



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109981334 A
(43)申请公布日 2019.07.05

(21)申请号 201910069989.4
(22)申请日 2019.01.24
(71)申请人 中山大学
地址 510000 广东省广州市新港西路135号
(72)发明人 刘宁 朱坤鑫
(74)专利代理机构 广州凯东知识产权代理有限公司 44259
代理人 罗丹
(51)Int.Cl.
H04L 12/24(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法

(57)摘要

本发明公开了一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法。针对当前覆盖网优化方法未能考虑服务器节点的调度延迟,从而难以应用到实际生产环境中的问题,本方法将链路的传播延迟和节点的调度延迟纳入约束条件进行成本优化。方法步骤具体包括有参数初始化、完全图生成、多流模型联合建模、变量松弛与凹规划、最优解取整和带宽微调。方法可使覆盖网系统在规定延迟约束内大大降低带宽成本,具有良好的可应用性。



1. 一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法,其特征在于包括以下步骤:

A、参数初始化,生成覆盖网基本拓扑结构;

B、完全图生成,对不可行路径进行处理,使覆盖网成为完全有向图;

C、多流模型联合建模,基于多流模型对直播覆盖网进行建模,构建的覆盖网为整数规划模型;

D、变量松弛与凹规划,对变量进行松弛处理,随后使用序列二次规划方法进行求解;

E、最优解取整,对步骤D所求的解进行取整处理;

F、带宽微调,对带宽解进行迭代增加以满足延迟约束。

2. 如权利要求1所述的一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法,其特征在于,所述步骤B中,对不可行路径进行处理具体为将该链路的成本和延迟置为无穷大,再接入原先拓扑图中,从而使覆盖网的拓扑结构为有向完全图。

3. 如权利要求1所述的一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法,其特征在于,所述步骤C中,对覆盖网进行建模过程中融合了传输链路的传播延迟和传输节点的调度延迟,对上述传播延迟和调度延迟进行了联合约束建模。

4. 如权利要求1所述的一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法,其特征在于,所述步骤F中,对带宽解进行迭代增加具体为:对不满足延迟约束的流路径带宽,每次增加10%,然后检查是否满足延迟约束,若不满足,则继续增加直到满足约束条件为止。

一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法

技术领域

[0001] 本发明属于计算机网络领域,涉及一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法,更为具体的说,是涉及一种将链路带宽价格、链路传播延迟和节点调度延迟纳入约束条件的覆盖网构造方法。

背景技术

[0002] 当下直播视频通过覆盖网系统进行数据的传输和分发。覆盖网由不同地区的节点服务器和源节点服务器组成。为下文描述方便,称节点服务器为节点,称源节点服务器为源节点。源节点将直播视频流数据分发到不同地区的节点,然后不同地区节点再将数据分发给相应地区的用户终端。相比于用户直接从源节点拉取直播视频流数据,通过覆盖网进行数据的分发能有效降低源节点的分发压力和视频流数据的传输延迟。

[0003] 部署一个覆盖网系统的成本主要来自不同节点之间的链路带宽成本。当链路带宽越大时,节点之间的数据传输延迟就越低,但相应地系统的带宽成本也越高。如何在一定的延迟约束内尽可能地降低带宽成本是一个业界热点问题。近年来,有不少研究人员针对覆盖网的资源分配优化问题进行了大量的研究,在一些特定应用领域取得了长足的进展。然而大部分工作为了简化问题,在数据传输延迟方面只考虑了传输链路的传播延迟,而忽略了节点的调度延迟。这一简化与实际生活中的情况相违背,使得算法可执行性降低,无法被真正应用到实际生产环境中。

[0004] 综上可知,当下的覆盖网成本优化算法依然存在一定不足和改进空间。

发明内容

[0005] 为解决以上问题,本发明提出了一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法。本方法创新地将链路的传播延迟和节点的调度延迟同时纳入约束考虑进行覆盖网的构造。

[0006] 本发明提供的成本优化方法,首先先对覆盖网参数进行初始化;随后对不可行路径做赋值最大化处理,此时覆盖网拓扑图变为一有向完全图;随后综合考虑传输延迟和调度延迟,对覆盖网进行联合建模;当模型构建完毕后,模型变量为链路的流变量以及带宽数值。其中,流变量为0-1整数变量,而带宽数值为非负实数变量;使用变量松弛法和序列二次规划法对模型进行求解,求出的流变量解和带宽数值解均为分数解,此时解尚不存在可行性;为使解具备可行性,需要对流变量的分数解进行取整处理;最后由于流变量解进行了取整,原带宽数值解不一定满足约束条件,需要对带宽数值解进行迭代处理直到延迟约束得到满足。

附图说明

[0007] 图1是本发明一种带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法流程图。

具体实施方式

[0008] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0009] 具体步骤如下:

[0010] A、参数初始化,生成拓扑图。

[0011] 具体地,初始化覆盖网节点集为V,边集为E。E中链路均为节点之间的可行链路,每个节点i带有的参数为:节点订阅的直播频道集合 N_i ,节点的调度延迟 d_i^s 。每段可行链路 $\langle i, j \rangle$ 带有的参数为:传播延迟 d_{ij}^p ,链路码率 τ_{ij} ,链路带宽 b_{ij} 和成本函数 $C_{ij}(b_{ij})$, $C_{ij}(b_{ij})$ 为凹函数。部署在覆盖网上的直播频道集合为N。每个直播频道n带有参数为:频道码率 $\tau^{(n)}$ 。覆盖网的最大总延迟约束为D。链路 $\langle i, j \rangle$ 的第n个频道第k个流变量为 y_{ij}^{kn} , y_{ij}^{kn} 的目的节点为节点k。链路 $\langle i, j \rangle$ 的第n个频道的总流变量为 x_{ij}^n 。

[0012] B、完全图生成,对不可行路径相关参数赋予成本和传播延迟最大值。覆盖网拓扑图成为一有向完全图。

[0013] 具体地,对于不可行链路 $\langle i, j \rangle$,将其传播延迟设为无穷大,即 $d_{ij}^p = +\infty$;将其成本函数设为无穷大常数,即 $C_{ij}(b_{ij}) = +\infty$,然后将其加入步骤A中的边集E。此时,E为有向完全图,即 $E = V \times V$ 。

[0014] C、多流模型联合建模,综合考虑调度延迟和传播延迟。

[0015] 具体地,首先依照多流模型定义构造多流约束条件:

$$[0016] \quad \sum_{j \in P^{(n)}} y_{ij}^{kn} - \sum_{j \in P^{(n)}} y_{ji}^{kn} = \theta$$

$$[0017] \quad \max_k y_{ij}^{kn} \leq x_{ij}^n$$

$$[0018] \quad \sum_{\langle i, j \rangle \in E(P^{(n)})} x_{ij}^n = |P^{(n)}| - 1$$

$$[0019] \quad 0 \leq x_{ij}^n \leq 1, 0 \leq x_{ij}^n \leq 1, x_{ij}^n \in \{0, 1\}, y_{ij}^n \in \{0, 1\}$$

[0020] 其中,当节点i是源节点时, θ 为1;当i为目的节点时, θ 为-1;当i为其他节点时, θ 为0。通过构建多流模型,可保证生成的覆盖网拓扑图是以树为基础的多频道网状图。

[0021] 计算每条链路 $\langle i, j \rangle$ 的当前码率 τ_{ij} ,链路的当前码率不能超过该链路的带宽 b_{ij} 。因此,我们得到约束条件:

$$[0022] \quad 0 \leq \sum_n x_{ij}^n \tau^{(n)} \leq b_{ij}$$

[0023] 现在我们对链路的传播延迟和节点的调度延迟进行联合建模,设视频流数据传输字段大小为L,节点i的调度延迟为 d_i^s 。则节点i的调度延迟计算公式如下:

$$[0024] \quad d_i^s = \sum_n \sum_{j \in Ch(i)} \frac{L}{b_{ij}} x_{ij}^n \leq \frac{L}{\max_{n \in N_i}(\tau^{(n)})}, \forall i \in P^{(n)}$$

[0025] 其中 $Ch(i)$ 为节点 i 的子结点, $P^{(n)}$ 为频道 n 订阅的节点集合。

[0026] 设链路 $\langle i, j \rangle$ 的传播延迟为 d_{ij}^p ,则第 k 个流的总延迟为其所经过链路的传播延迟总和加上所经过的节点调度延迟总和,我们得到如下约束条件:

$$D_k = \sum_{\langle i, j \rangle \in P^{(n)}} y_{ij}^{kn} (d_{ij}^p + d_i^s)$$

[0027]

$$= \sum_{\langle i, j \rangle \in P^{(n)}} y_{ij}^{kn} (d_{ij}^p + \sum_n \sum_{j \in Ch(i)} \frac{L}{b_{ij}} x_{ij}^n) < D, \forall k \in P^{(n)}, \forall n \in N$$

[0028] 最后我们定义链路带宽成本由步骤A中的成本函数 $C_{ij}(b_{ij})$ 得到,函数 $C_{ij}(b_{ij})$ 为关于带宽 b_{ij} 的凹函数,随着带宽的增加而边际成本降低。覆盖网的成本为所有链路带宽成本总和,即:

$$[0029] \quad \min \sum_{\langle i, j \rangle \in E} C_{ij}(b_{ij})$$

[0030] 由以上约束和成本函数构成的数学模型为整数模型,我们接下来将根据该模型进行成本优化求解。

[0031] D、变量松弛与凹规划,对模型进行优化求解。

[0032] 具体地,由步骤C所构建模型中, y_{ij}^{kn} 和 x_{ij}^n 均为整数,不易求解。我们对上述两者变量进行松弛,将约束 $y_{ij}^{kn} \in \{0,1\}, x_{ij}^n \in \{0,1\}$ 去掉,即 y_{ij}^{kn}, x_{ij}^n 变为取值范围为 $[0,1]$ 的实数。因此,步骤C得到的整数规划模型转换为了连续凹规划模型。我们使用序列二次规划方法对该模型进行求解。得到解记为 y_{ij}^{kn*} (流变量), x_{ij}^n* (总流变量), $b_{ij}*$ (带宽)。

[0033] E、最优解取整。

[0034] 具体地,由步骤D所得到的解 y_{ij}^{kn*} 和 x_{ij}^n* 可能为分数而不是整数。因此,需要采用“取整化”操作将上述两变量转为整数。对于第 n 个直播频道的第 k 个流路径,我们从流路径目的节点 j 开始溯源对流变量取整。节点 j 有多个输入流变量,我们选取其中最大的输入流变量,将其置为1,其他输入流变量置为0。将最大流变量所代表的链路的另一端节点 i 置为节点 j 的父节点,即 $P^{kn}(j) = \arg\{\max_i y_{ij}^{kn}\}$,其中 $P^{kn}(j)$ 为节点 j 关于第 n 个频道的第 k 个流的父节点。随后我们使用同等操作处理节点 i 的输入流变量。不断循环迭代,直到处理完源节点为止。此时所有的 y_{ij}^{kn} 均为整数解。最后,我们使用公式 $x_{ij}^n = \max_k(y_{ij}^{kn})$ 来对 x_{ij}^n 进行取整。

[0035] F、带宽微调,对不满足约束的链路带宽进行调整,使之满足约束。具体地,步骤E中的“取整”操作可能导致链路带宽数值不再满足约束。因此需要增加链路带宽以满足约束。对未满足延迟约束的第 k 个流,以10%的比例循环迭代增加该流路径里面所有的链路带宽数值,直到该流延迟满足约束。

[0036] 本发明旨在提出一种带约束的直播覆盖网成本优化方法,其特点和优点为:

[0037] 通过多流模型对覆盖网的拓扑结构进行构建,然后将传输链路的传播延迟和传输节点的调度延迟纳入约束条件。在满足延迟约束的情况下,使用变量松弛和凹规划方法对模型进行优化求解。随后对解值进行取整和扩大微调操作。通过此方法可保证求出的解为

可行解,从而在一定的总延迟约束下给出构建成本低廉的直播覆盖网方案。

[0038] 以上对本发明实施例所提供的带延迟约束的直播覆盖网成本优化方法进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

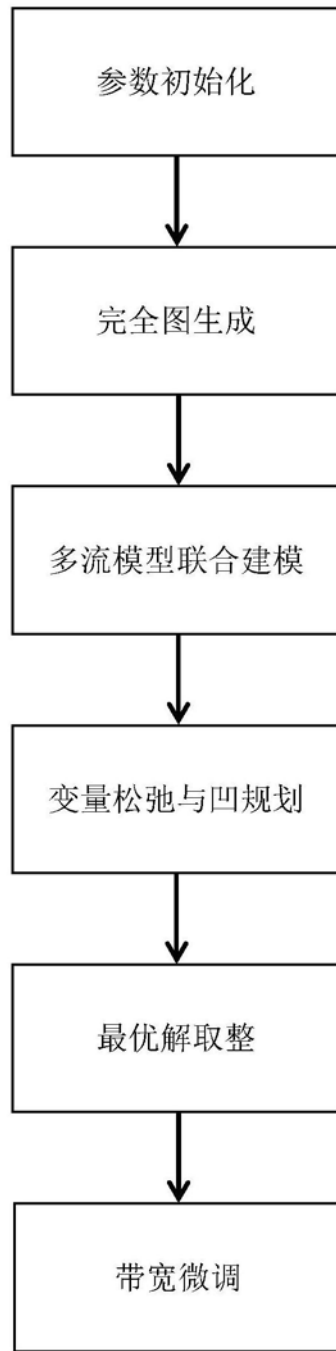


图1