1. （资料性附录）  
   拥塞控制机制

D.1概述

对于常规BSM消息拥塞控制，可以采用D.1和D.2方式中的一种。

D.2基于CBR

对于使用CBR值进行拥塞控制的方式，在执行拥塞控制的时间段内，应用层应根据底层递交的CBR值及表 4调整常规BSM消息的生成周期。

表 4应用层拥塞控制

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CBR范围 | 传输间隔 | | | | |
| >25km/h | 15~25km/h | 10~15km/h | 5~10km | 0~5km/h |
| 0 ≤ CBR measured ≤ 0.3 | 100 ms | 100 ms | 100 ms | 100 ms | 100 ms |
| 0.3 < CBR measured ≤0.6 | 100 ms | 100 ms | 100 ms | 100 ms | 100 ms |
| 0.6< CBR measured ≤ 0.80 | 100 ms | 200 ms | 300 ms | 500 ms | 1000 ms |
| 0.8< CBR measured ≤ 1 | 100 ms | 400 ms | 500 ms | 1000 ms | 1000 ms |

D.3基于车辆密度

D.3.1概述

本小节描述基于车辆密度的对常规BSM消息进行拥塞控制的方法。本小节用到以下参数，vPERSubInterval（1000ms），vPERInterval（5000ms） 和vTxRateCntrlInt（100ms）。他们之间的关系如下图所示：

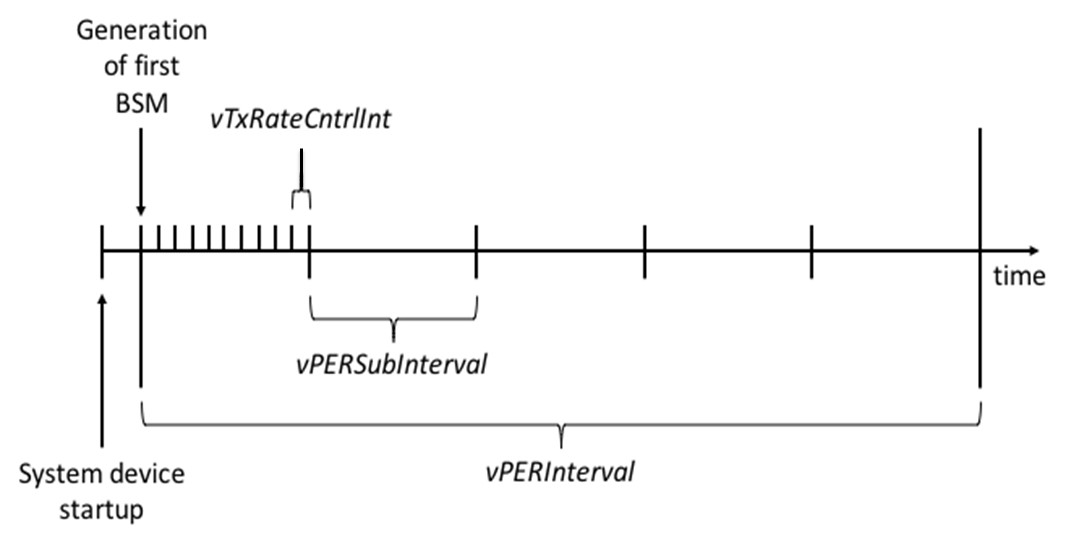


图 9 参数 *vPERSubInterval*， *vPERInterval* 和*vTxRateCntrlInt*之间的关系

* 1. D.3.2消息生成周期

对于使用基于车辆密度进行拥塞控制的方式，采用如下步骤进行常规BSM消息生成周期控制。

车载系统应按照本小节定义的周期来生成常规BSM消息。车载系统对*vPERRange*（100m）范围内车辆的数目 N(*k*) 进行平滑计算：

其中N(*k*)为在第k个*vTxRateCntrlInt*（100ms）间隔的最后，HV计算的在*vPERRange*（100m）范围内的RV总数量（RV的区分按照BSM消息内的id标示），即如果在第k个*vPERInterval*间隔内接收到的某个RV最后一个BSM消息内包括的2D位置信息位于HV最近获取的2D位置信息*vPERRange*（100m）范围内。是平滑加权引子*vDensityWeightFactor*（0.05）*，*是当前平滑后的车辆密度。

车载系统采用如下公式计算常规BSM消息生成周期Max\_ITT（*k*）：



其中Max\_ITT（*k*）是消息生成间隔，单位为ms，*B*是密度系数*vDensityCoefficient*（25）*，vMax\_ITT* (600ms)是上述计算中的最大门限。

系统调度下一个生成常规BSM的时间为：NextScheduledMsgTime *=* LastTxTime+Max\_ITT。LastTxTime是上次BSM生成的时间。

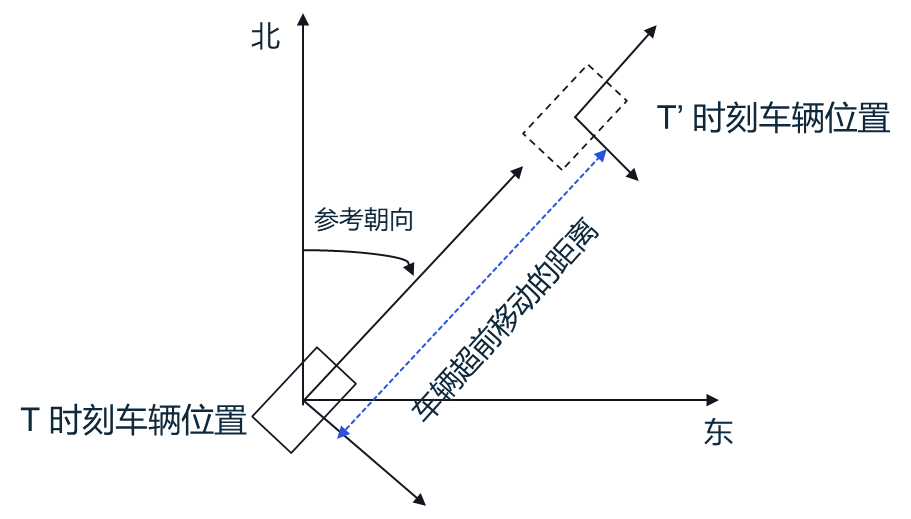
D.3.3跟踪误差

在上述周期生成常规BSM的基础之上，如果车辆位置发生较大变化时，需要考虑提前常规BSM消息生成的时间，从而可以将本车的实时位置告知其他交通参与方。在第k个vTxRateCntrlInt（100ms）结束时，车载系统计算发送概率p（k）：



其中T 是通信导致的最小跟踪误差（tracking error）门限vTrackingErrMin (0.2m)，是误差灵敏度vErrSensitivity (75)，S是通信导致的tracking error饱和上限vTrackingErrMax (0.5m)。e(*k*)是tracking error，其是由于RVs接收HV的运动状态数据时由于传输时延和数据包丢失而造成的时延所导致的，这误差不同于定位子系统的定位精确度误差，其通过如下方法计算得到：车载系统在第k个vTxRateCntrlInt结束时，顺序进行如下操作：

* 本车进行自身位置估计（HV Local Estimate）：假设T时刻是最近一次本车获知自身位置信息的时刻，T’时刻当前时刻。如果T’-T<*vHVLocalPosEstIntMin* （50ms），则估计出来的新的位置（New\_Latitude\_Local, New\_Longitude\_Local）即为最近一次本车获知的位置信息，无需做估计；如果T’-T > vHVLocalPosEstIntMax（150ms），则认为本车辆的位置信息在别的车辆和交通参与方侧已经很长时间没有更新了，e(k) = 0；如果HVPosEstIntMin < T’-T < HVPosEstIntMax，则计算在T’-T时间间隔内车辆朝向不变时，其往前移动的距离D，然后依据移动距离D通过平面坐标系到地球经纬度坐标系的转换得到估计出来的新的车辆位置（New\_Latitude\_Local, New\_Longitude\_Local）。
* 本车进行其在其他车辆（RVs）的位置信息估计（HV Remote Estimate）。其方法与本车进行自身位置估计一致，区别在于T时刻本车的位置信息在其他车辆处的状态是依据信道质量和本车最近一次发送的BSM消息包含的位置信息估计出来的，具体估计方法见D.3.3.1。类似的，T’时刻当前时刻。如果T’-T<*vHVRemotePosEstIntMin* （50ms），则估计出来的新的位置（New\_Latitude\_Remote, New\_Longitude\_Remote）即为本车的位置信息在其他车辆处的依据信道质量和本车最近一次发送的BSM消息包含的位置信息估计出来的最新信息，无需做额外的位置估计；如果T’-T > vHVRemotePosEstIntMax（3000ms），则认为本车辆的位置信息在别的车辆和其他车辆处已经很长时间没有更新了，e(k) = 0；如果*vHVRemotePosEstIntMin* < T’-T < vHVRemotePosEstIntMax，则计算在T’-T时间间隔内车辆朝向不变时，其往前移动的距离D，然后依据移动距离D通过平面坐标系到地球经纬度坐标系的转换得到估计出来的新的车辆位置（New\_Latitude\_Remote, New\_Longitude\_Remote）。
* 车载系统计算tracking error，e(*k*)，其为HV Local Estimate和HV Remote Estimate之间的2D距离。



在第k个*vTxRateCntrlInt结束时，*车载系统使用上面得出的tracking error，e(k)，计算由于跟踪误差tracking error导致生成BSM消息的概率p(*k*）：



其中T 是通信导致的最小tracking error门限*vTrackingErrMin* (0.2m)， 是误差灵敏度*vErrSensitivity* (75)，S是通信导致的tracking error饱和上限*vTrackingErrMax* (0.5m)。

注：上述公式的设计原则是，当tracking error未超过门限T时，HV不会因为tracking error广播BSM消息；当tracking error超过此门限时，则tracking error越大，发送概率越大，当tracking error超过门限S时，则会因为tracking error导致发送BSM。因为各HV的tracking error各不相同，他们会以不同的概率广播BSM消息。

基于Vehicle Dynamics的发送（也就是基于上述tracking error），通过伯努利试验 rand()取一个在0到1之间均匀分布的随机数，如果通过伯努利试验为真且下次调度BSM消息的时间大于等于*vRescheduleTh*，调度BSM消息生成，同时取消已有的BSM消息生成调度，分配LastTxTime = CurrentTime。

* + - * D.3.3.1 信道质量估计

需要先知道整体的信道状况，然后依据信道平均质量来估计本车发送的信息在其他车辆处被正确接收的概率，从而可以估计在特定时刻其他车辆处本车的位置信息的状态（即是否是最新的，还是若干次之前发送的信息）。平均信道质量指示（）可以通过如下方法得到。

首先，在第k个*vPERSubInterval* (1s)的最后计算PER（误包率）：

* PER：PER在一对车辆之间HV和RVi之间进行计算。系统采用如下的计算方法，在*vPERInterval*内采用滑动窗计算第k个*vPERSubinterval*时刻的PER：

假定*δk* 是第*k*个*vPERInterval(5s)*，*wk* 是第*k* 个*vPERSubInterval。在下图中，δk 的长度是wk*的n倍，其中n指的是在*δk* 内子间隔的个数。在每个*wk* 结束的时候，针对每个RVi，按照如下公式，计算在*δk*这个间隔内，预期接收到的BSM消息数量以及未接收到的BSM消息数量：



其中。



*图 10 滑动计算窗*

在*δk*内对每个接收到2个或者多个BSM消息的RV，采用BSM消息中的DE\_MsgCount数据单元计算PER，其中预期接收到的BSM消息数量为在*δk*内接收到的最后一个BSM和第一个BSM中的DE\_MsgCount之差加1，而未接收到BSM消息数量为在*δk*内预期接收到的BSM消息数量与实际接收到的消息数量之差。当计算特定RV预期和未接收到的BSM消息数量时，需要将DE\_MsgCount数据单元的模数操作考虑在内。如果在*δk*间隔内，对于某个RV只接收到了一个数据包，那么针对这个RV的PER未定义，不用于在*δk*间隔内的PER计算。

* 信道质量指示（П）：在*wk*间隔最后计算П(*k*)，其为在*vPERRange*（100m）内所有的*RV*的PER（*k*）的平均值，并且满足如下限制：



基于信道质量指示П(*k*)，在每次HV发送BSM消息之后，其均对该消息是否被其他车辆接收到进行估计。采用针对П(*k*)的伯努利试验，如果试验的结果是真，则认为HV发送的BSM消息被其他RV正确接收到，与此同时，HV采用本次BSM里面的位置信息更新其在其他车辆处的位置状态；否则，则认为消息未被其他车辆收到，HV不更新其位置在其他车辆处的状态；如果连续vMaxSuccessiveFail次试验均不是真，则认为其他车辆接收到最新的BSM消息，同时HV采用采用最新的BSM里面的位置信息更新其在其他车辆处的位置状态。