

车联网边缘缓存策略研究

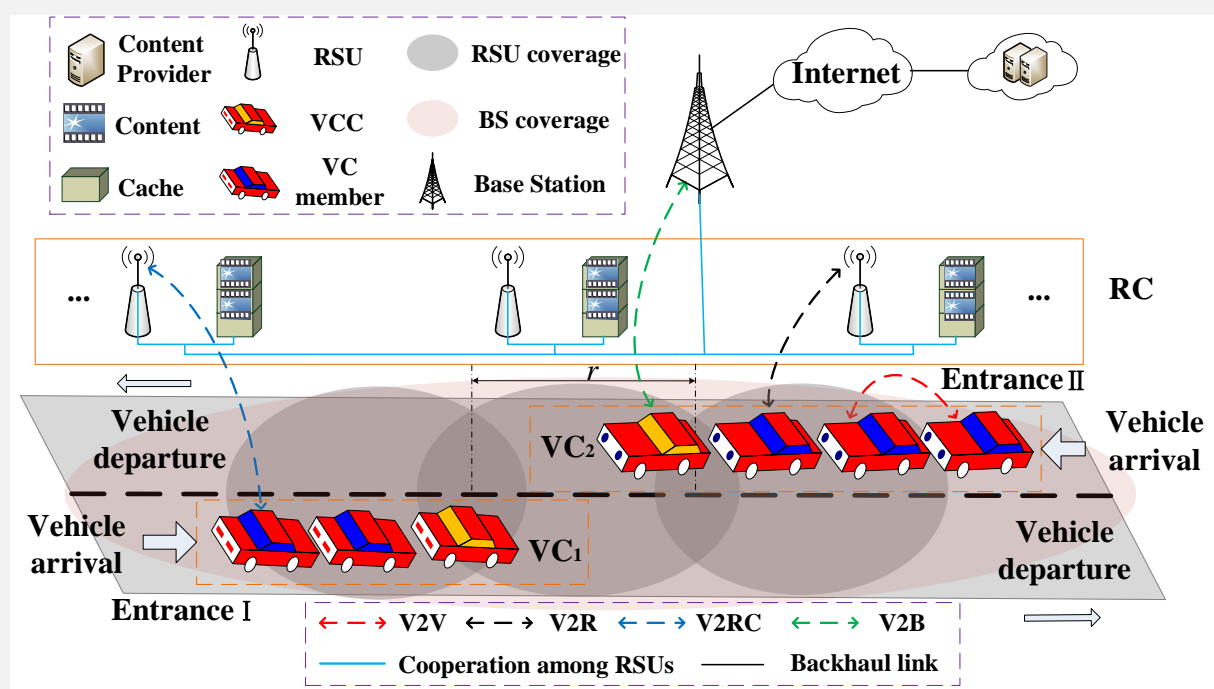
作者：薛拯 导师：韩国军教授

关键词：车联网；边缘缓存；内容传输时延；传输成本。

摘要

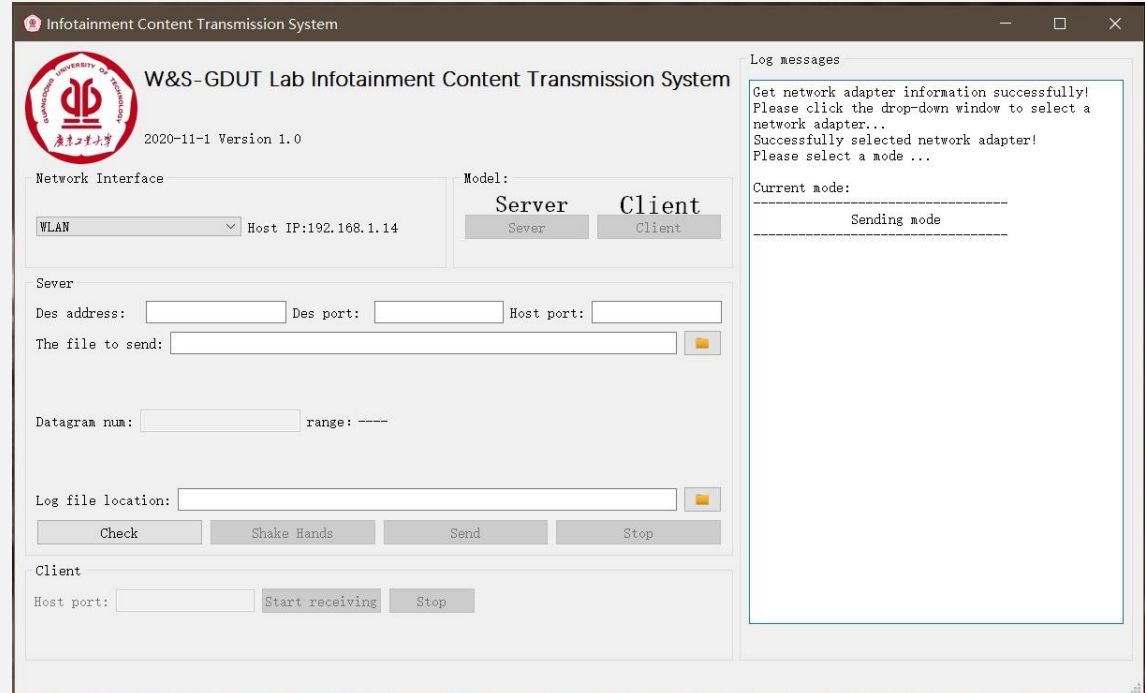
- 提出双层云车联网边缘缓存模型，推导平均内容传输时延及成本。
- 该模型充分利用车辆和路边单元的缓存能力最小化用户获取缓存内容的平均时延以及运营商传输内容的平均成本。
- 提出交替动态规划搜索算法和低复杂度合作贪婪算法求解优化模型。
- 室内搭建车联网设备平台，实现系统模型原型。仿真和实测数据验证了缓存策略的有效性。

系统模型

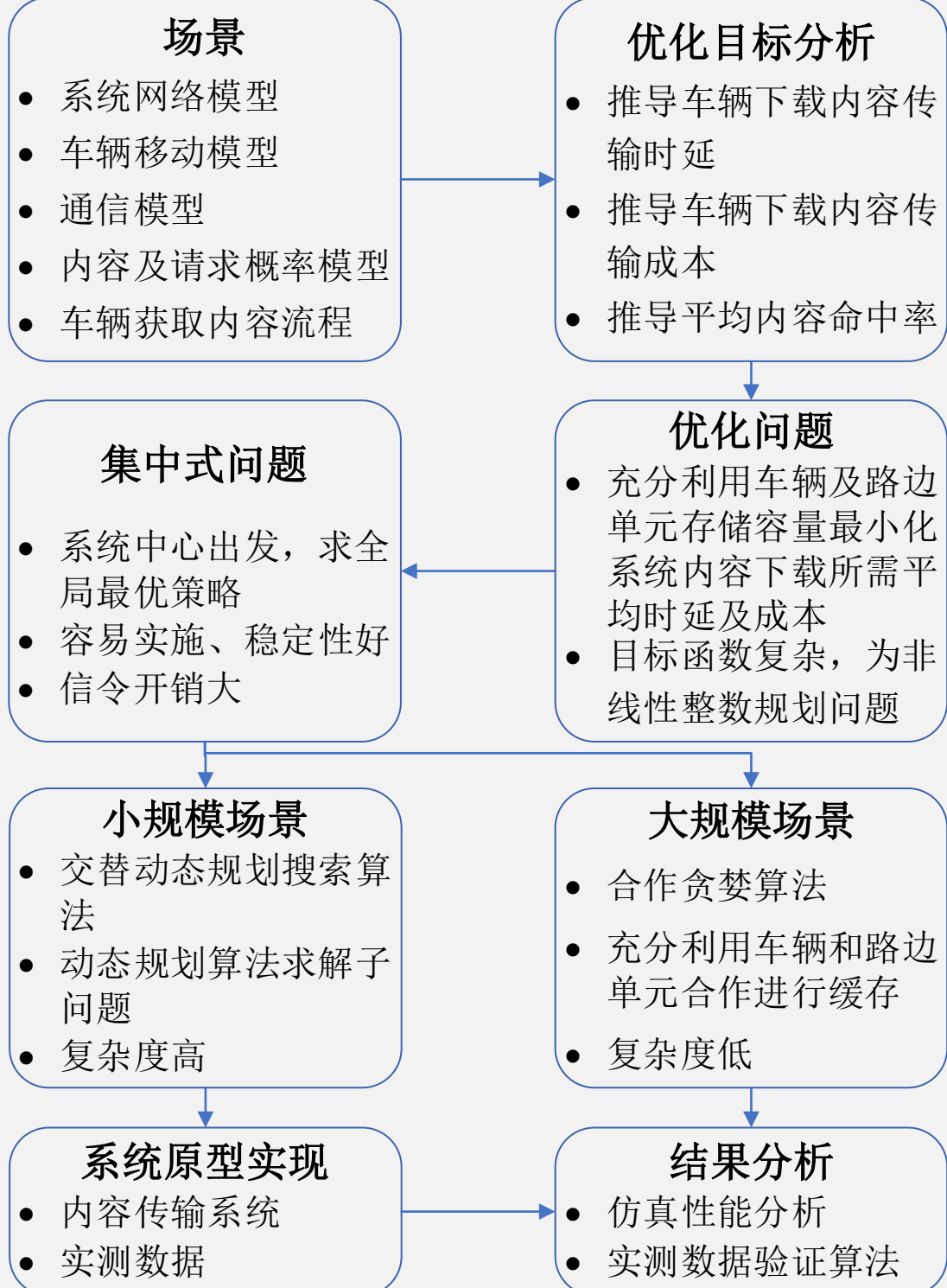


- 车辆编队行驶进入双向道路路口，请求下载内容。
- 车载网络分为车辆云层和路边单元云层，内容服务商提供缓存内容。
- 通信方式：V2V, V2R, V2RC, V2B。

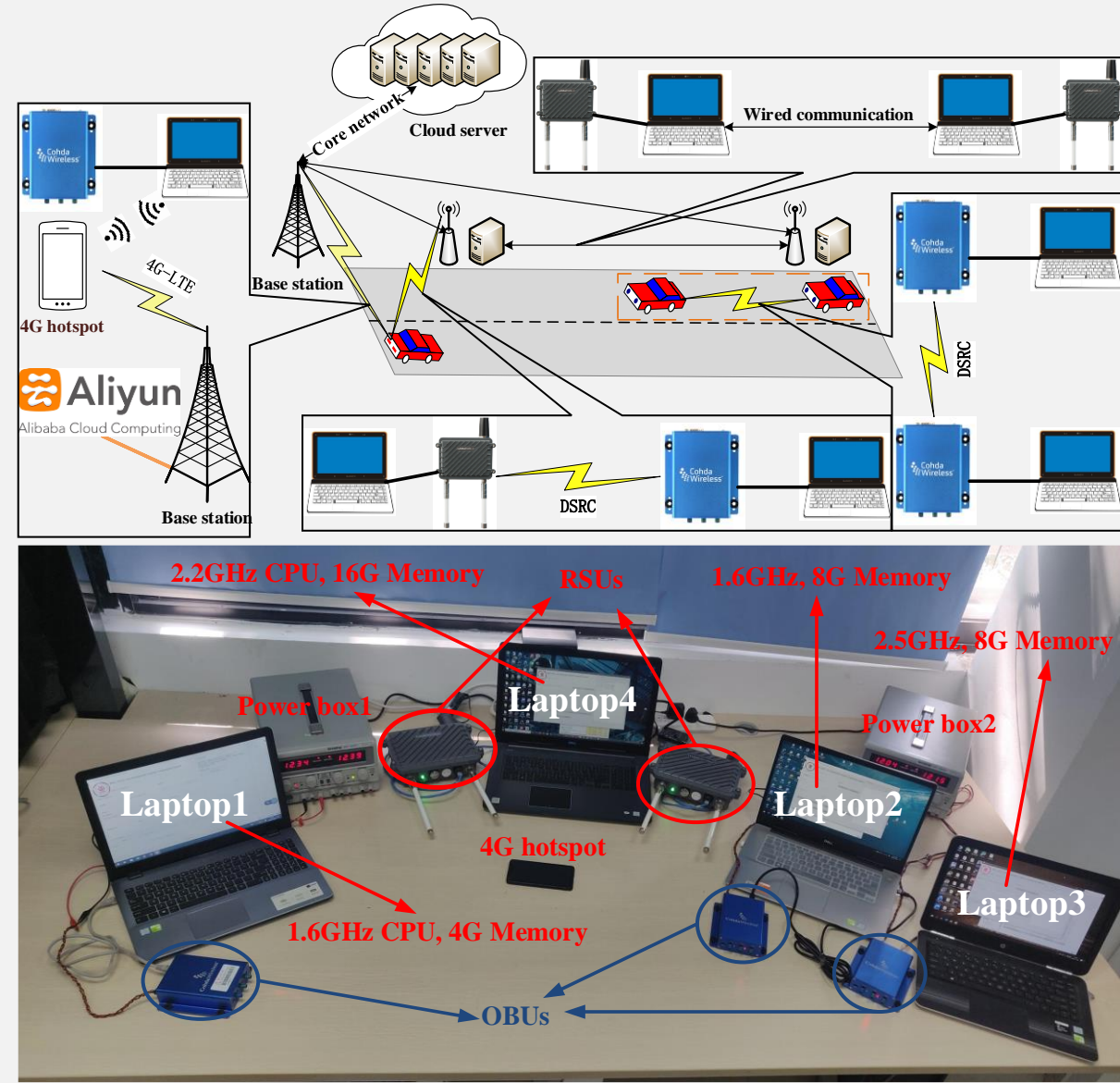
内容传输系统



研究流程



系统原型实现



动态规划算法求解示例

Stage 1				Stage 2				Stage 3			
state	Caching scheme		Optimal value	state	Caching scheme		Optimal value	state	Caching scheme		Optimal value
	RSU1	RSU2			RSU1	RSU2			RSU1	RSU2	
(0 0)	...	...	0.92	(0 0)	...	...	1.52	(0 0)	...	...	2.00
(1 0)	Content 1	...	0.44	(1 0)	Content 1	...	1.04	(1 0)	Content 1	...	1.52
(2 0)	Content 1	...	0.44	(2 0)	Content 1&2	...	0.73	(2 0)	Content 1&2	...	1.20
(0 1)	...	Content 1	0.38	(0 1)	...	Content 1	0.98	(0 1)	...	Content 1	1.46
(1 1)	Content 1	Content 1	0.34	(1 1)	Content 2	Content 1	0.67	(1 1)	Content 2	Content 1	1.15
(2 1)	Content 1	Content 1	0.34	(2 1)	Content 1&2	Content 1	0.63	(2 1)	Content 2&3	Content 1	0.90
(0 2)	...	Content 1	0.38	(0 2)	...	Content 1&2	0.63	(0 2)	...	Content 1&2	1.11
(1 2)	Content 1	Content 1	0.34	(1 2)	Content 1	Content 1&2	0.59	(1 2)	Content 3	Content 1&2	0.86
(2 2)	Content 1	Content 1	0.34	(2 2)	Content 1&2	Content 1&2	0.56	(2 2)	Content 1&3	Content 1&2	0.82

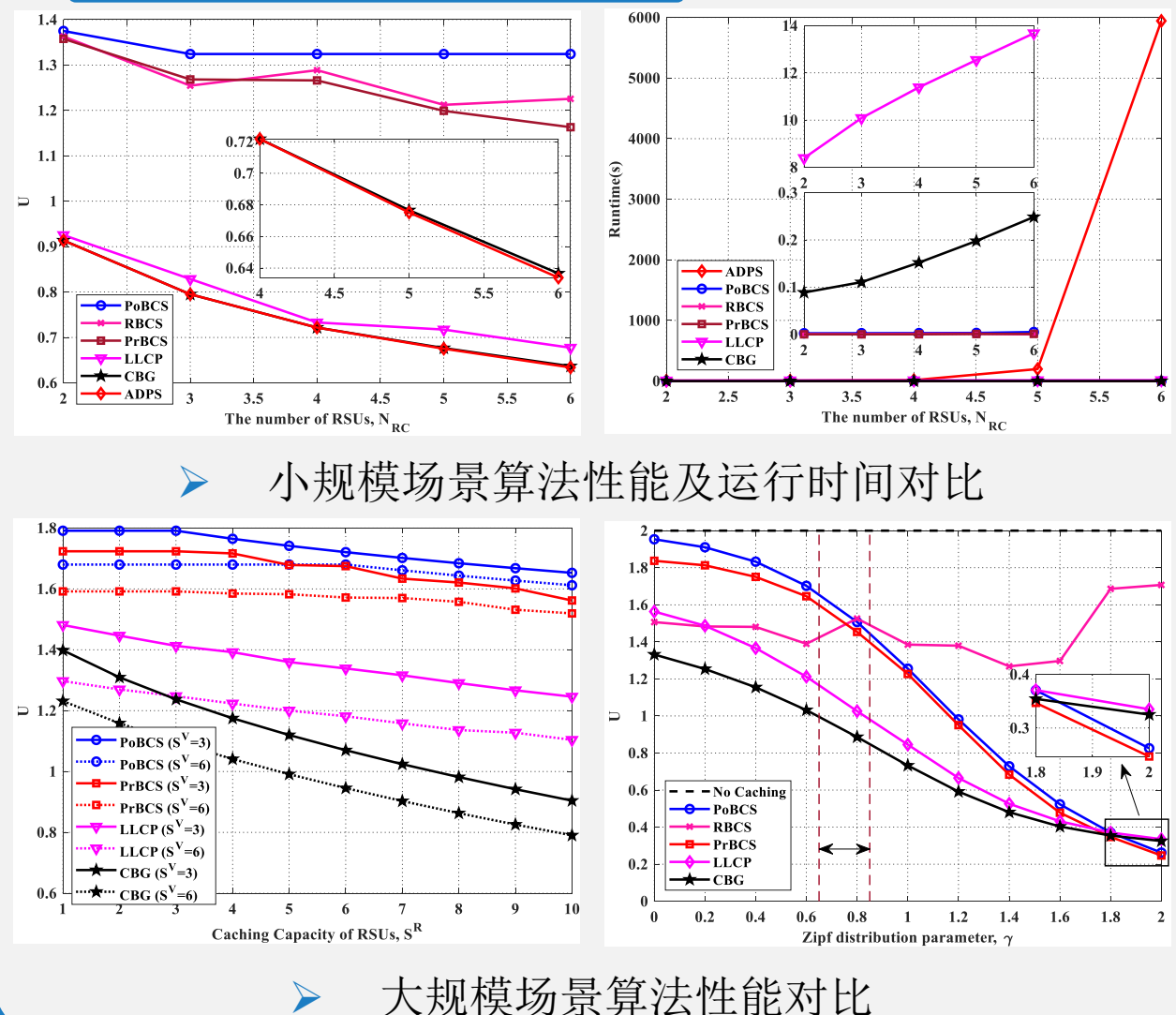
U ₇ in (29)				
Content /	RSU1 caches content /	RSU2 caches content /	RSU1 and 2 cache content /	RSU1 and 2 do not cache content /
Content 1	0.44	0.38	0.34	0.92
Content 2	0.29	0.25	0.22	0.60
Content 3	0.23	0.20	0.17	0.48

Explanation of 4 paths from stage 2 to stage 3			
path	Caching placement		Optimal value
	RSU1	RSU2	
(1 1) → (2 2)	Content 2&3	Content 1&3	0.67 + 0.17 = 0.84
(2 1) → (2 2)	Content 1&2	Content 1&3	0.63 + 0.20 = 0.83
(1 2) → (2 2)	Content 1&3	Content 1&2	0.59 + 0.23 = 0.82
(2 2) → (2 2)	Content 1&2	Content 1&2	0.56 + 0.48 = 1.04

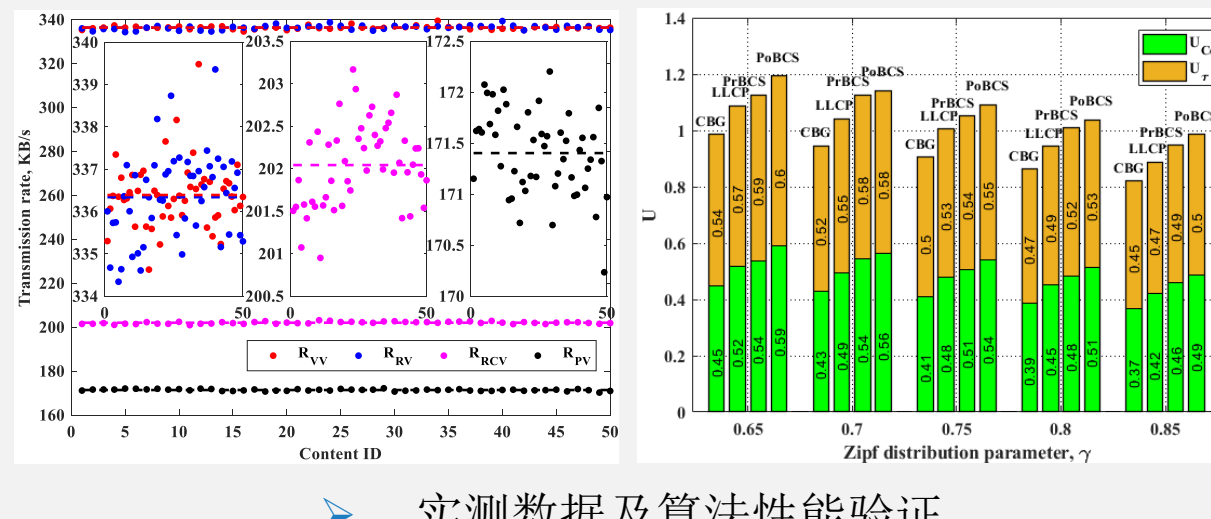
The optimal value is calculated according to (32), which equals the gain of the RSUs caching content 3 plus the optimal value at stage 2.

- 多阶段决策问题：分为三个阶段，每个阶段依次缓存内容1, 2, 3。基于前一阶段不同状态对应的最优值以及阶段间的递归关系，选择最优路径作为下一阶段状态的结果。最后一阶段的问题与原问题相同，得到原问题的最优解。

仿真性能分析



实测数据验证



结论

- 实测数据验证了缓存策略的有效性。当 $\gamma = 0.85$ 时，与基于流行度缓存方案相比，平均传输时延和成本分别减少10%和24%，内容命中率提高30%。
- 由基站集中式进行计算，求解得到的缓存指示因子发送给路边单元和车辆。容易实施，稳定性好。