

协作分集中的移动中继研究

刘伟伟, 程 恩, 孙海信*, 袁 飞, 沈伟杰

(厦门大学 信息科学与技术学院, 水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室, 福建 厦门 361005)

摘要: 协作分集是近几年无线通信技术的热点, 在协作通信中合理的选择中继能给系统带来更大的增益, 进一步提高系统性能. 主要研究了在中继中使用放大转发协议, 接收端使用提高的信噪比合并方式, 中继处于不同位置下的协作分集系统的性能, 并对各种情况进行 Matlab 仿真, 对仿真结果进行比较和分析. 仿真结果表明, 在中继、发送端和接收端三者的距离之比为 1: 0.5: 0.5 时, 系统能够获得较好的性能.

关键词: 协作分集; 移动中继; 放大转发; 信噪比合并

中图分类号: TN 911

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2010)06-0803-03

多天线技术可以有效地抵抗无线通信中多径衰落的影响, 可以利用空间分集得到更高的功率效率和频谱效率. 但是有些无线网络的用户终端受到质量、体积和功耗等限制不便于采用多天线技术, 因此协作分集技术应运而生, 并成为无线通信领域研究的热点.

协作分集是一种新的实现空间分集增益的方法^[1-2]. 它的目的是为了将空间分集的好处推广到单天线系统. 这里, 系统中的每个移动终端都有一个或多个合作伙伴, 协作分集中的合作伙伴共享彼此的天线, 从而构成了虚拟的 MIMO 多天线系统, 从这个意义上讲, 协作分集为 MIMO 多天线技术提供了一条新的可选的实现途径.

协作分集这种新的空间分集技术最早由 Sendonaris 等^[3-4]提出, 即通过使网络中各单天线用户共享彼此天线, 形成虚拟的多天线阵列来实现发射或接收分集, 从而有效地抵抗多径衰落以提高网络性能. 接着, Laneman 等^[5]则深入研究了分集的实现策略, 提出了固定中继、选择中继和增量中继 3 种协作策略. 同一时期, Hunter^[6-8]将协作传输与信道编码结合提出了编码协作的协作分集方法, 进一步提高了协作分集系统的性能. 本文的主要目的是研究和分析在中继中使用放大转发协议, 在接收端使用提高的信噪比合并方法的情况下, 中继端处在何处时系统性能最优, 并对其进行仿真和分析.

1 协作分集

协作分集的设计思想可以通过图 1 所示的情况来理解. 两个用户(移动台)都在和同一个终点(基站)进行通信, 每个用户都是单天线, 因此无法独立形成分集. 然而, 由于这两个用户到基站之间的信道是相互统计独立的衰落信道, 因此每个移动台可以将自己的信号同时发送一份给伙伴, 通过在自己和“借用”伙伴的信道上共同传输到终端, 这样也可以形成分集. 即协作分集是通过同一小区内的多个用户来共同完成的.

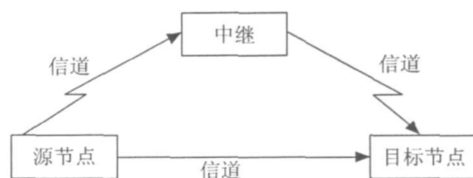


图 1 协作分集原理图

Fig. 1 The schematic of cooperative diversity

协作分集作为一种新的空域分集, 近年来迅速发展, 其基本思想是无线网络中各单天线用户彼此为对方转发信息以此获得空域分集. 实现协作分集并获得较好性能的关键不仅应采用适当的中继转发协议和接收端的信号合并方法, 而且, 选择合适距离的中继也是很重要的一点. 本仿真基于在中继点使用放大转发协议, 在接收端使用提高的信噪比合并的信号合并方式, 仿真了中继在不同位置下的系统性能. 接下来, 就系统中采用的放大转发协议和提高的信噪比合并方式进行一个简单介绍. 最后, 分析移动中继处于不同位置时的

收稿日期: 2009-11-13

基金项目: 福建省青年创新基金项目(2009J05155); 厦门大学“985”二期信息创新平台项目; 厦门市科技计划项目(3502Z20093008)

* 通讯作者: hx_sun@xmu.edu.cn

系统性能.

1.1 放大转发(Amplify and forward, AAF)

AAF 是一种比较简单的协作方式, 每个移动终端接收其伙伴传来的被噪声污染的信号, 并且直接对该信号进行放大后发送出去, 基站接收来自发送端和中继节点的信号并对其进行合并. 虽然放大信号将噪声一起放大, 但是由于基站可以接收到两路经历独立衰落的信号, 所以可以更好的对信号进行判决.

通常当中继有有限的功率或者时间延迟时我们采用这种方法, 时间延迟是由编码或者解码信息造成的. 当然, 该协议不可以和解码转发协议同时使用.

根据以上协议, 接收到的信号是

$$E[|y_r|^2] = E[|h_{s,r}|^2]E[|x_s|^2] + E[|z_{s,r}|^2] \quad (1)$$

这里, s 是发送端, r 是中继. y_r 是中继接收到的信号, $h_{s,r}$ 是发送端到中继间的信道增益, x_s 是发送端发送的信号, $z_{s,r}$ 表噪声. 为了让中继发送数据的功率和发送端发送的一样, 中继的增益须满足

$$\beta = \sqrt{\frac{\xi}{|h_{s,r}|^2 \xi + 2\sigma_{s,r}^2}} \quad (2)$$

这个参数要在每个模块中计算, 因此, 需估算每个信道的参数特性.

放大中继法假定基站可以获得用户间信道信息从而可以对接收信号做出最佳判决. 另一个值得关注的问题是信号的采样、放大以及模拟信号的再发送. 放大中继方法实现简单且易于分析, 对于我们深入理解协作分集也有很大的帮助.

1.2 提高的信噪比合并(Enhanced signal to noise ratio combining, ESNRC)

分集中合并的方式, 最常用的有: 等增益合并; 信噪比合并; 最大比率合并; 提高的信噪比合并. 提高的信噪比合并方式就是当一路的信号比另一路的信号质量好很多时我们就忽略质量不好的那一路信号, 把信噪比较高的信号作为接收信号. 如果两个信道的信号质量差不多, 则平均地采用两路信号. 根据所采用的协议, 用公式可表示为:

$$y_d[n] = \begin{cases} y_{s,d}[n] & (\text{SNR}_{s,d}/\text{SNR}_{s,r,d} > 10) \\ y_{s,d}[n] + y_{s,r,d}[n] & (0.1 \leq \text{SNR}_{s,d} \leq 10) \\ y_{s,r,d}[n] & (\text{SNR}_{s,d}/\text{SNR}_{s,r,d} < 0.1) \end{cases} \quad (3)$$

用这种结合方法, 接收端不需要精确地知道信道的质量, 只需要知道信道的大概质量, 因此所需的计算量也相对较小.

1.3 移动中继分析

1.3.1 中继在发送端与接收端之间时的分析

当中继设在发送端和接收端之间时, 多点链路之间的传输不需要绕行, 这种情况会得到最好的效果.

如果中继距离发送端比较近, 则和具有两个发送端的系统相类似. 根据仿真, 信号的质量比两个发送端的要好很多. 当中继在接收端和发送端的中间时或者靠近发送端一些, 系统会获得较好的性能.

初步分析原因认为, 是因为在中继中接收的噪声也是要放大的, 如果接近发送端, 中继中接收到的噪声信号的功率很小, 中继离发送端越近, 中继到接收端之间的信道就会越远, 对信号产生的影响就越大. 那么第一个站点之间的信号就会更加的重要. 所以性能是不对称的, 最好的位置是中继在发送端和接收端的中间. 如果位置达不到中间的话, 那么中继应该靠近发送端而不是靠近接收端.

1.3.2 中继距发送端和接收端距离相等时的分析

在这里, 仿真这样一种系统设置, 中继距发送端和接收端的距离相等. 接下来, 改变中继的位置, 但发送端距接收端的距离始终为 1, 三者距离之比从 1: 1: 1 开始, 然后中继慢慢远离发送端和接收端, 这样信号的性能会逐渐下降. 当中继距离发送端和接收端的距离是发送端到接收端距离的 10 倍时, 系统的性能会比二相相移键控(BPSK)单路传输的性能还要差. 初步分析认为, 此时, 中继开始起副作用. 当三者距离之比从 1: 1: 1 开始, 然后中继慢慢靠近发送端和接收端, 信号的性能会逐渐升高, 到三者的距离之比为 1: 0.5: 0.5 时, 性能会达到较低误码率.

2 仿真结果

下面, 本文通过仿真说明中继处于不同位置时对系统产生的影响. 在中继中会使用放大转发协议, 在接收端使用 ESNRC 方法. 映射方式采用四相相移键控(QPSK). 系统仿真参数设置为: 带宽 5 kHz, 载波频率 15 kHz, 传输频带 15 kHz, 模拟采样率 60 kHz.

移动中继的位置对信号质量产生的影响可见图 2. 从图中可看出, 当中继设在发送器与接收器之间时性能高于两个发送器发送, 且越靠中间性能越高.

从图 3 中可以看出, 当中继在收发之间范围内时性能最好, 如果远离收发器性能就会下降, 当中继距收发器之间的距离大于接收和发送两者之间距离的 10 倍后, 用中继接收信号时的性能比单输入输出的性能差, 说明此时中继传输带来了反效果.

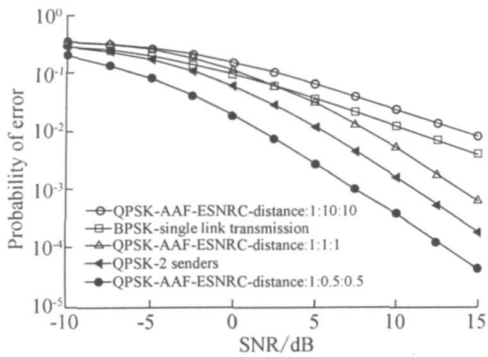


图2 中继设在发送器与接收器之间的性能比较图

Fig. 2 A big benefit results when the relay is located between the sender and the destination

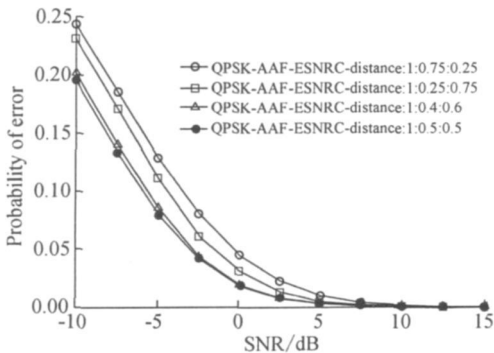


图3 增加中继到收发两端距离后的性能比较图

Fig. 3 Shows the effect of increasing the distance of the relay to the sender and the destination

3 结 论

本文在研究和分析了协作分集的系统原理、放大

转发、提高的信噪比合并方式的基础上, 在不中断信息正常传输的情况下, 分析比较了中继在不同位置时系统的性能, 得出在中继、发送端和接收端三者的距离之比为 1: 0.5: 0.5 时, 系统的性能相对较好。

参考文献:

- [1] Cover T, Gamal A E. Capacity theorems for the relay channel[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1979, 25(5): 572-584.
- [2] 殷勤业, 张莹. 协作分集: 一种新的空域分集技术[J]. 西安交通大学学报, 2005, 39(6): 551-557.
- [3] Sendonaris A, Erkip E, Aazhang B. User cooperation diversity part I: system description[J]. IEEE Transactions on Communications, 2003, 51(39): 1927-1937.
- [4] Sendonaris A, Erkip E, Aazhang B. User cooperation diversity Part II: implementation aspects and performance analysis[J]. IEEE Transactions on Communications, 2003, 51(11): 1939-1948.
- [5] Laneman J N, Tse D N C, Wornell G. Cooperative diversity in wireless networks: efficient protocols and outage behavior[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2004, 50(12): 3062-3080.
- [6] Hunter T E, Nosratinia A. Cooperation diversity through coding[C]// Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Information Theory. Switzerland: IEEE Information Theory Society, 2002: 220.
- [7] Hunter T E. Coded cooperation: a new framework for user cooperation in wireless networks[D]. Dallas: University of Texas at Dallas, 2004.
- [8] Hunter T E, Nosratinia A. Diversity through coded cooperation[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2006, 5(2): 283-289.

The Analysis of Mobile Relay in Cooperative Diversity

LIU Weiwei, CHENG En, SUN Haxin*, YUAN Fei, SHENG Weijie

(Key Laboratory of Underwater Acoustic Communication and Marine Information Technology, Ministry of Education, School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: In recent years, there has been an increasing focus on the cooperative diversity in wireless communications. The reasonable selection of the relay in cooperative communications can give high gain. The aim of this project is to study the system's performances when the relay is located at different position just as relay employs amplify and forward (AAF) cooperative scheme and we use enhanced signal to noise combining (ESNRC) in the destination. In the project, we have done simulation in matlab in different conditions and compare the performance of them. The simulation results show that when the ratio of the distance between the relay and the source and the destination is 1: 0.5: 0.5, the system performs well.

Key words: cooperative diversity; mobile relay; amplify and forward; signal to noise ratio combining