



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103580958 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201310552682.2

(22)申请日 2013.11.08

(73)专利权人 国家电网公司

地址 100761 北京市西城区长安街86号

专利权人 国网辽宁省电力有限公司

国网辽宁省电力有限公司本溪供电公司

辽宁邮电规划设计院有限公司

辽宁省医疗器械检验所

(72)发明人 马伟哲 孟凡博 赵宏昊 王芝茗

葛维春 金鑫 赵庆杞 邵喆鑫

周丽明 张兴华 林志超 王健

陈岩松 刘杨

(74)专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 梁焱

(51)Int.Cl.

H04L 12/26(2006.01)

H04L 12/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 1380771 A,2002.11.20,

CN 100477589 C,2009.04.08,

CN 1504036 A,2004.06.09,

审查员 李玲

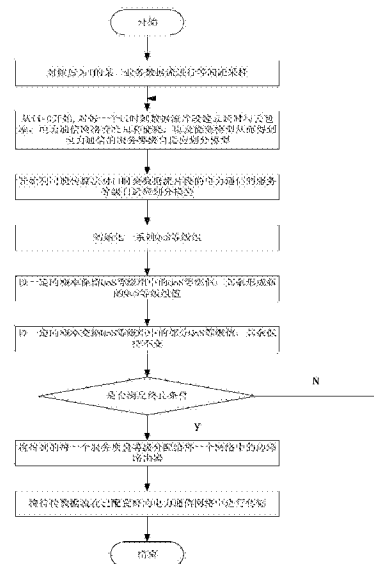
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法

(57)摘要

一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法,属于电力通信网络管理和优化技术领域。首先利用延时和丢包率两个指标区分网络中不同业务的服务等级;其次利用延时、丢包率模型,定义网络吞吐量与能耗的模型,建立电力通信网络能效与服务质量等级的约束关系,以网络能效最大化作为优化目标,并将网络服务质量等级和遗传算法的约束条件作为约束,建立面向多粒度多业务电力通信的服务等级自适应分级方法;利用遗传算法通过快速迭代寻优进行求解。本发明在保证一定的电力通信网络服务质量前提下最大化网络能效,做到网络能效与服务质量的折中,针对电力通信网络中不同业务的不同大小的数据流为每一个电力通信网络配置最优的服务质量等级。



1.一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤1、采集待传数据流的信息,主要记录待传输数据的初始发射速率;

考虑到不同业务数据流的粒度不同,即数据流的长度不同,对数据流进行等间隔采样,获得多个数据流片段,记录每一个采样点数据流片段的初始发射速率;

步骤2、在电力通信网络中将待传输数据流从源节点发送至目的节点,具体包括如下几个步骤:

步骤2.1:确定待分配给各电力通信网络中路由器的QoS等级;

步骤2.1.1:确定各电力通信网络的延时和丢包率;

时变电力通信网络具有延时和丢包率特性,根据每一个电力通信网络所能提供的不同延时和丢包率特性对电力通信网络的服务质量等级进行划分,建立满足电力通信网络要求的延时和丢包率数学模型,对不同时刻每个网络的延时和丢包率进行预测;

用于计算各电力通信网络的延时和丢包率的公式如下:

(1)计算各电力通信网络延时的公式如下:

$$Td_i(c_i(t),t) = \frac{\alpha_i(t)}{c_i(t)} \quad (1)$$

(2)计算各电力通信网络丢包率的公式如下:

$$Lr_i(c_i(t),t) = \frac{\sigma_i(t)}{\sigma_i(t) + c_i(t)} \quad (2)$$

在式(1)~(2)中, $Td_i(c_i(t),t)$ 表示t时刻电力通信网络i的延时, $Lr_i(c_i(t),t)$ 表示t时刻电力通信网络i的丢包率, $1 \leq i \leq n$, $0 \leq t \leq T$, $c_i(t)$ 是t时刻网络i所要取的服务质量等级, $\alpha_i(t)$ 与 $\sigma_i(t)$ 是t时刻特定、服务质量服务级别下的电力通信网络i的延时和丢包率的系数参量,且为线性函数,公式分别为:

$$\sigma_i(t) = \sigma_i(0) - \zeta t \quad (3)$$

$$\alpha_i(t) = \alpha_i(0) - \eta t \quad (4)$$

式(3)~(4)中, $\zeta > 0$, $\eta > 0$ 且为远小于1的值; $\alpha_i(0)$, $\sigma_i(0)$ 为所设置的初始值,当一个初始速率为 v_1 ,长度为T的数据流在经过电力通信网络i后,任意两个时间片段的数据流的网络延迟和丢包率都将远小于1,即,当数据流通过网络后,数据流的长度和速率仍可以认为是T和 v_1 ,这满足最大无失真的网络传输条件;

同时,t时刻电力通信网络i延时 $Td_i(c_i(t),t)$ 满足如下条件:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lim_{c_i \rightarrow 0} Td_i(c_i(t)) = \infty \\ \lim_{c_i \rightarrow \infty} Td_i(c_i(t)) = 0 \\ \left| \frac{\partial Td_i(c_i(t),t)}{\partial t} \right| < \frac{\varepsilon}{n} \end{array} \right. \quad (5)$$

t时刻网络i的丢包率 $Lr_i(c_i(t),t)$ 满足如下条件:

$$\begin{cases} \lim_{c_i \rightarrow 0} Lr_i(c_i(t)) = 1 \\ \lim_{c_i \rightarrow \infty} Lr_i(c_i(t)) = 0 \\ \lim_{c_i \rightarrow 0} \left| \frac{\partial Lr_i(c_i(t), t)}{\partial c_i} \right| < \infty \end{cases} \quad (6)$$

条件(5)式和(6)式表明,当网络服务质量等级为0时,网络无连接,随着网络服务质量等级的增加,网络的丢包率和延迟都将下降,且由于服务等级划分问题本身是一个离散的最优化问题,在连续的条件下对其进行求解,用(5)~(6)中最后的不等式来保证可以求得最优的各网络服务等级;

步骤2.1.2、利用步骤1中所记录的数据流的初始发射速率和2.1.1所得的各电力通信网络中的延时和丢包率值预测满足电力通信网络要求的吞吐量 $Th(c(t), t)$ 和能耗 $E(c(t), t)$ 值;

(1)计算电力通信网络吞吐量的公式为:

$$Th(t) = v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right) \quad (7)$$

式中, v_1 表示数据流的初始速率, $Th(t)$ 表示吞吐量, $Lr_i(c_i(t), t)$ 为数据流经过网络的丢包率;

(2)计算电力通信网络的能耗的公式为:

$$E(t) = c_e \times p + (1-p) \times v(t) \quad (8)$$

式中, c_e 为电力通信网络容量, p 为电力通信网络中固有能耗所占比重, $v(t)$ 为t时刻的电力通信网络速率,根据步骤1中等式(1)~(2),t时刻的电力通信网络速率 $v(t)$ 计算公式为,

$$v(t) = \frac{v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right)}{\sum_{i=1}^n Td_i(c_i(t), t)} \quad (9)$$

式中, v_1 表示数据流的初始速率;

步骤2.1.3、利用步骤2.1.2预测所得的电力通信网络吞吐量和能耗值,建立电力通信网络的服务等级自适应划分模型;

电力通信网络的服务等级自适应划分模型以网络能效最大化为目标,并且以电力通信网络延时、丢包率、服务质量等级这些服务质量指标为约束条件,建立满足多粒度多业务要求的电力通信的服务等级自适应划分模型;其中网络能效为网络吞吐量与能耗的比值,即,单位能耗所传输的数据量的大小,目标是自动调整网络的服务等级,使整个电力通信网络在保证网络服务质量的情况下,以最小能耗传输尽可能大的数据量,具体内容如下:

(1)确定电力通信网络的能效值,计算公式为:

$$EE(t) = \frac{Th(t)}{E(t)} = \frac{v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right)}{c_e \times p + (1-p) \times v(t)} \quad (10)$$

(2)以能效最大为目标,建立电力通信网络的服务等级自适应划分模型:

$$c_i^*(t) = \arg \max EE(t) \quad (11)$$

式中, $1 \leq i \leq n$ 且 $0 \leq t \leq T$, $EE(t)$ 为电力通信整体网络能效, $c_i^*(t)$ 为最终所求得第 i 个网络的最优服务质量等级;

(3) 确定该目标函数的约束条件:

约束1: 各电力通信网络的等级必须高于各网络的最低门限值, 公式为:

$$c_i(t) > \varphi \quad (12)$$

式中, $c_i(t)$ 为 t 时刻电力通信网络 i 的 QoS 等级, φ 为每个电力通信网络的 QoS 等级下限;

约束2: 当电力通信网络 i 的 QoS 等级趋近于 0 时, 认为网络无连接, 延时为无穷, 公式为:

$$\lim_{c_i \rightarrow 0} Td_i(c_i(t)) = \infty \quad (13)$$

约束3: 当网络 i 的 QoS 等级趋于无穷时, 认为网络延时为 0, 公式为:

$$\lim_{c_i \rightarrow \infty} Td_i(c_i(t)) = 0 \quad (14)$$

约束4: 保证能够得到使网络能效达到最大的各网络 QoS 等级值, 公式为:

$$\left| \frac{\partial Td_i(c_i(t), t)}{\partial t} \right| < \frac{\varepsilon}{n} \quad (15)$$

式中, ε 一个远小于 1 的常数, n 为数据流所经过的电力通信网络个数;

约束5: 当电力通信网络 i 的 QoS 等级趋近于 0 时, 认为网络无连接, 丢包率为 100%, 公式为:

$$\lim_{c_i \rightarrow 0} Lr_i(c_i(t)) = 1 \quad (16)$$

约束6: 当网络 i 的 QoS 等级趋于无穷时, 丢包率为 0, 公式为:

$$\lim_{c_i \rightarrow \infty} Lr_i(c_i(t)) = 0 \quad (17)$$

约束7: 保证能够得到使网络能效达到最大化的 QoS 等级值, 公式为:

$$\lim_{c_i \rightarrow 0} \left| \frac{\partial Lr_i}{\partial c_i} \right| < \infty \quad (18)$$

步骤 2.1.4、针对步骤 2.1.3 得到的划分模型, 采用遗传算法获得不同时刻不同电力通信网络的服务质量等级 $c_i^*(t)$;

利用遗传迭代进化算法提出一种启发算法进行求解, 具体为:

步骤A: 对于源节点发送的某一业务数据流, 以等间隔对其进行采样;

步骤B: 从第一个数据流片段开始调用遗传算法开始对于每个数据流片段求解, 确定各个电力通信网络的服务质量等级;

步骤C: 判断是否已经完成对所有数据流片段的求解, 若完成, 则转步骤E, 否则转入步骤D;

步骤D: 指示变量指向下一个数据流片段, 转入步骤C, 其中, 指示变量标志待计算的当前数据流片段;

步骤E: 退出循环, 输出结果。

一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力通信网络管理和优化技术领域,具体涉及一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法。

背景技术

[0002] 电力通信网络是电力系统不可或缺的重要组成部分,是保证电网有效,安全,正常运行的基础。电力通信网络随着电力系统的发展而发展,不同于其他的产业,电力系统的各组成部分通常比较分散且对实时性,健壮性要求很高。随着信息与通信技术的快速发展,电力通信网络用户数量呈指数式增长,网络业务需求快速增加。为了满足新的业务和应用需求,电力通信网络正由提供单一的数据服务类型向提供复杂的、多粒度、多业务服务转变。

[0003] 随着电力通信网络的异构化、复杂化,网络管理和优化变得异常重要。对多粒度、多业务的服务类型提出了区分服务的要求,以满足不同的应用需要。因此,如何进行服务等级有效划分,对提高电力通信网络性能异常重要,已成为电力通信网络的研究重点。通过恰当的服务等级划分,以保证提供高吞吐量、高转发速率、高安全性、低延时和低丢包率的网络服务,改善网络性能,提升网络效率。同时,随着网络规模的扩大,网络能耗快速递增,但由于网络冗余设计准则,网络规模的剧增并没有导致网络效率的提高,因此现有电力通信网络存在低效率高能耗问题。而网络的能效与网络服务等级是一对矛盾的实体,当前的一些能效的网络方案,常以牺牲网络服务等级为代价,从而导致网络性能大大下降。因此,提出一种在保障网络服务质量的前提下使网络能效达到最大的服务等级划分方案具有重要的现实意义。

[0004] 经过多年的研究,网络服务等级划分问题取得了很大的进展。R.Gomes等人提出了一种在虚拟网络环境中基于服务等级的实时流量分级代理策略,目的是根据业务的服务等级需求将业务转发至具有充分资源的虚拟网络之中。T.Szymanski等人总结了在具有大吞吐量,高资源利用率和服务等级保证的未来骨干网络中的数字视频多点广播传输问题。文章认为未来网络路由器只需在目前所存在的路由器基础上稍做改进。Jin等人研究了多个用户请求同一业务的服务等级情况,通过将一个服务等级分为四个子等级,提出了多用户服务等级选择的全局最优解决方案。

[0005] 以上的方法在考虑服务等级指标时只考虑了网络的带宽、延时、吞吐量等,没有考虑网络能效,因此之前的算法不是高能效的服务等级划分方法。

发明内容

[0006] 针对现有方法存在的不足,本发明提出一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法,以达到在保证网络服务等级的情况下,最大化网络能效。

[0007] 一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、采集待传数据流的信息,主要记录待传输数据的初始发射速率;

[0009] 考虑到不同业务数据流的粒度不同,即数据流的长度不同,对数据流进行等间隔

采样,获得多个数据流片段,记录每一个采样点数据流片段的初始发射速率;

[0010] 步骤2、在电力通信网络中将待传输数据流从源节点发送至目的节点,具体包括如下几个步骤:

[0011] 步骤2.1:确定待分配给各电力通信网络中路由器的QoS等级;

[0012] 步骤2.1.1:确定各电力通信网络的延时和丢包率;

[0013] 时变电力通信网络具有延时和丢包率特性,根据每一个电力通信网络所能提供的不同延时和丢包率特性对电力通信网络的服务质量等级进行划分,建立满足电力通信网络要求的延时和丢包率数学模型,对不同时刻每个网络的延时和丢包率进行预测;

[0014] 用于计算各电力通信网络的延时和丢包率的公式如下:

[0015] (1)计算各电力通信网络延时的公式如下:

$$[0016] \quad Td_i(c_i(t),t) = \frac{\alpha_i(t)}{c_i(t)} \quad (1)$$

[0017] (2)计算各电力通信网络丢包率的公式如下:

$$[0018] \quad Lr_i(c_i(t),t) = \frac{\sigma_i(t)}{\sigma_i(t) + c_i(t)} \quad (2)$$

[0019] 在式(1)~(2)中, $Td_i(c_i(t),t)$ 表示t时刻电力通信网络i的延时, $Lr_i(c_i(t),t)$ 表示t时刻电力通信网络i的丢包率, $1 \leq i \leq n$, $0 \leq t \leq T$, $c_i(t)$ 是t时刻网络i所要取的服务质量等级, $\alpha_i(t)$ 与 $\sigma_i(t)$ 是t时刻特定、服务质量服务级别下的电力通信网络i的延时和丢包率的系数参量,且为线性函数,公式分别为:

$$[0020] \quad \sigma_i(t) = \sigma_i(0) - \zeta t \quad (3)$$

$$[0021] \quad \alpha_i(t) = \alpha_i(0) - \eta t \quad (4)$$

[0022] 式(3)~(4)中, $\zeta > 0$, $\eta > 0$ 且为远小于1的值; $\alpha_i(0)$, $\sigma_i(0)$ 为所设置的初始值,当一个初始速率为 v_1 ,长度为T的数据流在经过电力通信网络i后,任意两个时间片段的数据流的网络延迟和丢包率都将远小于1,即,当数据流通过网络后,数据流的长度和速率仍可以认为是T和 v_1 ,这满足最大无失真的网络传输条件;

[0023] 同时,t时刻电力通信网络i延时 $Td_i(c_i(t),t)$ 满足如下条件:

$$[0024] \quad \begin{cases} \lim_{c_i \rightarrow 0} Td_i(c_i(t)) = \infty \\ \lim_{c_i \rightarrow \infty} Td_i(c_i(t)) = 0 \\ \left| \frac{\partial Td_i(c_i(t),t)}{\partial t} \right| < \frac{\varepsilon}{n} \end{cases} \quad (5)$$

[0025] t时刻网络i的丢包率 $Lr_i(c_i(t),t)$ 满足如下条件:

$$[0026] \quad \begin{cases} \lim_{c_i \rightarrow 0} Lr_i(c_i(t)) = 1 \\ \lim_{c_i \rightarrow \infty} Lr_i(c_i(t)) = 0 \\ \lim_{c_i \rightarrow 0} \left| \frac{\partial Lr_i(c_i(t),t)}{\partial c_i} \right| < \infty \end{cases} \quad (6)$$

[0027] 条件(5)式和(6)式表明,当网络服务质量等级为0时,网络无连接,随着网络服务

质量等级的增加,网络的丢包率和延迟都将下降,且由于服务等级划分问题本身是一个离散的最优化问题,在连续的条件下对其进行求解,用(5)~(6)中最后的不等式来保证可以求得最优的各网络服务等级;

[0028] 步骤2.1.2、利用步骤1中所记录的数据流的初始发射速率和2.1.1所得的各电力通信网络中的延时和丢包率值预测满足电力通信网络要求的吞吐量 $Th(c(t),t)$ 和能耗 $E(c(t),t)$ 值;

[0029] (1)计算电力通信网络吞吐量的公式为:

$$[0030] \quad Th(t) = v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right) \quad (7)$$

[0031] 式中, v_1 表示数据流的初始速率, $Th(t)$ 表示吞吐量, $Lr_i(c_i(t), t)$ 为数据流经过网络的丢包率;

[0032] (2)计算电力通信网络的能耗的公式为:

$$[0033] \quad E(t) = c_e \times p + (1-p) \times v(t) \quad (8)$$

[0034] 式中, c_e 为电力通信网络容量, p 为电力通信网络中固有能耗所占比重, $v(t)$ 为 t 时刻的电力通信网络速率,根据步骤1中等式(1)~(2), t 时刻的电力通信网络速率 $v(t)$ 计算公式为,

$$[0035] \quad v(t) = \frac{v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right)}{\sum_{i=1}^n Td_i(c_i(t), t)} \quad (9)$$

[0036] 式中, v_1 表示数据流的初始速率;

[0037] 步骤2.1.3、利用步骤2.1.2预测所得的电力通信网络吞吐量和能耗值,建立电力通信网络的服务等级自适应划分模型;

[0038] 电力通信网络的服务等级自适应划分模型以网络能效最大化为目标,并且以电力通信网络延时、丢包率、服务质量等级这些服务质量指标为约束条件,建立满足多粒度多业务要求的电力通信的服务等级自适应划分模型;其中网络能效为网络吞吐量与能耗的比值,即,单位能耗所传输的数据量的大小,目标是自动调整网络的服务等级,使整个电力通信网络在保证网络服务质量的情况下,以最小能耗传输尽可能大的数据量,具体内容如下:

[0039] (1)确定电力通信网络的能效值,计算公式为:

$$[0040] \quad EE(t) = \frac{Th(t)}{E(t)} = \frac{v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right)}{c_e \times p + (1-p) \times v(t)} \quad (10)$$

[0041] (2)以能效最大为目标,建立电力通信网络的服务等级自适应划分模型:

$$[0042] \quad c_i^*(t) = \arg \max EE(t) \quad (11)$$

[0043] 式中, $1 \leq i \leq n$ 且 $0 \leq t \leq T$, $EE(t)$ 为电力通信整体网络能效, $c_i^*(t)$ 为最终所求得第 i 个网络的最优服务质量等级;

[0044] (3)确定该目标函数的约束条件:

[0045] 约束1:各电力通信网络的等级必须高于各网络的最低门限值,公式为:

$$[0046] \quad c_i(t) > \varphi \quad (12)$$

[0047] 式中, $c_i(t)$ 为 t 时刻电力通信网络 i 的 QoS 等级, φ 为每个电力通信网络的 QoS 等级下限;

[0048] 约束2: 当电力通信网络 i 的 QoS 等级趋近于 0 时, 认为网络无连接, 延时为无穷, 公式为:

$$[0049] \quad \lim_{c_i \rightarrow 0} Td_i(c_i(t)) = \infty \quad (13)$$

[0050] 约束3: 当网络 i 的 QoS 等级趋于无穷时, 认为网络延时为 0, 公式为:

$$[0051] \quad \lim_{c_i \rightarrow \infty} Td_i(c_i(t)) = 0 \quad (14)$$

[0052] 约束4: 保证能够得到使网络能效达到最大的各网络 QoS 等级值, 公式为:

$$[0053] \quad \left| \frac{\partial Td_i(c_i(t), t)}{\partial t} \right| < \frac{\varepsilon}{n} \quad (15)$$

[0054] 式中, ε 一个远小于 1 的常数, n 为数据流所经过的电力通信网络个数;

[0055] 约束5: 当电力通信网络 i 的 QoS 等级趋近于 0 时, 认为网络无连接, 丢包率为 100%, 公式为:

$$[0056] \quad \lim_{c_i \rightarrow 0} Lr_i(c_i(t)) = 1 \quad (16)$$

[0057] 约束6: 当网络 i 的 QoS 等级趋于无穷时, 丢包率为 0, 公式为:

$$[0058] \quad \lim_{c_i \rightarrow \infty} Lr_i(c_i(t)) = 0 \quad (17)$$

[0059] 约束7: 保证能够得到使网络能效达到最大化的 QoS 等级值, 公式为:

$$[0060] \quad \lim_{c_i \rightarrow 0} \left| \frac{\partial Lr_i}{\partial c_i} \right| < \infty \quad (18)$$

[0061] 步骤 2.1.4、针对步骤 2.1.3 得到的划分模型, 采用遗传算法获得不同时刻不同电力通信网络的服务质量等级 $c_i^*(t)$;

[0062] 利用遗传迭代进化算法提出一种启发算法进行求解, 具体为:

[0063] 步骤 A: 对于源节点发送的某一业务数据流, 以等间隔对其进行采样;

[0064] 步骤 B: 从第一个数据流片段开始调用遗传算法开始对于每个数据流片段求解, 确定各个电力通信网络的服务质量等级;

[0065] 步骤 C: 判断是否已经完成对所有数据流片段的求解, 若完成, 则转步骤 E, 否则转入步骤 D;

[0066] 步骤 D: 指示变量指向下一个数据流片段, 转入步骤 C, 其中, 指示变量标志待计算的当前数据流片段;

[0067] 步骤 E: 退出循环, 输出结果。

[0068] 本发明的有益效果: 本发明首先利用延时和丢包率这两个电力通信网络服务质量指标区分电力通信网络中不同业务的服务等级, 其次利用延时、丢包率模型, 定义网络吞吐量与能耗的模型, 从而建立电力通信网络能效与服务等级之间的约束关系, 以电力通信网络能效最大化作为优化目标, 并将网络服务质量等级和遗传算法的约束条件作为约束, 建立面向多粒度多业务电力通信的服务等级自适应划分方法, 最后利用遗传算法通过快速迭代寻优对该划分算法进行求解。利用本发明可以在保证一定的电力通信网络服务质

量的前提下最大化网络能效,做到网络能效与服务质量的折中,同时,可以针对电力通信网络中不同业务的不同大小的数据流为每一个电力通信网络配置最优的服务质量等级。

附图说明

[0069] 图1为本发明实施例所使用的电力通信网络模型图;

[0070] 图2为本发明实施例的一种面向多粒度多业务电力通信的服务等级自适应划分方法流程图;

[0071] 图3电力通信网络固定能耗比值 p 不同时电力通信网络能效对比示意图;

[0072] 图4电力通信网络丢包率系数参量 ζ 不同时电力通信网络能效对比示意图;

[0073] 图5电力通信网络源节点初始数据流发射速率 r_0 不同时电力通信网络能效对比示意图;

[0074] 图6为本发明实施例遗传算法中各次迭代的网络能效值。

具体实施方式

[0075] 下面结合附图对本发明的实施方式作进一步详细的说明。

[0076] 本实施方式采用的网络模型如图1所示,电力通信网络1中的源节点S要发送一个长度为 T ,初始速率为 v_1 的数据流(或者是流片段,比如,电力网络的电压控制信息)到电力通信网络3中的目的节点D,该数据包将经过 n 个电力通信网络,所述 t 时刻的网络延时是指 t 时刻的数据流片段经过网络所需要的时间;所述 t 时刻的网络丢包率指 t 时刻的数据流片段经过一个网络后丢失的数据百分比;其中,假设网络满足最大无失真条件,即认为网络的丢包率是一个无限小值;网络的延时和丢包率随网络服务质量等级的增加而减少且随时间不同而改变;

[0077] 根据图1的网络模型设置网络环境,本实施方式中设置网络个数为 $n=3$,满足最大无失真传输条件,且为时变网络,即图1中所示的电力通信网络1、电力通讯网络2和电力通讯网络3。采集到的数据包的初始速率 $v_1=10^3, 10^4, 10^5, 10^6, 10^7$,数据长度 $T=10$,服务质量等级最低下限 $\varphi=1.2 \times 10^{-9}$,网络容量 $c_e=10^9$,电力通信网络1、电力通信网络2、电力通信网络3的固有能耗占有率 $p=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ (即电力通信网络1、电力通信网络2、电力通信网络3中同时取 $p=0.1$ 或同时取 $p=0.2$ 或同时取 $p=0.3$ 或同时取 $p=0.4$ 或同时取 $p=0.5$),用于对比。丢包率系数参量初始值 $\sigma_1(0), \sigma_2(0)$ 和 $\sigma_3(0)$ 均为 0.1×10^{-9} ,延时系数参量初始值 $\alpha_1(0), \alpha_2(0)$ 和 $\alpha_3(0)$ 均为 0.01×10^{-9} ,丢包率系数参量 ζ 分别为以下几个值 $\zeta=0.01, 0.06, 0.12, 0.18, 0.24, 0.30$ (即电力通信网络1、电力通信网络2、电力通信网络3中同时取 $\zeta=0.01$ 或同时取 $\zeta=0.06$ 或同时取 $\zeta=0.12$ 或同时取 $\zeta=0.18$ 或同时取 $\zeta=0.24$ 或同时取 $\zeta=0.30$),用于对比。

[0078] 本实施方式中采用一种电力通信网络中路由器服务等级的自适应分级方法,其流程如图2所示。包括以下步骤:

[0079] 步骤1、对图1中待传输的数据流的初始发射速率 v_1 进行间隔为1s的采样。

[0080] 步骤2、将电力通信网络中的待传输数据流从源电力通信网络传输至目的电力通信网络,具体包括:

[0081] 步骤2.1:确定各电力通信网络的QoS等级;

[0082] 步骤2.1.1:确定满足电力通信网络要求的延时和丢包率值,预测t时刻电力通信网络i的延时和丢包率。在图1所示的电力通信网络模型中,源节点S要向目的节点D发送一个长度为T,初始速率为 v_1 的数据流,该数据流将经过3个网络(即电力通信网络1、电力通信网络2和电力通信网络3),且这3个网络分别有不同的延时和丢包率,分别为 $Td_i(c_i(t), t)$ 和 $Lr_i(c_i(t), t)$,根据初始化设置的在这3个网络中的具体参数,建立延时与丢包率的数学模型,预测t时刻电力通信网络i的延时和丢包率,t时刻电力通信网络i的延时为:

$$[0083] \quad Td_i(c_i(t), t) = \frac{\alpha_i(t)}{c_i(t)} \quad (19)$$

[0084] t时刻电力通信网络i的丢包率为:

$$[0085] \quad Lr_i(c_i(t), t) = \frac{\sigma_i(t)}{\sigma_i(t) + c_i(t)} \quad (20)$$

[0086] 其中, $1 \leq i \leq n$, $0 \leq t \leq T$, $c_i(t)$ 是t时刻网络i所要取的服务质量等级, $\alpha_i(t)$ 与 $\sigma_i(t)$ 是t时刻特定服务级别下的电力通信网络i的延时和丢包率的系数参量,且为线性函数,分别为,

$$[0087] \quad \sigma_i(t) = 0.1 \times 10^{-9} - \zeta t \quad (21)$$

$$[0088] \quad \alpha_i(t) = 0.01 \times 10^{-9} - \eta t \quad (22)$$

[0089] 式中 $\zeta > 0$, $\eta > 0$ 且可设置为远小于1的值,在本发明实例中,设置为0.15,系数参量 $\alpha_i(t)$ 与 $\sigma_i(t)$ 的初始值设置为 $\sigma_i(0) = 0.1 \times 10^{-9}$, $\alpha_i(0) = 0.01 \times 10^{-9}$ 。

[0090] 步骤2.1.2、利用步骤2.1.1中所得到的时变电力通信网络中的延时和丢包率值定义t时刻电力通信网络的吞吐量 $Th(c(t), t)$ 和能耗 $E(c(t), t)$ 。电力通信网络吞吐量是指网络实际传输数据量的大小,与网络的丢包率有关,随网络丢包率的增加而减少;电力通信网络的能耗与网络数据流的传输速率有关,随传输速率的增加而增加,所述网络能耗包括两个部分,一部分为网络的固有能耗,另一部分与网络速率有关,随网络速率的增加而增加,具体如下:

[0091] 定义t时刻电力通信网络的吞吐量为该时刻网络中实际传输的数据量的大小,根据此定义,t时刻电力通信网络的吞吐量表示为:

$$[0092] \quad Th(t) = v_1 \left(\prod_{i=1}^3 (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right) \quad (23)$$

[0093] 在公式(23)中, v_1 表示数据流的初始速率,吞吐量 $Th(t)$ 与数据流经过网络的丢包率 $Lr_i(c_i(t), t)$ 有关,并且随着网络丢包率的提高而降低。且 $Lr_i(c_i(t), t) \approx 1$,所以在t时刻,网络的吞吐量仍可以近似认为是 v_1 ,这不违背最大无失真传输条件。利用公式(23),就可以预测t时刻电力通信网络的吞吐量。

[0094] 本实施方式中电力通信网络的能耗与网络的数据流传输速率有关,随网络速率的提高而增加,这样,建立t时刻电力通信网络能耗模型表示为:

$$[0095] \quad E(t) = c_e \times p + (1-p) \times v(t) \quad (24)$$

[0096] 式中, c_e 为电力通信网络容量, p 为电力通信网络中固有能耗所占比重, $v(t)$ 为t时刻的电力通信网络速率,利用步骤1中预测的t时刻电力通信网络的延时和丢包率值,预测t时刻的电力通信网络速率 $v(t)$ 为:

$$[0097] \quad v(t) = \frac{v_1 \left(\prod_{i=1}^3 (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right)}{\sum_{i=1}^3 Td_i(c_i(t), t)} \quad (25)$$

[0098] 步骤2.1.3、利用步骤2.1.2所得的电力通信网络吞吐量和能耗值,建立整体电力通信网络的服务等级自适应划分模型。

[0099] 本实施方式定义电力通信网络能效为网络吞吐量与网络能耗之比。根据此定义,建立如下的电力通信网络能效:

$$[0100] \quad EE(t) = \frac{Th(t)}{E(t)} = \frac{v_1 \left(\prod_{i=1}^n (1 - Lr_i(c_i(t), t)) \right)}{c_e \times p + (1-p) \times v(t)} \quad (26)$$

[0101] 在公式(26)中,网络能效EE(t)是服务质量等级 $c_i(t)$ 的函数。

[0102] 本实施方式的目标是,在保证电力通信网络一定服务质量的基础上,比如,电力通信网络的丢包率和延时小于某一上限值,最大化提高电力通信网络的能效。

[0103] 由于在t时刻电力通信网络i时延要满足如下条件:

$$[0104] \quad \begin{cases} \lim_{c_i \rightarrow 0} Td_i(c_i(t)) = \infty \\ \lim_{c_i \rightarrow \infty} Td_i(c_i(t)) = 0 \\ \left| \frac{\partial Td_i(c_i(t), t)}{\partial t} \right| < \frac{\varepsilon}{n} \end{cases} \quad (27)$$

[0105] 同样,在t时刻电力通信网络i的丢包率 $Lr_i(c_i(t), t)$ 满足如下条件:

$$[0106] \quad \begin{cases} \lim_{c_i \rightarrow 0} Lr_i(c_i(t)) = 1 \\ \lim_{c_i \rightarrow \infty} Lr_i(c_i(t)) = 0 \\ \lim_{c_i \rightarrow 0} \left| \frac{\partial Lr_i(c_i(t), t)}{\partial c_i} \right| < \infty \end{cases} \quad (28)$$

[0107] 式中, $1 \leq i \leq n, 0 \leq t \leq T, c_i(t)$ 是t时刻网络i所要取的服务质量等级,条件(27)和(28)表明,当电力通信网络服务质量等级是0时,网络无连接,但随着电力通信网络服务质量等级的增加,网络的延时和丢包率都将会下降,且服务等级划分问题本来是离散的最优化问题,本发明实施方式要在连续条件下对其进行求解,所以公式(27)~(28)中最后的不等式保证该最优化问题有可行解,即可以求得每个网络的最优服务质量等级。

[0108] 根据以上的要求和步骤中建立的数学模型,本实施方式建立以电力通信网络能效最大为目标函数,并且以网络服务质量以及遗传算法的约束条件作为约束的,建立面向多粒度多业务电力通信的服务等级自适应划分模型,目标函数为:

$$[0109] \quad c_i^*(t) = \arg \max EE(t) \quad (29)$$

[0110] 式中, $c_i^*(t)$ 为电力通信网络i待求的最优服务质量等级;EE(t)为电力通信网络能效; $c_i(t)$ 为电力通信网络i的服务质量等级; φ 为每个电力通信网络的服务质量等级下限; ε 为一个远小于1的常数; $Td_i(c_i(t))$ 为电力通信网络i的时延; n 为数据流所经过的电力通信

网络个数; $LR_i(c_i(t))$ 为电力通信网络 i 的丢包率; 且有 $1 \leq i \leq n, 0 \leq t \leq T$ 。

[0111] 电力通信网络 i 的 QoS 等级必须高于所设置的最低门限值, 公式为:

$$[0112] \quad c_i(t) > \varphi \quad (30)$$

[0113] 其中, $c_i(t)$ 为 t 时刻电力通信网络 i 的 QoS 等级, φ 为每个电力通信网络的 QoS 等级下限。

[0114] 电力通信网络 i 的 QoS 等级趋近于 0 时, 认为网络无连接, 延时为无穷, 丢包率为 100%, 公式为:

$$[0115] \quad \lim_{c_i \rightarrow 0} Td_i(c_i(t)) = \infty \quad (31)$$

$$[0116] \quad \lim_{c_i \rightarrow 0} Lr_i(c_i(t)) = 1 \quad (32)$$

[0117] 当网络 i 的 QoS 等级趋于无穷时, 认为网络延时为 0, 丢包率为 0, 公式为:

$$[0118] \quad \lim_{c_i \rightarrow \infty} Td_i(c_i(t)) = 0 \quad (33)$$

$$[0119] \quad \lim_{c_i \rightarrow \infty} Lr_i(c_i(t)) = 1 \quad (34)$$

[0120] 保证该最优化问题有最优解, 即可以求得每个网络的最优服务质量等级, 公式为:

$$[0121] \quad \left| \frac{\partial Td(c_i(t), t)}{\partial t} \right| < \frac{\varepsilon}{n} \quad (35)$$

$$[0122] \quad \lim_{c_i \rightarrow 0} \left| \frac{\partial Lr_i}{\partial c_i} \right| < \infty \quad (36)$$

[0123] 由式(29)可以得出, 该最优化模型为多峰值的最优化问题, 利用传统的方法很难对其求解, 因此我们利用遗传算法对其进行求解, 即求得每个网络的最优 QoS 等级 $c^*(t) = \{c_1^*(t), c_2^*(t), c_3^*(t)\}$ 。

[0124] 步骤 2.1.4、利用遗传算法对步骤 2.1.3 中建立的电力通信的服务等级自适应划分模型, 得到每一个电力通信网络的最优服务质量等级;

[0125] 由于该等级划分模型为多约束多峰值最优化问题, 利用传统方法很难对其求解, 本发明实施方式中利用遗传迭代进化算法提出一种启发算法对其进行求解。通过迭代寻优, 利用该启发式算法求解该该优化问题。

[0126] 具体步骤如下:

[0127] 步骤 A: 设置遗传算法所需的各系数参量初始值, 如: 确定最大的遗传代数 generations = 200, 种群个体数为 100。设置电力通信网络参数的初始值, 如: 网络个数为 $n = 3$, 采集到数据包的初始速率 $v_1 = 10^6$, 数据长度 $T = 50$, 服务质量等级最低下限 $\varphi = 1.2 \times 10^{-9}$, 网络容量 $c_e = 10^9$, 网络中固定能耗所占比重 $p = 0.5$, 系数参量初始值 $\sigma_1(0)$ 、 $\sigma_2(0)$ 和 $\sigma_3(0)$ 均为 0.1×10^{-9} , 延时系数参量初始值 $\alpha_1(0)$ 、 $\alpha_2(0)$ 和 $\alpha_3(0)$ 均为 0.01×10^{-9} 。

[0128] 以等间隔对源节点发送的某一业务数据流其进行采样, 设置指示已计算的数据流片段个数的初始值 $ii = 1$,

[0129] 步骤 B: 从第一个数据流片段开始调用遗传算法对于每个时间片段的数据流进行求解, 确定各个电力通信网络的服务质量等级;

[0130] 调用遗传算法对当前某一数据流片段进行求解, 包括以下步骤:

[0131] 步骤B-1:设置初始迭代次数 $I_t=1$,确定适应度函数的值,即求解该时刻数据流片段的能效函数值的相反数为遗传算法中的适应度函数。取能效函数的相反数的原因如下,遗传算法一般用来求解极小值问题,而本优化模型为求极大值问题,所以对能效函数取相反数。

[0132] 步骤B-2:依次进行选择,交叉,变异操作,具体内容如下:

[0133] a.在100个QoS等级组中,以一定概率,本实施方式设置为 $P_s=0.9$,选择部分QoS等级组新的QoS等级组值,剩余 $1-P_s=0.1$ 的QoS等级组重新选择QoS等级组值,进行变异。

[0134] b.在100个QoS等级组中,选择 $P_c=0.9$ 的等级组互换QoS等级组值,其余个体保持不变,形成新的QoS等级组值,进行交叉操作。

[0135] 如果迭代次数没有达到最大generation次,则在100个QoS等级组中进行选择,交叉,变异操作重新获得新一代的种群,即,新的一系列网络服务质量等级组,否则,若迭代次数已经达到最大generation次,输出最优的各电力通信网络最优的服务质量等级 $c^*(t)=\{c_1^*(t),c_2^*(t),c_3^*(t)\}$ 。

[0136] 步骤C:判断是否已经完成对所有数据流片段的求解,即, $i_i < T+1$,若完成,则转步骤E,否则转入步骤D;

[0137] 步骤D:指示变量指向下一个数据流片段,即 $I_t=I_t+1$,转入步骤C;

[0138] 步骤E:退出循环,输出结果。

[0139] 步骤2.1.5:根据步骤4所得到的各电力通信网络的服务质量等级,在每一个电力通信网络的路由器中分配相应的服务等级。

[0140] 步骤2.2将数据流在已配置好的电力通信网络中从源网络向目的网络进行传输。

[0141] 为了证明本发明方法中每一个系数参量对于电力通信网络能效的影响程度,我们对每一个系数参量取不同值进行对比分析。图3画出了电力通信网络固定能耗比值 p 不同时电力通信网络能效效果对比。从图3中,我们可以看出,随着网络固有能耗所占比重的提高,网络能效会有一定的下降,这给我们未来的工作带来一定的启示,我们可以利用某一技术降低电力通信网络中服务器,路由器等这些固有设备的能量消耗,提高能量的利用率,从而提高整个网络的能效。同时,从图中我们可以看出,网络丢包率系数参量对网络的能效影响不大,这说明,我们的发明具有一定的自适应性,可应用于不同网络。

[0142] 图4画出了当电力通信网络丢包率系数参量 ξ 不同时电力通信网络能效对比效果。图4告诉我们,随着电力通信网络丢包率系数参量的变化网络能效变化并不是很大,这也就是说明我们的方法具有很强的自适应性,当网络环境发生变化时,网络的能效可以基本保持不变,健壮性很强。并且,我们从图中还可以看出,网络流量的初始发射速率对网路能效的影响很大,这说明我们可以尽可能高速率地发送业务数据,以提高网络能效。

[0143] 图5画出了当电力通信网络源节点初始数据流发射速率 r_0 不同时电力通信网络能效对比效果,图5表示,当电力通信网络中源节点发送数据流速率增加是,网络能效会有很大的提高,这说明我们的算法对于网络能效的控制具有高效性,随业务流的粒度的增加而增加。同时,图5也明确反映出网络能效对于数据流的初始发射速率以及网络的固有能耗所占比重相对敏感,而对于网络的丢包率系数参量,不是特别敏感。

[0144] 图6为遗传算法中各次迭代网络能效值,从图中我们可以看出,本发明具有很好的收敛性和稳定性,最终将获得最优的各网络服务质量等级。

[0145] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域内的熟练的技术人员应当理解,这些仅是举例说明,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,而不背离本发明的原理和实质。本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

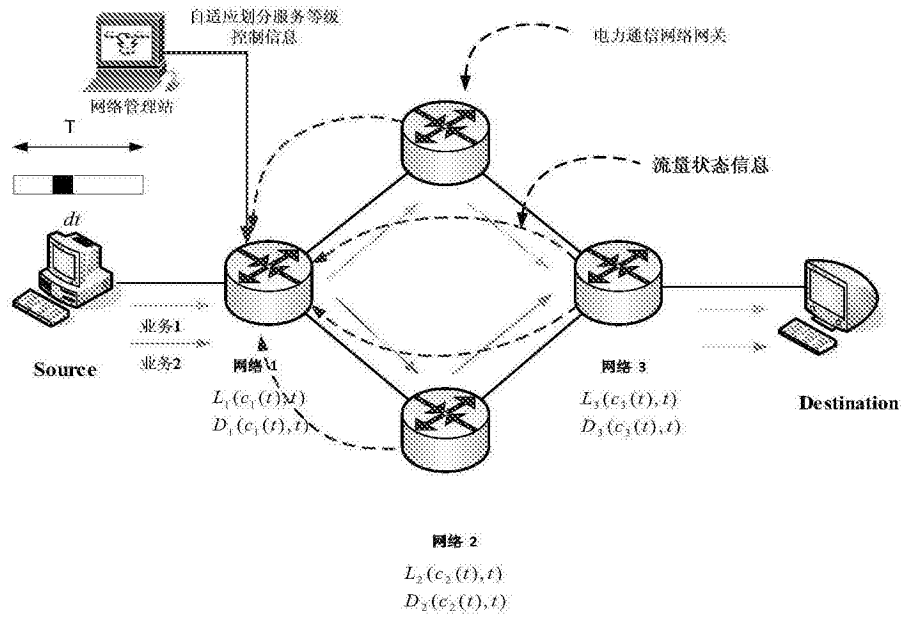


图1

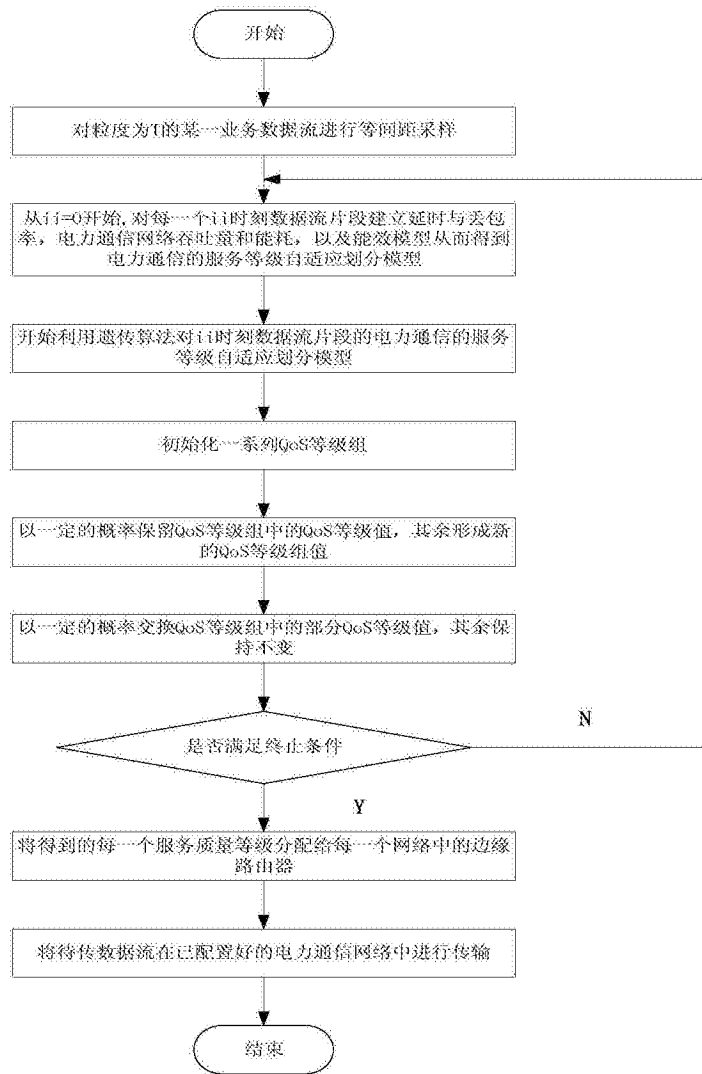


图2

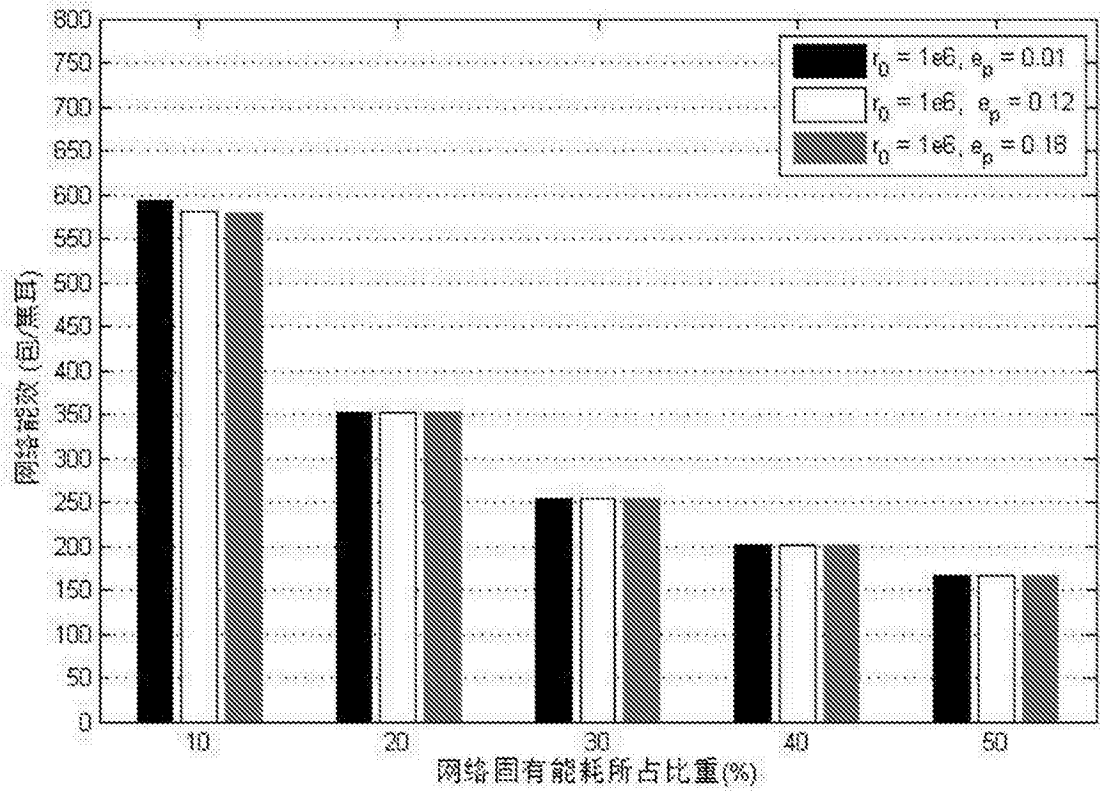


图3

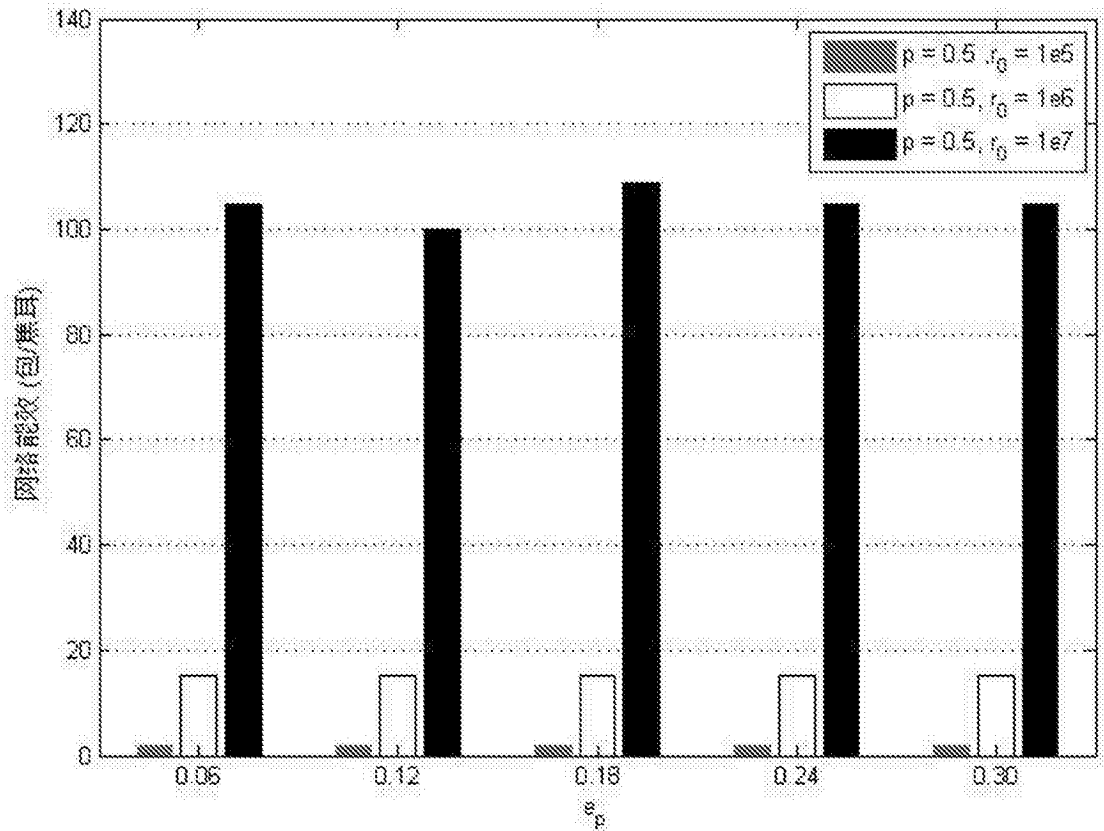


图4

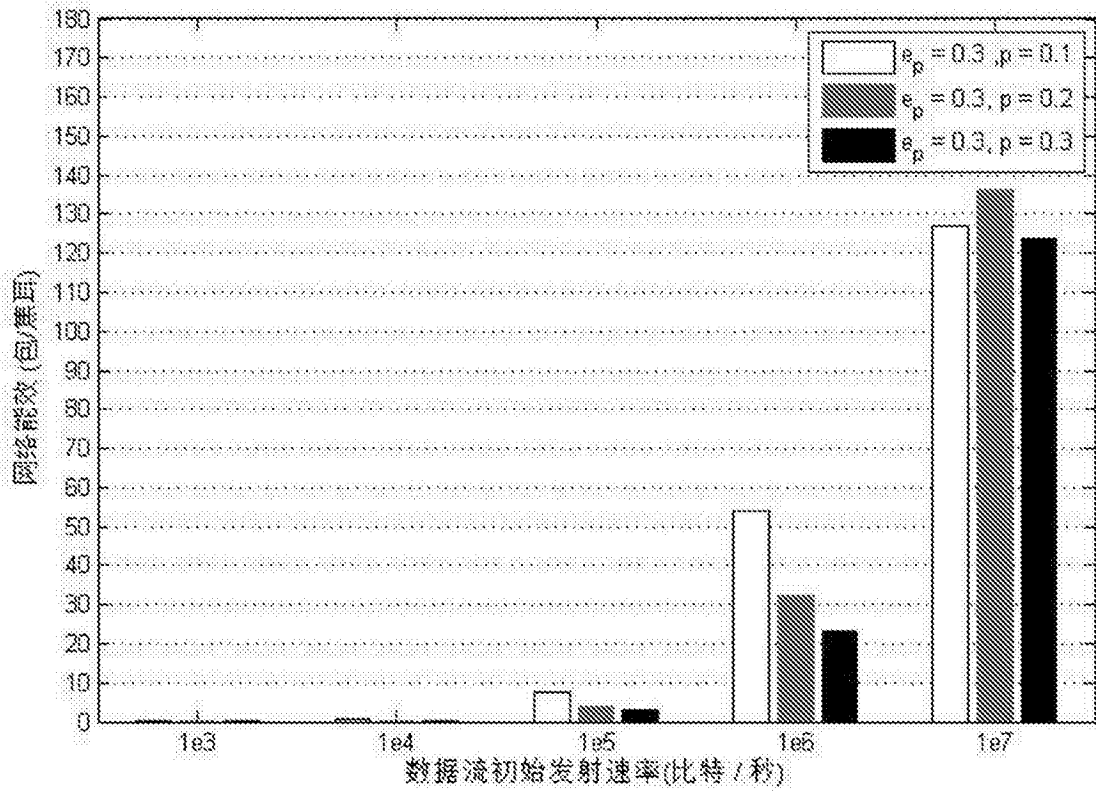


图5

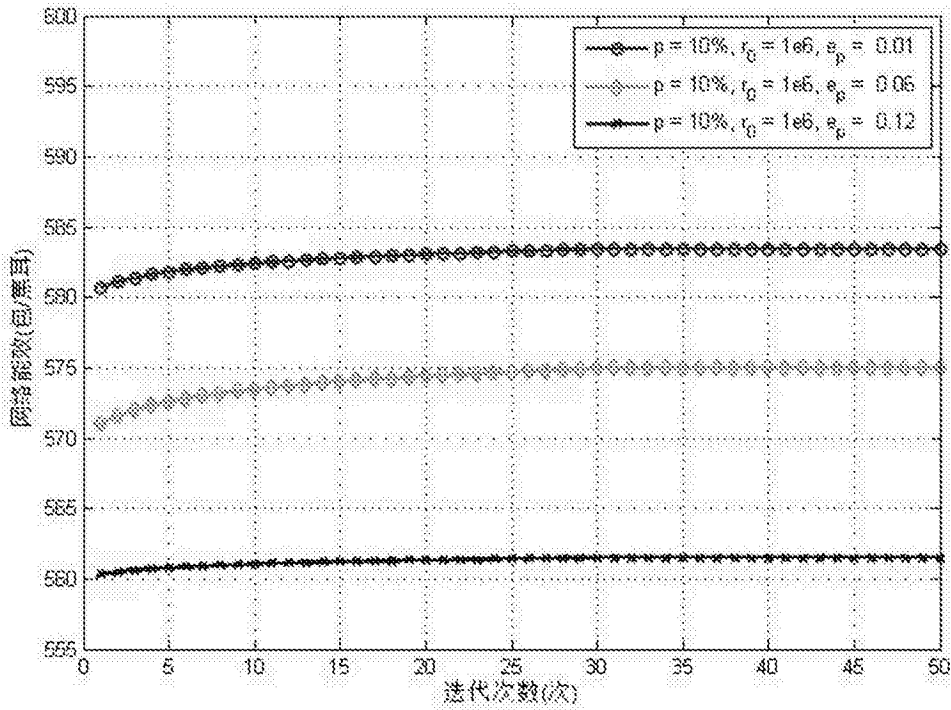


图6