

对无线多跳网络中 VoIP 数据包聚合算法的性能优化

张晓蕾¹ 刘瑞新¹ 高立军¹ 胡昌振²

¹(北京信息职业技术学院软件工程系 北京 100018)

²(北京理工大学计算机工程学院 北京 100081)

摘要 针对聚合算法对无线多跳网络中服务质量和节点能耗之间制衡的问题,提出成本函数和分组聚合算法的性能优化方案。分析聚合数据包分组的数量对服务质量和节点能耗的影响,利用成本函数使得二者融合于同一个函数。因此,成本函数的最优值点也是二者平衡的最优值点,从而得到聚合数据包分组数量的最优值。为验证提出方案的有效性,仿真实现了该方案。仿真结果表明,该方案可以较好地优化聚合算法。

关键词 无线多跳网络 VoIP 服务 聚合算法 性能优化 成本函数

中图分类号 TP393 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2016.01.025

PERFORMANCE OPTIMISATION FOR AGGREGATION ALGORITHM OF VOIP PACKETS IN WIRELESS MULTI-HOP NETWORK

Zhang Xiaolei¹ Liu Ruixin¹ Gao Lijun¹ Hu Changzhen²

¹(Department of Software Engineering, Beijing Information Technology College, Beijing 100018, China)

²(School of Computer Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract For the problem of aggregation algorithm on balance between quality of service and energy consumption of nodes in wireless multi-hop network, we proposed a performance optimisation scheme of cost function and packet aggregation algorithm. We analysed the impact of the number of aggregation packets on quality of service and nodes energy consumption, and utilised the cost function to merge two of them into one function. Thus, the optimal value of the cost function became the optimal value of the balance between them two as well, so that we got the optimal value of the number of aggregation packets. For verifying the effectiveness of the proposed scheme, we implemented the scheme by simulation. Simulation results showed that the proposed scheme could well optimise the aggregation algorithm.

Keywords Wireless multi-hop network VoIP service Aggregation algorithm Performance optimisation Cost function

0 引言

为了有效利用无线网络中 VoIP 服务的带宽,许多对于数据包聚合方案的研究已开展^[1,2]。数据包聚合的过程是连接多个数据包组合成一个单一的数据包,此过程可以有效减少中继节点的传输开销。数据包聚合分为两种类型:终端到终端的聚合算法和逐跳聚合算法。在终端到终端的聚合算法中,聚合算法是通过源节点和目标节点对数据包进行装拆来实现的,而中间节点充当的只是路由器来中继聚合的数据包^[3]。在逐跳聚合算法中,数据包的组装和拆卸过程在源节点和目的节点之间的每一个节点上都会进行,即每个传输结果的低能耗旨在减少中继节点开销^[4]。然而,当聚合数据包变大时,会导致数据包的错误率增加,也会增加排队延迟从而增加了端至端的延迟^[5]。因此,合并成聚合 VoIP 数据包的单个 VoIP 数据包的数目对于无线多跳网络中的移动节点的 VoIP 的服务质量和节能情况来说是很重要的因素。

本文通过建立成本函数来描述 VoIP 的服务质量和节点的能量消耗之间的权衡程度,从而使用该成本函数可以得到在无

线多跳网络中 VoIP 数据包聚合的最佳数量。

1 相关工作

数据包聚合算法的目的是通过降低无线网络的开销以提高带宽的使用效率。文献[2]提出了一种数据包聚合方法以提高以太网环境中的数据包的传输效率。文献[3]提出的数据包聚合方法可以提高在互联网环境下的网络带宽的利用效率。文献[4]提出了逐跳数据包聚合方法,以减少用于实时传输服务的时间,并提高基于数据包的网络带宽利用效率。下面主要介绍无线网络中的数据包聚合对于 VoIP 服务的服务质量和无线节点的能量的消耗两方面的影响。

1.1 VoIP 服务中的服务质量

文献[6]提出了一种基于链路的网络电话聚合算法。它的性能及改进是相对于无线网状网固定分组聚合算法而言的。仿真结果表明,该数据包聚合算法在增加了网络电话支持流的数

收稿日期:2014-06-25。国家自然科学基金项目(61170263);中国博士后科学基金特别项目(201102512)。张晓蕾,副教授,主研领域:计算机网络等。刘瑞新,教授。高立军,讲师。胡昌振,教授。

量的同时,还能降低端至端延迟、抖动和数据包丢包的情况。文献[7]分析了数据包的效果聚合的算法对于无线网状网络中 VoIP 服务质量的影响,其重点包括聚合延迟和端至端延迟的效果。仿真结果表明,使用数据包聚合算法时为避免 VoIP 业务的服务质量变差,对端至端延迟有一定的限制。文献[8]提出了无线网络环境中对于实时应用的一种新的数据包聚合算法机制。该算法考虑数据包的保存时间估计,在这段估计时间内会发生数据包聚合,并且在降低 VoIP 的服务质量的情况下,该估计时间是用于允许数据包聚合的。仿真结果表明,在应用范围内,此聚合机制能够保持抖动和端至端延迟在合理的范围之内。

1.2 能量消耗

文献[9]提出了通过测量 IEEE 802.11b 的网卡的功率的方法,表示数据包大小对总功耗的影响。仿真结果表明,相对于频繁发送小数据包,如网络负载的情况,该数据包聚合机制可以节省网络工作负载从而节省大量的传输功率。文献[10]提出了一种在无线传感器网络中进行语音传递的自适应的等待数据包聚合(AWPA)算法。此算法能够有效节能,并且获得合理的服务质量结果。文献[11]提出了低能量数据包聚合的计划(LEDAS)概念,他们通过数值模拟评估 LEDAS 的功效,结果显示它能够很好地权衡能耗和延迟,并且验证了该方案在节约能源、降低功耗方面的效率。文献[12]提出了一种灵活的数据包聚合方案,降低了每个设备的能源消耗。仿真结果表明,此数据包聚合方案对于一个网络的降低能耗的效率高达 50%。

本文分析了一种在无线多跳环境中终端到终端的数据包聚合方案的效果,该算法同时考虑到 VoIP 服务的服务质量和节点能量的功耗的问题。根据分析结果,证明 VoIP 业务服务质量和节点的节能减排数值之间的权衡,并且提出了一个成本函数,用于获取在服务质量和能量消耗之间数据包聚合数的优化权衡。

2 无线多跳网络中的 VoIP 业务的服务质量

本节讨论在无线多跳环境中,针对终端到终端延迟和丢失数据包的可能性情况来分析数据包聚合对于 VoIP 的服务质量的影响。*MOS* 是评估语音质量的衡量标准。*MOS* 的值从 1(最低品质)到 4.5(质量最好),由因子 R 决定,*MOS* 和因子 R 之间的关系如表 1 所示^[13]。

表 1 根据语音质量评估得到的因子 R 和 *MOS* 的关系

| 语音质量评估 | 因子 R | <i>MOS</i> 值 |
|--------|----------------|--------------|
| 很好 | $90 < R < 100$ | 4.34—4.50 |
| 良好 | $80 < R < 90$ | 4.03—4.34 |
| 一般 | $70 < R < 80$ | 3.60—4.03 |
| 差 | $60 < R < 70$ | 3.10—3.60 |
| 极差 | $50 < R < 60$ | 2.58—3.10 |

因子 R 与 R_0, I_s, I_d, I_e 和 A 相关, R 的计算式为:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A \quad (1)$$

式中, R_0 是基本的信号与噪声比(信噪比), I_s 是两个用同时进行语音传输所造成的语音质量的损伤系数, I_d 是由于延迟造成的语音质量的减值因素, I_e 是由于数据包丢失引起的语音质量的减值因素, A 是可以过特定的应用程序来提高语音质量的优势因素^[14]。

R_0 和 I_s 是不受数据包聚合算法的影响的,研究过程中设置 $R_0 - I_s$ 为定值 94.2,此值是从 R 因子的最大值(100)^[15] 去除语音质量的下降值(I_s 的值为 5.8)所得到的值。同时本文假定没有任何特定的应用程序用以提高语音质量,固定值 A 的为 0^[15]。从而,式(1)可以改为:

$$R = 94.2 - I_d - I_e \quad (2)$$

2.1 无线多跳网络中的 I_d

语音质量从终端到终端的延迟的因减值因素 I_d 可以表示为:

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd} \quad (3)$$

式中, I_{dte} 是由扬声器产生的回声损失, I_{dle} 是听者的回声损失, I_{dd} 是端到端的延迟损失^[13]。近期的 VoIP 服务的技术发展表明,由于扬声器产生的回声损失 I_{dte} 和听者的回声损失可以不予考虑,因此固定这个值为 0。然后,根据文献[14], I_d 可记为:

$$I_d = I_{dd} \cong 0.024T_a + 0.11(T_a - 177.3)H(T_a - 177.3) \quad (4)$$

$$H(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 1 & x \geq 1 \end{cases}$$

式中, T_a 是终端到终端的延迟。

端至端延迟(T_a)是测得的从扬声器产生的声音信号时到声音信号被听者感知到的总延迟时间假设源节点到目的节点之间有 n 个跳越。因此,终端到终端的延迟 T_a 可计算如下:

$$T_a(c_{PA}) = D_{enc} + D_{pack} + D_{PA} + \sum_{n=1}^h (D_{tran}^n + D_{que}^n + D_{prop}^n) + D_{jü} + D_{dec} \quad (5)$$

式中, D_{enc} 是编码延迟, D_{pack} 是分组延迟, D_{PA} 是 VoIP 数据包聚合延迟, D_{tran}^n 是第 n 跳的传输延迟, D_{que}^n 是第 n 跳的排队延迟, D_{prop}^n 是第 n 跳的传播延迟, $D_{jü}$ 是抖动延迟, D_{dec} 是解码延迟。 D_{PA} 是被组合成一个聚合数据包时,在源节点的缓冲器中第一个到达网络电话数据包的等待时间,且被定义为:

$$D_{PA} = T_p(c_{PA} - 1) \quad (6)$$

式中, T_p 为 VoIP 数据包的生成的时间间隔^[7]。在第 n 个节点的传输延迟可由下式给出:

$$D_{tran}^n = \frac{S_h + c_{PA}S_p}{r} \quad (7)$$

式中, S_h, S_p 和 r 分别表示 VoIP 数据包的报头的大小,VoIP 数据包有效载荷报头的大小和联接的传输速率的大小。结合式(5)至式(7)可知, T_a 可以被表示为:

$$T_a(c_{PA}) = \rho + T_p(c_{PA} - 1) + \frac{Vh}{r}$$

$$= \rho + V \left(\frac{T_p}{S_p} + \frac{h}{r} \right) - \frac{T_p S_h}{S_p} - T_p \quad (8)$$

式中, $\rho = D_{enc} + D_{pack} + \sum_{n=1}^h (D_{que}^n + D_{prop}^n) + D_{jü} + D_{dec}$, $V = S_h + c_{PA}S_p$ 是 VoIP 数据包的指聚合大小。结合式(4)和式(8)可知,无线多跳网络中 I_d 为:

$$I_d(c_{PA}) = \begin{cases} 0.024 \left(\rho + V \left(\frac{T_p}{S_p} + \frac{h}{r} \right) - \frac{T_p S_h}{S_p} - T_p \right) & T_a < 177.3 \\ 0.134 \left(\rho + V \left(\frac{T_p}{S_p} + \frac{h}{r} \right) - \frac{T_p S_h}{S_p} - T_p \right) - 19.503 & T_a \geq 177.3 \end{cases} \quad (9)$$

2.2 无线多跳网络中的 I_e

由于 VoIP 分组丢失,声音质量的损伤系数 I_e 定义数据包丢失概率 p_l 的函数为:

$$I_e \cong \gamma_1 + \gamma_2 \ln(1 + \gamma_3 p_l) \quad (10)$$

式中, $\gamma_i (i = 1, 2, 3)$ 为诱导对 I_e 的近似公式的拟合参数, 其可以根据使用在文献[15]中的 VoIP 编解码器而变化。例如, 在 G. 729 中, $\gamma_1 = 11, \gamma_2 = 40$, 且 $\gamma_3 = 10^{[15]}$ 。在其为 VoIP 编解码器而非 G. 729 的情况下, γ_i 的值可以参考文献[16]。VoIP 分组丢失概率 p_l 是由 VoIP 分组和比特误码率 (BER) 的大小来确定。设 $p_n (n = 1, 2, 3, \dots, h)$ 为第 $(n-1)$ 个节点与第 n 个节点之间的无线链路的误码率, 那么 p_l 可由下式计算得出:

$$p_l(c_{PA}) = 1 - \prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V \quad (11)$$

结合式(10)和式(11)得出 I_e 的表达式:

$$I_e(c_{PA}) \cong \gamma_1 + \gamma_2 \ln(1 + \gamma_3 (1 - \prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V)) \quad (12)$$

结合式(2), 式(9)和式(12), 可以表示出在无线多跳网络环境中的 R-因子作为该数据包聚集数的函数:

$$R(c_{PA}) \cong \begin{cases} 94.2 - 0.024 \left(\rho + V \left(\frac{T_p}{S_p} + \frac{h}{r} \right) - \frac{T_p s_h}{s_p} - T_p \right) \\ - \gamma_1 - \gamma_2 \ln(1 + \gamma_3 (1 - \prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V)) & T_a < 177.3 \\ 113.703 - 0.134 \left(\rho + V \left(\frac{T_p}{S_p} + \frac{h}{r} \right) - \frac{T_p s_h}{s_p} - T_p \right) \\ - \gamma_1 - \gamma_2 \ln(1 + \gamma_3 (1 - \prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V)) & T_a \geq 177.3 \end{cases} \quad (13)$$

3 在无线多跳网络中移动节点的能量消耗

设 E_{TX} 和 E_{RX} 分别为所需能量的一个节点用于接收和发送的聚集 VoIP 分组。那么 E_{TX} 和 E_{RX} 的计算式为:

$$E_{TX} = (E_{elec} + E_{amp} d_n^2) V \quad (14)$$

$$E_{RX} = (E_{elec} + E_{amp} d_n^2) V \quad (15)$$

式中, E_{elec} 是每比特产生一个数据包电子电路所需要的能量消耗, E_{amp} 是每比特传输数据包所需的放大器能耗, d_n 是第 $(n-1)$ 个节点与第 n 个节点之间的距离^[17,18]。

设 n_p 成为通话过程中所产生 VoIP 分组的数目, 那么总的通话时间为 $n_p T_p$ (T_p 是 VoIP 数据包生成的时间间隔)。因为每单位时间聚合 VoIP 分组传输的数量为 $1/(C_{PA} T_p)$, 那么每单位时间用于传输聚合的 VoIP 分组所需的源节点的能量:

$$E_{source} = \frac{1}{C_{PA} T_p} (E_{elec} + E_{amp} d_1^2) V \quad (16)$$

假设传输失败的 VoIP 分组没有重传, 那么聚合的 VoIP 数据包出现在第 m 个中继节点的概率为 $\prod_{n=1}^{m-1} (1 - p_n)^V$ 。所以每单位时间用于接收和发送聚合的 VoIP 分组所需的所有中继节点的能量:

$$E_{relay} = \frac{1}{C_{PA} T_p} \sum_{m=1}^{h-1} \prod_{n=1}^m (1 - p_n)^V (2E_{elec} + E_{amp} d_{n+1}^2) V \quad (17)$$

由于在没有传输失败的情况下凝集的 VoIP 分组到达的目的地节点的概率为 $\prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V$, 目的地节点每单位时间接收聚合 VoIP 分组所需的能量:

$$E_{destination} = \frac{1}{C_{PA} T_p} \prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V (E_{elec} V) \quad (18)$$

结合式(16) - 式(18), 每单位时间从源节点到目标节点传输 VoIP 分组所需能量消耗的总量:

$$E = E_{source} + E_{relay} + E_{destination} = \frac{1}{C_{PA} T_p} \{ (E_{elec} + E_{amp} d_1^2) V + \sum_{m=1}^{h-1} \prod_{n=1}^m (1 - p_n)^V (2E_{elec} + E_{amp} d_{n+1}^2) V + \prod_{n=1}^h (1 - p_n)^V (E_{elec} V) \} \quad (19)$$

4 成本函数和分组聚合算法的优化

在多跳网络中, 聚合 VoIP 数据包的大小会对服务质量和节点能耗产生影响, 如式(13)和式(19)所示。因此, 本节提出了成本函数来权衡服务质量和节点能耗, 得到 VoIP 数据包大小的最优值。

设 R_{max} 为最大的 R-因子, 由端至端延迟和 VoIP 分组丢失, 即 $I_d = I_e = 0$, 而不产生反应的假设中获得的。由式(2)可知, $R_{max} = 94.2$ 。设 E_{max} 变为每单位时间内所有节点能源消耗的最大量。如式(19)所示, 当每个节点不应用数据包聚合算法传输 VoIP 数据包, 并且每一个环节的丢包概率为零时, 即, C_{PA} 且 p_n , 可以得到 E_{max} :

$$E_{max} = \frac{1}{T_p} (s_h + s_p) \sum_{n=1}^h (2E_{elec} + E_{amp} d_n^2) \quad (20)$$

如表 1 所示, 对应于用户可接受的语音质量的 R-因子应不超过 70, 假设分组丢失概率是零, 那么最大允许端至端延迟来实现的 R-因子超过 70 变成 400 毫秒。在零端至端延迟的假设^[14]下得到的 R-因子超过 70 的允许最大分组丢失概率为 6%。当端至端延迟是 400 毫秒和分组丢失概率为 6% 时, 本文定义 R_{min} 和 E_{min} 分别为最低 R-因子和每单位时间内所有节点的能量消耗的最低量。

从式(8)可知, 该数据包聚集数满足端至端延迟小于 400 毫秒的计算式为:

$$c_{PA} \leq \frac{r \{ T_p s_h + (400 + T_p - \rho) s_p \}}{s_p (T_p r + s_p h)} - \frac{s_h}{s_p} \quad (21)$$

使 C_{PA} 的最大值满足式(21)为 $C_{PA|d < 400}$ 。将 $C_{PA|d < 400}$ 和 $p_l = 0.06$ 代入式(13), 由此可以将 R_{min} 得出:

$$R_{min} = \{ 113.703 - 0.134 \left(\rho + V \left(\frac{T_p}{s_p} + \frac{h}{r} \right) - \frac{T_p s_h}{s_p} - T_p \right) - \gamma_1 - \gamma_2 \ln(1 + 0.06 \gamma_3) \}_{c_{PA} = (c_{PA|d < 400})} \quad (22)$$

考虑当第一链路 (源节点和第一中继节点之间) 的分组丢失概率变为 6% 并且其他环节都为零时, 所有节点处所消耗的能量总量满足源节点与目的节点之间的分组丢包概率为 6% 且最小化, 将 $C_{PA|d < 400}$, $(1 - p_1)^V = 0.94$ 和 $p_n = 0$ (对于 $n > 2$) 代入式(19)中, 可以得到 E_{min} :

$$E_{min} = \frac{1}{C_{PA} T_p} \{ (E_{elec} + E_{amp} d_1^2) V + 0.94(h-1) \times (2E_{elec} + E_{amp} d_{n+1}^2) V + 0.94(E_{elec} V) \}_{c_{PA} = (c_{PA|d < 400})} \quad (23)$$

最后, 定义线性成本函数 $f(R, E)$ 为:

$$f(R, E) = \frac{E_{max}}{E_{max} R_{max} - E_{min} R_{min}} R + \frac{R_{min}}{E_{min} R_{min} - E_{max} R_{max}} \quad (24)$$

$$E(R_{min} \leq R \leq R_{max}, E_{min} \leq E \leq E_{max})$$

式中, $f(R_{max}, E_{min}) = 1, f(R_{min}, E_{max}) = 0$ 。当 R-因子和能量消耗分别越来越接近 R_{max} (R_{min}) 和 E_{min} (E_{max}) 时, f 的值接近 1 (0), 这表明 f 的值越大, 语音质量和节约能源越好。

5 性能评估

为了验证提出方案的有效性, 本节仿真实现了该方案, 仿真

设置如图 1 所示。

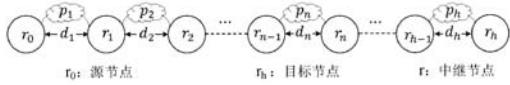


图 1 无线多跳传输链路

源节点和目标节点之间为线性多跳拓扑结构,和在 802.16d-2004 的模型中一样,将数据速率设置为 75 Mbps^[17]。用于性能评估的其他参数列于表 2 中,涉及到的 VoIP 编解码器的参数从 G. 729^[18] 开始,并且能量消耗的参数被设定适合于单一无线电模型^[16]。

表 2 用于性能评估的其他参数

| 延迟 | | VoIP 编解码器 | | 能量模型 | |
|--------------|----------|-----------|----------|------------|--------------------------|
| 参数 | 值 | 参数 | 值 | 参数 | 值 |
| D_{enc} | 17.5 ms | s_h | 46 bytes | E_{elec} | 0.1 nJ/bit |
| D_{dec} | 2.5 ms | s_p | 10 bytes | E_{amp} | 50 nJ/bit/m ² |
| D_{pack} | 20 ms | T_p | 20 ms | d | 10 m |
| D_{que}^n | 1 ms | | | | |
| D_{prop}^n | 0.033 μs | | | | |
| D_{jit} | 60 ms | | | | |

图 2 描述了聚合数据包分组数量对服务质量的影响。随着 VoIP 分组聚集数的增加,聚合的 VoIP 数据包的大小变得更大。这将导致高丢包率。另外,由包聚合算法所引起的附加延迟增大为端到端的延迟,因此,服务质量随 VoIP 分组聚集数的增加而减小。图 2 使用实体正方形标记的点表示允许的最大的 VoIP 数据包聚集数,同时满足在给定的误码率下具有 70 条链路的 R-因子上可接受的语音质量。

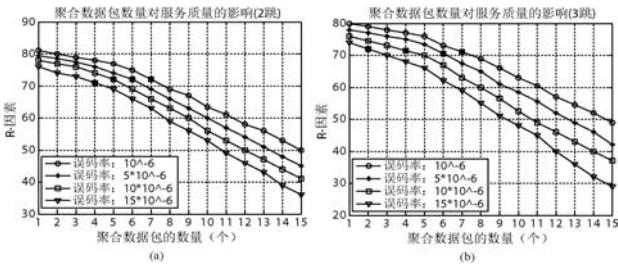


图 2 聚合数据包的数量对服务质量的影响

图 3 描述了聚合数据包分组数量对节点能耗的影响。

从图 3 可以看出,能量消耗随着聚集 VoIP 数据包数量的增加而降低。此外,当跳数增加时,误码率会提高,因此能耗也会增加。

图 4 描述了聚合算法对于服务质量和节点能耗之间的权衡效果,图中的数字表示 C_{PA} 的取值。

从图 4 可以看出,当 VoIP 分组聚集数增加,R-因子和能量消耗均减少。而且比较不同跳数连接的影响^[19],仿真结果表明 2 跳连接的权衡效果比 3 跳连接好。

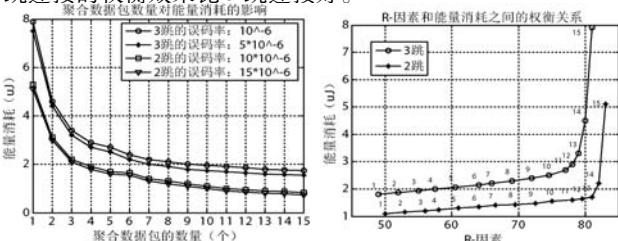


图 3 聚合数据包数量对能量消耗的影响

图 4 服务质量和能量消耗之间的权衡效果

图 5 描述了聚合数据包分组的数量对成本函数的影响。

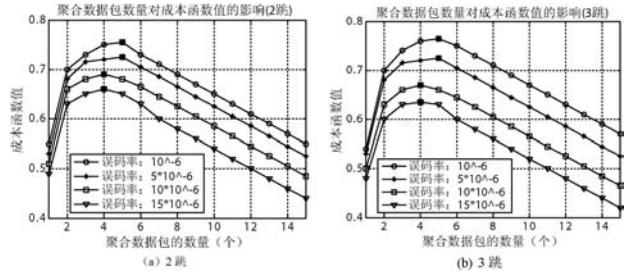


图 5 聚合数据包的数量对成本函数值的影响

从图 5 可以看出,当 VoIP 分组集合数很小时,随着 VoIP 数据包聚集数的增加,降低能耗对成本函数的影响变得比 R-因子对成本函数的影响更强,因此成本函数随该 VoIP 数据包聚集数增大而最先增大。然而,当 VoIP 分组聚集数超过某一阈值时,则减小服务质量对成本函数的影响变得比减少能量消耗对成本函数的影响更大,导致成本函数的值将随着 VoIP 分组聚集数的增加而减小。在该成本函数的值被最大化时,可验证 VoIP 数据包聚集数的最佳值。

6 结 语

本文详细分析了 VoIP 的服务质量和节点能耗之间的权衡关系。基于 R-因子和能量消耗的数值表达式,可以定义成本函数 f 为数据包聚集数,给出了语音质量和能量消耗之间权衡的程度。为了验证提出方案的有效性,本文仿真实现了该方案。根据给定的仿真环境最大限度地提高成本函数 f 的值以获得 VoIP 数据包聚集数的最佳值。

未来将扩大无线多跳网络研究逐跳数据包汇聚算法,在这种情况下,由于要考虑在各个节点上路由的多个连接,一般情况下的网络拓扑结构将被用来分析逐跳分组聚集算法的效果。

参 考 文 献

- [1] 宋安,赵海涛,王杉,等. 提供 QoS 保障的无线多跳路径可用带宽估计模型与方法[J]. 电子与信息学报,2012,34(4):818-824.
- [2] Deng J, Davis M. An adaptive packet aggregation algorithm for wireless networks[C]//Wireless Communications & Signal Processing (WCSP), 2013 International Conference on. IEEE, 2013:1-6.
- [3] Delucio G, Lee R, Safdar A, et al. Aggregating network packets for transmission to a destination node; U. S. Patent 8,228,910[P]. 2012-7-24.
- [4] Kahane O, Mohaban S, Parnafes I. Method and apparatus providing media aggregation in a packet-switched network; U. S. Patent 8,045,585[P]. 2011-10-25.
- [5] 薛亮,关新平,袁亚洲. 无线传感器网络中事件驱动的能量均衡多流聚合路由算法[J]. 控制与决策,2012,27(2):227-231.
- [6] Okech J, Kurien A, Odhiambo M. Link-based VoIP aggregation in mesh networks[C]//New Technologies, Mobility and Security, 2008. NT-MS'08. IEEE, 2008:1-5.
- [7] Marwah K, Singh G. VoIP over WMN; Effect of packet aggregation[J]. International Journal on Computer Science and Engineering, 2011,3(6):2323-2331.
- [8] Azevêdo P H, Caetano M F, Bordim J L A. A packet aggregation mechanism for real time applications over wireless networks[C]//Parallel and Distributed Processing Workshops and Phd Forum (IPDPSW), 2011 IEEE International Symposium on. IEEE, 2011:648-655.

从图4和图5中可以看到,本文算法相比于RPCA方法要好,在不同场景下测得的结果不一样。比如在lobby这个视频场景中,本文提出的算法就要比RPCA方法要高出许多,然而在bootstrap和shoppingmall这两个视频场景中,本文算法略比RPCA要高。帧差法在不同场景下的检测效果*Similarity*值和*F-measure*值相对于其他方法来说要低,只有在bootstrap这个场景中*F-measure*值比最低的混合高斯方法高一点。

4 结 语

针对目前运动目标检测的效果不理想,本文提出了将背景用低秩矩阵来表示,把前景运动目标当作稀疏部分来达到分离的目标,并且结合相邻两帧之间的相似性这一特点,提出了基于帧间相似性约束鲁棒主成分分析模型的运动目标检测算法。该算法要比原始的RPCA算法目标检测的*Similarity*和*F-measure*值更高,从而说明了改进算法在运动目标检测上提取出的轮廓与真实目标更为接近,具有较高的准确性。改进算法也比传统的帧差法、混合高斯法要好,能够建立比较完美的背景模型,提高运动目标的检测效率。

参 考 文 献

- [1] Doucet A, Gordon N J, Krishnamurthy V. Particle filters for state estimation of jump Markov linear systems [J]. *Signal Processing, IEEE Transactions on*, 2001, 49(3): 613-624.
 - [2] Galic S S, LonCariC S. Spatio-temporal image segmentation using optical flow and clustering algorithm [C]//*Image and Signal Processing and Analysis, 2000. IWISPA 2000. Proceedings of the First International Workshop on. IEEE, 2000*: 63-68.
 - [3] Papenberg N, Bruhn A, Brox T, et al. Highly accurate optic flow computation with theoretically justified warping [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2006, 67(2): 141-158.
 - [4] De la Torre F, Black M J. Robust principal component analysis for computer vision [C]//*Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on. IEEE, 2001*, 1: 362-369.
 - [5] De La Torre F, Black M J. A framework for robust subspace learning [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2003, 54(1-3): 117-142.
 - [6] Wright J, Ganesh A, Rao S, et al. Robust principal component analysis: Exact recovery of corrupted low-rank matrices via convex optimization [C]//*Advances in neural information processing systems, 2009*: 2080-2088.
 - [7] Candès E J, Li X, Ma Y, et al. Robust principal component analysis? [J]. *Journal of the ACM (JACM)*, 2011, 58(3): 11.
 - [8] Candès E J, Recht B. Exact matrix completion via convex optimization [J]. *Foundations of Computational mathematics*, 2009, 9(6): 717-772.
 - [9] Liu G, Lin Z, Yan S, et al. Robust recovery of subspace structures by low-rank representation [J]. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 2013, 35(1): 171-184.
 - [10] Beck A, Teboulle M. A fast iterative shrinkage-thresholding algorithm for linear inverse problems [J]. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 2009, 2(1): 183-202.
 - [11] Ganesh A, Lin Z, Wright J, et al. Fast algorithms for recovering a corrupted low-rank matrix [C]//*Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing (CAMSAP), 2009 3rd IEEE International Workshop on, IEEE, 2009*: 213-216.
 - [12] Wright J, Ganesh A, Rao S, et al. Robust principal component analysis: Exact recovery of corrupted low-rank matrices via convex optimization [C]//*Advances in neural information processing systems, 2009*: 2080-2088.
 - [13] Lin Z, Chen M, Ma Y. The Augmented Lagrange Multiplier Method for Exact Recovery of Corrupted Low-Rank Matrices [R]. UIUC Technical Report UILU-ENG-09-2215, 2009.
 - [14] Guo Y, Gao J, Li F. Spatial subspace clustering for hyperspectral data segmentation [C]//*The Third International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIP2013). The Society of Digital Information and Wireless Communication, 2013*: 180-190.
 - [15] Candès E J. The restricted isometry property and its implications for compressed sensing [J]. *Comptes Rendus Mathématique*, 2008, 346(9): 589-592.
 - [16] Lin Z, Liu R, Su Z. Linearized alternating direction method with adaptive penalty for low-rank representation [C]//*Advances in neural information processing systems, 2011*: 612-620.
 - [17] Liu G, Lin Z, Yu Y. Robust subspace segmentation by low-rank representation [C]//*Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML-10), 2010*: 663-670.
-
- (上接第101页)
- [9] Gruteser M, Jain A, Deng J, et al. Exploiting physical layer power control mechanisms in IEEE 802.11 b network interfaces [R]. Department of Computer Science, University of Colorado at Boulder, Tech. Rep. CU-CS-924-01, 2001: 924-929.
 - [10] Xu J, Li K, Shen Y, et al. Adaptive Energy-Efficient Packet Transmission for Voice Delivering in Wireless Sensor Networks [C]//*Network and Parallel Computing, 2009. NPC'09. Sixth IFIP International Conference on. IEEE, 2009*: 86-92.
 - [11] Palit R, Naik K, Singh A. Impact of packet aggregation on energy consumption in smartphones [C]//*Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011 7th International. IEEE, 2011*: 589-594.
 - [12] Neander J, Lennvall T, Gidlund M. Prolonging wireless HART network lifetime using packet aggregation [C]//*Industrial Electronics (ISIE), 2011 IEEE International Symposium on. IEEE, 2011*: 1230-1236.
 - [13] 归奕红. 无线传感器网络 HEDSA 数据聚合研究 [J]. *计算机工程*, 2011, 37(7): 160-162.
 - [14] Assem H, Malone D, Dunne J, et al. Monitoring VoIP call quality using improved simplified E-model [C]//*Computing, Networking and Communications (ICNC), 2013 International Conference on. IEEE, 2013*: 927-931.
 - [15] Assem H, Malone D, Dunne J, et al. Monitoring VoIP call quality using improved simplified E-model [C]//*Computing, Networking and Communications (ICNC), 2013 International Conference on. IEEE, 2013*: 927-931.
 - [16] 唐伟, 郭伟. WSN 聚合数据率约束最大生命期路由 [J]. *电子科技大学学报*, 2011, 40(1): 30-35.
 - [17] Zhang H, Gu Z, Tian Z. QoS evaluation based on extend E-Model in VoIP [C]//*Advanced Communication Technology (ICACT), 2011 13th International Conference on. IEEE, 2011*: 852-854.
 - [18] Chamam A, Pierre S. A distributed energy-efficient clustering protocol for wireless sensor networks [J]. *Computers & electrical engineering*, 2010, 36(2): 303-312.
 - [19] 顾跃跃, 白光伟, 陶金晶. LEACH-CS: 一种自定义的 WSN 跨区多跳路由机制 [J]. *计算机科学*, 2011, 38(1): 78-82.