

无标度网络中谣言传播的研究

顾亦然, 沈 贤

(南京邮电大学 自动化学院, 江苏 南京 210046)

摘 要:在网络化高度发展的今天,网络谣言传播泛滥,控制网络谣言传播逐渐成为一个值得关注的问题。文中通过分析现实世界中网络谣言的传播特性和方式,提出一种新的谣言传播模型—HKASI 模型,建立基于 HKASI 模型的动力学方程组。在无标度网络中仿真谣言的传播演化过程,分析模型特性,求出无标度网络谣言传播各状态的临界值,选取不同概率仿真比较模型中的参数对各个传播状态的影响,得出在无标度网络中谣言扩散的高速性,以及通过提高公民求证意识可以有效阻止网络谣言传播的结论。

关键词:无标度网络;谣言传播;HKASI 传播模型

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)08-0254-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.065

Research on Propagation of Rumors in Scale-free Network

GU Yi-ran, SHEN Xian

(College of Automation, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

Abstract:In today's highly developed network, how to control network rumor spreading gradually becomes a matter of concern. By analyzing the characteristics and the way of the spreading of rumors in a real-world network, present a new rumor-spreading model - HKASI model. Establish kinetic equations based on HKASI model. Evolve the spreading of rumors in the scale-free network simulation, analyze model characteristics, then find the critical value of the scale-free network rumor spreading for each state. With different probabilities to simulate, can see the comparison model parameters for impact on the state of the various propagation. Obtain that rumors spread very fast in a scale-free network and it will effectively be prevented by raising the awareness of citizens confirmation.

Key words:scale-free network; rumor spreading; HKASI model

0 引 言

在过去的数十年间,随着以 Internet 为代表的信息技术的快速发展,人类社会的网络化也在飞速发展,人们享受着网络带来的轻松和便利,但与此同时,网络中产生的谣言,也随着网络的发展飞速传播,一个小小的谣言,在网络中瞬间就能传遍到世界各地,有时往往能造成一些极其恶劣的影响^[1]。因此,研究网络谣言的传播机理显得尤为重要。再者,现实世界中存在的很多网络,如万维网^[2]、因特网^[3]、基因控制网络^[4]、科学家合作网络^[5],以及微博等社交网络,这些真实网络的度分布大都服从幂律分布,表现出无标度特性^[6]。而在 1999 年,著名学者 Barabási 和 Albert 提出的度分布服从幂律分布的无标度网络^[7],具有增长和择优连接特性,以及对随机攻击的鲁棒性和对蓄意攻击的脆弱

性等特点^[8,9],非常符合现实生活中网络谣言传播的特性。因此,文中主要在无标度网络中利用计算机仿真技术模拟谣言的传播演化过程,分析建立的模型特性及探索影响谣言传播的关键因素。由于至今为止关于谣言的界定仍然没有很统一的说法,所以在此之前的谣言传播模型大都引用传染病动力学模型^[10],即把用户的状态分为健康者、传播者、免疫者三类,谣言的传播和传染病传播有着一定的相似性^[11],但是区别也很明显,比如携带传染病的感染者与健康者接触,若健康者没有被感染,则该健康者就免疫了,但是谣言传一次不相信,多次传播相信的可能性就会显著增加,类似三人成虎的效应。因此,文中提出了一种新的谣言传播模型,在模型的基础上求出谣言传播各个状态的峰值,并在此基础上分析研究谣言传播中各个参数对传播的影响,并提出相应的策略。

收稿日期:2012-11-16

修回日期:2013-02-24

网络出版时间:2013-04-22

基金项目:2012 年度教育部人文社会科学研究规划基金(12YJAZH120)

作者简介:顾亦然(1972-),女,江苏金坛人,教授,CCF 会员,研究方向为复杂网络理论与应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130422.1721.021.html>

1 模型建立分析

根据现实网络世界谣言传播的特点,把网络中的个体分为以下几类,即每个人在某一时刻都有以下五种状态中的一种:健康者、已知者、感染者、传播者、免疫者。健康者,即是从未听到过谣言的人;已知者为听到谣言但未确信其真伪的人,可以说是潜在的感染者,已知节点可能一开始不相信谣言,但是通过和传播节点的多次接触,慢慢就会相信谣言,变成感染者;感染者为听到谣言并相信但不传播的人;传播者,顾名思义,是感染并开始传播谣言者,包括谣言的发起者;免疫者,为确信谣言是假的群体。为何要区分传播者和感染者,因为相信谣言的人并不一定会成为谣言的传播者,在网络中类似的看客占很大比例。

在无标度网络上生成一个 500 个节点的网络,并建立以下基本模型。首先,健康节点以 P_1 概率收到谣言,这时候,这个收到谣言的节点不一定会相信谣言,它只是从一个健康节点变成了一个已知节点,在这里,先简单的把谣言的重复传播过程设成一个循环的过程,并在仿真中设定循环的次数 $Z = 40$ 次取平均值,每次循环也设置 $T = 40$ 个时间步, P_1 为传播节点与健康节点的接触概率,在模型中表现为成为传播节点邻居节点的概率。第一次没有收到谣言的人,概率为 $1 - P_1$,它在第二次同样有着 P_1 的概率收到谣言,直到第 N 次,就如同第一次打开自己的信息,但并没有收到刷新到这条谣言的动态,但是之后第 N 次打开的时候,某个关注的好友成为了传播节点,发布了一条谣言,于是就收到了这条谣言的动态;接着,这个已知节点自身有着 R_1 的概率相信谣言, R_1 大小的选取和具体的某个特定谣言本身的可信度成正比,谣言越是可信,越是逼真, R_1 越大。当刷出第一个好友有关于该谣言信息的时候,觉得它是谣言,肯定不可信,但是接着如果又不停地刷出这个信息,对这个信息是否是谣言就会越来越不确信,最终经过一定刷新次数,相信这个消息确有其事,也就是相信了谣言;在谣言传播的过程中,相信谣言的人并不一定会成为谣言的传播者,即相信这条信息,但不一定会转发传播,所以是感染节点,但不一定会变成传播节点,在模型的建立中,让感染节点以概率 P_2 变为传播节点;感染节点和传播节点如何变为免疫节点,根据两种节点对谣言传播的影响度,采用不同的抑制策略让感染节点和传播节点分别以 P_3 和 P_4 的概率变为免疫节点。描述具体的传播方式见图 1。

- H (health) 健康节点;
- K (known) 已知节点;
- A (affect) 感染节点;
- S (spread) 传播节点;
- I (immunity) 免疫节点。

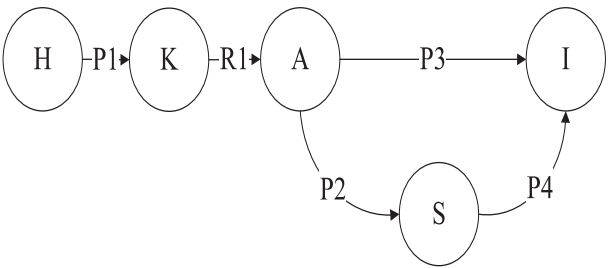


图 1 HKASI 模型状态转移图

用 $H(t)$ 、 $K(t)$ 、 $A(t)$ 、 $S(t)$ 、 $I(t)$ 分别表示 t 时刻的健康节点,已知节点,感染节点,传播节点和免疫节点的个数,则有:

$$\begin{aligned} H(t) + K(t) + A(t) + S(t) + I(t) &= N \\ \left\{ \begin{aligned} \frac{dH(t)}{dt} &= -H(t)S(t)P_1 \\ \frac{dK(t)}{dt} &= H(t)S(t)P_1 - K(t)R_1 \\ \frac{dA(t)}{dt} &= K(t)R_1 - A(t)(P_2 + (1 - P_2)P_3) \\ \frac{dS(t)}{dt} &= A(t)P_2 - S(t)P_4 \\ \frac{dI(t)}{dt} &= A(t)(1 - P_2)P_3 + S(t)P_4 \end{aligned} \right. \quad (1) \end{aligned}$$

式(1)分别表示:健康节点的变化率;已知节点的变化率;感染节点的变化率;传播节点的变化率;免疫节点的变化率。

建模方式为先建立网络,再进行谣言传播策略的模拟,在 500 个节点中,初始状态选取 1 个为传播节点,其余 499 个为健康节点,因为在默认的情况下,随着健康节点向另外四种状态的演化,健康节点在传播最后都会变为零个,就如同在微博或者论坛上,只要网络中用户间是连通的,且谣言传播的这段时间用户在线,随着谣言的传播,总能看到这条谣言,总会归结于选择信或者不信,传或者不传,所以最后健康节点总会变成已知节点(暂态),传播节点,感染节点,或者免疫节点。

2 仿真和结果

在 BA 网络中生成 500 个点的网络图(见图 2),该网络图的平均路径长度为 2.8118,平均度为 9.57,聚类系数为 0.0522。

$$N = 500; P_1 = 0.01; R_1 = 0.5; P_2 = 0.2; P_3 = 0.1; P_4 = 0.1$$

取上述参数,求解上述动力学方程,解出各状态在理想情况下得到的理论值:

$$N = 500; R_1 = 0.5; P_2 = 0.2; P_3 = 0.1; P_4 = 0.1$$

选取其中度最大的一个节点(本次仿真中为 5 号节点,度为 77)作为传播节点仿真:

网络图中各节点的度的大小分布图

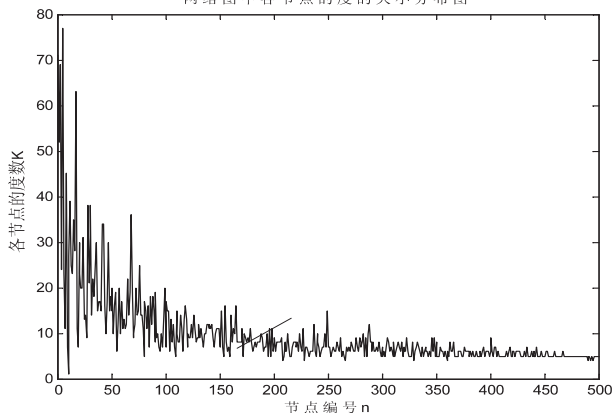


图 2 网络中各节点度分布图

在这里,要解释一下 P_1 的概率选取问题, P_1 只在动力学方程中出现,而在下面的 BA 网络模型中并没有出现,因为 P_1 本身是健康节点与传播节点接触的概率,而在 BA 模型中则反映为选取的与传播节点距离为 1 (即与传播节点相连接) 的点的概率,选取不同的初始传播节点,所匹配的 P_1 是不一样的。图 2 仿真时是选取的 500 个节点中度最大的节点,通过选取不同的 P_1 ,当 $P_1 = 0.01$ 时动力学方程解和 BA 网络中模拟值的峰值匹配。可以看出此时由动力学方程解出的理论值和 BA 网络中的实际值趋势一致。

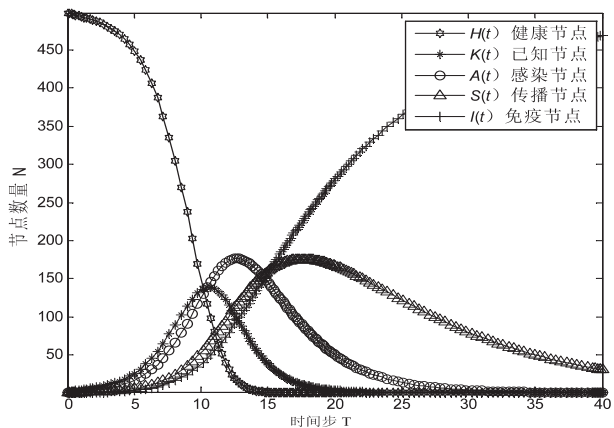


图 3 动力学方程解出的理论值

根据图 4 的仿真结果求得感染节点峰值为 94,传播节点峰值为 180,感染节点约占总节点个数的 19%,传播节点约占总数的 36%。

圆形代表感染节点,可见,在 BA 网络中,感染节点在整个传播过程中大致服从泊松分布,在 $T < 10$ 时很快上升,又在 $T > 10$ 后缓慢下降,传播节点在 $T < 14$ 时增加,之后缓缓下降,当感染节点到达峰值时,感染节点向传播节点的演化也达到最快,故此时传播节点虽然已在开始向免疫态变化,但却还未达到峰值。当 $T = 40$ 时,各个状态节点数量都趋于稳定,可见在一个群体中,谣言会在较短时间内传播开来,并爆发到一个顶点,最后在控制下又会逐渐回到一个稳定的范围。要想抑制谣言传播,就要在谣言爆发的短期高潮

阶段迅速采取措施,积极宣传,通过辟谣让谣言终止。

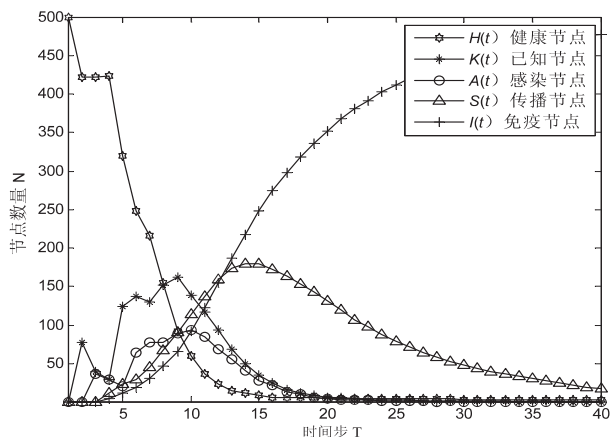


图 4 BA 网络仿真出的实际值

在这里,每种状态在传播时达到峰值的时间都不一样,这是因为在演化的过程中,在每一个时间步内只允许节点发生一次状态变化,所以会随着传播概率的变化出现各种可能。

以下再选取度最小的节点作为初始传播节点比较:

根据图 5 可知,感染节点最大值为 72,传播节点最大值为 157,感染节点约占总节点个数的 14%,传播节点约占总数的 31%。

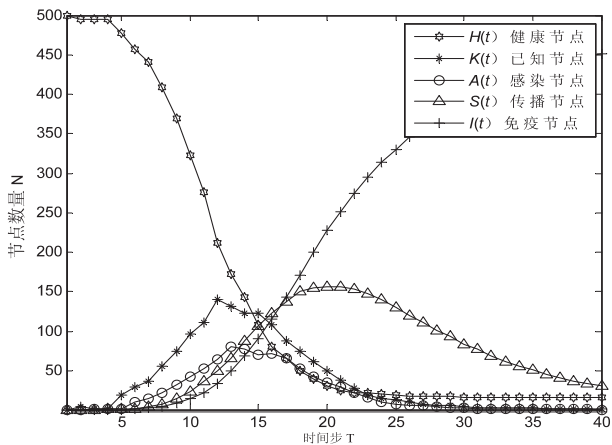


图 5 度最小节点作初始传播点的结果

对比选取的度最大节点和度最小节点的仿真图,不难看出,当选取度大的节点时,由于初始传播节点的邻居节点较多,所以前期健康节点与传播节点接触概率 P_1 较大,健康节点很快变为已知节点,并通过已知节点向感染和传播节点演化,使得整个网络中的谣言传播速度变快,大致快 6 个时间步,但是由图中可以看出,不管选取初始传播节点度的大小如何,最终传播稳定态时各状态的峰值数量维持在一个相对稳定的地方,即感染节点约为总节点数量的 14% ~ 19%,传播节点峰值约占总节点数的 31% ~ 36%。可见,在谣言传播的过程中,在一个小范围内,初始的传播节点选取,导致传播的速度不一样,但在整个传播过程中各个状

态的峰值差别却不大。

仔细观察图 4 和图 5,还可以发现,已知节点的峰值明显不止一个,这是因为在传播过程中,已知节点一方面随着健康节点和传播节点的接触而增加,另一方面也在向感染节点演化,前期传播节点少,所以已知节点在一段时间内会出现减少的趋势,并且反复,出现峰值的波动。在日常的谣言传播过程也是如此,一开始谣言在小范围内传播开,到一定程度后随着辟谣等措施开始平缓下降,但当这个范围内的人群开始接触更大范围的人群时,谣言又再一次开始传播扩大,就像你往河里扔一个小石子,而激起的水波一样,总是一层接一层,而每一层,在谣言传播中就代表着每一个生活圈的人群。由图 4 和图 5 可知,峰值的波动和选取的初始节点有很大关系,当选取度最大节点为初始节点时,和初始节点接触的节点最多,初始已知节点增加也最快,波动也最厉害。

下面来讨论下谣言的可信度,也就是 R_1 对谣言传播的影响,见图 6。

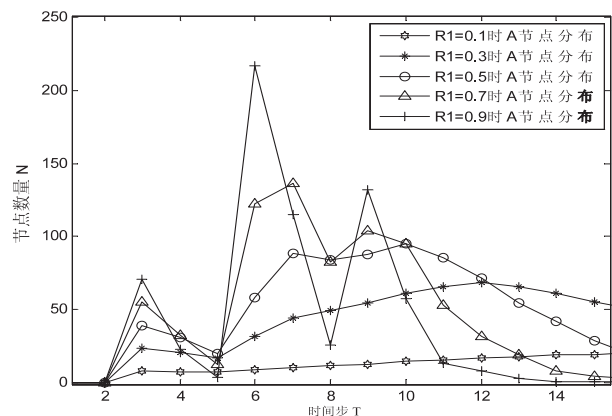


图 6 R_1 概率对谣言传播中感染节点的影响

由图 6 可以看出 R_1 概率的选取对传播的影响,当这个谣言可信度很高,整个感染节点达到峰值的时间会很快,节点数量也会很多,波动也会越明显,当 $R_1 = 0.9$ 时,出现了 3 次很明显的波峰,在 $T = 6$ 之后,虽然谣言还没完全传开,但传播的速度已经开始小于治愈的速度了,所以虽然到 $T = 9$ 时(最后一次波峰)才传播完全,但此时的峰值已经明显不如之前了。显然在网络传播中当 R_1 的概率很小时,谣言很难真正传播泛滥。 R_1 在控制谣言传播的社会学上的方法表现为求证,也就是说,在日常的生活中,培养公民的求证意识很重要,当群众听到一个谣言的时候不轻易相信,而是采取多方面求证的态度时,谣言就会不攻自破。

控制谣言传播的另一个有效措施就是权威官方辟谣,也就是模型中的 P_3, P_4 ,通过仿真也很容易看出增大 P_3, P_4 ,这样也可以有效地阻止谣言在无标度网络

中的传播。

3 结束语

无标度网络为探索谣言传播的方式提供了很好的理论指导。文中谣言传播模型的仿真结果对于现实生活具有重要意义,该模型的最大特点就是充分考虑了谣言传播的实际特点,对影响谣言传播中的各个可能点进行分析,在设定的初始概率条件下,得出谣言在无标度网络中传播时感染节点峰值约为总节点数量的 14% ~ 19%,传播节点峰值占总节点数的 31% ~ 36%,并提出要抑制谣言就必须在其短期爆发到最高点时进行抑制,效果最好,在日常生活中政府要加大宣传培养民众的求证意识,民众的求证意识加强,很多谣言便不攻自破。

文中构建网络时采用先构建网络再模拟谣言传播的方式,对于谣言在动态无标度网络中的传播以及在规则网络、随机网络、小世界网络等上的应用有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李国武. 谣言实现的社会机制及对信息的治理[J]. 社会, 2005(4): 143-155.
- [2] Albert R, Jeong H, Barabasi A L. Diameter of the World-Wide Web[J]. Nature, 1999, 401(6749): 130-131.
- [3] Faloutsos M, Faloutsos P, Faloutsos C. On power-law relationships of the Internet topology[J]. ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., 1999, 29(4): 251-262.
- [4] Newman M E J. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results[J]. Phys. Rev. E, 2001, 64(1): 016131.
- [5] Newman M E J. Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality[J]. Phys. Rev. E, 2001, 64(1): 016132.
- [6] Guelzim N, Bottani S, Bourguin P, et al. Topological and causal structure of the yeast transcriptional regulatory network[J]. Natu Genetics, 2002, 32(1): 60-63.
- [7] Barabasi A L, Albert R. Statistical mechanics of complex network[J]. Reviews of Modern Physics, 2002, 74(1): 47-97.
- [8] Barabasi A L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science, 1999, 286(5439): 509-512.
- [9] Barabasi A L, Albert R, Jeong H. Mean-field theory for scale-free random networks[J]. Physica A, 1999, 272(1-2): 173-187.
- [10] 张彦超, 刘云, 张海峰, 等. 基于在线社交网络的信息传播模型[J]. 物理学报, 2011, 60(5): 050501-1-050501-7.
- [11] 汪小帆, 李翔, 陈光荣. 复杂网络理论及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 95-97.

无标度网络中谣言传播的研究

作者：[顾亦然](#)，[沈贤](#)，[GU Yi-ran](#)，[SHEN Xian](#)
作者单位：[南京邮电大学 自动化学院, 江苏 南京, 210046](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(8)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201308065.aspx