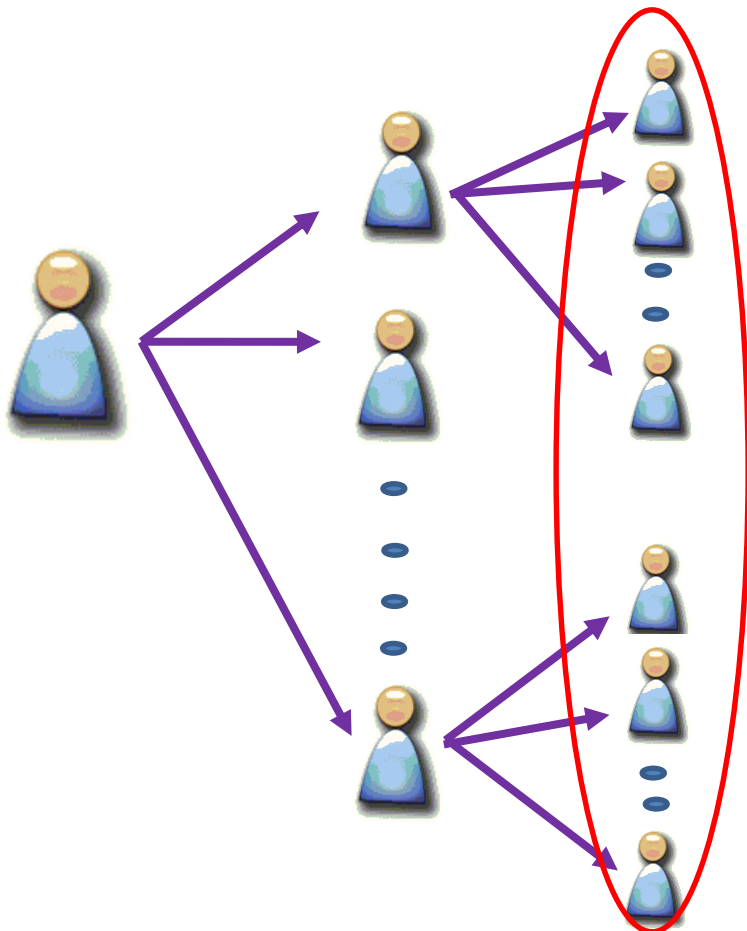
Es decir yo estoy
a distancia 2 de

$100 \times 100 =$
10000 personas

Si cada una de ellos tiene otros
100 amigos



Si cada una de ellas tiene otros
100 amigos



Yo estoy a
distancia 3 de

$100 \times 10.000 =$
 $1.000.000$
personas

....siguiendo así....

....siguiendo así....

Estoy a distancia 4 de

$$100 \times 1.000.000 = 100.000.000$$

personas

Es decir 10^8 personas

Y con la misma idea a distancia 5 de
10.000 millones (10^{10})

Y con la misma idea a distancia 5 de
10.000 millones (10^{10})

Pero la población mundial es de
 7.4×10^9 !!

Y con la misma idea a distancia 5 de
10.000 millones (10^{10})

Pero la población mundial es de
 7.4×10^9 !!

Entonces probamos la teoría?

NO!!!!!!

NO!!!!!!

Por qué?

1950

Pool (político) y Kochen (matemático) diseñaron diversos modelos matemáticos para intentar probar la idea de Karinty. Pero no pudieron.

1950

Pool (político) y Kochen (matemático) diseñaron diversos modelos matemáticos para intentar probar la idea de Kariny. Pero no pudieron.

1967

Milgram (psicólogo) realizó el primer experimento y concluyó que era cierto!!

Experimento de Milgram

Milgram realizó un experimento para tratar de probar lo que el llamo "el problema del mundo pequeño".

Experimento de Milgram

Milgram realizó un experimento para tratar de probar lo que el llamo "el problema del mundo pequeño".

- Eligió al azar gente en dos ciudades de Estados Unidos. Cada una de estas personas tenía que enviar un paquete a quien se le indicaba.
- Los destinatarios, en principio desconocidos para los remitentes, vivían todos en el área de Boston.
- Los remitentes sólo conocían el nombre del destinatario, la ocupación y el barrio.
- Si no conocían a la persona a la que debían hacer el envío, debían elegir a alguna persona que ellos sí conocieran y que supusieran o pensarán que a ésta le sería más fácil acceder al destinatario del paquete.
- Repetir el procedimiento, hasta que la encomienda, llegara al destinatario final.

Experimento de Milgram



Experimento de Milgram



Experimento de Milgram

La mayoría de los que participaron en el experimento, pensaron que la cadena incluiría a cientos de intermediarios.

Experimento de Milgram

La mayoría de los que participaron en el experimento, pensaron que la cadena incluiría a cientos de intermediarios.

	Estudio en Kansas	Estudio en Nebraska	Estudio en los Angeles
Distancia promedio	5	5.2	5.5
Cadenas completas	44 de 160 (27%)	64 de 217 (29%)	123 de 540 (22%)

Esto causó asombro pero es un estudio muy reducido.

1998

Steven Strogatz y Duncan Watts
matemáticos de Estados Unidos
retoman el problema.

1998

Steven Strogatz y Duncan Watts matemáticos de Estados Unidos retoman el problema.

Recrean el experimento de Milgram pero con mails. Eligieron:

- 50000 remitentes de 157 países
- 19 destinatarios

1998

Steven Strogatz y Duncan Watts matemáticos de Estados Unidos retoman el problema.

Recrean el experimento de Milgram pero con mails. Eligieron:

- 50000 remitentes de 157 países
- 19 destinatarios

Descubren que el promedio de intermediarios había sido....

1998

Steven Strogatz y Duncan Watts matemáticos de Estados Unidos retoman el problema.

Recrean el experimento de Milgram pero con mails. Eligieron:

- 50000 remitentes de 157 países
- 19 destinatarios

Descubren que el promedio de intermediarios había sido....

....Seis personas!!!

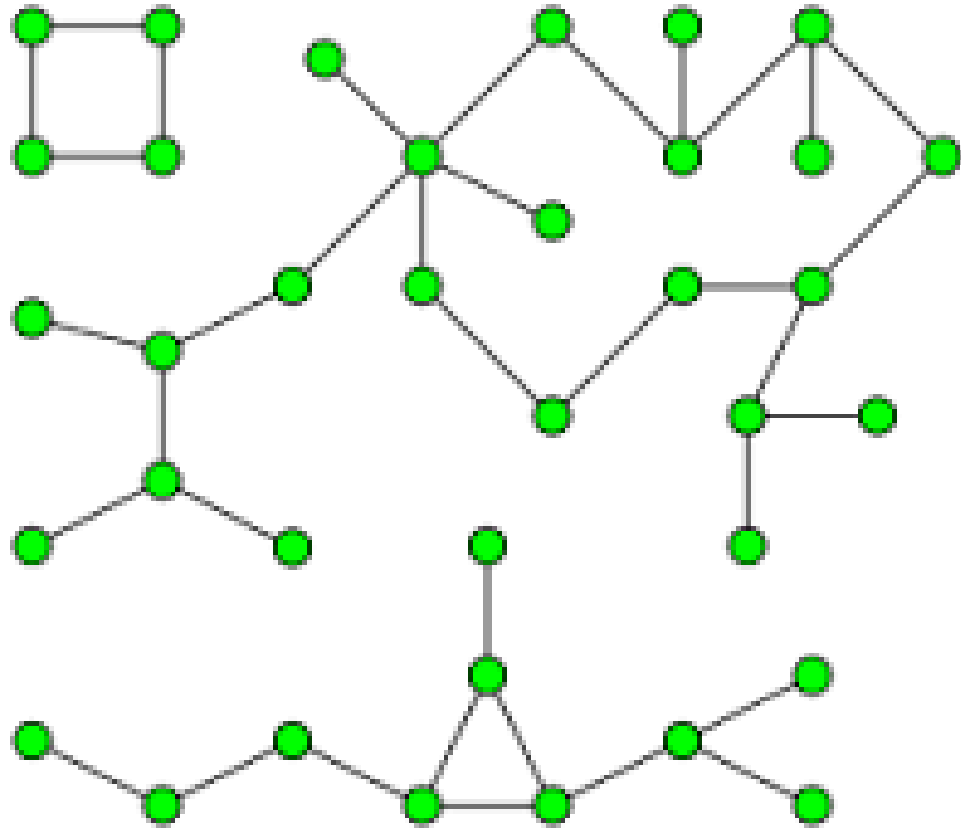
Strogatz y Watts no se conforman con el resultado empírico y deciden estudiar el problema a partir de grafos.

Strogatz y Watts no se conforman con el resultado empírico y deciden estudiar el problema a partir de grafos.

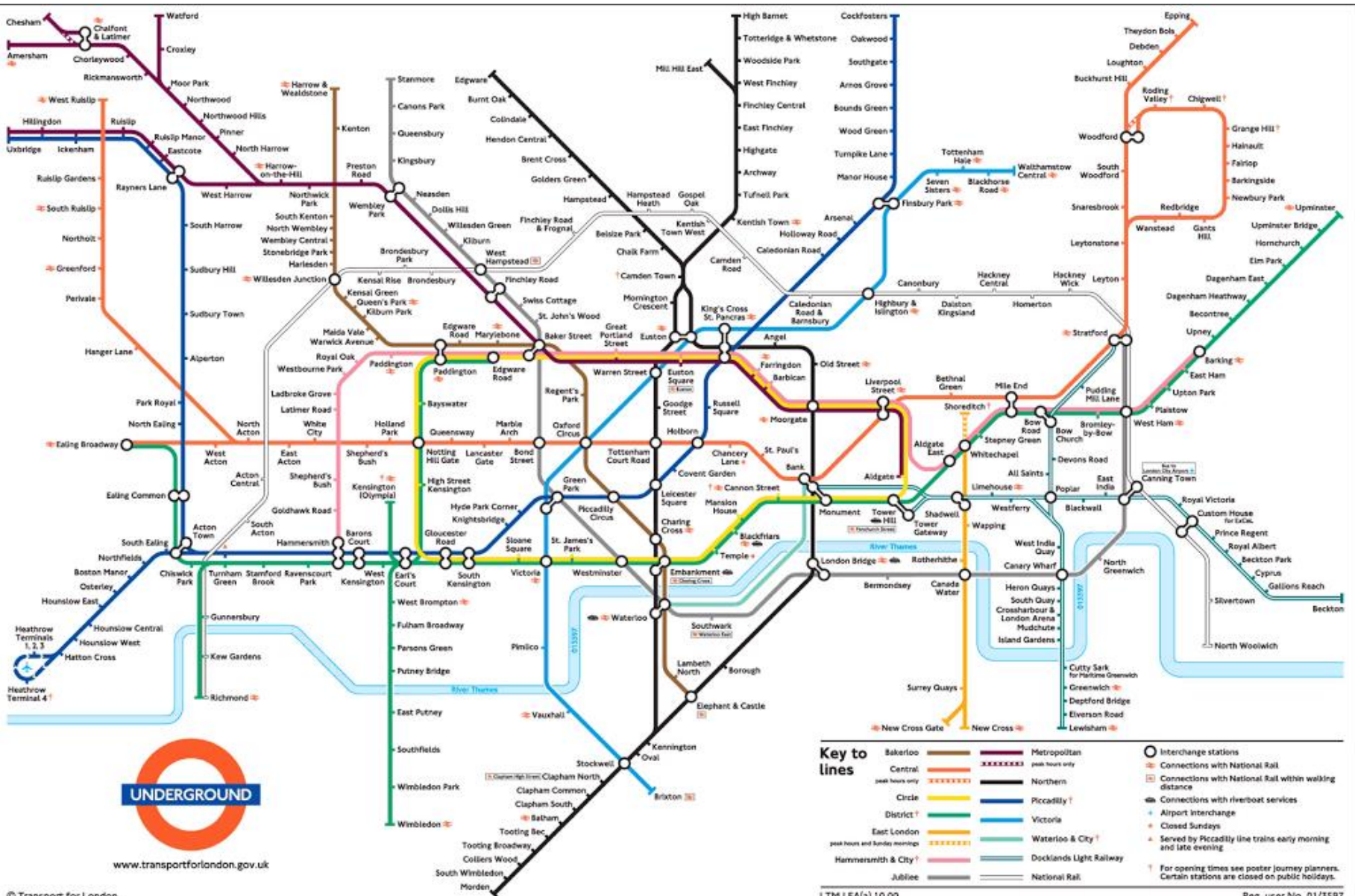
Qué es un grafo?

es un conjunto de objetos, se representa gráficamente como un conjunto de puntos (vértices o nodos) unidos por líneas (aristas).

permiten estudiar las relaciones entre los elementos.



Ejemplo de un grafo

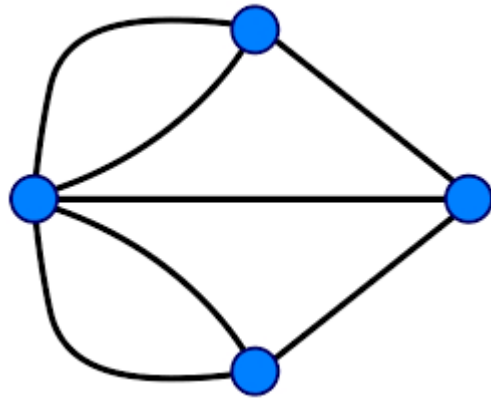


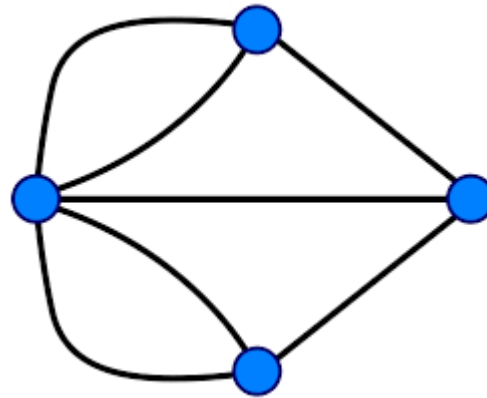
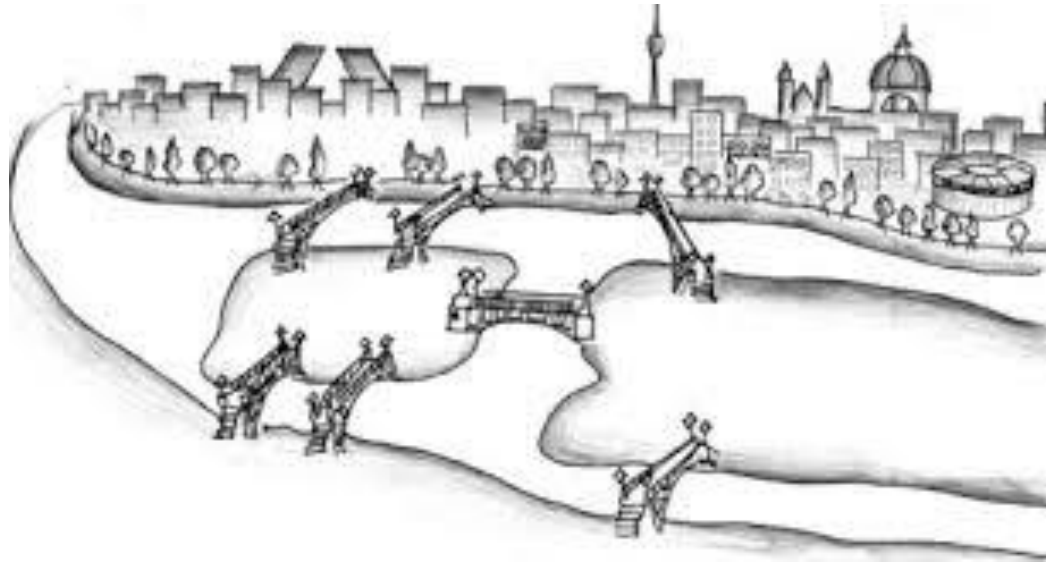
Los grafos surgen en 1736 debido al matemático Euler.

Cuando resolvió el problema de los puentes Königsberg.

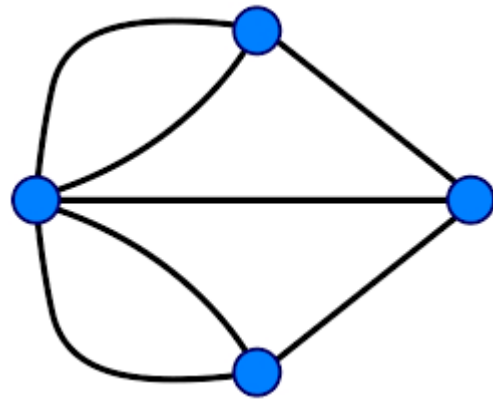
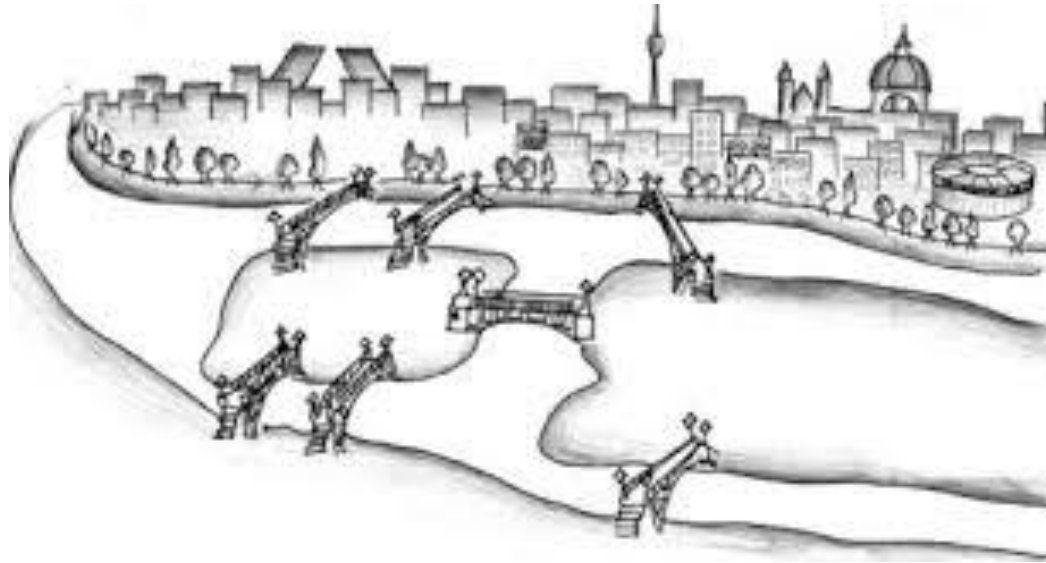


¿es posible dar un paseo, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno y regresando al mismo punto de partida?





Solución?.....



Solución?.....la próxima!!!

Como usaron Strogatz y Watts los grafos para el problema del mundo pequeño?

Como usaron Strogatz y Watts los grafos para el problema del mundo pequeño?

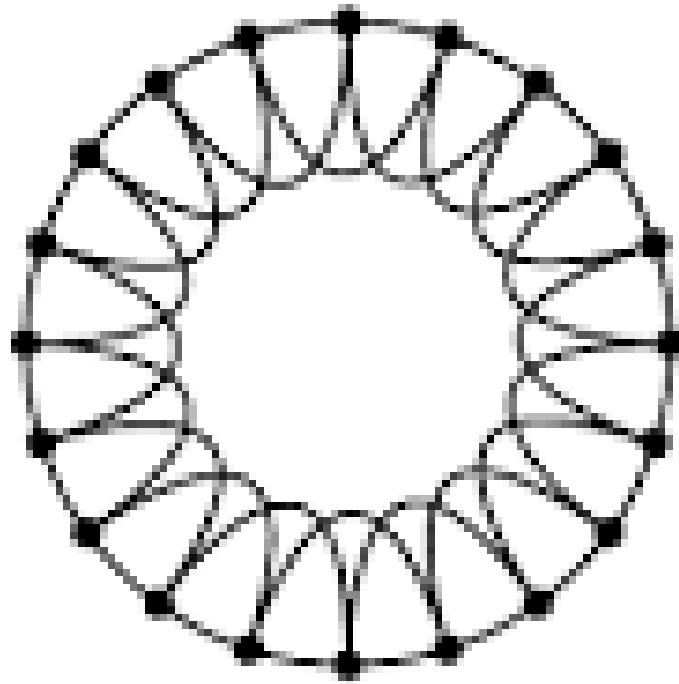
Pensemos en una gran cantidad de personas de pie en un círculo tomados de las manos



1.000.000 de personas tomadas de la mano

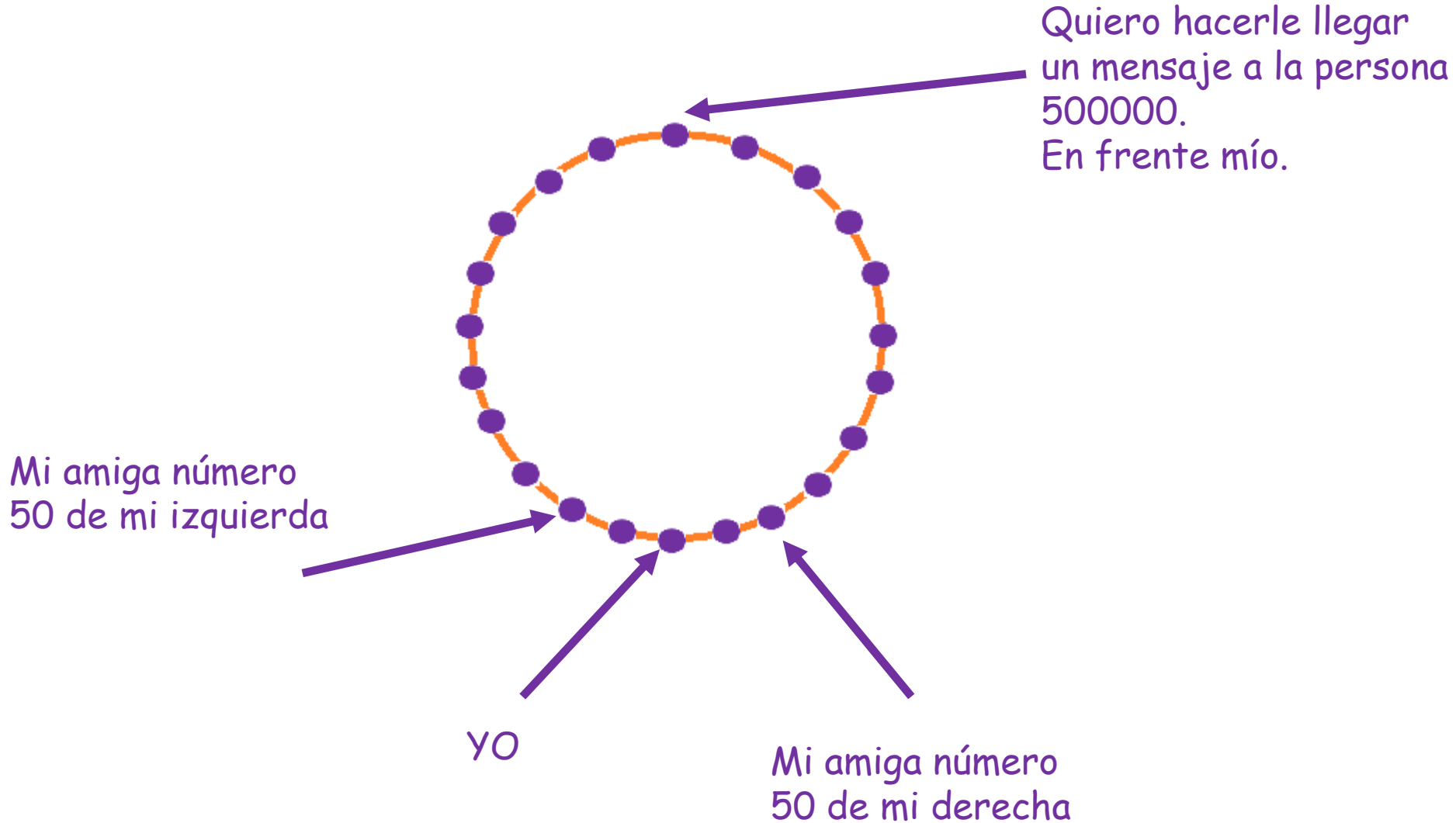
Cada uno conoce a las 50 personas que tiene a la izquierda y las 50 de la derecha. Y con solo ellas se comunica!





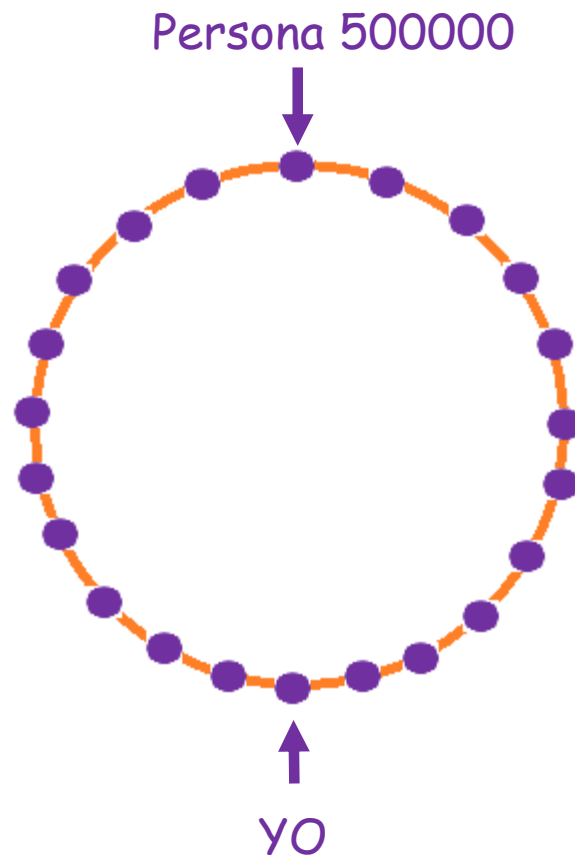
Podemos pensar en un grafo donde cada persona es un punto y cada arco se establece si esas dos personas son amigas entre sí

Cada uno conoce a las 50 personas que tiene a la izquierda y las 50 de la derecha. Y con solo ellas se comunica!



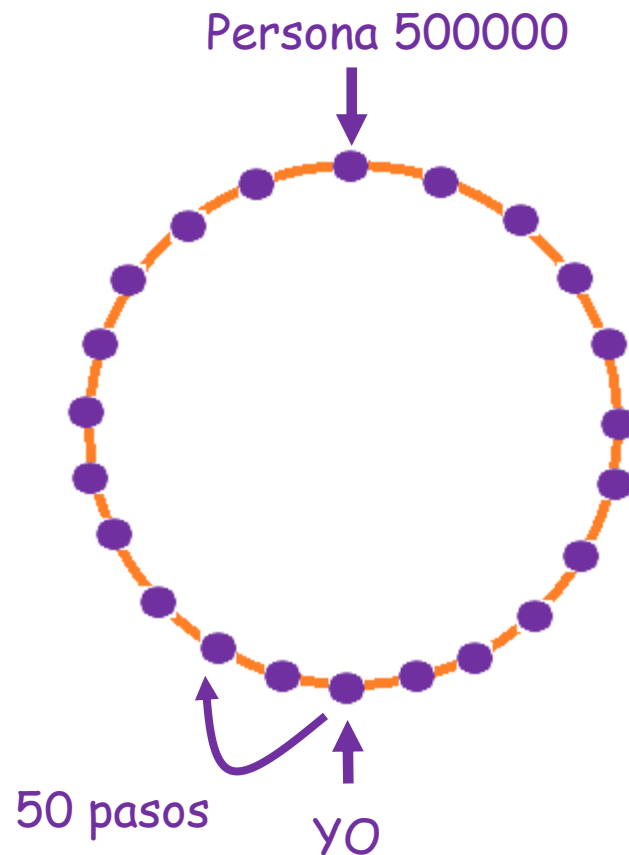
¿Cómo se hace esto?

Le digo el mensaje a mi amigo más lejano (el número 50 a mi izquierda)

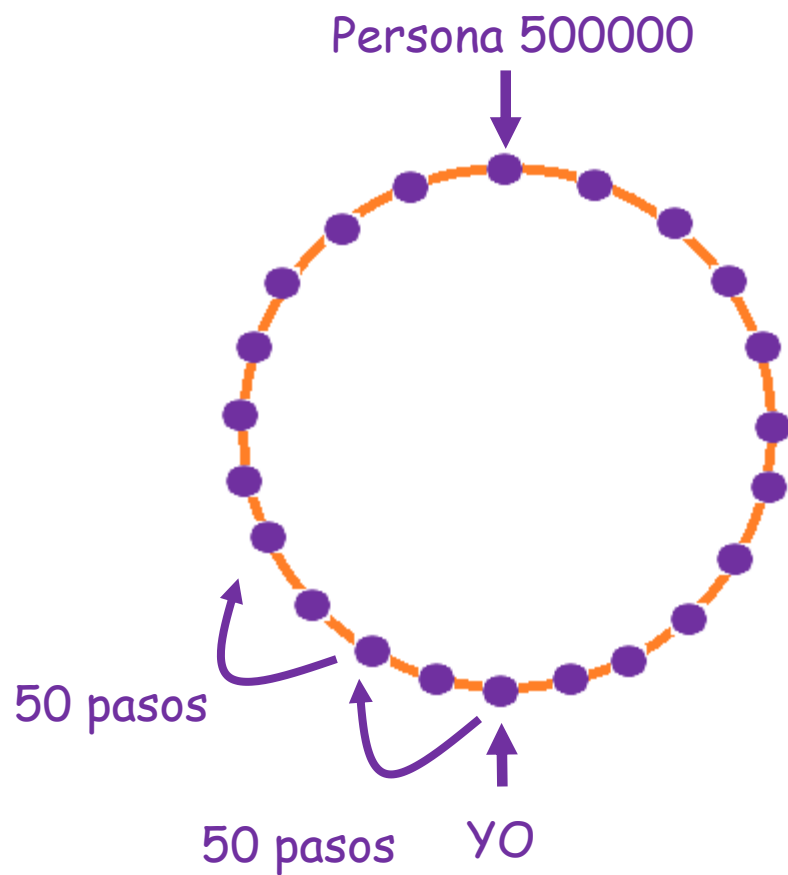


¿Cómo se hace esto?

Le digo el mensaje a mi amigo más lejano (el número 50 a mi izquierda)

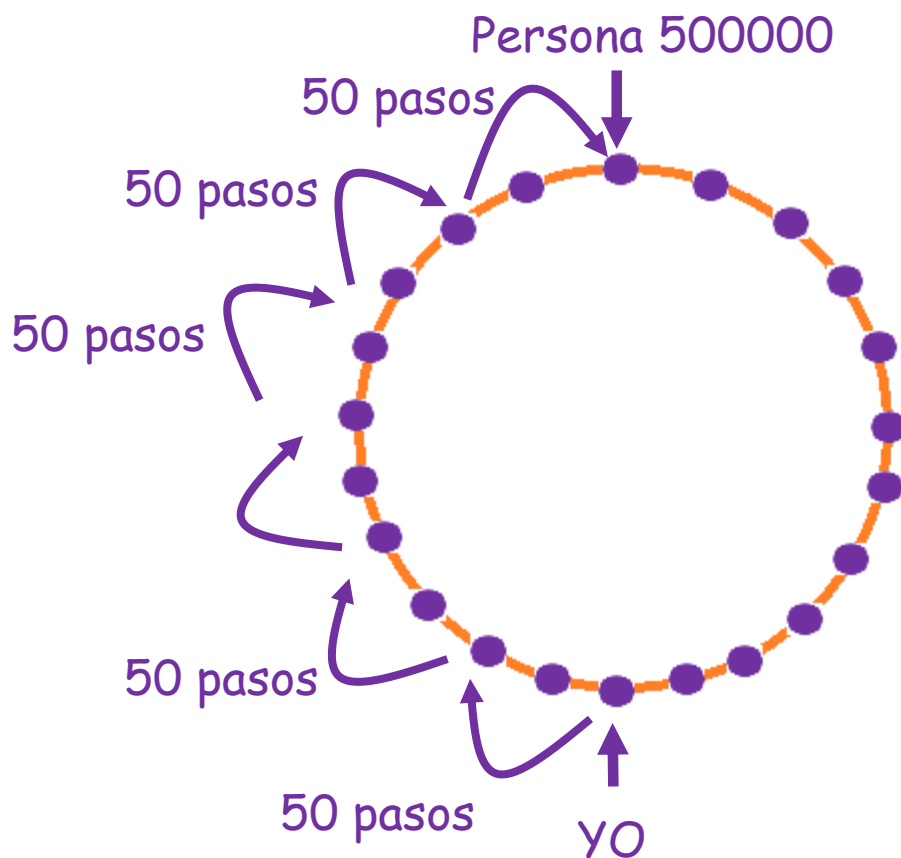


Este amigo se lo dice a su amigo más lejano (el número 50 a su izquierda)



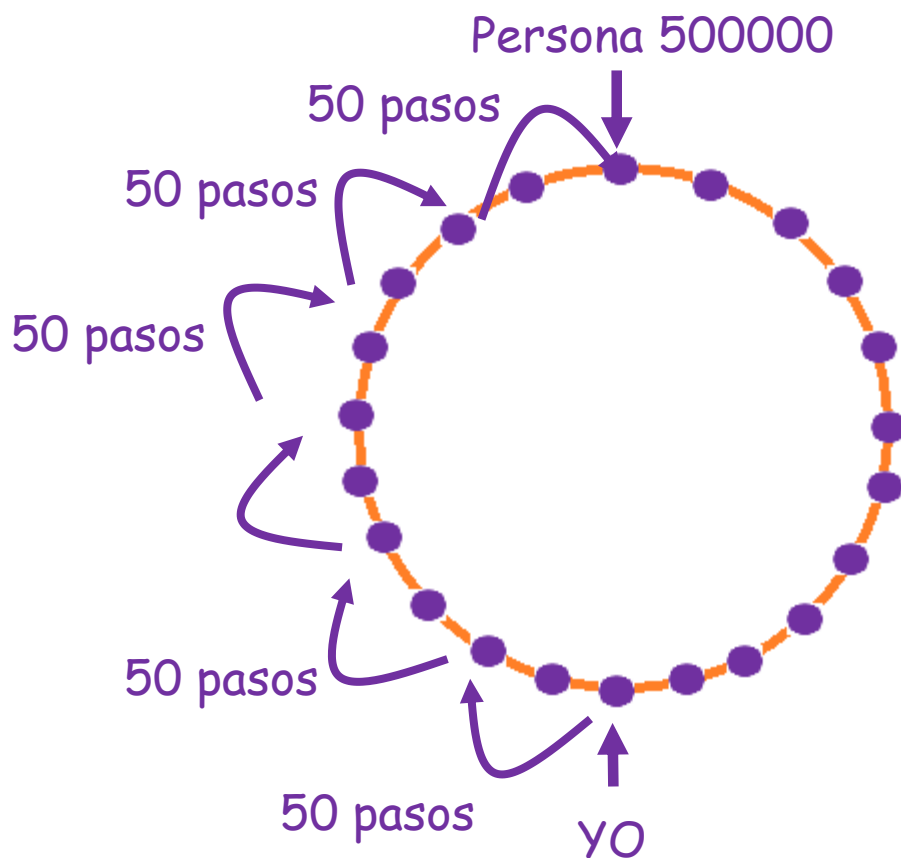
Este amigo se lo dice a su amigo más lejano (el número 50 a su izquierda)

y así sucesivamente.



Este amigo se lo dice a su amigo más lejano (el número 50 a su izquierda)

y así sucesivamente.



10.000 veces 50 pasos

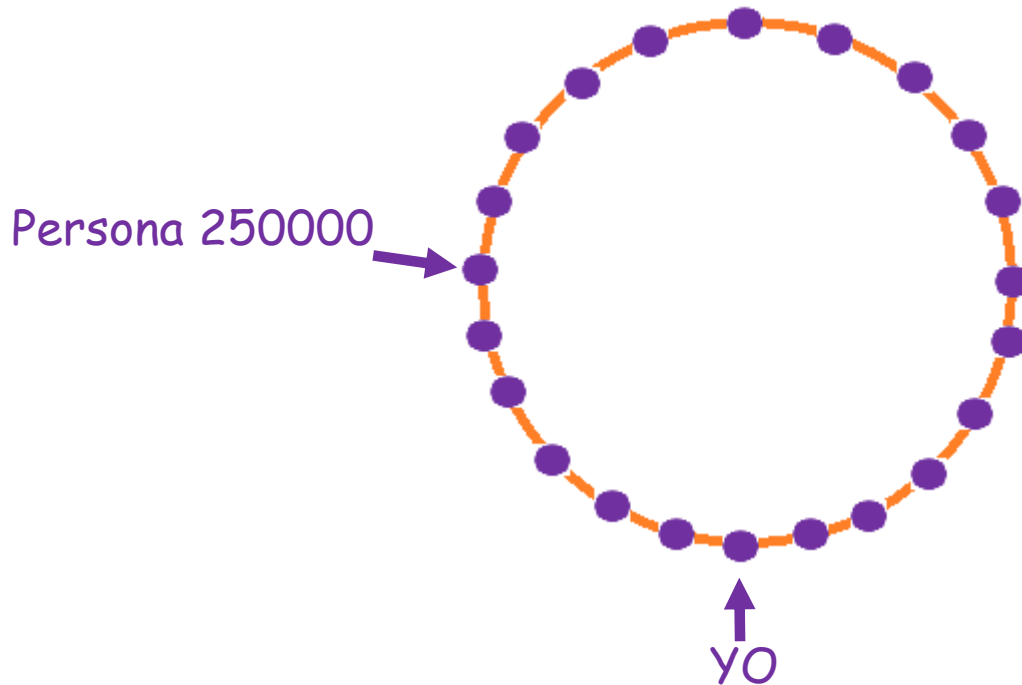
En este mundo ORDENADO,

estoy a distancia 10.000 de la persona más alejada en el mundo.

En este mundo ORDENADO,

estoy a distancia 10.000 de la persona más alejada en el mundo.

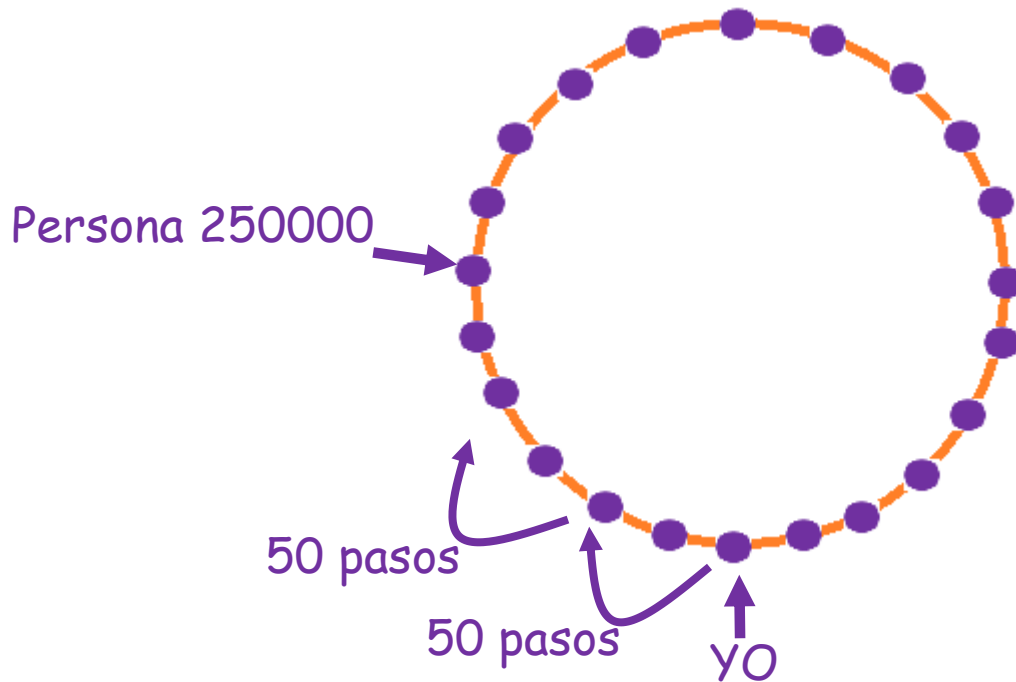
Y a cuanta distancia estoy de la persona número 250.000?



En este mundo ORDENADO,

estoy a distancia 10.000 de la persona más alejada en el mundo.

Y a cuanto distancia estoy de la persona número 250.000?

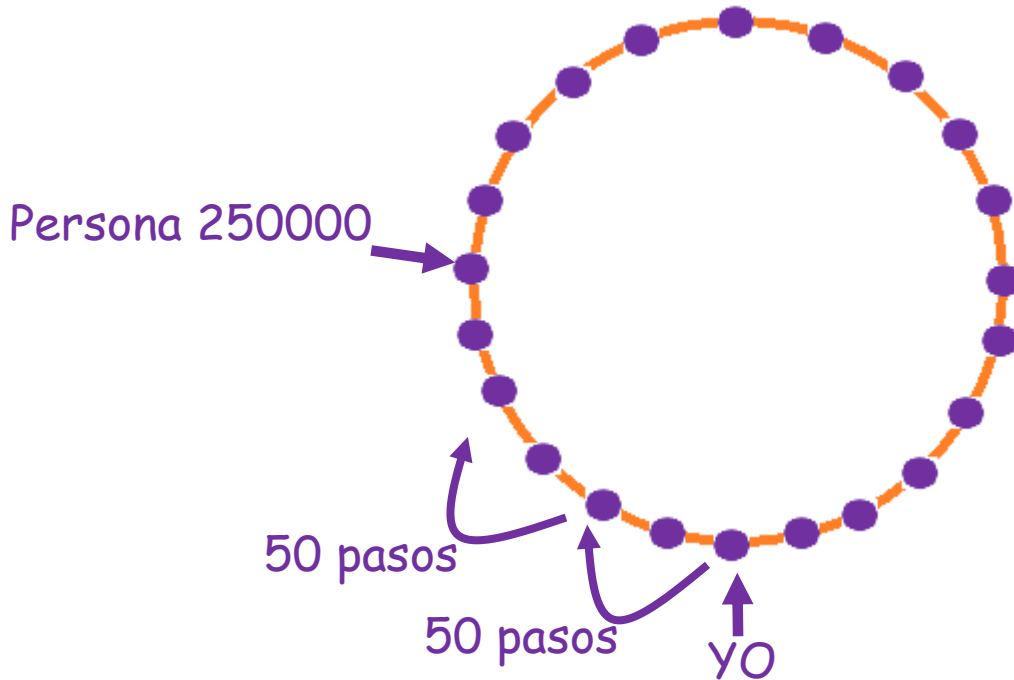


En este mundo ORDENADO,

estoy a distancia 10.000 de la persona más alejada en el mundo.

Y a cuanto distancia estoy de la persona número 250.000?

5.000 veces 50 pasos



En este mundo ORDENADO,

estoy a distancia 10.000 de la persona más alejada en el mundo.

Y a cuanta distancia estoy de la persona número 250.000?

Estoy a distancia 5.000 de la persona 250.000.

En este mundo ORDENADO,

estoy a distancia 10.000 de la persona más alejada en el mundo.

Y a cuanta distancia estoy de la persona número 250.000?

Estoy a distancia 5.000 de la persona 250.000.

A distancia 2.500 de la persona 125.000

En este mundo ORDENADO,

En promedio, hay 5.000 pasos entre pares de personas en este mundo.

En este mundo ORDENADO,

En promedio, hay 5.000 pasos entre pares de personas en este mundo.

5.000 grados de separación!!!!

En este mundo ORDENADO,

En promedio, hay 5.000 pasos entre pares de personas en este mundo.

5.000 grados de separación!!!!

Que no se condice con lo observado!!!

En este mundo ORDENADO,

En promedio, hay 5.000 pasos entre pares de personas en este mundo.

5.000 grados de separación!!!!

Que no se condice con lo observado!!!

Este mundo es demasiado ordenado!!

Tiene una superposición casi completa de los amigos.

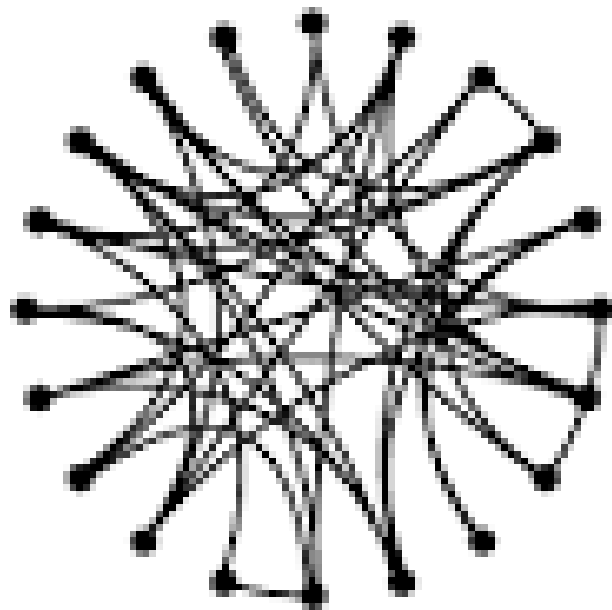
Entonces proponen otro modelo donde lo desordenan!!!

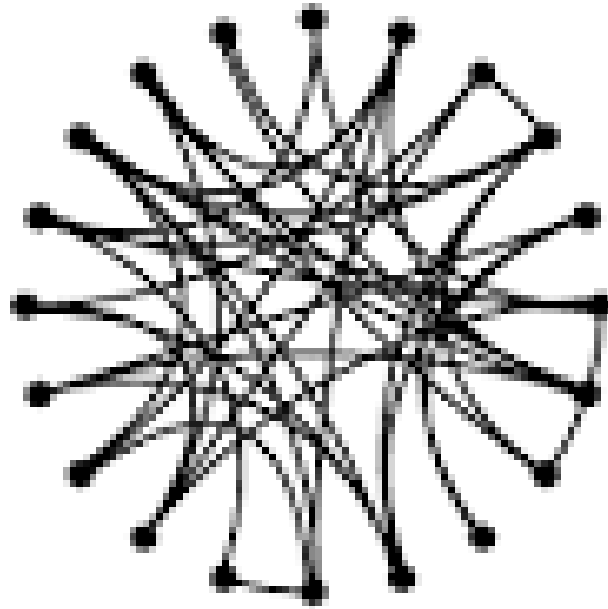
Entonces proponen otro modelo donde lo desordenan!!!

Mundo DESORDENADO

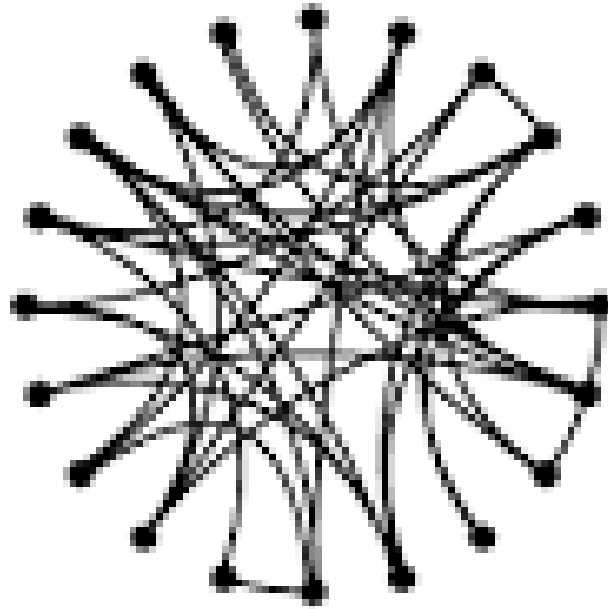
El mismo millón de personas tomadas de la mano en el círculo, cada uno tiene 100 amigos.

Pero todo el mundo en el círculo elige sus 100 amigos al azar entre el millón de personas disponibles.





Watts y Strogatz calculan otra vez el grado de separación (en promedio) y les da 4!!

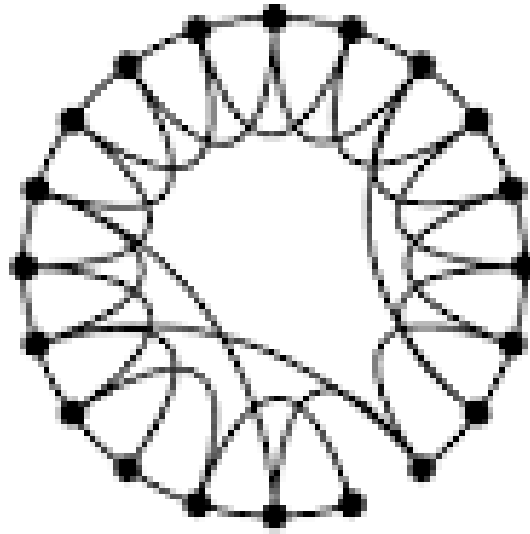


Watts y Strogatz calculan otra vez el grado de separación (en promedio) y les da 4!!

En este mundo "aleatorio" se supone que cada una de las 100 personas conoce a 100 personas que no se conocen entre sí

Pero la vida no funciona de esa forma!!

Entonces proponen un modelo intermedio. Un poco ordenado y un poco desordenado!



Mundo un POCO DESORDENADO

Empezaron con el mundo ordenado y sacaron una persona de las 50 y la ubicaron en otro lugar cualquiera.

Mundo un POCO DESORDENADO

Empezaron con el mundo ordenado y sacaron una persona de las 50 y la ubicaron en otro lugar cualquiera.

Seguimos teniendo 50 amigos a su derecha pero 49 a la izquierda y uno en otro lado, por ejemplo conocemos al número 300.000.

Mundo un POCO DESORDENADO

Empezaron con el mundo ordenado y sacaron una persona de las 50 y la ubicaron en otro lugar cualquiera.

Seguimos teniendo 50 amigos a su derecha pero 49 a la izquierda y uno en otro lado, por ejemplo conocemos al número 300.000.

Antes de esa modificación (en el mundo ordenado) estábamos a 6000 grados de separación de esa persona.

Mundo un POCO DESORDENADO

Empezaron con el mundo ordenado y sacaron una persona de las 50 y la ubicaron en otro lugar cualquiera.

Seguimos teniendo 50 amigos a su derecha pero 49 a la izquierda y uno en otro lado, por ejemplo conocemos al número 300.000.

Antes de esa modificación (en el mundo ordenado) estábamos a 6000 grados de separación de esa persona.

Ahora a 1 grado de separación y mis amigos ahora están a 2 grados de separación de esa nueva persona.

Mundo un POCO DESORDENADO

Watts y Strogatz mostraron que modificando el 1% del total se logra bajar de 5000 grados de separación a sólo cuatro.

Mundo un POCO DESORDENADO

Watts y Strogatz mostraron que modificando el 1% del total se logra bajar de 5000 grados de separación a sólo cuatro.

LOGRARON UN MODELO MATEMATICO

Con solo unos pocos amigos al azar todo el mundo se vuelve casi tan pequeño como el mundo que era completamente al azar!!!

Aplicaciones

El análisis de redes se está aplicando en diferentes contextos

- Estructura celular (Szeto, Fu y Tam, 2002)
- Patrones lingüísticos (Ferrer i Cancho & Solé, 2001)
- Redes metabólicas (Jeong et al., 2000)
- Red eléctrica de los Estados Unidos
- Transmisión de enfermedades contagiosas
- Como se esparcen los rumores
- Como funcionan los buscadores de internet
- Etc...

Nuevos aportes



En 2011 Facebook tenía 721 millones de usuarios activos

Grados de Separación	% de pares
1	0.00003%
2	0.08%
3	1.2%
4	32%
5	58%
6	8.2%
7	0.3%
8	0.02%



FEBRUARY 4, 2016

Three and a half degrees of separation

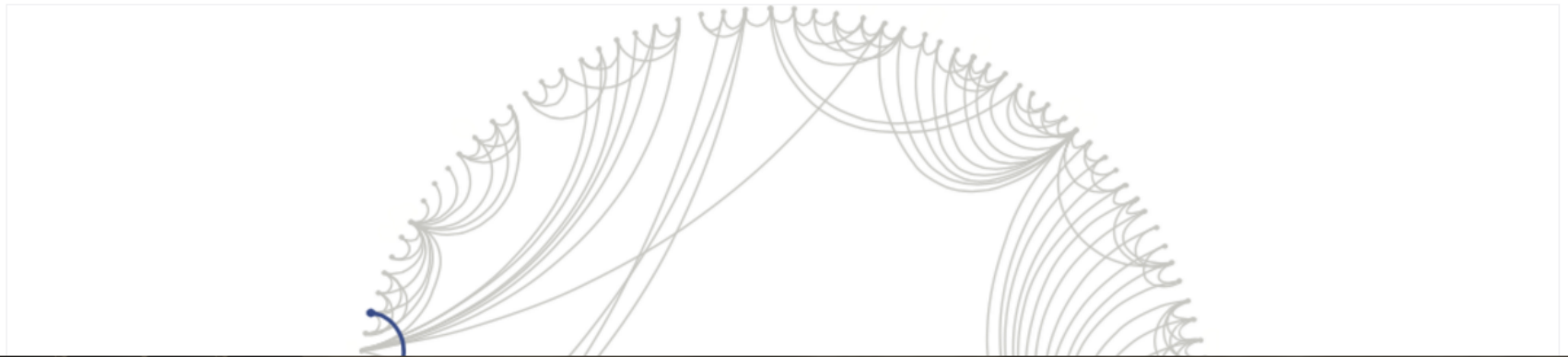
By: Smriti Bhagat, Moira Burke, Carlos Diuk, Ismail Onur Filiz, Sergey Edunov

En 2016 Facebook tenía 1590 millones de usuarios activos

FEBRUARY 4, 2016

Three and a half degrees of separation

By: Smriti Bhagat, Moira Burke, Carlos Diuk, Ismail Onur Filiz, Sergey Edunov



En 2016 Facebook tenía 1590 millones de usuarios activos

Referencias y material adicional

- Artículo de Polly Shulman en la revista Discover. "[From Muhammad Ali to Grandma Rose](#)".
- Artículo de Adrian Paenza en Página 12
<https://www.pagina12.com.ar/diario/contratapa/13-97003-2008-01-04.html>
- Milgram, Stanley (1967). "The Small World Problem". Psychology Today. Ziff-Davis Publishing Company.
- [Watts, D. J.; Strogatz, S. H. \(1998\). "Collective dynamics of 'small-world' networks"](#) . Nature. **393** (6684): 440-442
- Página del equipo de investigación de facebook
<https://research.fb.com/three-and-a-half-degrees-of-separation>
- Página para jugar con el número de Bacon
<http://oracleofbacon.org//>

Referencias y material adicional

- Szeto, K. Y., Fu, X. & Tam, W. Y. (2002). Universal topological properties of two-dimensional trivalent cellular patterns. *Physical Review Letters*, 88 (13).
- Jeong, H., Tombor, B., Albert, R., Oltvani, Z. N. & Barabási, A. L. (2000). The large scale organization of metabolic networks. *Nature*, 407, 651-654.
- Ferrer i Cancho, R. & Solé, R. V. (2001). The small world of human language. *Proceedings of the Royal Society of London*, 268, 2261-2265.

Gracias!

mi mundo pequeño

