



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105100802 B

(45)授权公告日 2017. 12. 19

(21)申请号 201510504865.6

H04N 19/146(2014.01)

(22)申请日 2015.08.17

H04N 21/262(2011.01)

H04N 21/2662(2011.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105100802 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 中国科学院信息工程研究所

地址 100093 北京市海淀区闵庄路甲89号

(72)发明人 刘延伟 要瑞宵 周旭 徐震

(74)专利代理机构 北京君尚知识产权代理事务所(普通合伙) 11200

代理人 司立彬

(56)对比文件

CN 101917335 A, 2010.12.15,

US 2002089945 A1, 2002.07.11,

CN 103763633 A, 2014.04.30,

CN 103326946 A, 2013.09.25,

CN 104219528 A, 2014.12.17,

CN 104661291 A, 2015.05.27,

审查员 胡西

(51) Int. Cl.

H04N 19/30(2014.01)

H04N 19/37(2014.01)

H04N 19/597(2014.01)

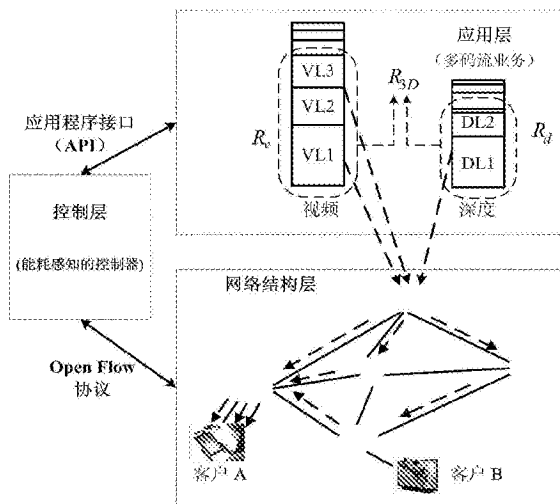
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输方法。本方法为:1)信源编码端采用可伸缩3D视频编码对待传输的3D视频进行编码,产生码率可伸缩的码流,包括深度数据码流和2D视频码流;2)控制器根据网络可用带宽确定要传输的2D视频码流数和深度数据码流数;其中2D视频码流数和深度数据码流数之和为n<sub>p</sub>;然后控制器根据步骤1)编码得到的码流的带宽从网络中选取满足带宽需求的可用传输路径,然后从该可用传输路径中为每一码流选取一能耗最优的传输路径,得到一组传输路径;3)根据该组传输路径将待传输的码流传输到目的端。本发明可以减少3D视频传输过程中的能量消耗,降低运营成本,提高3D视频传输性能。



1. 一种基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输方法,其步骤为:

1) 信源编码端采用可伸缩3D视频编码对待传输的3D视频进行编码,产生码率可伸缩的码流,包括深度数据码流和2D视频码流;

2) 控制器根据网络可用带宽确定要传输的2D视频码流数和深度数据码流数;其中2D视频码流数和深度数据码流数之和为 $n_p$ ;然后控制器根据步骤1) 编码得到的码流的码率从网络中选取满足带宽需求的可用传输路径,然后根据选取的 $m_p$ 条可用路径和 $n_p$ 条码流,生成一路径选择方案集合 $U_{RP}$ ;其中,将 $n_p$ 条码流按照码率由高到低的方式进行排序,记为 $\vec{R}$ ,将满足对应码流的带宽需求的一组路径记为 $\vec{P}$ ,然后对每一组路径进行能耗计算,得到一组能耗最优的传输路径;

3) 根据该组传输路径将待传输的码流传输到目的端。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,采用公式 $\vec{P}^{opt}(\vec{R}^{opt}) = \min_{\vec{P}(\vec{R}) \in U_{RP}} E\{\vec{P}(\vec{R})\}$ 计算得到一组能耗最优的传输路径;其中,每一组传输路径表示为 $\vec{P}(\vec{R})$ , $\vec{P}(\vec{R}) \in U_{RP}$ ;对 $\vec{P}(\vec{R})$ 中每一条路径以及对应的码率分别计算能耗进行求和得到对应组传输路径的能耗 $E\{\vec{P}(\vec{R})\}$ 。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,利用公式 $E_p(R_p) = \sum_{j=1}^{M-1} E_{ES_j}(R_p) + E_{wireless}(R_p)$ ,计算传输路径 $p$ 的能耗 $E_p(R_p)$ ,该传输路径 $p$ 传输的码流码率为 $R_p$ , $M$ 为路径 $p$ 中包含的链路段的数量,第 $j$ 链路段上传输 $R_p$ 码率需要消耗的能量为 $E_{ES_j}(R_p)$ , $E_{wireless}(R_p)$ 为该传输路径 $p$ 中无线网络的能耗。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述无线网络的能耗

$$E_{wireless}(R_p) = \begin{cases} \alpha(s) \cdot R_p + \beta, & \text{如果 } 0 \leq R_p \leq h(s) \\ \gamma, & \text{如果 } R_p > h(s) \end{cases}; \text{其中, } \alpha(s) \text{ 是比特长度为 } s \text{ 的每比特码流的能量消耗, } \beta \text{ 为无线网络接入点网关固有的能量消耗, } \gamma \text{ 为无线网络接入点网关的最大能量消耗, } h(s) \text{ 为设定的能量消耗门限值。}$$

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述能量

$$E_{ES_j}(R_p) = \sum_{i=1}^{N_p} E_{port}(R_p) + \sum_{i=1}^{N_{Eth}} E_{Eth} + E_{chassis}; \text{其中, } E_{port}(R_p) \text{ 为路由器 } E \text{ 端口能耗, } E_{Eth} \text{ 表示每个网卡的能耗, } E_{chassis} \text{ 为设备电路的基本能量消耗, } N_p \text{ 为第 } j \text{ 链路段上需要经过的路由器端口数量, } N_{Eth} \text{ 指第 } j \text{ 链路段上需要经过的网卡数量。}$$

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述路由器端口能耗

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述路由器端口能耗

$$E_{port}(R_p) = \begin{cases} E_0 & \text{如果 } R_p = 0 \\ k_1 R_p + E_1, & \text{如果 } R_p \in [0, C_1] \\ \vdots \\ k_i R_p + (E_i - k_i C_{i-1}) & \text{如果 } R_p \in [C_{i-1}, C_i] \\ \vdots \\ k_\tau R_p + (E_\tau - k_\tau C_{\tau-1}) & \text{如果 } R_p \in [C_{\tau-1}, C_\tau] \end{cases}, \text{其中, } k_i \text{表示路由器端口第 } i \text{ 个带宽}$$

分段传输能力等级的斜率,  $E_i$ 表示第  $i$  个带宽分段传输能力等级的起始能耗,  $E_0$ 表示路由器端口没有负载时的基本能耗,  $C_i$ 表示路由器端口的第  $i$  个带宽分段,  $\tau$ 表示路由器端口带宽分段的数量。

7. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述控制器周期性收集网络可用带宽, 如果网络带宽发生变化, 则根据当前网络可用带宽重新计算得到一组传输路径。

## 一种基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于网络技术与多媒体通信领域,涉及一种基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,3D视频在影院已经取得了广泛的商业应用,并且已经逐步以3D电视的形式进入了家庭。目前,除了蓝光光盘,广播等传播形式,互联网视频传输是一种既经济又简单的3D视频分发方式。针对互联网分发的2D视频已经给网络造成了很大的传输压力,而3D视频涉及到多路视频数据,数据量巨大,给互连网络造成的压力因此也更大。

[0003] 目前,互联网流量的快速增长使得现有的网络协议结构很难满足实际业务应用的质量需求。为了方便运营商管理和配置网络来提高网络传输效率,基于可编程思想的软件定义网络应运而生。软件定义网络利用分层的思想,将数据平面与控制平面相分离,通过控制器可以控制数据流的动态转发。这样可以改变网络负载的分布,使得网络资源与负载分布相匹配,提高网络传输效率。

[0004] 3D视频天然的多路数据流特性使得其可以通过软件定义网络进行多个数据流的传输路径调整而进行传输优化。通过软件定义网络来调整和优化多码流3D视频流量的分布能在一定程度上减少网络压力。面对软件定义网络下的3D视频传输,运营商主要关心两个方面,一个是有充足的可用带宽来保证用户接收到的质量,另一个就是传输代价,也就是能量消耗问题。第一个问题可以通过软件定义网络(SDN)控制器控制策略找到有足够带宽的链路进行转发而解决。对于第二个问题,目前的解决方法主要是针对单个网络设备进行独立的局部能耗优化,例如采用节能设备或对设备进行智能休眠,而忽略了视频传输过程中流量调整而导致的网络全局能耗优化,而这个问题可以在SDN转发路径选择过程中,进行能耗感知的视频流转发路径选择而降低转发带来的能耗代价。

### 发明内容

[0005] 本发明主要针对软件定义网络网络3D视频传输的能耗优化问题,提出一种基于能耗感知的3D视频传输路径选择方法。本发明通过在信源编码端,采用可伸缩3D视频码流,即利用可伸缩3D视频编码分别对视频和深度进行质量可伸缩的编码,产生码率可伸缩的深度和视频码流。这样多个不同码率的码流可以通过软件定义网络下不同的传输路径进行传输。多个数据流在传输过程中进行能耗感知的路径转发,最后在接收端汇总。

[0006] 本发明的技术方案为:

[0007] 一种基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输方法,其步骤为:

[0008] 1) 信源编码端采用可伸缩3D视频编码对待传输的3D视频进行编码,产生码率可伸缩的码流,包括深度数据码流和2D视频码流;

[0009] 2) 控制器通过应用程序接口(API)收集信源端的码流数目以及对应的码率数据;控制器根据Openflow协议从网络结构层得到的可用带宽确定要传输的2D视频码流数和深

度数据码流数；其中2D视频码流数和深度数据码流数之和为 $n_p$ ；然后控制器根据步骤1) 编码得到的码流的带宽从网络中选取满足带宽需求的可用传输路径，然后从该可用传输路径中为每一码流选取一能耗最优的传输路径，得到一组传输路径；

[0010] 3) 根据该组传输路径通过Openflow协议控制网络结构层交换节点的流得转发，将待传输的码流传输到目的端。

[0011] 进一步的，得到该组传输路径的方法为：首先根据选取的 $m_p$ 条可用路径和 $n_p$ 条码流，生成一路径选择方案集合 $U_{RP}$ ；其中，将 $n_p$ 条码流按照码率由高到低的方式进行排序，记为 $\vec{R}$ ，将满足对应码流的带宽需求的一组路径记为 $\vec{P}$ ，然后对每一组路径进行能耗计算，得到一组能耗最优的传输路径。

[0012] 进一步的，采用公式 $\vec{P}^{opt}(\vec{R}^{opt}) = \min_{\vec{P}(\vec{R}) \in U_{RP}} E\{\vec{P}(\vec{R})\}$  计算得到一组能耗最优的传输路径；其中，每一组传输路径表示为 $\vec{P}(\vec{R})$ ， $\vec{P}(\vec{R}) \in U_{RP}$ ；对 $\vec{P}(\vec{R})$ 中每一条路径以及对应的码率分别计算能耗进行求和得到对应组传输路径的能耗 $E\{\vec{P}(\vec{R})\}$ 。

[0013] 进一步的，利用公式 $E_p(R_p) = \sum_{j=1}^{M-1} E_{ES_j}(R_p) + E_{wireless}(R_p)$ ，计算传输路径p的能耗 $E_p(R_p)$ ，该传输路径p传输的码流码率为 $R_p$ ，M为路径p中包含的链路段的数量，第j链路段上传输 $R_p$ 码率需要消耗的能量为 $E_{ES_j}(R_p)$ ， $E_{wireless}(R_p)$ 为该传输路径p中无线网络的能耗。

[0014] 进一步的，所述无线网络的能耗 $E_{wireless}(R_p) = \begin{cases} \alpha(s) \cdot R_p + \beta, & \text{如果 } 0 \leq R_p \leq h(s) \\ \gamma, & \text{如果 } R_p > h(s) \end{cases}$ ；

其中， $\alpha(s)$ 是比特长度为s的每比特码流的能量消耗， $\beta$ 为无线网络接入点网关固有的能量消耗， $\gamma$ 为无线网络接入点网关的最大能量消耗， $h(s)$ 为设定的能量消耗门限值。

[0015] 进一步的，所述能量 $E_{ES_j}(R_p) = \sum_{i=1}^{N_p} E_{port}(R_p) + \sum_{i=1}^{N_{Eth}} E_{Eth} + E_{chassis}$ ；其中，

$E_{port}(R_p)$ 为路由器端口能耗， $E_{Eth}$ 表示每个网卡的能耗， $E_{chassis}$ 为设备电路的基本能量消耗， $N_p$ 为第j链路段上需要经过的路由器端口数量， $N_{Eth}$ 指第j链路段上需要经过的网卡数量。

[0016] 进一步的，所述路由器端口能耗 $E_{port}(R_p) = \begin{cases} E_0 & \text{如果 } R_p = 0 \\ k_i R_p + E_i, & \text{如果 } R_p \in [0, C_i] \\ \vdots \\ k_i R_p + (E_i - k_i C_{i-1}) & \text{如果 } R_p \in [C_{i-1}, C_i], \\ \vdots \\ k_i R_p + (E_i - k_i C_{\tau-1}) & \text{如果 } R_p \in [C_{\tau-1}, C_\tau] \end{cases}$

其中， $k_i$ 表示路由器端口第i个带宽分段传输能力等级的斜率， $E_i$ 表示第i个带宽分段传输能力等级的起始能耗， $E_0$ 表示路由器端口没有负载时的基本能耗， $C_i$ 表示路由器端口的第i个带宽分段， $\tau$ 表示路由器端口带宽分段的数量。

[0017] 进一步的,所述控制器周期性收集网络可用带宽,如果网络带宽发生变化,则根据当前网络可用带宽重新计算得到一组传输路径。

[0018] 与现有技术相比,本发明的积极效果为:

[0019] 这种方法可以减少3D视频传输过程中的能量消耗,使得网络运营商能够降低运营成本,提高3D视频传输性能。在网络拓扑结构为图3,3D视频源的码率如表1,平均的可用网络带宽分别为3Mbps,4Mbps,5Mbps的条件下,保持相同3D视频质量的能耗优化效率可以达到30%以上。针对3D视频序列Balloons和Newspaper的能耗节省结果如图4所示。在图3中,H0和H1分别为源节点和目的节点,而S0,S1,...,S22分别为转发节点,实线箭头表示路径的方向,虚线表示节点之间的链路。

[0020] 表1 3D视频源的不同层的码率(Q1、Q2、Q3、Q4分别代表不同的质量层)

[0021]

3D 视频序列	Balloons 码率(kbps)		Newspaper 码率 kbps)	
	视频	深度	视频	深度
视频/深度				

[0022]

Q1	1134.30	580.48	1256.23	467.38
Q1+Q2	1934.96	1046.75	1868.26	847.43
Q1+Q2+Q3	2452.68	1427.36	2263.20	1120.34
Q1+Q2+Q3+Q4	2748.03	1656.92	2556.87	1428.21

## 附图说明

[0023] 图1为网络拓扑示意图;

[0024] 图2为基于软件定义网路能耗感知的3D视频传输系统;

[0025] 图3为实验使用的网络拓扑结构图;

[0026] 图4为软件定义网络下采用能耗感知的3D视频传输方法和不采用能耗感知的方法的能耗节省对比图。

## 具体实施方式

[0027] 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,此处描述的具体实施例仅用于解释本发明,并不用于限定本发明。

[0028] 本发明针对3D视频传输提出一种基于软件定义网络下能耗感知的传输路径选择方法。在信源编码端,采用可伸缩3D视频码流,即利用可伸缩编码分别对视频和深度进行编码,产生码率可伸缩的深度和视频码流。这样多个不同码率的码流可以通过软件定义网络下不同的传输路径进行传输。最后在接收端汇总。给定一个网络拓扑的有向图 $G(V_N, ES_N)$ ,其中 $V_N$ 代表网络的节点, $ES_N$ 代表网络节点之间的一组链路。网络拓扑的示意图如图1所示,如

果从节点1传输3D视频到节点8,可以有两条不同的路径,如虚线所示。

[0029] 由于3D视频采用了2D视频加深度的表示格式,所以视频和深度之间的码率分配会影响3D视频质量,所以我们采用了视频和深度为5:1比例的码率分配原则。根据网络总的可用带宽确定3D视频的总的码率 $R_{3D}$ ,我们可以按照视频和深度5:1的原则估计出2D视频数据和深度数据的码率,进而可以选择合适的质量层数,使其满足合适的网络带宽要求。根据选择的视频和深度的质量层数来选择可用的传输路径。在可用的路径中再通过能耗优化的控制器从满足带宽需求的路径中进行路径选择,得到能耗最优的一组传输路径(针对视频和深度的多个质量层码流)进行传输。基于软件定义网络能耗感知的3D视频传输系统示意图参考图2。

[0030] 我们可以通过深度搜索方式得到可用路径数为 $m_p$ ,而视频数据的码流数和深度数据的码流数之和为 $n_p$ ,则我们有 $A_{m_p}^{n_p}$ 种路径选择方案,记这些路径选择方案的集合为 $U_{RP}$ 。如果选择的视频和深度的码流按照码率由高到低的方式进行排序,并记为 $\vec{R}$ ,而满足对应码流的带宽需求的一组路径记为 $\vec{P}$ (每一条路径都满足对应的码流的带宽需求),这样完整的路径和码率分配操作可以表示为 $\vec{P}(\vec{R})$ ,约束条件为 $\vec{P}(\vec{R}) \in U_{RP}$ 。因此能耗最优的路径选择可以通过下式得到

$$[0031] \quad \vec{P}^{opt}(\vec{R}^{opt}) = \min_{\vec{P}(\vec{R}) \in U_{RP}} E\{\vec{P}(\vec{R})\} \quad (1)$$

[0032]  $E\{\vec{P}(\vec{R})\}$ 可以通过能耗模型进行计算。

[0033] 在3D视频传输过程中,其消耗的能量主要是由于网络中活跃的交流节点设备的能耗。在有线网络中,网络设备的能耗主要由路由器、中继器、网卡等板卡的能耗组成。而这些板卡的能耗又和其所承载的流量有很大关系。除了设备的基本电路能耗外,网络设备的能耗主要来自于路由器端口和网卡的能耗。通常,路由器端口能耗和其传输负载的多少基本保持线性关系,如下式所示,

$$[0034] \quad E_{port}(R_p) = \begin{cases} E_0 & \text{如果 } R_p = 0 \\ k_1 R_p + E_1, & \text{如果 } R_p \in [0, C_1] \\ \vdots \\ k_i R_p + (E_i - k_i C_{i-1}) & \text{如果 } R_p \in [C_{i-1}, C_i] \\ \vdots \\ k_\tau R_p + (E_\tau - k_\tau C_{\tau-1}) & \text{如果 } R_p \in [C_{\tau-1}, C_\tau] \end{cases}$$

[0035] 这里, $k_i$ 表示路由器端口第*i*个带宽分段传输能力等级的斜率。 $E_i$ 表示第*i*个带宽分段传输能力等级的起始能耗( $i=0, \dots, \tau$ ), $E_0$ 表示路由器端口没有负载时的基本能耗。 $C_i$ 表示端口的第*i*个带宽分段。 $\tau$ 表示路由器端口带宽分段的数量。 $k_i$ 、 $E_0$ 和 $E_i$ 可以根据设备型号进行测试得到。这样在两个节点之间链路*j*上传输 $R_p$ 码率需要消耗的能量为

$$[0036] \quad E_{ES_j}(R_p) = \sum_{i=1}^{N_p} E_{port}(R_p) + \sum_{i=1}^{N_{Eth}} E_{Eth} + E_{chassis}$$

[0037] 其中,  $E_{Eth}$ 表示每个网卡的能耗,而 $E_{chassis}$ 设备电路的基本能量消耗,一般为固定的常数。 $N_p$ 和 $N_{Eth}$ 分别指当前路径 $p$ 第 $j$ 链路段上的需要经过的路由器端口数量和网卡数量。

[0038] 在实际应用中,通常网络的最后一跳为无线网络。而无线网络的能耗与有线网络不同,其与网络接入节点网关的能耗息息相关。根据无线网络的能耗模型,

$$[0039] \quad E_{wireless}(R_p) = \begin{cases} \alpha(s) \cdot R_p + \beta, & \text{如果 } 0 \leq R_p \leq h(s) \\ \gamma, & \text{如果 } R_p > h(s) \end{cases}$$

[0040] 其中, $\alpha(s)$ 是比特长度为 $s$ 的每比特码流的能量消耗,而 $\beta$ 为网关固有的能量消耗。 $\gamma$ 为网关的最大能量消耗。 $h(s)$ 为能量消耗的门限值。

[0041] 这样,无线网络和有线网络构成的网络下的路径 $p$ 承载数据量 $R_p$ 的能耗为

$$[0042] \quad E_p(R_p) = \sum_{j=1}^{M-1} E_{ES_j}(R_p) + E_{wireless}(R_p)$$

[0043] 这里 $M$ 为每条路径中包含的链路段的数量。

[0044] 由于3D视频传输中要选择一组数量的路径,即 $\bar{P}$ 。所以根据上面公式对 $\bar{P}(\bar{R})$ 的每一条路径以及对应的码率分别计算能耗进行求和得到 $E\{\bar{P}(\bar{R})\}$ 。

[0045] 根据公式(1)计算得到每一种码率分配和路径选择方案的能耗,然后选出一种能耗最小的方案进行3D视频的传输。其中传输路径通过软件定义网络控制器设置路由表来实现。根据周期性实时收集的网络总的可用带宽,重复执行能耗感知的3D视频路径选择方法,对3D视频传输进行动态的路径调整。

[0046] 本发明的描述是为了示例和描述起见而给出的,并不是无遗漏的或者将本发明限于所公开的形式。显然,本领域的普通技术人员可以对本发明的示例进行各种改动和变形而不脱离本发明的精神和原则。选择和描述实施例是为了更好说明本发明的原理和实际应用,并且使本领域的普通技术人员能够理解本包括发明从而设计适于特定用途的带有各种修改的各种实施例。



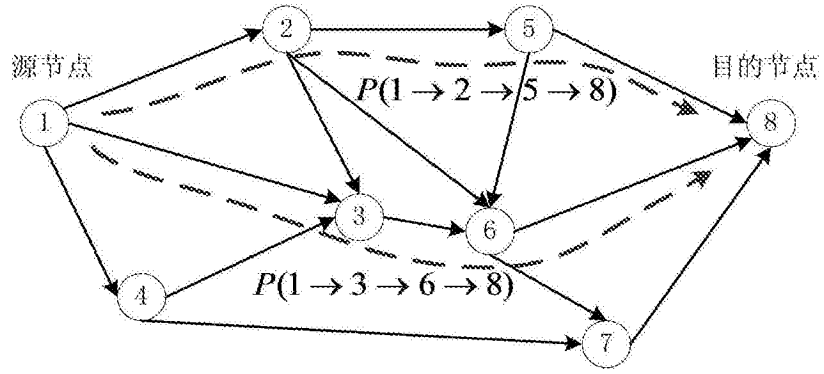


图1

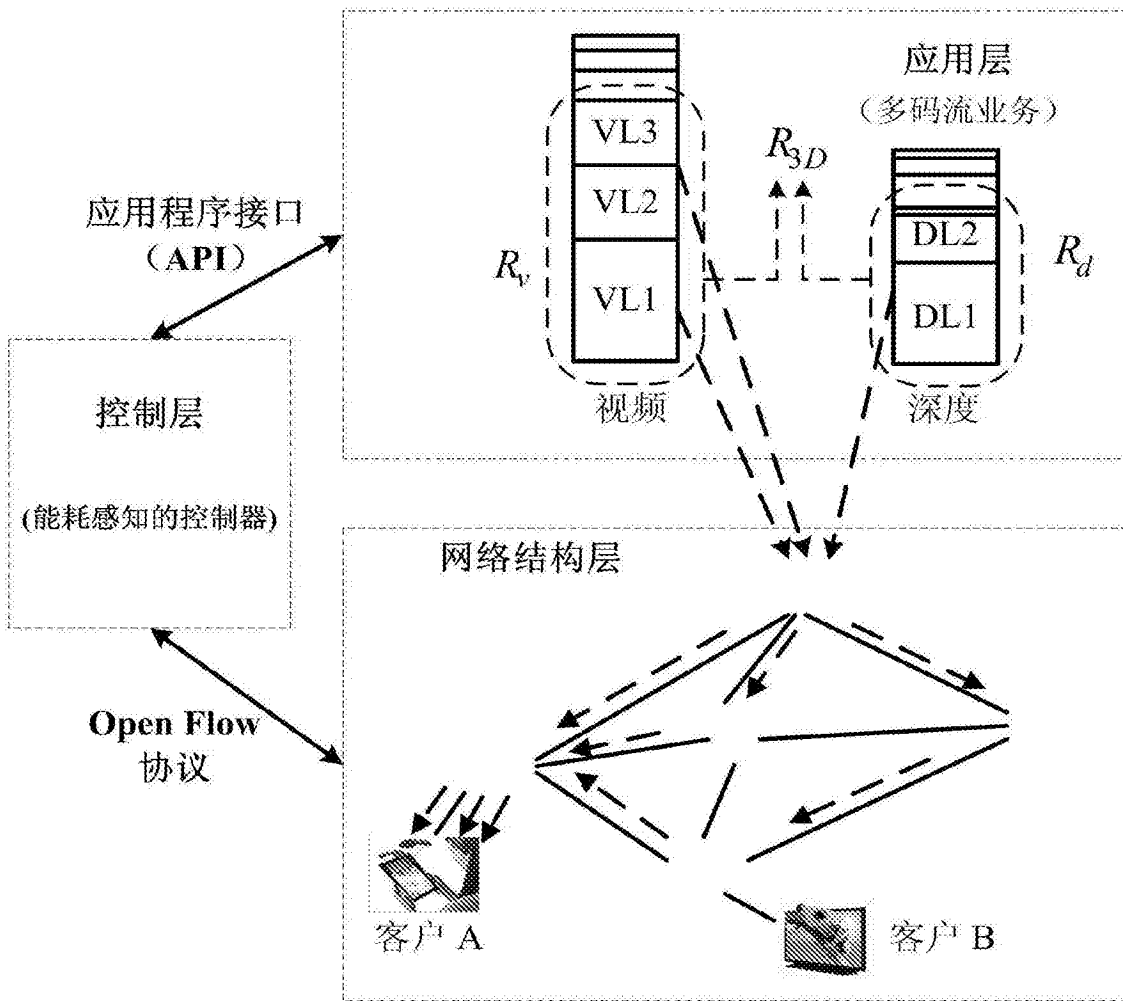


图2

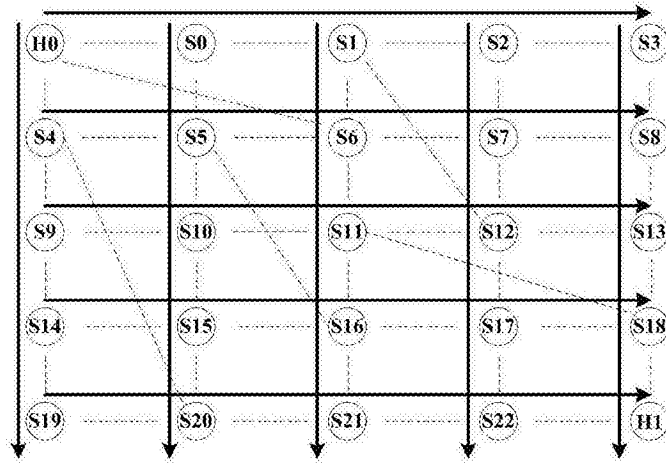


图3

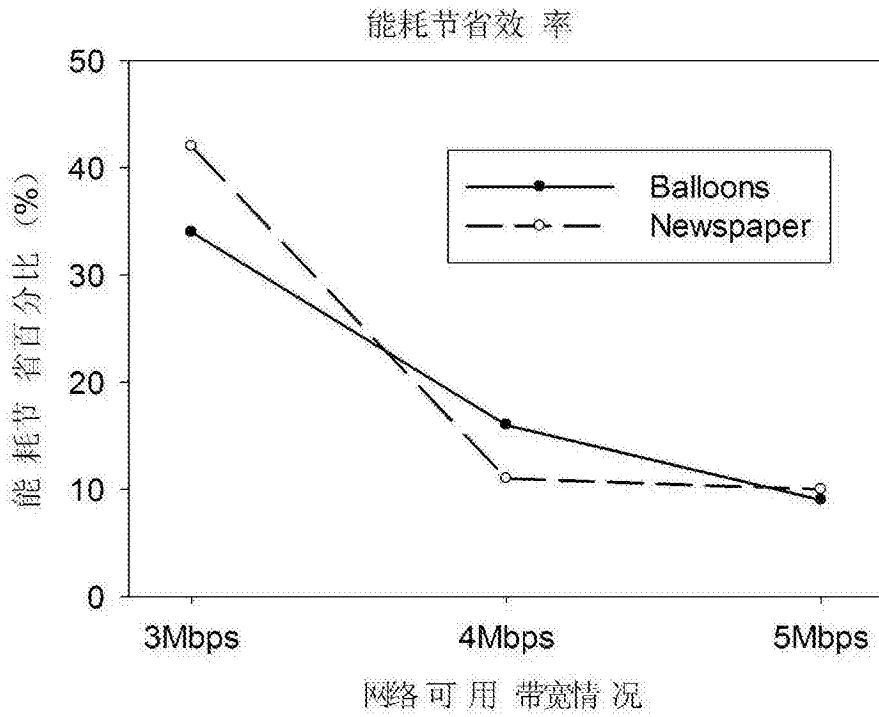


图4