

# 基于终端电能状态的网络接口开启间隔算法

王玉红, 黄开枝

(国家数字交换系统工程技术研究中心, 郑州 450002)

**摘要:** 针对动态开启间隔算法存在网络接口开启间隔次数过多及网络选择时间过长的问题, 提出一种基于终端电能状态的网络接口开启间隔算法, 将终端剩余电能状态 $\beta$ 作为功耗代价的权重, 使网络性能函数成为网络开启间隔的影响因子, 对网络流量进行有效管理。仿真实验结果表明, 在网络选择过程中, 当终端移动速度不超过 1.4 m/s 时, 该算法具有较少的网络开启间隔次数和较短的网络选择时间。

**关键词:** 开启间隔; 网络性能函数; 电能状态; 剩余电能门限

## Network Interface Activating Interval Algorithm Based on Terminal Battery State

WANG Yu-hong, HUANG Kai-zhi

(National Digital Switching System Engineering & Technological R&D Center, Zhengzhou 450002)

**【Abstract】** Aiming at the problems that the interval number of network interface to open is too much and the network selection time is too long in dynamic activating interval algorithm, a network interface activating interval algorithm based on terminal battery state is proposed, which makes the terminal remaining battery state  $\beta$  as weight of power consumption cost. The network performance function is made as the influence factor of network activation interval. The network flow is managed. Simulation experimental results show this algorithm has less interval number of network interface to open and short network selection time in process of network selection, when the terminal moving speed is less than 1.4 m/s.

**【Key words】** activating interval; network performance function; battery state; remaining power threshold

### 1 概述

在异构无线网络中, 当多模终端在进行网络发现和网络选择时, 需要保持多个网络接口处于活跃状态, 损失较多的背景能耗和信令能耗<sup>[1]</sup>。而大多数移动终端采用电池供电, 在典型应用场合(如战场环境、灾难救助等)中, 终端可能无法充电或者充电比较困难, 电能的有限性会严重影响用户的通信需求。

为降低电能损耗, 终端可以周期性地开启网络接口感知周围网络信息, 但是固定周期时间长短的选取很难在切换的有效性和节能方面做平衡, 为弥补这一缺陷, 文献[2]提出根据周围环境信息动态调整网络接口开启间隔的算法。但是在网络选择过程中, 文献[2]根据网络性能函数计算开启间隔, 而网络性能函数只考虑带宽、价格、接入时延等因素, 没有考虑当终端电能进入不足状态时, 剩余电能将会如何影响网络选择的性能。

本文从终端独立完成感知周围环境的角度出发, 提出基于终端电能状态的接入代价函数, 该接入代价函数将网络的业务能耗作为功耗子代价, 开启间隔可以根据电能状态做出自适应调整, 从而降低不必要的网络开启状态出现的频率, 进一步达到节能的目的。

### 2 网络接口开启间隔模型

网络接口开启间隔包括 2 个部分: 开启时间和休眠时间。终端在开启时间内主要完成网络 QoS 参数检测, 然后进入休眠时间。由于网络的特性差异, 因此不同网络接口感知网络信息的时间是不同的。对于同一个网络接口, 其网络接口开启时感知的网络信息相同, 感知相同信息所用的时间长短也

相同。

本文假设同一个网络接口感知周围对应网络 QoS 参数信息的开启时间相同。该网络接口开启间隔模型如图 1 所示。

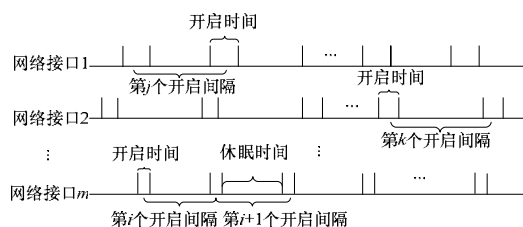


图 1 网络接口开启间隔模型

为尽快完成网络发现与网络选择, 网络接口休眠时间越短, 越能够较快地发现网络, 并根据感知的 QoS 参数信息对网络进行对比评估。因此, 网络发现和网络选择的有效性主要体现在所用的时间上。所用时间越少, 越能够为网络切换提供及时必要的信息, 从而提高网络切换的性能。

从终端电池的生存周期来讲, 在网络发现和网络选择的过程中, 终端网络接口开启时所检测的参数和检测参数的时间一样。因此, 休眠时间越长, 可以较大幅度地延长终端的生存周期, 即相同时间内网络开启的次数越少, 就越能够延长电池的生存周期。

**基金项目:** 国家“863”计划基金资助项目(2007AA01Z434)

**作者简介:** 王玉红(1982-), 女, 硕士研究生, 主研方向: 移动通信, 异构无线网络融合; 黄开枝, 副教授

**收稿日期:** 2009-04-10 **E-mail:** niutong0072@gmail.com

### 3 基于终端电能状态的自适应开启间隔算法

在网络发现过程中，由于接收信号强度是表征网络是否存在的基本因素<sup>[2]</sup>，因此网络接口开启间隔根据接收信号强度的大小调整。在网络选择的过程中，考虑到终端电能充足时，用户主要关心带宽、接入时延等因素，因此，采用能够突出带宽重要性的网络性能函数，但是终端电能进入不足状态时，网络的业务能耗将会成为网络性能的影响因子，其对网络性能的影响主要与当前终端电能状态有关。

#### 3.1 网络发现开启间隔算法

有关网络发现机制的研究比较多，本文主要采用文献<sup>[2]</sup>提出的根据接收信号强度调整感知频度大小的动态算法，其感知频度流程如下：

- (1)初始化。开启间隔  $T_{int}=T_{int-max}$ ，计数器  $n=0$ ；
- (2)若  $RSS_{new}>RSS_{th-new}$ ，则  $T_{int}=T_{int-min}$ ， $n=n+1$ ；否则  $n=0$ ， $T_{int}=T_{int-min}+(T_{int-max}-T_{int-min})(1-RSS_{new}/RSS_{th-new})$  (1)
- (3)若  $n>X$ ，则表示发现了网络。

其中， $T_{int}$ 表示网络接口开启间隔； $T_{int-max}$ 表示开启间隔的上限； $T_{int-min}$ 表示开启间隔的下限，如果  $T_{int}<T_{int-min}$ ，则  $T_{int}=T_{int-min}$ 。同时为降低乒乓切换效应，设置一个计数器，用来记录新的网络信号强度  $RSS_{new}$  连续大于  $RSS_{th-new}$  的次数。在网络发现的过程中，只有计数器的值大于预定义的  $X$  值时才表明发现了新网络。

#### 3.2 基于终端电能状态的网络选择开启间隔算法

在发现新的网络之后，终端需要根据网络接口感知到的 QoS 参数信息计算网络性能，以便进行网络选择。当终端电能进入不足状态时，文献<sup>[2]</sup>的网络性能函数的选取过分重视外部网络条件(带宽、接入时延等)，忽略了终端的内部电能状态，造成不必要的网络开启和 QoS 参数检测行为，最终导致终端电能过早消耗完毕。动态开启间隔算法无法根据终端的内部电能状态做出自适应调整<sup>[3]</sup>。

用当前剩余电能百分比  $\beta$  ( $\beta$  等于终端电池中的剩余电能与电池总容量的比值)表征电池电能的状态，并且定义一个“剩余电能门限”(表示为  $\beta_{th}$ )的参数，不同网络的背景功耗、信令功耗和业务功耗存在较大的差异，因此，相同业务应用在不同网络中总能耗是不同的。可用带宽越宽的网络，背景能耗就越大，业务功耗密度也越大。

(1)当  $\beta > \beta_{th}$  时，终端电池电能储备相对比较充足，用户关心网络的带宽、接入时延等因素，因此，采用能够突出带宽因素的动态开启间隔算法进行网络选择。该算法步骤与网络发现相似，采用计数器记录新的网络性能  $F_{new}$  优于当前网络性能  $F_{cur}$  次数。网络选择流程如下：

- 1)初始化。开启间隔  $T_{int}=T_{int-max}$ ，计数器  $n=0$ ；
- 2)若  $F_{new}>F_{cur}$ ，则  $T_{int}=T_{int-min}$ ， $n=n+1$ ；否则， $n=0$ ， $T_{int}=T_{int-min}+(T_{int-max}-T_{int-min})(1-F_{new}/F_{cur})$  (2)
- 3)若  $n>Y$ ，则将该网络加到候选网络列表里。

其中， $F=\sum_i w_i N(p_i)$ ； $p_i$ 表示第  $i$  个 QoS 参数值； $N()$ 表示标准化函数； $w_i$ 表示  $p_i$  相应的权重。

(2)当  $\beta < \beta_{th}$  时，终端电池电能进入不足状态，控制终端的开启间隔就显得尤为重要。如果当前网络可用，则在保证主网络接口<sup>[4]</sup>处于开启的状态下关闭新网络接口。如果当前网络不可用，则按照  $\beta > \beta_{th}$  时的开启间隔算法完成网络发现与网络选择。

但是当  $\beta < \beta_{th}$  时，与动态开启间隔算法不同的是，网络

性能函数考虑系统可用带宽和功耗水平 2 种策略参数。

$$F_m = \beta \frac{R}{B_m} + (1-\beta) \frac{P_m^b + P_m^a \times R}{PC_{budget}} \quad (3)$$

其中  $R$  和  $B_m$  分别表示业务的带宽需求和系统  $m$  中的可用带宽；比值  $\frac{R}{B_m}$  表示系统可用带宽相对应的子代价(简称带宽子代价)； $P_m^b$  和  $P_m^a$  分别表示系统的背景功耗和业务功耗密度； $PC_{budget}$  为终端的功耗预算，它的取值是根据当前业务的带宽需求以及被选系统中的功耗水平确定的，从而能够保证当前业务在系统  $m$  中的功耗  $P_m^b + P_m^a \times R$  总小于  $PC_{budget}$ ；

$\frac{P_m^b + P_m^a \times R}{PC_{budget}}$  是与功耗水平相对应的子代价(简称功耗子代价)。当前业务在系统  $m$  中的功耗越低，功耗子代价就越小。电能状态  $\beta$  和  $1-\beta$  分别被用作带宽子代价与功耗子代价的权重因子。在电池电能逐渐被消耗的过程中，带宽子代价的权重因子  $\beta$  会逐渐减小，而功耗子代价的权重因子  $1-\beta$  就会逐渐增大，从而能够根据终端电池状态自适应地调整接入代价函数。终端网络接口开启间隔根据式(4)进行调整。

$$T_{int}^m = T_{int-min}^m + (T_{int-max}^m - T_{int-min}^m) \left(1 - \frac{CF_{m-cur}}{CF_{m-new}}\right) \quad (4)$$

从式(4)可以发现，网络性能对开启间隔的影响采用的是  $\frac{CF_{m-cur}}{CF_{m-new}}$ ，这是由于式(3)表示的是接入代价函数，网络的接入代价越小，表明网络越好。如果当前网络的接入代价函数值低于新的网络，网络开启间隔较大；反之开启间隔较小。当  $\beta_{th}=1$  时，基于终端电能状态的自适应网络接口开启间隔算法就是动态开启间隔算法，因此，动态开启间隔算法是本文算法的一个特例。

根据上述算法，基于终端电能状态的自适应网络接口开启间隔算法流程如图 2 所示。

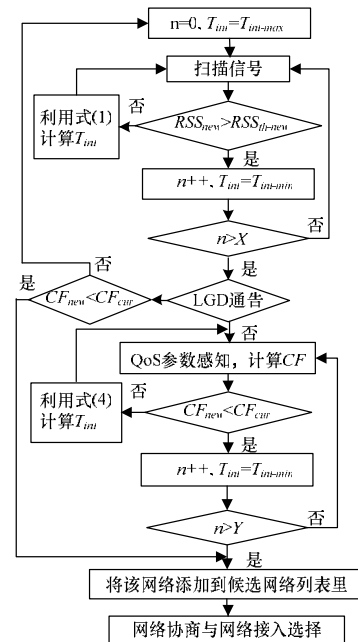


图 2 基于终端电能状态自适应开启间隔算法

### 4 算法仿真

仿真实验采用的异构无线网络是由 GPRS 系统和基于 IEEE802.11 的 WLAN 共同组成的，移动终端具有 2 个网络接

口, 终端从 GPRS 系统的点  $Q$  出发, 向 WLAN 网络点  $P$  移动, 点  $Q$  与点  $P$  相距 1 000 m。假设当前业务的带宽需求为 100 Kb/s, 业务持续时间服从均值为 120 s 的负指数分布。终端电池的总容量为 20 J。

GPRS 系统与 WLAN 系统的可用带宽和功耗水平由表 1 给出。将本文算法与固定周期的开启间隔(5 s, 10 s)和文献[2]的动态算法分别进行比较, 移动终端和 GPRS 的基站参数设置采用文献[2]中的默认值, 如表 2 所示。

表 1 系统参数

系统	可用带宽/(Mb·s <sup>-1</sup> )	背景功耗/ $\mu$ W	业务功耗比
GPRS	2.0	107.20	4.92
WLAN	5.5	262.74	1.22

表 2 移动终端的参数设置

变量	数值	变量	数值
网络接口开启间隔 ( $T_{int-min}, T_{int-max}$ )	5 s, 15 s	终端天线高度	1 m
计数器 $X$	5	终端天线增益	1
计数器 $Y$	5	系统损耗	1
AP 传输信号功率	0.281 838 15 mW	RSS 门限	3.652e-10 mW
AP 天线高度	2 m	—	—

仿真的主要目的是观察 GPRS 网络接口在网络发现与网络选择过程中网络接口开启的次数和所用时间。仿真结果如图 3~图 6 所示。

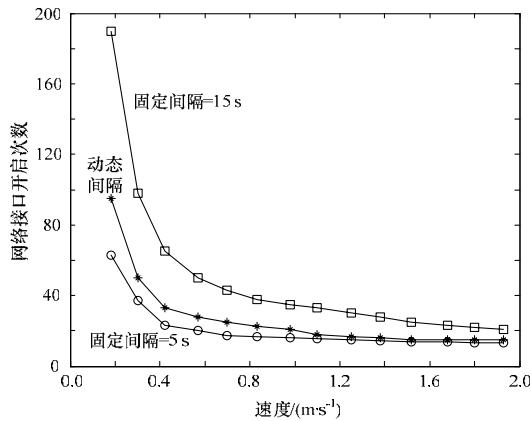


图 3 网络发现所需的开启间隔次数

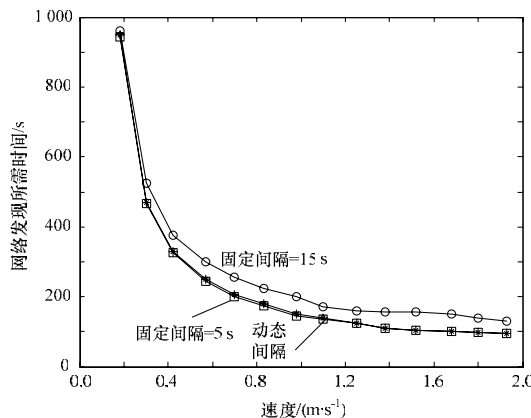


图 4 网络发现所需时间

从图 3、图 4 可以看出, 开启间隔次数和网络发现时间随着终端移动速度的增大而迅速减小。当固定周期为 15 s 时, 网络接口开启次数最少, 但是网络发现所用的时间比较长, 当周期为 5 s 时, 网络发现所用的时间最少, 但是开启的次数最多。因此, 周期为 15 s 和周期为 5 s 的网络开启间隔算法走向 2 个极端, 无法在网络接口开启次数和所用时间上做

平衡。当终端移动速度高于 1.4 m/s 时, 动态间隔算法在开启次数上基本与固定周期为 15 s 的开启间隔算法相同, 网络发现所用时间与周期为 5 s 的算法基本一致。因此, 动态开启间隔算法能在网络接口开启次数和所用时间之间进行折中。

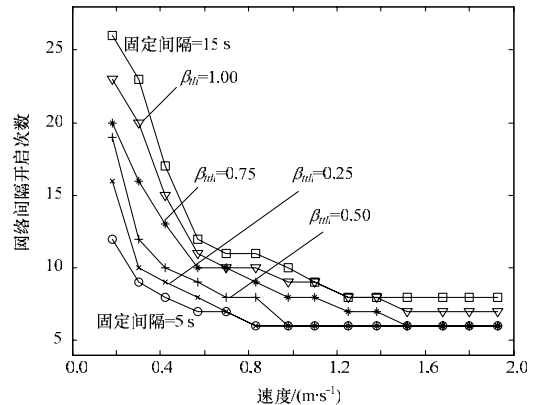


图 5 网络选择所需开启间隔次数

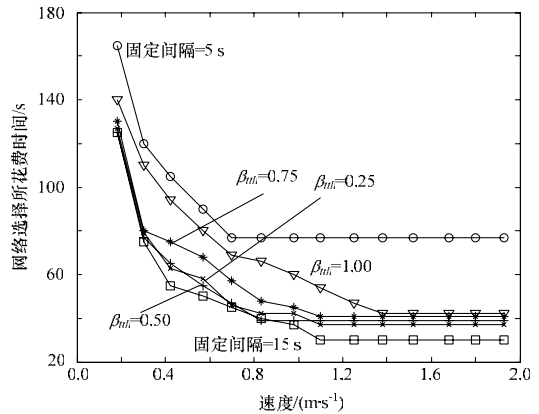


图 6 网络选择所花费时间

从图 5、图 6 可以看出,  $\beta_{th}$  取值不同, 网络的性能函数随之改变, 进一步影响网络的开启间隔次数和网络选择所用的时间, 当  $\beta_{th} = 1$  时, 基于电能状态的感知频度算法就是自适应开启间隔算法, 但是随着  $\beta_{th}$  逐步减小, 网络选择过程中的开启间隔次数和网络选择时间小于自适应开启间隔算法 (即  $\beta_{th} = 1$  的情况), 这是由于: (1) 在终端移动过程中, 当前业务和终端网络接口的开启需要消耗一部分能耗, 当终端的剩余电能进入不足状态, 网络性能函数中的功耗权重因子  $1 - \beta$  逐步增大, 由表 1 可知, GPRS 网络的接入代价明显低于 WLAN 网络, 所以, 网络接口开启的次数比较少, 网络发现的时间比较短; (2) 网络性能函数的侧重点不同, 动态开启间隔算法只考虑带宽因素, WLAN 网络相比 GPRS 系统来讲, 具有较高的带宽, 终端更愿意选择 WLAN 网络传输业务, 而基于终端电能状态的自适应开启间隔算法主要根据终端电能状态调整业务功耗的权重, WLAN 网络虽有较高的带宽, 但其业务功耗代价较高, 而且业务代价随着终端电能的消耗逐渐凸现出来。为延长电池生存周期, 终端倾向于选择功耗小的网络; (3) 用户的移动速度不同, 网络的开启间隔次数也不同, 终端移动速度越慢, 网络选择过程的开启次数越多, 所需时间就越长。当用户以低于 1.4 m/s 的速率移动时, 基于终端电能状态的算法在网络开启次数和所用时间上明显低于自适应开启间隔算法。

(下转第 99 页)