

基于线性网络编码的 802.11 DCF 信道接入机制^①

王明芳

(无锡工艺职业技术学院 电子信息系, 宜兴 214206)

摘要: 针对实际无线网络中数据包丢失率高的问题, 在 IEEE 802.11DCF 基本接入机制的基础上提出了一种基于线性网络编码的信道接入机制(LEC-DCF). 该机制通过改进 COPE 协议的网络编码方式, 提出了采用双解码方法来对编码包进行解码, 大大提高了目的节点的解码成功率. 运用马尔科夫链模型对 LEC-DCF 进行数学建模分析. 分析结果表明: 在数据包丢失率比较高的情况下, LEC-DCF 机制可以明显提高网络吞吐量.

关键词: 线性网络编码; 马尔科夫链; 吞吐量

802.11 DCF Channel Access Mechanism Based on Linear Networking Coding

WANG Ming-Fang

(Department of Computer Science, Wuxi Institute of Arts & Technology, Yixing 214206, China)

Abstract: Considering the main problem of the high loss rate in wireless environments, this paper proposes a linear networking coding-aware 802.11 distributed coordination function(LEC-DCF). A double-decoding method is introduced to decode the transmitted packets. The decoding success rate of the destination node is greatly improved. It develops a Markov chain model to characterize the mathematical modeling of LEC-DCF. Analysis result shows that LEC-DCF can improve throughput in high loss rate wireless environments.

Key words: linear networking coding-aware; Markov chain; throughput

随着无线网络技术的发展, 普通的无线传输技术已经不能满足网络发展的需要. 而网络编码的出现改变了传统网络中中间节点仅充当转发节点的特点, 中间节点能够对需要转发的多个数据包进行编码, 同时把编码包发送给接收节点, 在接收节点处再利用相应解码功能来还原信息本身, 从而减少分组的发送次数^[1]. 通过研究, 我们发现网络编码可以有效提高网络吞吐量, 改善网络负载均衡, 提升带宽利用率等^[2-5].

数据链路层介质访问控制 MAC 子层位于无线网络通信协议栈的底层, 该子层决定如何在网络传输节点之间分配有限的通信资源, 因此它的存在对整个网络系统的流畅运转有着不可替代的作用^[2].

而鉴于无线网络的广播特性非常符合网络编码的思想, 因此, 将网络编码应用到无线网络中, 并且与传统的 802.11 DCF 信道接入机制相结合已经成为了现在一个研究热点^[2-6].

1 相关工作

Katti 等人提出的 COPE 协议使得无线网络的中间节点可以对多个数据包进行编码转发, 从而增加一次的信息传输量, 达到提高网络吞吐量和节省传输次数的目的^[2]. 其基本编码场景如图 1(a)所示. 假设节点 A 要通过中继节点 R 向节点 D 发送数据包 m, 并且节点 C 要通过中继节点 R 向节点 B 发送数据包 n. 如果没有运用网络编码, 节点 A 需要先把数据包 m 发送给中间节点 R, 节点 R 接收到 m 后, 再把 m 转发给节点 D. 节点 C 也采取以上这种办法完成数据包的传输. 从上面的过程很清楚的得出, 需要四次传输才能完成整个过程.

如果使用网络编码, 则情况完全不同. 如图 1(b)所示, 其中, 虚线箭头 A--→B, C--→D 表示目的节点 B(D)分别在源节点 A(C)的传输范围内, 也就是说, 当 A(C)通过中间节点 R 发送数据包 m(n)时, 节点 B(D)

① 收稿时间:2015-11-26;收到修改稿时间:2016-01-04 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005246]

可以“机会侦听”到 $m(n)$ 的传输。

在节点 R 接收到 m 和 n 后, 对 m 和 n 进行编码, 形成一个新的编码包 ($p=m \oplus n$), 然后将新的编码包 ($p=m \oplus n$) 广播给目的节点 B 和 D, 然后 B 和 D 分别通过 $m \oplus (m \oplus n)$ 和 $n \oplus (m \oplus n)$ 解码出数据包 n 和 m 。

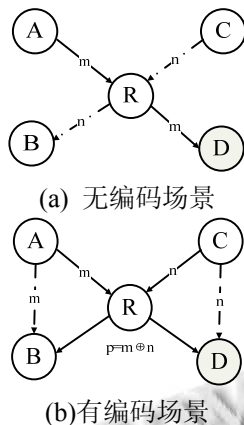


图 1 基本编码场景

从上面的过程可以得出, 完成整个过程只需要三次传输. 研究表明: COPE 协议利用节点间的“机会侦听”策略能有效的减少网络中数据包的发送量, 使得无线网络的通信吞吐量增加。

将网络编码与无线网络结合有利于进一步提高网络吞吐量、改善负载均衡、增强鲁棒性等方面, 从而提高无线网络整体性能^[1-4]。

但是该协议还存在一个问题, 就是节点 B(D)如果要接收到数据包 $n(m)$, 必须先侦听到数据包 $m(n)$, 利用异或运算才能解码出数据包 $n(m)$. 假如无线链路信号很弱, 信道丢失率很高, 会导致节点 B(D)无法“机会侦听”到数据包 $m(n)$, 那么即使编码包能够顺利到达目的节点 B(D), 也会因为目的节点 B(D)没有“机会侦听”到数据包 $m(n)$, 而无法利用异或运算解码出原始数据包 $n(m)$, 这将会导致解码的成功率和系统的饱和吞吐量大大降低, 影响系统的整体性能。

文献[3]的研究表明, 在实际的无线网络中, 网络中的数据包丢失率能达到 30% 或者更多。

文献[4]在文献[2]的基础上提出一种基于网络编码的 802.11DCF 接入机制(NCA-DCF), 该机制在基本 DCF 信道接入机制的基础上采用了主动确认策略(PACK), 使中间编码节点自觉形成编码意识, 使中间编码节点中的编码包顺利发送, 从而提高数据包的传输效率和网络的吞吐量. 但是该协议也是在假设邻居

节点都能完全“机会侦听”到周围节点发送的数据包的基础上得出的结论。

针对以上问题, 为了提升系统吞吐量, 并减少信道丢失率对网络性能的影响, 本文提出一种新的基于线性网络编码的无线网络 MAC 层机制 LEC-DCF(Linear Networking Coding-DCF). 该机制的主要思想是将传统的 DCF 信道接入机制与线性网络编码有效结合起来, 采用双解码的方法对编码包进行解码操作, 大大提高了解码的成功率和网络的吞吐量。

2 线性网络编码模型方案

2.1 编码策略

图 2 所示为线性网络编码场景示意图. 假设节点 A 要通过中继节点 R 向节点 D 发送数据包 m , 并且节点 C 要通过中继节点 R 向节点 B 发送数据包 n . 其中, pf 代表信道丢失率, 也就是说当节点 A(C)向节点 R 发送数据包 $m(n)$ 时, 节点 B(D)会有 pf 的概率“机会侦听”不到数据包 $m(n)$ 。

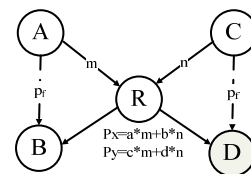


图 2 线性编码场景

当节点 R 接收到数据包 m 和 n 后, 对 m 和 n 进行编码操作, 生成两个新的数据包 p_x 和 p_y 。

其中, a, b, c, d 是线性网络编码的编码系数。

其中:

$$p_x = a * m + b * n \tag{1}$$

$$p_y = c * m + d * n \tag{2}$$

a, b, c, d 是线性网络编码的随机编码系数。

根据矩阵理论可知, 式(1)和式(2)可以写成如下所示:

$$\begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m \\ n \end{pmatrix} \tag{3}$$

2.2 双解码策略

为了提高线性网络的解码成功率, 本文在接收端采用了一个简单而有效的双解码策略。

其核心思想是每个节点都要维护两个缓冲区, 一个缓冲区里面存放的是接收端“机会侦听”到的数据包,

称为偷听缓冲区。另外一个缓冲区里面存放前面中继节点 R 经过线性编码后形成的编码包，称为线性编码缓冲区。

从图 1(b)可以看出，节点 B(D)如果要接收到数据包 n(m)，必须使用偷听缓冲区里的数据包 m(n)，如果 B(D)没有“机会侦听”到 m(n)，那表示偷听缓冲区里就没有 m(n)，这时候接收端就会因为找不到 m(n)而认为解码失败，从而丢弃数据包。

而新的解码策略中，当接收端 B(D)发现偷听缓冲区没有 m(n)时，B(D)会再使用线性编码缓冲区里的编码包来进行解码操作，如果线性编码缓冲区获取编码包失败，接收端才会丢弃数据包。

这样就确保了接收端将至多尝试两次解码操作，如果两次解码操作都失败，才会丢弃数据包。大大降低了因为信道丢失率高而导致数据包解码不成功的概率。

当使用偷听缓冲区解码时，采用如下式子：

$$\begin{cases} m = m \\ p_x = a * m + b * n \end{cases} \quad (4)$$

其中，a 和 b 代表编码系数，可以取随机值。m 是从偷听缓冲区里取出来的数据包，也已知。在这种情况下，可以计算出另外一个数据包 n 和编码包 p_x。

当使用偷听缓冲区进行解码时，如果接收节点因为信道丢失率高而无法“机会侦听”到发送端发送的数据包时，也就是式(4)中的 m 数据包无法获取，因此采取第一种解码方法就无法成功解码出数据包。

这时候就要采取第二种解码方法，这里假设解码系数(a, b)和(c, d)线性无关，那么根据矩阵相关理论知识，可以得到：

$$\begin{pmatrix} m \\ n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中，m 和 n 是发送端发送的原始数据包，p_x 和 p_y 是线性编码包。a, b, c, d 是随机系数。

根据矩阵的线性无关性，联立式(3)和(5)可以计算出原始数据包 m 和 n。

3 LEC-DCF机制性能分析

为了进一步提升系统吞吐量，并减少信道丢失率对网络性能的影响，本文在原有接入机制(NCA-DCF)的基础上，将具有双解码策略的线性网络编码和 IEEE

802.11 DCF 机制相结合，提出一种新的基于线性网络编码的无线网络 MAC 层机制 LEC-DCF(Linear Networking Coding-DCF)。

3.1 网络模型和假设

本文参考文献[4]的网络模型，如图 3 所示，一对编码流包括两个源节点 S_{r1} 和 S_{r2}，2 个目的节点 D_{r1} 和 D_{r2}，其中(r=1,2,3,4.....)，一个中间编码节点 N。其中，源节点 S(目的节点 D)除了无法监听到对应目的节点 D(源节点 S)外，其余节点均在其监听范围内^[4]。

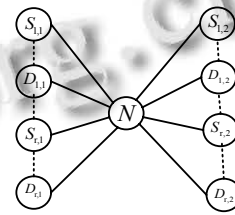


图 3 网络模型

3.2 数学建模分析

本节结合线性网络编码特性，对 LEC-DCF 机制进行数学建模分析，然后根据马尔科夫链的相关性质，分别推导出源节点和中间编码节点的成功发送概率，以及中间编码节点饱和吞吐量。

在线性网络编码机制下，网络中存在原始数据包和编码数据包这两种类型的数据包，数据包的类型用 a 表示，a 的取值为 0(代表原始数据包)和 1(代表编码数据包)。两种数据包均采用 IEEE 802.11DCF 基本接入机制来竞争信道。

结合 Bianchi 的分析可知：在退避阶段，原始数据包和编码数据包的竞争窗口值为：

$$W_{a,x} = \begin{cases} 2^x W_{a,0} & x \in [0, m-1] \text{ if } (L_a > m) \\ 2^m W_{a,0} = W_{a,m} & x \in [m, L_a] \text{ if } (L_a > m) \\ 2^x W_{a,0} & x \in [0, L_a] \text{ if } (L_a \leq m) \end{cases} \quad (6)$$

其中，W_{a,0} 为 a 类型的数据包的最小竞争窗口值；W_{a,m} 和 L_a 分别表示 a 类型的数据包的最大竞争窗口值以及 MAC 层的最大重传次数，m 表示最大退避次数，x 表示退避计数器当前所处的退避阶段；

在对 LEC-DCF 机制进行理论分析之前，为了研究方便，本文做如下假设：

- 1) 信道不是理想的，数据包还会因为信道丢失率高而导致数据包分组被丢弃。
- 2) 发送节点(源节点)一直处于饱和发送状态。

3) 数据包的冲突概率在传输过程中保持不变并且相互独立。

另外, 本文设定 a 类型的数据包在发送过程中发生冲突的概率用 p_a 表示, 信道丢失率用 p_f 表示, 而发送 a 类型数据包的节点在退避阶段检测到信道忙的概率用 $p_{a,b}$ 表示。

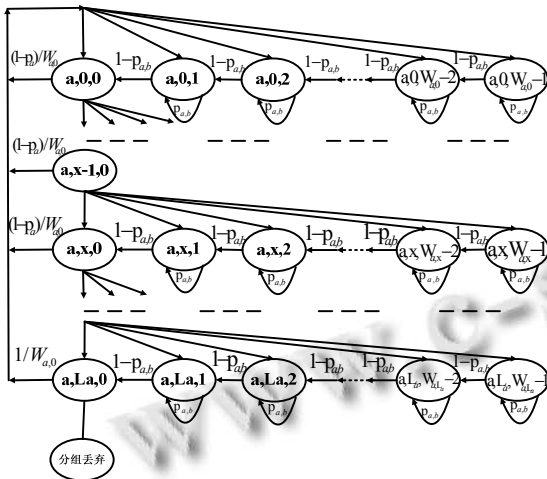


图 4 马尔科夫链模型图

$\{S(a,t), B(a,t)\}$ 构成离散二维马尔科夫链模型如图 4 所示. 其中 a 类型的数据包在 t 时刻的退避阶段和退避计数器的随机过程分别用 $S(a,t)$ 和 $B(a,t)$ 来表示。

本文用 $\{a,x,k\}$ 表示网络中传输数据包的节点状态, 其中, x 和 k 分别表示节点所处退避阶段的值和退避的时隙数, a 表示传输数据包的类型. 则传输节点的单步转移概率如下所示:

$$\begin{cases} p\{a,x,k|a,x,k+1\}=1-p_{a,b} & k \in [0, W_{a,x}-2] \quad x \in [0, L_a] \\ p\{a,0,k|a,x,0\}=(1-p_a)/W_{a,0} & k \in [0, W_{a,0}-1] \quad x \in [0, L_a] \\ p\{a,x,k|a,x-1,0\}=p_a/W_{a,x} & k \in [0, W_{a,x}-1] \quad x \in [0, L_a] \\ p\{a,0,k|a,L_a,0\}=1/W_{a,0} & k \in [0, W_{a,0}-1] \\ p\{a,x,k|a,x,k\}=p_{a,b} & k \in [0, W_{a,x}-1] \quad x \in [0, L_a] \end{cases} \quad (7)$$

记 $b_{a,x,k} = \lim_{t \rightarrow \infty} p\{S(a,t), B(a,t)\}$ 为二维马尔可夫链的稳态概率分布, 由图 3 以及二维马尔科夫链的相关性质可知:

$$b_{a,x,0} = p_a^x b_{a,0,0} \quad x \in [0, L_a] \quad (8)$$

$$b_{a,x,k} = \frac{W_{a,x}-k}{W_{a,x}} \frac{1}{1-p_{a,b}} \quad x \in [0, L_a] \quad k \in [1, W_{a,x}-1] \quad (9)$$

$$\sum_{x=0}^{L_a} \sum_{k=0}^{W_{a,x}-1} b_{a,x,k} = 1 \quad (10)$$

由公式(8)~(10)可以得出在初始退避阶段的稳态

概率分布为:

$$b_{a,0,0} = \frac{1}{\sum_{x=0}^{L_a} (1 + \frac{1}{1-p_{a,b}} \frac{W_{a,x}-1}{2}) p_a^x} \quad (11)$$

定义 τ_a 为发送 a 类型数据包的节点在任意一个时隙内发送数据包的概率, 根据文献[2]可知, 只要节点退避计数器的值减少到 0, 就立刻发送数据, 因此可以得出:

$$\tau_a = \sum_{x=0}^{L_a} b_{a,x,0} = b_{a,0,0} \frac{1-p_a^{L_a+1}}{1-p_a} \quad (12)$$

由图 1 可以得知, 假设网络中存在 n 对编码流, 用 n_a 表示发送 a 类型数据包的节点个数. 则 n_0 和 n_1 分别表示网络中发送原始数据包和编码包的节点个数. 其中 $n_0=2n, n_1=1$.

则发送原始包和发送编码包的节点在退避阶段检测到信道忙的概率分别用 $p_{0,b}$ 和 $p_{1,b}$ 表示. 根据 IEEE 802.11DCF 退避机制可知, 该概率等于除本节点外, 剩下的 (n_0+n_1-1) 个节点中至少有一个节点发送数据包的概率。

$$p_{0,b} = 1 - (1-\tau_0)^{n_0-1} (1-\tau_1)^{n_0} \quad (13)$$

$$p_{1,b} = 1 - (1-\tau_0)^{n_0} (1-\tau_1)^{n_1-1} \quad (14)$$

由前面分析可知, p_a 表示数据包 a 在发送过程中发生冲突的概率. 该概率等于除本节点外, 其余的 (n_1+n_0-1) 个节点中至少有一个节点发送数据包的概率。

$$p_0 = 1 - (1-\tau_0)^{n_0-1} (1-\tau_1) \quad (15)$$

$$p_1 = 1 - (1-\tau_0)^{n_0} \quad (16)$$

因此, 公式(11)(12)(13)(14)(15)和(16)构成关于 p 和 τ 的非线性方程组, 从上分析可知, 节点数量 n_1 和 n_0 可以事先定义, 最小竞争窗口 $W_{a,0}$ 和最大退避次数 L_a 也已知的情况下, 利用非线性方程组解的特性, 可以计算出 τ 、 p_0 、 p_1 、 $p_{0,b}$ 、 $p_{1,b}$ 的值。

3.3 饱和吞吐量分析

本文假设某一时隙内网络中至少有一个节点发送数据包的概率为 p_{tr} . 该时隙中成功发送 a 类型数据包 a 的概率用 $p_{a,s}$ 表示. 该时隙中成功发送原始数据包和编码包的概率的和用 p_s 表示。

$$p_{tr} = 1 - (1-\tau_0)^{n_0} (1-\tau_1) (1-p_f) \quad (17)$$

$$p_{0,s} = n_0 \tau_0 (1-\tau_0)^{n_0-1} (1-\tau_1) (1-p_f) / p_{tr} \quad (18)$$

$$p_s = p_{1,s} + p_{0,s} \quad (19)$$

其中 $p_{1,s}$ 表示编码包成功发送的概率. 在采用线性编码的情况下, 由图 3 可知这个概率应该包括两个部分:

1) 当接收端能顺利“机会侦听”到发送端的数据包时, 这时接收端只需要利用偷听缓冲区里的数据包进行解码. 因此, 第一部分是计算利用偷听缓冲区的数据包进行解码的概率.

$$p_{1,s,1} = \tau_1(1-\tau_0)^{n-1}(1-\tau_1)(1-p_f)(1-p_f^2)/(4p_r) \quad (20)$$

2) 当接收端因为信道丢失率高而无法“机会侦听”到发送端的数据包时, 就要利用编码缓冲区里面的编码包, 进行线性解码.

$$p_{1,s,2} = \tau_1(1-\tau_0)^{n-1}(1-\tau_1)p_f(1-p_f)^2/(4p_r) \quad (21)$$

因此 $p_{1,s}$ 应该包括以上两部分的概率.

$$p_{1,s} = p_{1,s,1} + p_{1,s,2} \quad (22)$$

系统的饱和吞吐量定义为(原始包或编码包)中的有效载荷被成功发送所用的时间在总的信道时间中所占的比例.

根据文献[4], 可以得出 a 类型的数据包在网络中的吞吐量 S_a 可表示为:

$$S_a = \frac{p_{tr} p_{a,s} T_{E(p_a)}}{(1-p_{tr})\delta + p_{tr} p_s T_{a,s} + p_{tr}(1-p_s)T_{a,c}} \quad (23)$$

则源节点发送原始包的吞吐量可以表示为:

$$S_0 = \frac{p_{tr} p_{0,s} T_{E(p_0)}}{(1-p_{tr})\delta + p_{tr} p_s T_{0,s} + p_{tr}(1-p_s)T_{0,c}} \quad (24)$$

从图 2 可知, 源节点发送到中间编码节点的数据包经过编码后, 生成两个线性编码包, 并分别转发给两个目的节点. 因此中间编码节点实际上发送了 4 个线性编码包, 因此中间编码节点的实际网络吞吐量为:

$$S_1 = \frac{4p_{tr} p_{1,s} T_{E(p_1)}}{(1-p_{tr})\delta + p_{tr} p_s T_{1,s} + p_{tr}(1-p_s)T_{1,c}} \quad (25)$$

其中, a 类型的数据包的有效载荷大小用 $E(p_a)$ 表示; a 类型的数据包的平均有效载荷的传输时间用 $T_{E(p_a)}$ 表示.

本文假设在无线网络中数据包的大小恒定不变, 因此得出原始包的有效载荷大小用 $E(p_0)$ 表示, 编码包的有效载荷大小用 $E(p_1)$ 表示, 根据文献[4]的分析, 有 $E(p_0) = E(p_1)$, 所以有 $T_{E(p_0)} = T_{E(p_1)}$.

$T_{a,s}$ 和 $T_{a,c}$ 示分别表示发送 a 类型的数据包因为一次成功和发生冲突而使信道检测为忙的时间. δ 为

一个单位空闲时隙.

因此, 整个系统的饱和吞吐量为:

$$S = S_0 + S_1 \quad (26)$$

4 LEC-DCF协议性能分析与评价

本文使用 matlab 网络仿真平台模拟实现 LEC-DCF 机制, 并将其与 NCA-DCF 机制性能进行比较. 模拟实验采用的拓扑结构如图 5 所示, 节点范围为 50m*50m, 源节点和目的节点之间通过转发节点转发, 并且目的节点和源节点都分布在转发节点的传输范围内, 而且目的节点和源节点之间不能互相通信.

实验以网络整体吞吐量、中间编码节点的吞吐量以及节点成功发送概率作为指标考察协议的性能.

表 1 试验设置参数

信道速率	1Mbps	ACK 超时	300 μ s
有效载荷	8200bits	时隙宽度	50 μ s
MAC 帧头部	272bits	最小竞争窗口	32
PHY 帧头部	128bits	DIFS	50 μ s
ACK 帧长度	240bits	SIFS	10 μ s
最大退避阶段	5	L_a	10
最大竞争窗口	1024	传播时延/ μ s	1

4.1 实验设置

本节设计了两组实验, 分别考虑在基本接入机制下信道丢失率和节点数对 LEC-DCF 机制的影响.

4.2 实验结果及分析

图 6 是 LEC-DCF 机制和 NCA-DCF 机制随编码流对数增加时的吞吐量变化. 其中 $pf=0.2$ 和 $pf=0.6$ 分别代表网络处于空闲和忙碌的状态.

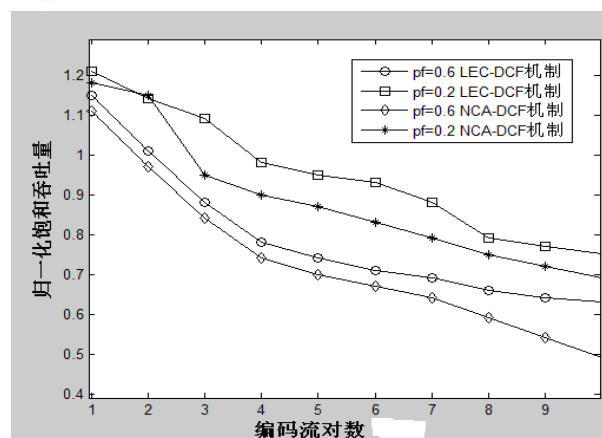


图 6 整体饱和吞吐量随编码流对数分析

从图中可以看出, 随着编码流对数的增加, 参与

竞争信道的源节点数也随之增大。从上面的分析可知,中间编码节点数目固定不变,因此发送到中间编码节点参与编码的数据包逐渐增多,会导致中间编码节点因为数据包太多而来不及进行编码发送,这时中间节点接入信道的概率大大降低,从而降低了网络吞吐量。因此两种机制的网络吞吐量呈下降趋势。

而采用双解码策略的 LEC-DCF 机制的吞吐量要好于 NCA-DCF 机制。这是因为中间节点对原始包进行编码后生成 2 个线性编码包,并分别转发给 2 个接收节点,因此中间节点实际上发送了 4 个线性编码包,由前面的分析可知,中间节点吞吐量实际是采用 COPE 协议的 NCA-DCF 机制的两倍,因此整体网络吞吐量(整体网络吞吐量=源节点吞吐量+中间节点吞吐量)明显高于 NCA-DCF 机制。

图 7 描述了两种机制的中间编码节点在吞吐量性能上的对比。其中 $n=2$ 和 $n=7$ 分别表示编码流对数比较少和较多的情况。从图中可以看出,随着信道丢失率的增加,两种机制的吞吐量呈下降趋势。而在信道丢失率比较小的情况下,LEC-DCF 机制的网络吞吐量要小于 NCA-DCF 机制。而当信道状况比较恶劣的情况下,LEC-DCF 的网络吞吐量要明显高于 NCA-DCF。

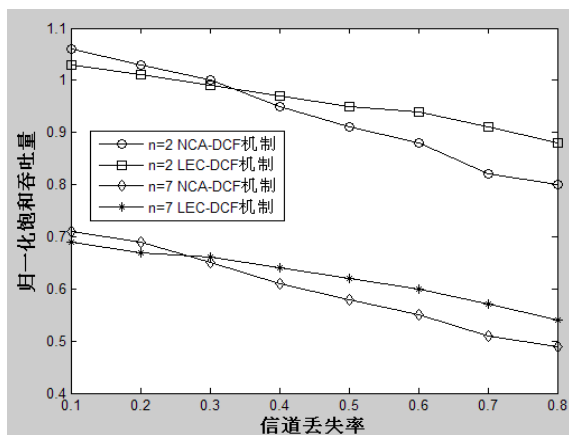


图 7 中间节点饱和吞吐量随信道丢失率分析

这是因为当信道状况比较好的情况下,目的节点能很容易的“机会侦听”到源节点发送的数据包,因此目的节点仅仅利用偷听缓冲区的数据包就能完成解码工作。所以 NCA-DCF 机制的吞吐量要好于 LEC-DCF 机制。

而当网络状况比较恶劣的情况下,目的节点往往会因为信道环境恶劣而“机会侦听”不到源节点发送的

数据包,因而无法完成解码工作,导致网络吞吐量的下降。这时要利用线性编码缓冲区里的线性编码包来完成解码工作,因此 LEC-DCF 机制的网络吞吐量要好于 NCA-DCF 机制。

图 8 是两种机制的中间编码节点在信道丢失率增加的情况下成功发送概率的变化对比。其中 $n=2$ 和 $n=7$ 分别表示编码流对数比较少和较多的情况。从图中可以看出,随着信道丢失率的增加,两种机制的成功发送概率呈下降趋势。而在信道丢失率比较小的情况下,LEC-DCF 机制的成功发送概率要小于 NCA-DCF 机制。而当信道状况比较恶劣的情况下,LEC-DCF 的成功发送概率要明显高于 NCA-DCF。

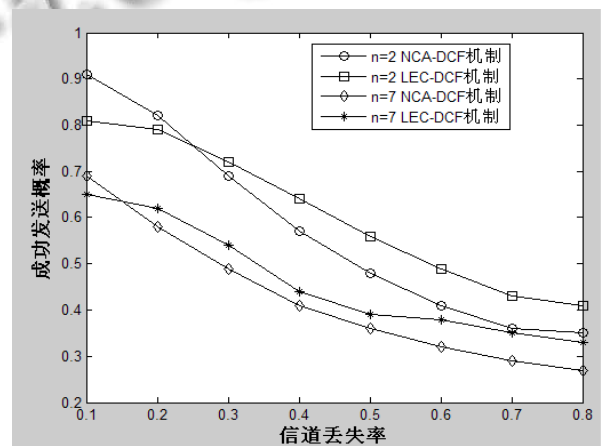


图 8 中间节点成功发送概率随信道丢失率分析

5 总结与展望

针对实际无线网络中数据包丢失率高的问题,本文在 IEEE 802.11 DCF 基本接入机制的基础上提出了一种基于线性网络编码的信道接入机制(LEC-DCF)。该机制通过改进 COPE 协议的网络编码方式,提出了采用双解码方法来对编码包进行解码,大大提高了目的节点的解码成功率。本文运用马尔科夫链模型对 LEC-DCF 进行数学建模分析。分析结果表明:在数据包丢失率比较高的情况下,LEC-DCF 可以明显提高网络吞吐量。

下一步作者将在 LEC-DCF 机制的基础上,考虑在节点缓存有限的情况下,该协议在吞吐量以及成功发送概率方面的表现,从而使该机制更好的服务于实际的无线网络。

参考文献

- 1 Le JL, Lui JCS, Chiu DM. DCAR: Distributed coding-aware routing in wireless networks. *IEEE Trans. Mobile Computing*, April, 2010, 9(4): 596–608.
- 2 Argyriou A. Wireless coding with improved opportunistic listening. *IEEE Trans. on Mobile Computing*, 2010, 9(8): 1134–1146.
- 3 徐奎,戴彬,黄本雄,等.一种基于无线网络编码的可靠性通信策略. *小型微型计算机系统*, 2009, 30(6): 1077–1081.
- 4 金铃,白光伟,沈航,等.基于网络编码的 802.11DCF 信道接入机制. *计算机工程*, 2013, 39(8): 147–152.
- 5 Hao K, Jin ZG. An optimization algorithm of network coding for minimizing coding nodes. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2011, 33(2): 360–365.
- 6 Le J, Lui JCS, Chiu DM. DCAR: Distributed coding-aware routing in wireless networks. *IEEE Trans. on Mobile Computing (S1536-1233)*, 2010, 9(4): 596–608.
- 7 陈贵海,李宏兴,韩松,钟子飞,陈明达.多跳无线网络中基于网络编码的多路径路由. *软件学报*, 2010, 21(8): 1908–1919.
- 8 Xia ZQ, Chen ZG, Shen XJ, et al. Research on network coding in wireless mesh networks: A survey. *Computer Engineering and Applications*, 2010, 46(12): 1–4.