

基于蓝牙的手机病毒传播模型的研究

顾亦然, 李绪强

(南京邮电大学 自动化学院, 江苏 南京 210046)

摘要:随着智能手机的不断普及,手机安全问题越来越引起用户们的关注。针对手机病毒的传播特点和传播规律,研究了预防和控制手机病毒传播的策略,为防止病毒传播提供了理论基础。结合 A-SIRC 模型,给出了移动环境下手机节点平均度的计算方法。由于蓝牙手机是手机病毒大规模爆发的载体,所以对蓝牙手机病毒传播的相关因素进行研究是重要的。结合蓝牙病毒大规模爆发的可能性,引入了几个参数。通过对各个参数的仿真分析,得知仿真结果符合手机蓝牙病毒的传播规律。

关键词:智能手机;蓝牙;手机病毒;传播模型

中图分类号:TP309

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)04-0246-04

Epidemic Model Research of Mobile Virus Based on Bluetooth

GU Yi-ran, LI Xu-qiang

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

Abstract: With the popularization of mobile, mobile virus becomes the security problem most concerned by users. Aiming at the spread characteristics and rule of mobile virus, the strategy of preventing and controlling mobile virus spreading is researched, which provides certain theory basis for preventing virus spreading. With A-SIRC model, a method was presented to calculate the average degree of mobile nodes. With the possibility of bluetooth virus large-scale outbreak, five important parameters, including the coverage radius of bluetooth signal, the distribution density of node, the moving velocity of node, the proportion of mobile nodes and the contact duration of virus were introduced in the model. The influence of each parameter on the spread of virus was analyzed. Simulation results show that the model can simulate the spread process of bluetooth virus between mobile phones correctly, which accords with the virus propagation rule.

Key words: smart phone; bluetooth; mobile phone virus; epidemic model

0 引言

目前,由于智能手机的功能越来越强大,可发送短信、彩信、下载资料、上网浏览等,能轻松地实现人与人之间的信息交流。正是手机的互连互通特点,为病毒的广泛传播奠定了基础^[1]。2004年6月在俄罗斯发现的 Cabir 蠕虫病毒^[2],这是全球第一种智能手机病毒。它通过蓝牙技术进行传播,它可以感染运行如“Symbian”操作系统^[3]的智能手机。2005年第一个通过 MMS 传播的手机病毒现身,手机感染该病毒以后,就会以 MMS 方式将病毒复制发送给手机通讯录中的所有联系人,同时通过蓝牙不断搜索附近的智能手机设备并进行感染。蓝牙手机病毒的感染给人们的生活带来很大的困扰。

至今对于蓝牙手机病毒传播模型的研究^[4]还处于初步阶段,已经提出的一些手机病毒模型^[5]大多针对

的是随机网络,不能很好地模拟实际网络环境,如何非常精确地描述手机病毒的传播规律和特性,找出对其有效的控制及防御的方法,将会成为未来的一个重要研究焦点。文献[6]中提出一种智能手机蠕虫病毒的 A-SIRC 传播模型,但在该模型中作者没有充分考虑到移动环境中蠕虫病毒传播速度等参数对手机病毒传播的影响。

文中研究了节点分布密度 ρ ^[7]、蓝牙信号覆盖半径 r 、节点移动速度 v 、手机数量与总手机数量的比值 α 等参数对智能蓝牙手机的通讯连接性影响。并给出了基于蓝牙的手机病毒传播模型。仿真结果表明,此模型能很好地模拟手机蓝牙病毒的传播过程,符合手机蓝牙病毒的传播规律,弥补了一些模型的不足。

1 节点平均度

蓝牙网络各手机节点的连接性对手机病毒传播是有影响的。如果网络的连接性越强,病毒的传播速度就越快。如果网络的连通性越差,网络中大规模爆发蠕虫感染的机会就非常小。

收稿日期:2011-09-04;修回日期:2011-12-10

作者简介:顾亦然(1972-),女,副教授,研究方向为计算机系统与集成;李绪强(1984-),男,硕士,研究方向为计算机系统与集成。

1.1 智能蓝牙手机节点全部静止状态节点平均度

蓝牙手机节点在全部静止状态下,网络中每个手机节点的连接性仅仅与手机节点分布密度 ρ 、蓝牙信号的半径 r 有关。如果每一个手机节点是平均分布的,那么每个节点的度为 $\rho\pi r^2 - 1$;全部节点的度的总和为 $N(\rho\pi r^2 - 1)$ (N 为手机节点个数)。以上可知,节点的平均度^[8]可由下式计算:

$$\bar{k} = \rho\pi r^2 - 1 \quad (1)$$

式(1)表明:手机节点全部静止情况下,节点的平均度与手机节点的分布密度 ρ 和蓝牙信号覆盖半径 r 平方成正比例关系。

1.2 智能蓝牙手机节点全部非静止状态节点平均度

所有节点移动环境下,令 Δt 为手机病毒从一个手机节点传染给另一个手机节点所需的时间,用 \bar{k} 表示节点的平均度。如果所有手机节点都以速度 v 作直线运动,那么手机节点在 Δt 时间内覆盖的有效面积为:

$$s_c = \pi r^2 + 2rv\Delta t \quad (2)$$

然而,并不是所有手机节点在这个面积里都能感染病毒。如图1所示,假如节点在上一时刻位于 O_1 点,经过 Δt 时间移动以后,手机节点移动到 O_2 点,即 $O_1O_2 = v\Delta t$,则当节点以速度 v 作直线运动时,在直线 AD 和直线 BC 之间的区域内的手机节点才有可能经历至少一个 Δt 时间,才有可能被感染上手机病毒。因此把直线 AD 和直线 BC 之间的区域(即矩形 $ABCD$ 、弓形 AGB 和弓形 DHC 组成的区域)称为传播有效区域^[9]。

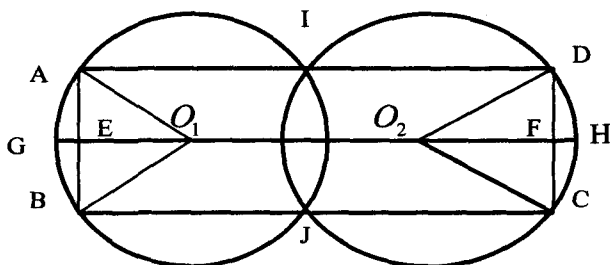


图1 移动节点在单位时间内覆盖的有效传播区域
有效传播区域的面积为:

$$s = s(\text{矩形 } ABCD) + 2s(\text{弓形 } DHC) = 3\Delta tv \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}(\Delta t)^2 v^2} + 2r^2 \arccos\left(\frac{1}{2}\Delta tv/r\right) \quad (3)$$

当 $v=0$ 时, $s=\pi r^2$ 。节点全部移动时,节点平均度为:

$$\bar{k} = \rho s - 1 \quad (4)$$

1.3 蓝牙手机节点部分静止、部分移动状态下的节点平均度

考虑到蓝牙网络中并不是所有手机节点都静止或移动,为了便于分析,文中引入一个比例参数 α , $\alpha = \frac{n}{N}$,其中 α 表示移动手机节点占总手机节点数的比例,

n 表示移动手机节点的数量, N 为总手机节点数。因此,在只有部分节点移动的情况下节点的平均度可以写为:

$$\bar{k} = \rho\pi r^2(1 - \alpha) + \rho s\alpha - 1 \quad (5)$$

将(3)式代入(5)式,得

$$\bar{k} = \rho\pi r^2(1 - \alpha) + \rho \left[3\Delta tv \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}(\Delta t)^2 v^2} + 2r^2 \arccos\left(\frac{1}{2}\Delta tv/r\right) \right] \alpha - 1 \quad (6)$$

当 $v=0$ 或者 $\alpha=0$ 时, $\bar{k}=\rho\pi r^2 - 1$,所有节点处于静止状态;当 $\alpha=1$ 时, $\bar{k}=\rho s - 1$,所有节点处于移动状态。因此,式(6)是移动环境下节点平均度的通用公式。

2 基于蓝牙的手机病毒传播模型

基于蓝牙的手机病毒是一种蠕虫病毒。蓝牙手机病毒传播隐蔽,速度快,攻击更高效,这使对蓝牙手机病毒传播的研究非常迫切,因此对蓝牙手机病毒的研究是手机网络安全的热点。关于手机病毒的传播模型有一些常见的模型,如SIS模型、SIR模型^[10]、SIRC模型、A-SIRC模型等等。将病毒传播范围内的手机节点分为三类:易感染手机 $S(t)$,表示容易被感染的手机数;已感染手机 $I(t)$,表示已被感染病毒的手机数;免疫手机 $R(t)$,表示通过某些技术手段(如安装防病毒软件、打补丁等)恢复为正常的手机数^[11]。总手机数为 $N(t)$,则有 $N(t) = S(t) + I(t) + R(t)$ 。

以下以比VPM_AMP传播模型^[12]更接近实际的A-SIRC模型(见图2)为例。

建立移动环境下基于蓝牙的手机病毒传播模型,即

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\delta \bar{k} S(t) I(t) + \mu I(t) - \lambda S(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \delta \bar{k} S(t) I(t) - (\mu + \beta) I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \lambda S(t) + \beta I(t) \\ N(t) = S(t) + I(t) + R(t) \\ \bar{k} = \rho\pi r^2(1 - \alpha) + \rho \left[3\Delta tv \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}(\Delta t)^2 v^2} + 2r^2 \arccos\left(\frac{1}{2}\Delta tv/r\right) \right] \alpha - 1 \end{cases} \quad (7)$$

式(7)中 δ 表示手机节点易被感染的概率, $\delta \in (0,1)$; β 表示已被感染的手机节点变为免疫手机节点的概率, $\beta \in (0,1)$; λ 表示易感状态的手机节点经过反病毒措施变为免疫状态的概率, $\lambda \in (0,1)$; μ 表示清除病毒,不安装防御措施仍能感染的概率, $\mu \in$

(0,1)。

式(7)中第一个式子表示易感状态手机节点数的变化率,第二个式子表示被感染手机节点数的变化率,第三个式子表示免疫手机节点数的变化率。其等号右边的各项表示的含义如图2所示。

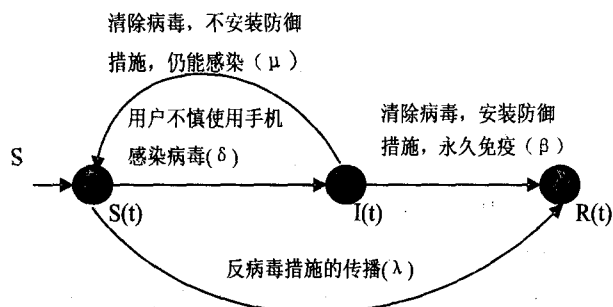


图2 A-SIRC 病毒传播模型的病毒感染状态转移图
表1 中列出了该模型的一些参数的取值范围。

表1 传播模型参数表

参数	名称	范围
ρ	节点分布密度	0 ~ 6/ m ²
ν	节点移动速度	0 ~ 200 m/s
r	蓝牙信号覆盖半径	0 ~ 30 m
Δt	病毒复制时间	0 ~ 0.5 s
α	移动手机节点数与总手机数的比值	0 ~ 1

3 模型仿真与分析

在上述建立的基于蓝牙的手机病毒传播模型中,分别引入了节点分布密度 ρ 、节点的移动速度 ν 、蓝牙信号的覆盖半径 r ,以及移动节点数与总节点数的比值 α 、病毒复制时间 Δt 等参数。下面将给出该模型的仿真结果,并根据仿真的结果讨论各参数对手机病毒传播的影响。

3.1 模型仿真结果

仿真所用的参数为: $N = 1000000$, $\rho = 0.005$, $r = 8$, $\alpha = 0.3$, $\nu = 5$, $\delta = 0.5/N$, $\beta = 0.025$, $\lambda = 0.001$, $\mu = 0.05/N$, $\Delta t = 0.1$ 。假设初状态被感染的节点只有一个,即 $I_0 = 1$, $R_0 = 0$, $S_0 = N - 1$ 。

仿真结果如图3所示。

由图3可知,蓝牙手机病毒爆发时间大致发生在40 ~ 65 s,所有蓝牙手机节点随着时间变化最终转化为免疫状态。

3.2 手机节点分布密度 ρ 对病毒传播的影响

只有在节点的平均度大于零的情况下,手机病毒才能传播。因此,令 $\bar{k} > 0$,设

$$m = \pi r^2 (1 - \alpha) + [3\Delta t \nu \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}(\Delta t)^2 \nu^2} + 2r^2 \arccos(\frac{1}{2}\Delta t \nu / r)] \alpha \quad (8)$$

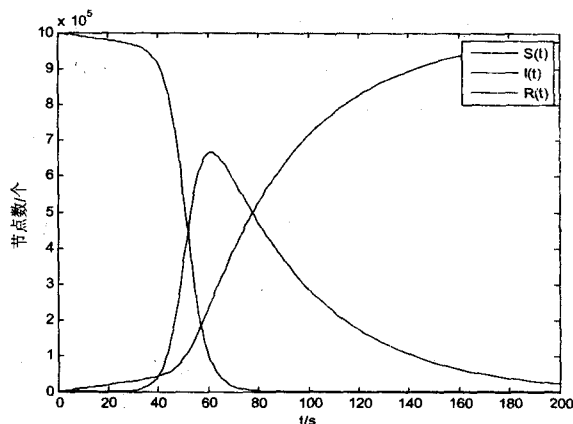


图3 传播模型的仿真结果

将式(8)代入式(6),得

$$\rho > \frac{1}{m} \quad (9)$$

式(9)给出了病毒传播的一个必要条件。只有满足(9)式,手机病毒才能传播。

在式(9)条件下,从式(7)第五个式子可以看出, \bar{k} 与节点分布密度 ρ 成正比,即节点密度 ρ 越大, \bar{k} 就越大,手机病毒传播的就越快。

3.3 节点移动速度对病毒传播的影响

对式(3)求导

$$s' = \frac{3}{2} \Delta t \sqrt{4r^2 - (\Delta t)^2 \nu^2} - \frac{3}{2} (\Delta t)^3 \nu^2 / \sqrt{4r^2 - (\Delta t)^2 \nu^2} - 2r \Delta t / \sqrt{4 - (\Delta t)^2 \nu^2 / r^2} = 0 \quad (10)$$

$$\text{得 } v = \frac{2\sqrt{3}r}{3\Delta t} \quad (11)$$

当 $v = \frac{2\sqrt{3}r}{3\Delta t}$ 时, s 取得最大值

$$s_{\max} = 2r^2 (\sqrt{2} + \arccos \frac{\sqrt{3}}{3}) \quad (12)$$

由(4)式可以看出节点的有效传播面积 s 增大时,节点平均度 \bar{k} 也增大,病毒传播速度也加快。基于此,

式(11)和(12)说明,当手机节点移动速度 $v < \frac{2\sqrt{3}r}{3\Delta t}$

时,随着移动速度的增大,有效传播面积 s 和节点平均度也增大,手机病毒的传播速度加快;当节点移动速度 $v = \frac{2\sqrt{3}r}{3\Delta t}$ 时,有效传播面积 s 达到最大值,此时节点平均度最大,手机病毒传播速度最快;如果手机节点移动

速度 $v > \frac{2\sqrt{3}r}{3\Delta t}$ 时,随着移动速度的增大,有效传播面积 s 和节点平均度反而随之减小,手机病毒传播速度降低。

当 $v = \frac{2r}{\Delta t}$ 时,式(3)中有效传播面积 $s = 0$,此时没

有节点移动,手机病毒不会传播。

图4给出了在 $r = 10$, $\Delta t = 0.1$ 时节点移动速度 v 对有效传播面积 s 的影响。也间接反映节点移动速度对病毒传播速度的影响。

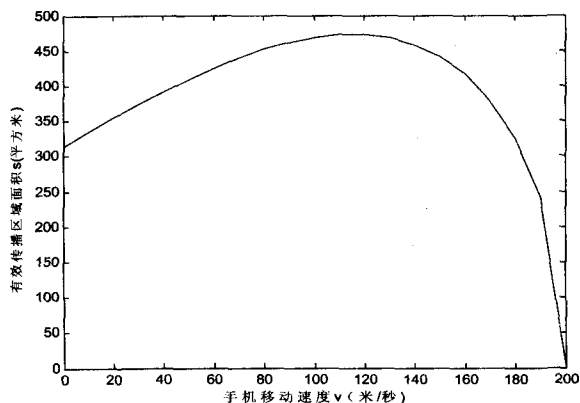


图4 $v-s$ 曲线

由图4知,节点移动速度 v 大约等于116m/s时,病毒传播最快;当 v 小于116m/s时,随着节点移动速度的增加,病毒传播速度加快;当 v 大于116 m/s时,随着节点移动速度的增加,病毒传播速度减慢。当 v 大于等于200 m/s时,病毒不能传播,这与之前的分析接近吻合。

3.4 蓝牙覆盖半径 r 对病毒传播的影响

由(3)式和(6)式可知,智能手机蓝牙覆盖半径 r 的增大会使有效传播面积 s 和手机节点平均度 \bar{k} 增大,从而加快病毒的传播速度。图5给出了 $v = 20$, $\Delta t = 0.1$ 时蓝牙覆盖半径 r 对有效传播面积 s 的影响,间接反映了蓝牙覆盖半径对病毒传播速度的影响。

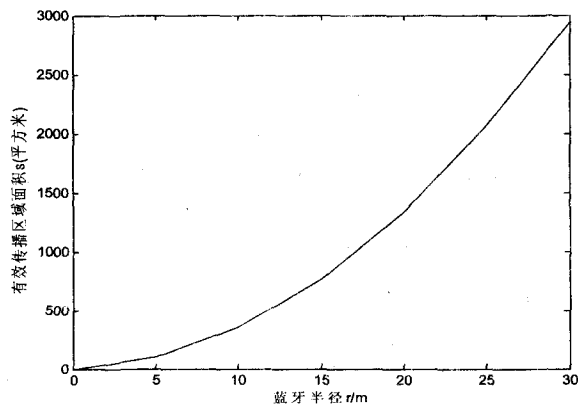


图5 $r-s$ 曲线

由图5可见,随着蓝牙覆盖半径 r 的增加,手机病毒传播的速度是加快的。

3.5 移动手机数量与总手机数量的比值 α 对手机病毒传播的影响

因为比例参数 α 对手机病毒传播的影响还与移动节点的速度 v 有关系,而移动节点的速度对手机病毒传播的影响由3.3可以看出。因此,当移动节点速度

有助于病毒传播时,增大 α 会使病毒传播加快;当移动节点速度不利于病毒传播时,增大 α 会使病毒传播减慢。

4 结束语

文中给出基于蓝牙的手机病毒传播模型和移动手机节点平均度的表示方法,分析了蓝牙手机节点的分布密度 ρ 、移动节点的速度 v 、蓝牙信号的覆盖半径 r ,以及移动手机节点数与总手机节点数的比值 α 等参数对蓝牙手机网络连接性的影响。实验表明,本模型能很好模拟手机蓝牙病毒的传播过程,符合蓝牙手机病毒的传播规律。为以后蓝牙病毒的研究提供了一定的依据。

参考文献:

- [1] 丁雪枫,马良,丁雪松. 基于复杂网络理论的手机病毒传播模型研究[J]. 科学技术与工程,2009,11(9):2934-2938.
- [2] 夏玮,袁著祉. 智能手机病毒传播模型与防治对策研究[D]. 天津:南开大学,2008.
- [3] 刘磊,刘克胜. Symbian 操作系统下手机病毒免疫技术研究[J]. 网络安全与应用,2006,31(11):89-91.
- [4] 孙念. 基于蓝牙的手机病毒传播模型[J]. 计算机时代,2010,6(8):15-17.
- [5] 卢勇,左志宏. 计算机病毒的随机传染模型[J]. 计算机技术与发展,2007,17(3):172-175.
- [6] 冯嵩岩,张越今,刘长文. 手机病毒传播模型的建立与分析[J]. 技术研究,2010,13(6):56-58.
- [7] Zheng Hui, Li Dong, Gao Zhuo. An Epidemic Model of Mobile Phone Virus[C]//Proc. of the 1st International Symposium on Pervasive Computing and Applications. Urumchi, Xinjiang, China:[s. n.],2006:534-538.
- [8] 邱国利,蒋国平,宋玉蓉. 一种带节点移动的手机蓝牙病毒传播模型[J]. 武汉大学学报,2010,35(5):610-613.
- [9] Zhang Wenjuan, Li Zhaohui, Hu Yonghui, et al. Cluster Features of Bluetooth Mobile Phone Virus and Research on Strategies of Control & Prevention[C]//International Conference on Computational Intelligence and Security. [s. l.]:[s. n.],2010:474-477.
- [10] Xia Wei, Li Zhaohui, Chen Zengqiang, et al. Epidemic Model of Mobile Phone Bluetooth Virus with Preventive Inoculation[J]. The Journal of Tianjin University,2007,40(12):1426-1430.
- [11] Jin Cong, Huang Xiaoyan, Jin Songlin. Propagation Model of Mobile Phone Virus Based on Efficiency of Immunization[C]//International Conference on Multimedia and Information Technology. [s. l.]:[s. n.],2008:500-502.
- [12] 李晓丽,王丽娜. 网络中的计算机病毒传播模型[J]. 计算机工程,2005,31(18):153-155.