

文章编号:1001 – 893X(2012)10 – 1633 – 06

一种联合链路持续时间与平均速率的中继选择方法^{*}

田遵凯,唐 伦,陈前斌,龚 璞

(重庆邮电大学 移动通信技术重庆市市级重点实验室,重庆 400065)

摘 要:针对中继系统中节点快速移动时采用传统中继选择方法造成系统可传输数据量较低的问题,提出一种联合链路持续时间与平均速率的中继选择方法。该方法首先分析了系统采用两跳传输及协作传输两种模式下的链路持续时间,分别给出了节点速度及相互之间距离满足不同条件时的链路持续时间表达式,然后计算两种模式下的链路平均可达速率,最后基于所提出的准则完成中继选择。仿真结果表明,与传统的中继选择方法相比,该方法可以使系统获得更多的数据传输,同时具有较低的中断概率。

关键词:中继选择;链路持续时间;平均可达速率;中断概率

中图分类号:TN925 **文献标志码:**A doi:10.3969/j.issn.1001 – 893x.2012.10.015

A Relay Selection Method of Combining Link Duration with Average Rate

TIAN Zun-kai , TANG Lun , CHEN Qian-bin , GONG Pu

(Chongqing Key Lab of Mobile Communications Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract:To solve the problem of low amount of traffic, which is caused by node’s fast mobility when the conventional relay selection method is used in the relay system, a relay selection method of combining link duration with average rate is proposed. First, this method analyses the link duration when dual-hop transmission or cooperative transmission is used, and the link duration expression is given when node’s velocity and distance are in different conditions. Then the link average achievable rate is calculated. Finally relay selection is completed based on the proposed criterion. Simulation results show that the proposed method can make the system transport more data and lower the outage probability comparing with conventional method.

Key words:relay selection;link duration;average achievable rate;outage probability

1 引 言

协作分集技术因为可以有效抵抗无线信道的多径衰落,在系统接收端提供分集增益,近年来已经成

为研究热点之一。而中继技术因能有效改善服务质量,增加网络覆盖区域,提高吞吐量,降低网络建设成本而被视为下一代移动通信网络的关键技术。

中继选择技术对中继系统的性能具有重大的影

^{*} 收稿日期:2012 – 03 – 12;修回日期:2012 – 05 – 15
基金项目:国家自然科学基金资助项目(60972070, 61171111);重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2009BA2090, CSTC2011jjA40046);重庆市教委项目基金资助项目(KJ100514)
Foundation Item:The National Natural Science Foundation of China(No. 60972070, 61171111);The Natural Science Foundation of Chongqing (CSTC2009BA2090, CSTC2011jjA40046); The Foundation of Education Commission of Chongqing (KJ100514)

响,因此在中继系统中通过恰当的方法选择一个或多个合适的中继节点传输数据就显得尤为重要。传统的最优中继选择准则有最大最小准则与最佳调和平均准则^[1]。Ibrahim A 等人从最小化协同分集系统误符号率的角度出发,给出了修改的调和平均中继选择准则,但这种准则的实际实现将大幅增加中继选择的计算复杂度^[2]。Tae Won Ban 等人对固定中继个数选择与自适应中继个数选择方案进行了比较,前者是指从 M 个候选中继中固定选择 N 个链路质量最好的中继转发源信号,后者指基于阈值自适应选择中继个数^[3]。Zou Yu-long 等人从信号的相干接收角度分别推导了放大前传(AF)和解码前传(DF)两种模式下的最优中继选择准则,但此最优准则的实际实现也将增加中继处的信道估计次数^[4]。Seyfi M 等人针对两跳车联网络的场景提出了一种中继选择方法,并从中断概率和协作分集阶数两个方面分析了所提方法的性能^[5]。Diomidis S 等人比较了机会中继选择算法和选择协作中继选择算法的性能,同时给出了中断概率和误比特率的闭合表达式^[6]。郑国强等人提出了一种空时编码协作中的中继选择与功率分配联合方案,该方案由目的端根据协作节点的信道状态信息进行中继选择,避免了通过中继之间的信息交互进行中继选择的冲突^[7]。惠懿等人提出了一种分布式功率分配与中继选择算法,引入定时器通过竞争方式避免了分布式所导致的中继选择冲突^[8]。

尽管上述关于中继选择的文献取得了不少研究成果,但是以往的中继选择方法所基于的场景多数是系统中的节点处于静止状态,而很少有考虑到节点快速移动的情况。当系统的节点快速移动时,链路持续时间对中继系统性能具有重要的影响^[9]。Gongjun Yan 等人对车联网络中车辆处于多种运动状态下的链路持续时间进行了分析,推导出了链路持续时间的概率分布函数^[10]。Wu Yueh-ting 等人研究了多跳移动网络中节点移动性对链路持续时间的影 响^[11]。针对中继系统中节点快速移动的场景,本文提出了一种联合链路持续时间与链路平均可达速率的中继选择方法,可以在降低系统中断概率的基础上有效提高系统的传输数据量。

2 系统模型

如图 1 所示,系统由一个源节点 S 、 M 个候选中

继节点($R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_M$)、一个目的节点 D 组成,所有节点同方向匀速运动,速度分别为 v_s, v_i, v_D 且互不相等,初始时刻 S 与 R_i 距离、 R_i 与 D 距离、 S 与 D 距离分别为 $d_{Si}(0), d_{iD}(0), d_{SD}(0)$,从初始时刻到 t 时刻 S, R_i, D 的位移分别为 S_S, S_i, S_D ,则有 $S_S = v_s t, S_i = v_i t, S_D = v_D t$ 。

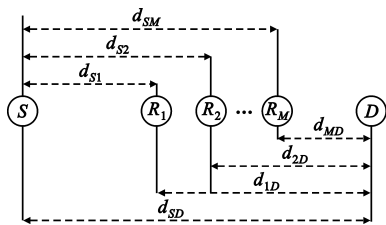


图 1 系统模型

Fig.1 System model

假设节点之间的通信范围为 r ,即两节点之间距离大于 r 时链路中断,设 g_{Si}, g_{iD}, g_{SD} 分别表示 S 到 R_i 链路、 R_i 到 D 链路、 S 到 D 链路的信道增益, g_{Si}, g_{iD}, g_{SD} 服从瑞利分布且相互独立,系统带宽为 B ,节点发射功率为 P ,系统采用时分双工(Time Division Duplexing, TDD)模式,针对不同的 $d_{SD}(0)$ 条件系统采用不同的数据传输模式: $r < d_{SD}(0) \leq 2r$ 条件下采用两跳传输模式; $d_{SD}(0) \leq r$ 条件下采用协作传输模式。

S 到 R_i 链路的容量为

$$R_{Si} = B \ln(1 + \frac{P^2 g_{Si}}{N_0 B}) \tag{1}$$

R_i 到 D 链路的容量为

$$R_{iD} = B \ln(1 + \frac{P^2 g_{iD}}{N_0 B}) \tag{2}$$

S 到 D 链路的容量为

$$R_{SD} = B \ln(1 + \frac{P^2 g_{SD}}{N_0 B}) \tag{3}$$

式中, N_0 表示高斯白噪声的功率谱密度。

3 中继选择算法

3.1 链路持续时间计算

(1) $r < d_{SD}(0) \leq 2r$,此情况下系统采用两跳传输模式,则候选中继节点 R_i 位于 S, D 之间且满足 $d_{Si}(0) < r, d_{iD}(0) < r$ 。根据 v_s, v_D 的关系分为 A、B 两种情况。

A: $v_s < v_D$,则经过一段时间后 $d_{SD} > 2r$,两跳

链路发生中断。

$$S_D - S_S + d_{SD}(0) = 2r$$

$$t_1 = \frac{2r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S} \quad (4)$$

1) 若 $v_i < v_S < v_D$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\alpha = \min\{t_1, t_{Si}, t_{iD}\} = t_{iD} = \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i} \quad (5)$$

式中 t_{Si} 、 t_{iD} 分别表示 S 、 R_i 链路和 R_i 、 D 链路的持续时间。

2) 若 $v_S < v_i < v_D$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\alpha = \min\{t_1, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (6)$$

3) 若 $v_S < v_D < v_i$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\alpha = \min\{t_1, t_{Si}, t_{iD}\} = t_{Si} = \frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S} \quad (7)$$

B: $v_D < v_S$, 则经过一段时间后有 $d_{SD} < r$, 转入协作模式下的中继选择。

$$d_{SD}(0) - (S_S - S_D) = r$$

$$t_2 = \frac{d_{SD}(0) - r}{v_S - v_D} \quad (8)$$

1) 若 $v_D < v_S < v_i$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\alpha = \min\{t_2, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_2, t_{Si}\} =$$

$$\min\left\{\frac{d_{SD}(0) - r}{v_S - v_D}, \frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S}\right\} \quad (9)$$

2) 若 $v_D < v_i < v_S$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\alpha = \min\{t_2, t_{Si}, t_{iD}\} = t_2 = \frac{d_{SD}(0) - r}{v_S - v_D} \quad (10)$$

3) 若 $v_i < v_D < v_S$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\alpha = \min\{t_2, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_2, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{d_{SD}(0) - r}{v_S - v_D}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (11)$$

(2) $d_{SD}(0) \leq r$, 此情况下采用协作传输模式, 候选中继节点 R_i 需满足 $d_{Si}(0) < r$ 、 $d_{iD}(0) < r$ 。根据 v_S 、 v_D 的关系分为 A、B 两种情况。

A: $v_D < v_S$, 即经过一段时间后 S 会在 D 前面且 $d_{SD} > r$ 。

$$S_S - S_D - d_{SD}(0) = r$$

$$t_3 = \frac{r + d_{SD}(0)}{v_S - v_D} \quad (12)$$

1) 对于 S 后面的中继节点 R_i

若 $v_D < v_S < v_i$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r + d_{SD}(0)}{v_S - v_D}, \frac{r + d_{Si}(0)}{v_i - v_S}, \frac{r + d_{iD}(0)}{v_i - v_D}\right\} \quad (13)$$

若 $v_D < v_i < v_S$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_3, t_{Si}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r + d_{SD}(0)}{v_S - v_D}, \frac{r - d_{Si}(0)}{v_S - v_i}\right\} \quad (14)$$

若 $v_i < v_D < v_S$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r - d_{Si}(0)}{v_S - v_i}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (15)$$

2) 对于 S 、 D 之间的中继节点 R_i

若 $v_D < v_S < v_i$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S}, \frac{r + d_{iD}(0)}{v_i - v_D}\right\} \quad (16)$$

若 $v_D < v_i < v_S$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r + d_{SD}(0)}{v_S - v_D}, \frac{r + d_{Si}(0)}{v_S - v_i}, \frac{r + d_{iD}(0)}{v_i - v_D}\right\} \quad (17)$$

若 $v_i < v_D < v_S$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r + d_{Si}(0)}{v_S - v_i}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (18)$$

3) 对于 D 前面的中继节点 R_i

若 $v_D < v_S < v_i$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_i - v_D}\right\} \quad (19)$$

若 $v_D < v_i < v_S$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_3, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r + d_{SD}(0)}{v_S - v_D}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_i - v_D}\right\} \quad (20)$$

若 $v_i < v_D < v_S$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_3, t_{Si}, t_{iD}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r + d_{SD}(0)}{v_S - v_D}, \frac{r + d_{Si}(0)}{v_S - v_i}, \frac{r + d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (21)$$

B: $v_S < v_D$, 即经过一段时间后 $r < d_{SD} \leq 2r$ 。

$$S_D - S_S + d_{SD}(0) = r$$

$$t_4 = \frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S} \quad (22)$$

1) 对于 S 后面的中继节点 R_i

若 $v_S < v_D < v_i$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_4, t_{Si}\} =$$

$$\min\left\{\frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S}, \frac{r + d_{Si}(0)}{v_i - v_S}\right\} \quad (23)$$

若 $v_S < v_i < v_D$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_4, t_{iD}\} = \min\left\{\frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (24)$$

若 $v_i < v_S < v_D$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = t_{iD} = \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i} \quad (25)$$

2) 对于 S, D 之间的中继节点 R_i

若 $v_S < v_D < v_i$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_4, t_{Si}\} = \min\left\{\frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S}, \frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S}\right\} \quad (26)$$

若 $v_S < v_i < v_D$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = t_4 = \frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S} \quad (27)$$

若 $v_i < v_S < v_D$, 则两跳链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_4, t_{iD}\} = \min\left\{\frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (28)$$

3) 对于 D 前面的中继节点 R_i

若 $v_S < v_D < v_i$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = t_{Si} = \frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S} \quad (29)$$

若 $v_S < v_i < v_D$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_4, t_{Si}\} = \min\left\{\frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S}, \frac{r - d_{Si}(0)}{v_i - v_S}\right\} \quad (30)$$

若 $v_i < v_S < v_D$, 则协作链路的持续时间为

$$t_\beta = \min\{t_4, t_{Si}, t_{iD}\} = \min\{t_4, t_{iD}\} = \min\left\{\frac{r - d_{SD}(0)}{v_D - v_S}, \frac{r - d_{iD}(0)}{v_D - v_i}\right\} \quad (31)$$

3.2 链路平均可达速率计算

(1) 两跳模式

R_i 作为中继节点时, 两跳链路平均可达速率为

$$\overline{R_i} = \frac{1}{2} \min\{\overline{R_{Si}}(1 - P_{Si}), \overline{R_{iD}}(1 - P_{iD})\} \quad (32)$$

其中:

$$\overline{R_{Si}} = E(B\text{lb}(1 + \frac{P^2 g_{Si}}{N_0 B})) = \int_0^\infty B\text{lb}(1 + \frac{P^2 g_{Si}}{N_0 B}) \frac{g_{Si}}{\delta^2} e^{-\frac{g_{Si}^2}{2\delta_{Si}^2}} dg_{Si} \quad (33)$$

$$\overline{R_{iD}} = E(B\text{lb}(1 + \frac{P^2 g_{iD}}{N_0 B})) = \int_0^\infty B\text{lb}(1 + \frac{P^2 g_{iD}}{N_0 B}) \frac{g_{iD}}{\delta^2} e^{-\frac{g_{iD}^2}{2\delta_{iD}^2}} dg_{iD} \quad (34)$$

式中, $E(\cdot)$ 表示求期望, P_{Si}, P_{iD} 分别为 S, R_i 链路和 R_i, D 链路的中断概率, 即:

$$P_{Si} = P_r(B\text{lb}(1 + \frac{P^2 g_{Si}}{N_0 B}) \leq R_0) = 1 - e^{-\sqrt{\frac{R_0}{(2^{\frac{R_0}{B}} - 1)N_0 B}} \frac{P}{2\delta_{Si}^2}} \quad (35)$$

$$P_{iD} = P_r(B\text{lb}(1 + \frac{P^2 g_{iD}}{N_0 B}) \leq R_0) = 1 - e^{-\sqrt{\frac{R_0}{(2^{\frac{R_0}{B}} - 1)N_0 B}} \frac{P}{2\delta_{iD}^2}} \quad (36)$$

式中, R_0 为系统需求的最小传输速率。

(2) 协作传输模式

R_i 作为中继节点时, 协作链路平均可达速率为

$$\overline{R_i} = \frac{1}{2} \max\{\overline{R_{SD}}(1 - P_{SD}), \min\{\overline{R_{Si}}(1 - P_{Si}), \overline{R_{iD}}(1 - P_{iD})\}\} \quad (37)$$

式中:

$$\overline{R_{SD}} = E(B\text{lb}(1 + \frac{P g_{SD}^2}{N_0 B})) = \int_0^\infty B\text{lb}(1 + \frac{P g_{SD}^2}{N_0 B}) \frac{g_{SD}}{\delta^2} e^{-\frac{g_{SD}^2}{2\delta_{SD}^2}} dg_{SD} \quad (38)$$

$$P_{SD} = P_r(B\text{lb}(1 + \frac{P g_{SD}^2}{N_0 B}) \leq R_0) = 1 - e^{-\sqrt{\frac{R_0}{(2^{\frac{R_0}{B}} - 1)N_0 B}} \frac{P}{2\delta_{SD}^2}} \quad (39)$$

3.3 中继选择准则

定义中继选择的准则为 $R^* = \arg\max_{R_i} \overline{R_i} \cdot T_i$, 基于此准则从 M 个候选中继节点中选出一个最优中继。中继选择算法的流程如图 2 所示。

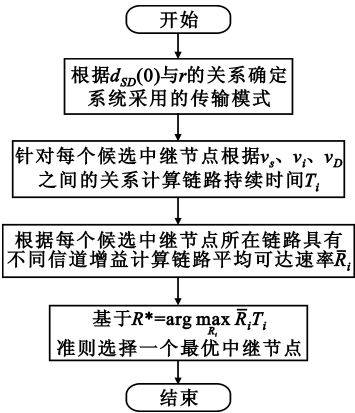


图 2 算法流程
Fig. 2 Algorithm flowchart

4 仿真结果

本节对所提中继选择算法的性能进行仿真。设系统候选中继节点数为 30,所有节点移动的速率处于 0~50 m/s 之间,节点之间的通信范围为 300 m,中继节点所在链路信道增益服从瑞利分布的方差为区间(1, 5, 2.5)之间的随机数。分别在系统采用两跳传输及协作传输时与传统的基于最大最小准则中继选择方法进行了比较,具体的仿真结果如图 3~5 所示。

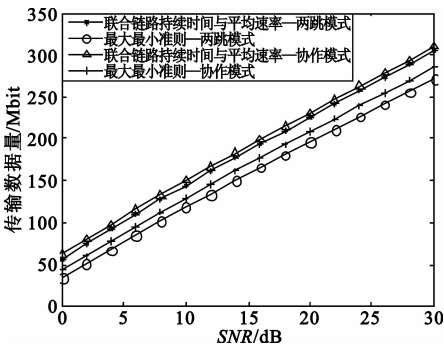


图 3 系统传输数据量
Fig.3 System transmission data

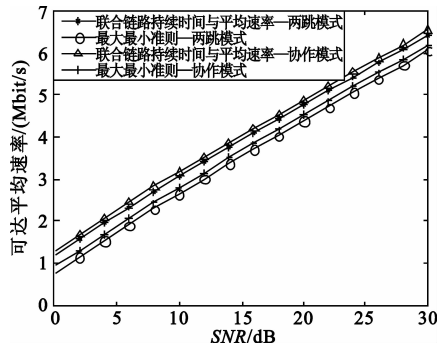


图 4 链路平均可达速率
Fig.4 Link average achievable rate

图 3 给出了两种模式下分别采用本文提出的方法及基于最大最小准则进行中继选择时系统传输数据量与 SNR 的关系,可以看出在两种模式下采用本文提出的方法获得的传输数据量都要高于最大最小准则,这是由于基于最大最小准则中继选择没有考虑链路持续时间这个对系统可传输数据量具有重要影响的因素。同时,由于协作传输加入了直传链路,因此两种方法在协作模式下获得的传输数据量都要高于两跳模式。图 4 分析了两种模式下分别采用两种方法进行中继选择的链路平均可达速率与 SNR 的关系,由于采用最大最小准则进行中继选择时基于的是瞬时信道状态信息,因此获得的链路平均可

达速率要低于本文提出的方法。同样,由于考虑了直传链路,两种方法在协作模式下获得的平均可达速率要大于两跳模式。

图 5 分析了两种模式下采用两种方法进行中继选择的中断概率与 SNR 的关系,同样由于采用最大最小准则进行中继选择时基于的是瞬时信道状态信息,因此在两种模式下采用本文提出的方法获得的中断概率要小于最大最小准则。协作模式下系统的中断概率是直传链路中断概率与两跳链路中断概率的乘积,因此对于两种方法在协作模式下的中断概率都要明显小于两跳模式,并且随着 SNR 的增加,两种模式中断概率的差值也是逐渐增大。

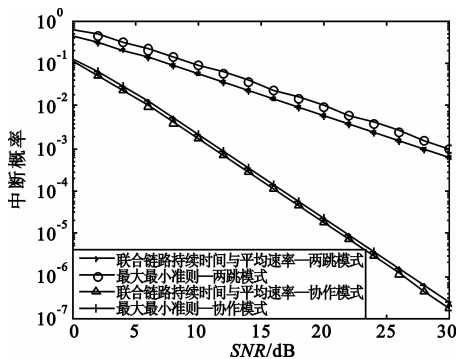


图 5 系统中断概率
Fig.5 System outage probability

5 结束语

本文提出了一种新颖的联合链路持续时间与链路平均可达速率的中继选择方法,相比于以往的中继选择方法多数考虑的是系统中节点处于静止状态的场景,本文所提的方法可以有效应对系统中节点快速移动场景下采用传统中继选择方法造成系统可传输数据量较低的问题。仿真表明该方法相比传统的中继选择方法可以使系统获得更高的传输数据量,同时降低系统的中断概率。由于系统获取完全的信道状态信息是比较困难的,因此考虑非完全信道状态信息下的中继选择可以作为下一步深入研究的方向。

参考文献:

[1] Bletsas A, Khisti A, Reed D, et al. A simple cooperative diversity method based on network path selection[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2008, 24(3): 659 – 672.

- [2] Ibrahim A, Sadek A, Su Wei-feng, et al. Cooperative communications with relay-selection: when to cooperate and whom to cooperate with[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008, 7(7):2814 – 2827.
- [3] Ban T W, Jung B C, Sung D K, et al. Performance analysis of two relay selection schemes for cooperative diversity[C]//Proceedings of the IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. Athens, Greece: IEEE, 2007: 1 – 5.
- [4] Zou Yu-long, Zheng Bao-yu, Zhu Wei-ping, et al. An optimal relay selection scheme for cooperative diversity[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Software Process. Leipzig, Germany: IEEE, 2008: 1800 – 1803.
- [5] Seyfi M, Muhaidat S, Jie Liang, et al. Relay Selection in Dual-Hop Vehicular Networks[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2011, 18(2): 134 – 137.
- [6] Diomidis S, George K. Performance analysis of single relay selection in rayleigh fading[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008, 7(10): 3718 – 3724.
- [7] 郑国强, 邝育军. 空时编码协作中的中继选择与功率分配联合方案[J]. 电讯技术, 2010, 50(2): 38 – 42.
ZHENG Guo-qiang, KUANG Yu-jun. Joint Scheme for Relay Selection and Power Allocation in Space-Time Coding Cooperative Communication[J]. Telecommunication Engineering, 2010, 50(2): 38 – 42. (in Chinese)
- [8] 惠轸, 朱世华, 吕刚明, 等. 一种多源协作网络的分布式功率分配与中继选择算法[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(10): 2446 – 2451.
HUI Hui, ZHU Shi-hua, LV Gang-ming, et al. Power Allocation and Relay Selection in Multi-source Cooperative Networks[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2010, 32(10): 2446 – 2451. (in Chinese)
- [9] Tsao Cheng-lin, Wu Yueh-ting, Kuo Jia-chun, et al. Link duration of the random way point model in mobile ad hoc networks[C]//Proceedings of IEEE Wireless Communication and Networking Conference. Las Vegas, NV, USA: IEEE, 2006: 367 – 371.
- [10] Yan Gongjun, Olariu S. A Probabilistic Analysis of Link Duration in Vehicular Ad Hoc Networks[J]. IEEE Transac-

tions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 12(4): 1227 – 1236.

- [11] Wu Yueh-ting, Tsao Cheng-lin, Kuo Jia-chun, et al. Impact of Node Mobility on Link Duration in Multihop Mobile Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(5): 2435 – 2442.

作者简介:

田遵凯(1987—), 男, 山东济宁人, 2010 年获学士学位, 现为硕士研究生, 主要研究方向为协作中继系统的中继选择与资源分配;

TIAN Zun-kai was born in Jining, Shandong Province, in 1987. He received the B.S. degree in 2010. He is now a graduate student. His research concerns relay selection and resource allocation of relay system.

Email: tianzunkai@163.com

唐 伦(1973—), 男, 重庆合川人, 2010 年获博士学位, 现为副教授, 主要研究方向为新一代无线通信系统资源管理, 包括动态频谱分配、中继系统资源分配;

TANG Lun was born in Hechuan, Chongqing, in 1973. He received the Ph.D. degree in 2010. He is now an associate professor. His research concerns the resource manage of the next generation wireless communication system including dynamic spectrum allocation and resource allocation of relay system.

陈前斌(1967—), 男, 四川营山人, 2002 年获博士学位, 现为教授, 主要研究方向为个人通信、多媒体信息处理与传输技术、下一代网络技术;

CHEN Qian-bin was born in Yingshan, Sichuan Province, in 1967. He received the Ph.D. degree in 2002. He is now a professor. His research concerns personal communication, multimedia information processing and transmission technology, next generation network.

龚 璞(1985—), 男, 重庆北碚人, 2009 年获硕士学位, 现为讲师, 主要研究方向为协作通信、车载自组织网络。

GONG Pu was born in Beibei, Chongqing, in 1985. He received the M.S. degree in 2009. He is now a lecturer. His research concerns cooperative communication and vehicular Ad hoc networks.