

工程文件说明

以下FX_0627工程各版本主要是资源分配策略的不同。影响的是资源分配成功率和时频资源利用率。

FX_0627

所有信关站共用960个资源块，则计算时频资源利用率的公式为

$$gvi_ss_pk_send_success_num_superframe / (CONSTANT_UPLINK_TIME_SLOT_NUM * CONSTANT_FREQ_RES_NUM)。$$

资源分配策略：每个超帧一开始，清空资源矩阵，重新进行资源分配。

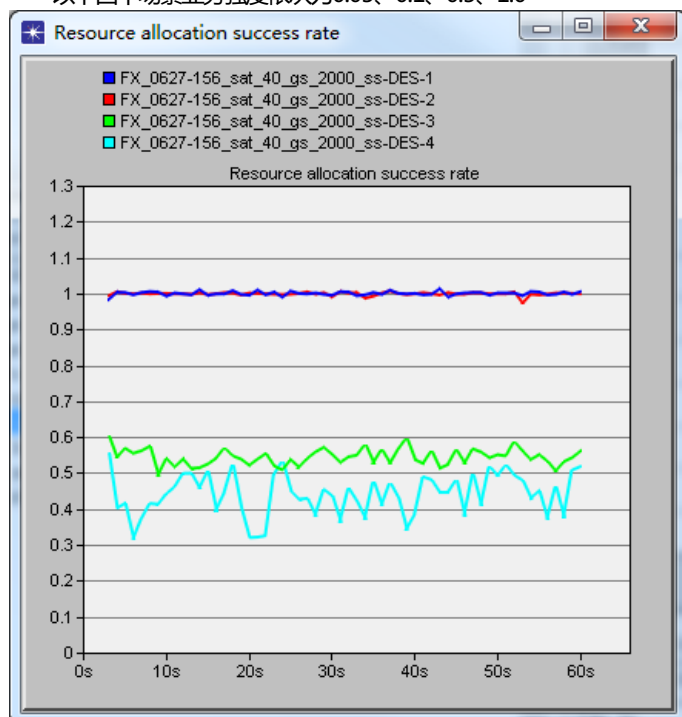
1. 1000个（2000个中只用1000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。

这个场景，设定业务强度为0.1（在Network_Setup节点属性中设置），则根据Network_Setup节点Initialization的进程模型的fx_ns_init_generate_user_id()函数，每个时隙产生的欲发包用户站数平均为75个（由于后续时隙可能选中之前已经选中的用户站，所以平均下来每个时隙选中的用户站数小于75个）。

首先给各个用户站分配时频资源块，分配原则是每个时隙遍历所有用户站，给欲发包且还未分配资源的用户站分配资源，直到资源矩阵（共960个时频资源块）被占满。这样，在大约第960/75=13个时隙结束时，就基本完成所有资源块的分配，这样每个超帧的960个时频资源块会被分配给960个用户站。剩余的40个没有分配到资源的用户站，在资源分配完之后的其他时隙，可能会发起资源分配请求，但是这个请求会失败（即gvi_res_alloc_req_total_num总数加1，而gvi_res_alloc_req_success_num不变），最终使每个超帧的平均资源分配成功率略小于1。由于资源分配成功率是在每个超帧一开始计算的，而资源分配请求包和响应包存在传输时延，所以gvi_res_alloc_req_success_num可能会加上上个超帧最后几个发送的资源分配成功响应包的个数，导致该超帧的资源分配成功率略大于1，但是平均资源分配成功率还是小于1的。

结论：总结来说，当业务强度低于某个临界值（例如调整为0.05），使得每个超帧的960个资源块没有分配完，则资源分配成功率接近于1；当业务强度增大到某个临界值，使得每个超帧的960个资源块提前分配完毕，则资源分配成功率随着业务强度的增大而减小；当用户站数目增多，剩余没有分配到资源的用户站增多，导致不成功的资源请求增多，从而使得资源分配成功率降低。资源分配成功率和用户站数呈负相关。

以下四个场景业务强度依次为0.05、0.1、0.5、1.0



这里解释一下这张图。

Network_Setup的Initialization属性profile_intensity为业务强度，根据fx_ns_init_generate_user_id()函数中的写法，实际平均业务强度为0.75profile_intensity，这样每个时隙被选中的用户站数为

$$selected_ss_num = 0.75profile_intensity * SS_NUM$$

（由于后续时隙可能选中之前已经选中的用户站，所以平均下来每个时隙选中的用户站数小于这个数）。完成全部用户站资源分配需要的时隙数为

$$needed_slot_num = 960.0 / selected_ss_num ,$$

剩余

$$40 - needed_slot_num$$

个时隙发送的资源请求包都会失败。剩余时隙中只有那些未被分配资源且被选中的用户站才会发送资源请求包，平均每个时隙这样的

无效资源请求包数量为

$\text{invalid_num_per_slot} = 0.75 \text{profile_intensity} * (\text{SS_NUM} - 960)$,

则该超帧无效资源请求包为

$\text{invalid} = \text{invalid_num_per_slot} * (40 - \text{needed_slot_num})$

个, 资源分配成功率为

$960 / (960 + \text{invalid})$ 。

带入profile_intensity为0.05、0.1、0.5、1.0分别计算得资源分配成功率为0.978、0.922、0.631、0.452, 与实际结果接近。

上图profile_intensity为0.05、0.1时结果比理论分析大且都接近于1, 是由于后续时隙会选中之前已经选中的用户站, 使得平均下来每个时隙选中的用户站数小于selected_ss_num, 导致一个超帧的960个资源块实际没有分配完; 上图profile_intensity为0.5时结果略小于理论分析结果, 原因未知; 上图profile_intensity为1时, 分配完所有资源块所需实际时隙只略大于理论分析所需时隙, 则无效资源请求包小于理论值, 所以资源分配成功率略大于理论分析值。

但是, 每个超帧的时频资源利用率永远小于100%, 也就说每个超帧(1s)成功发送的数据包始终小于960个。

这是因为资源分配和发包是同时进行的, 并且是在每个时隙的一开始进行, 资源分配从发起成功有一个传播时延, 这个传播时延约为33ms。

第1个时隙(0ms时)有75个用户站请求资源, 由于时延的原因, 请求响应包在33ms后送回, 则第1个时隙这75个用户站都无法发包, 第1个时隙的24个资源块被浪费。

到了第2个时隙(25ms时), 又有75个用户站(可能和之前时隙有重复, 那就只选未重复的进行资源请求)请求资源, 由于请求响应包还未返回, 则第2个时隙的24个资源块亦被浪费。

到了第3个时隙(50ms时), 第1个时隙的75个用户站的资源请求响应包已经返回, 它们分别被分配到了第1、2、3时隙的资源, 还有第4时隙的前3个资源块, 但是第1、2时隙已经过去, 这48个资源块已被浪费。当前第3时隙的24个资源块分配给了当前累计选中的3*75个用户站中的某一些, 这24个资源块基本被利用。

到了第4个时隙(75ms时), 第2个时隙的75(应该小于75)个用户站的资源请求响应包返回, 这些用户站分配到了第4、5、6时隙的资源。当前第4时隙的24个资源块分配给了当前选中的4*75-24(应该小于75)个用户站中的某一些, 这些资源块被利用。

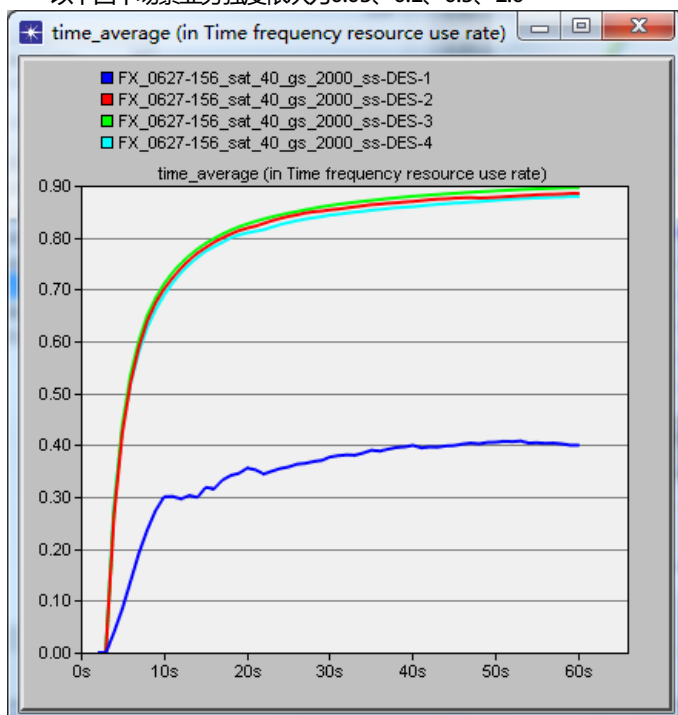
结论:通过上述分析可知, 由于资源分配时延的存在, 对于本时隙新选中的用户站来说, 本时隙和下一时隙的资源块是无用的。例如时隙s新产生n个用户站, 给这n个用户站中的m个分配了时隙s和s+1的资源, 到了时隙s+1中旬这m个用户站才收到反馈, 则时隙s和s+1分配给这m个用户站的资源块被浪费。这造成每个时隙的24个资源块无法被完全利用, 则每个超帧的960个资源块不能被充分利用(其中前2个时隙的48个资源块完全浪费), 最终结果就是使得时频资源利用率小于1。根据这一分析结果, 可以推测, 增大业务强度到某一临界值, 基本不会发生每个时隙新选中的用户站被分配到本时隙以及下一时隙资源块, 从而增加每个时隙24个资源块的利用率, 最终使得时频资源利用率趋于极大值。

也就是说, 当业务强度小于临界值时, 时频资源利用率和业务强度呈正相关; 当业务强度大于或等于临界值时, 时频资源利用率趋于极大值, 和业务强度无关。

这种每个超帧清空资源矩阵重新发起资源分配的策略性能不好, 甚至低于静态资源分配策略性能。好的策略应该是等用户站成功发送了数据包后, 就把其占用的资源块清空, 而不是每个超帧开始集中清空。

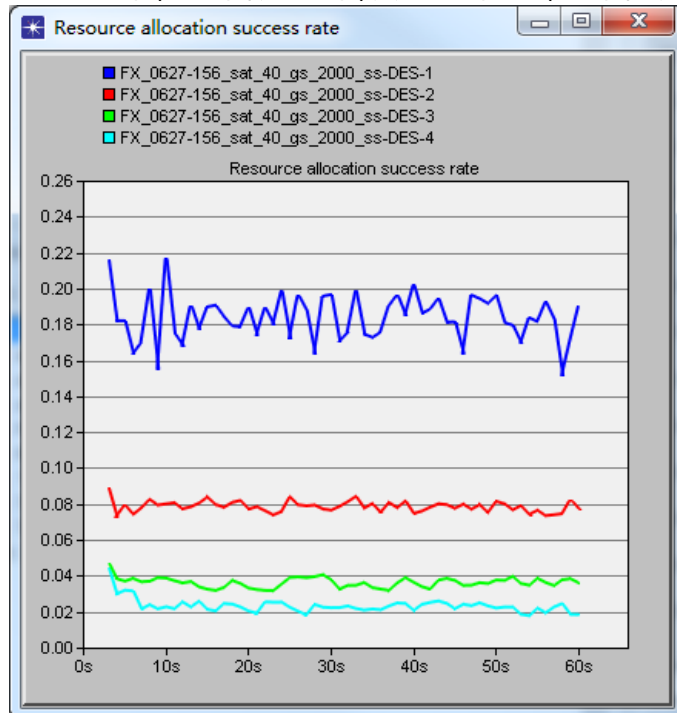
优化目标: 时频资源利用率尽可能大。根据以上分析, 好的资源分配策略不应该给当前时隙新选中的用户站分配本时隙以及下一时隙的资源块。

以下四个场景业务强度依次为0.05、0.1、0.5、1.0

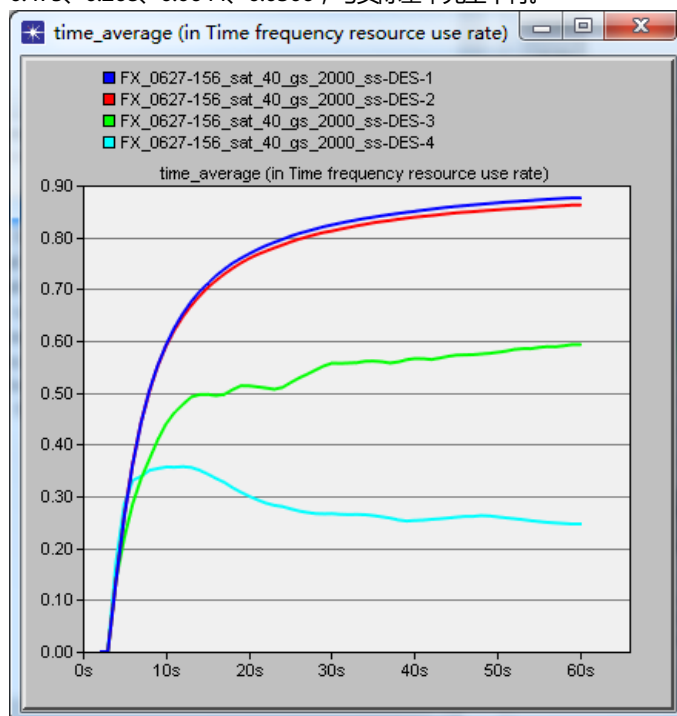


上图profile_intensity为0.05、0.1时，根据第一张图结果可知，一个超帧的960资源未被全部分配，加上已分配的各个时隙的资源块也不能完全利用，所以总体的时频资源利用率很低；当profile_intensity为0.5、1时，根据第一张图结果可知，一个超帧的960资源已被全部分配，则只有“已分配的各个时隙的资源块不能完全利用”这一因素，会影响总体的时频资源利用率很低，所以总体的时频资源利用率较高。

2. 2000个（2000个中用2000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。

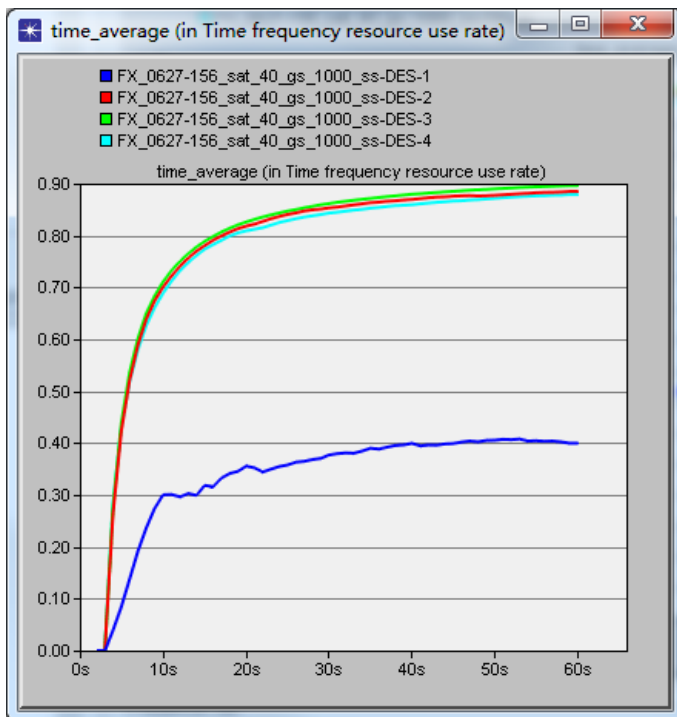
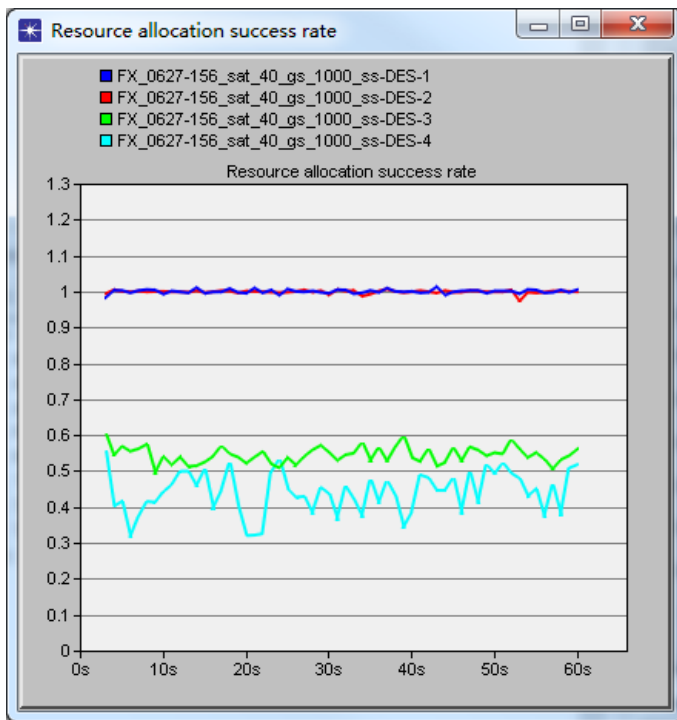


当用户站数增至2000时，profile_intensity依次为0.05、0.1、0.5、1.0的情况下，根据上面公式计算出来的资源分配成功率依次为0.475、0.268、0.0644、0.0306，与实际基本完全不符。



当业务强度过大时，时频资源利用率反而降低，是因为当业务强度超过某个临界值时，业务强度阅读，每个时隙的24个资源块无法得到充分利用。

3. 1000个（1000个中用1000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。



与场景1中2000个用户站只用1000个的结果完全一致。

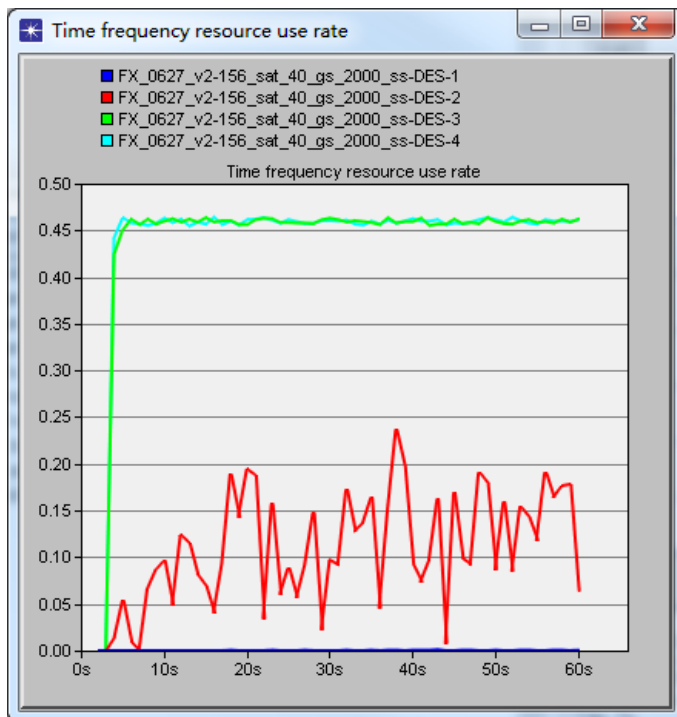
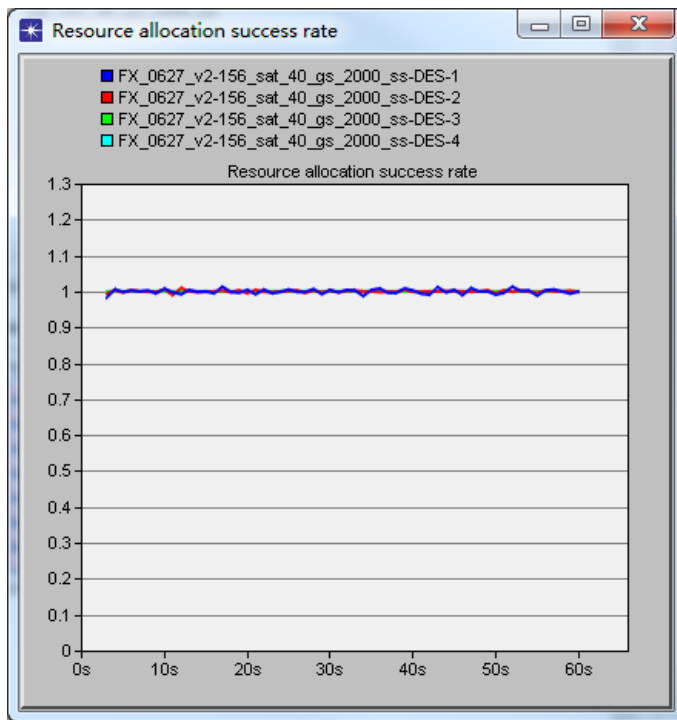
FX_0627_v2

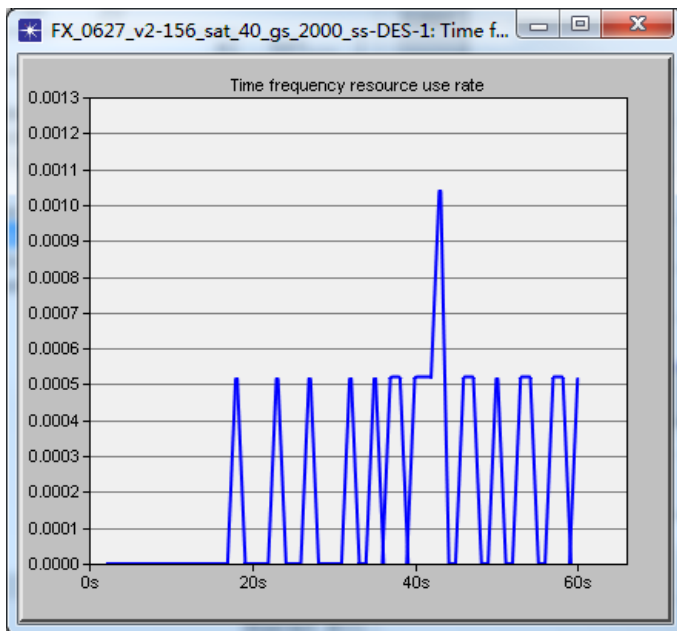
每个信关站都有960个资源块，设使用的信关站数为 $CONSTANT_GS_NUM$ ，则计算时频资源利用率的公式变为

$$gvi_ss_pk_send_success_num_superframe / (CONSTANT_GS_NUM * CONSTANT_UPLINK_TIME_SLOT_NUM * CONSTANT_FREQ_RES_NUM)$$

资源分配策略：同FX_0627，即每个超帧一开始，清空各个信关站的资源矩阵，重新进行资源分配。

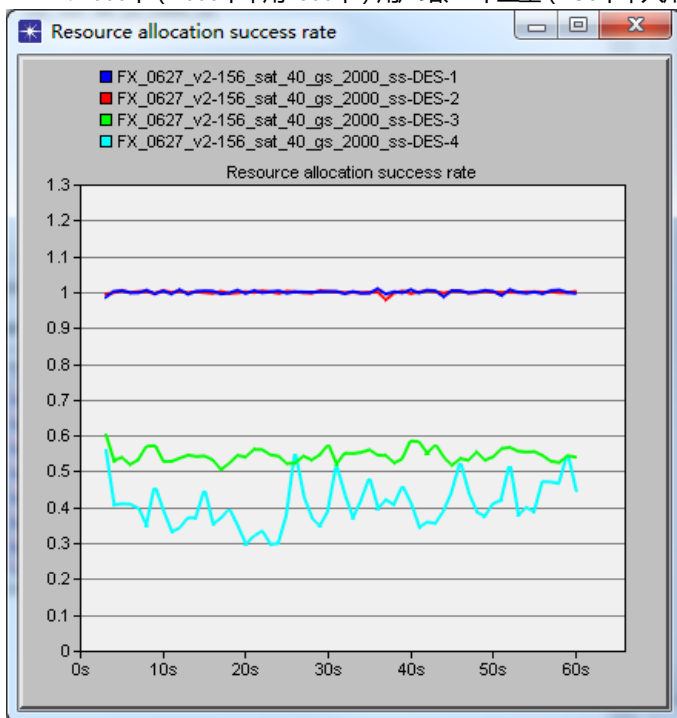
1. 1000个（2000个中用1000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。

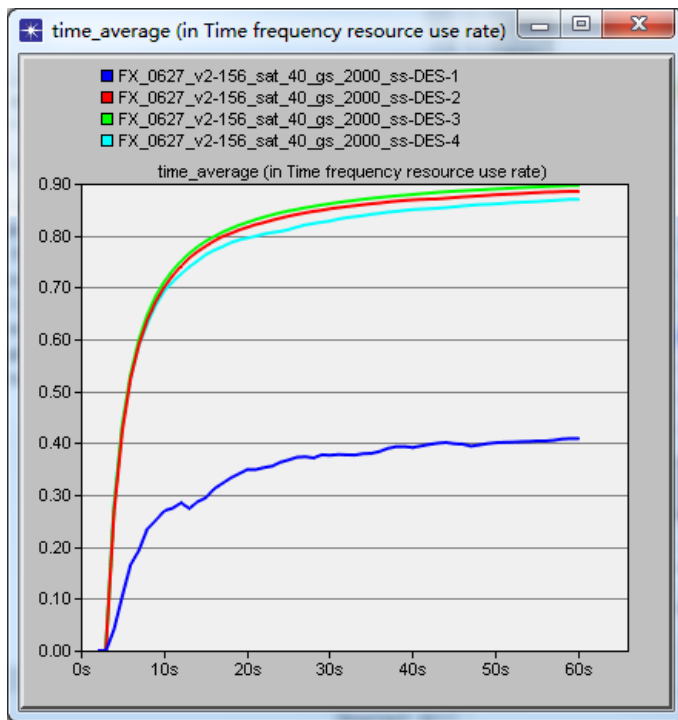




单独看一下0.05业务强度下的时频资源利用率，可以发现总体非常低，有时甚至为0。这是因为业务强度为0.05时，平均一个时隙只产生37.5个用户站，均分给2个信关站，一个信关站每个时隙才14个用户站需要申请资源发包。毫无疑问，当前资源分配策略会把当前时隙的资源甚至之前时隙的资源分配给用户站，实际上根据之前结论，由于资源分配时延的存在，对于本时隙新选中的用户站来说，本时隙和下一时隙的资源块是无用的，当然之前的时隙更是无用的。所以业务强度太低，导致本时隙新产生的用户站被分配了当前时隙的资源甚至之前时隙的资源，进而导致整体时频资源利用率很低。

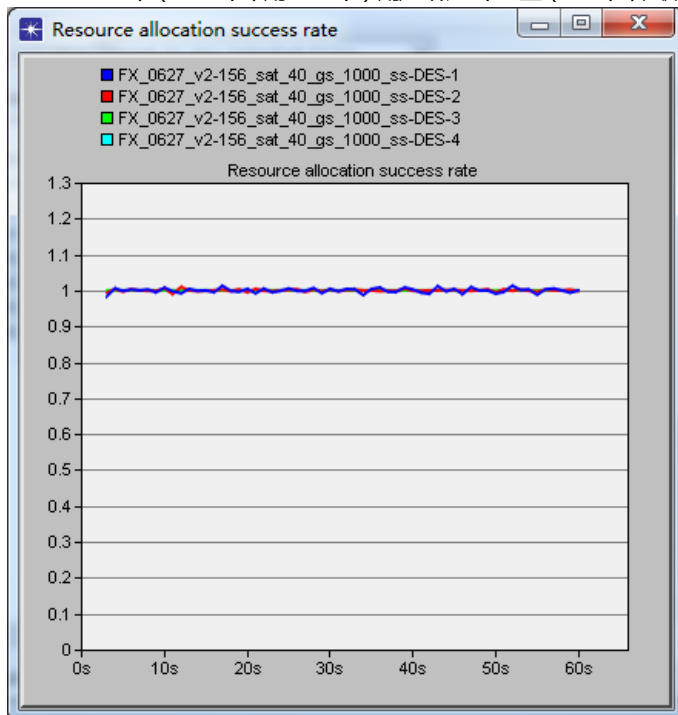
2. 2000个（2000个中用2000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。

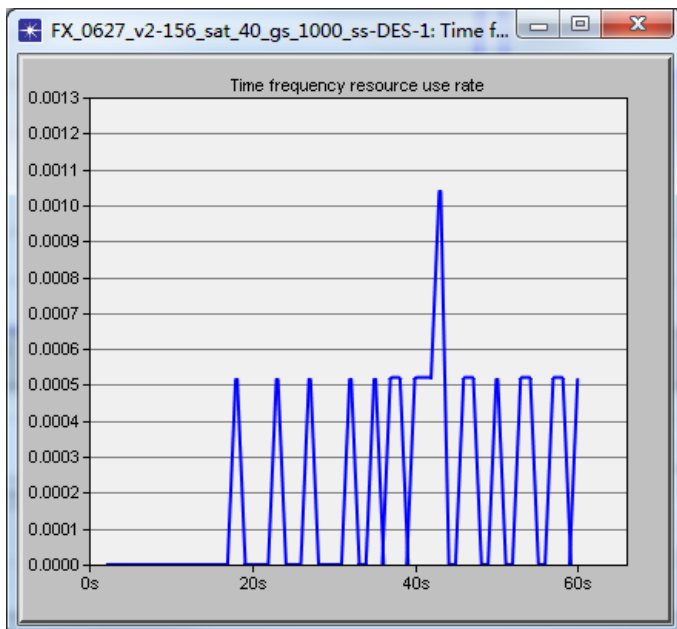
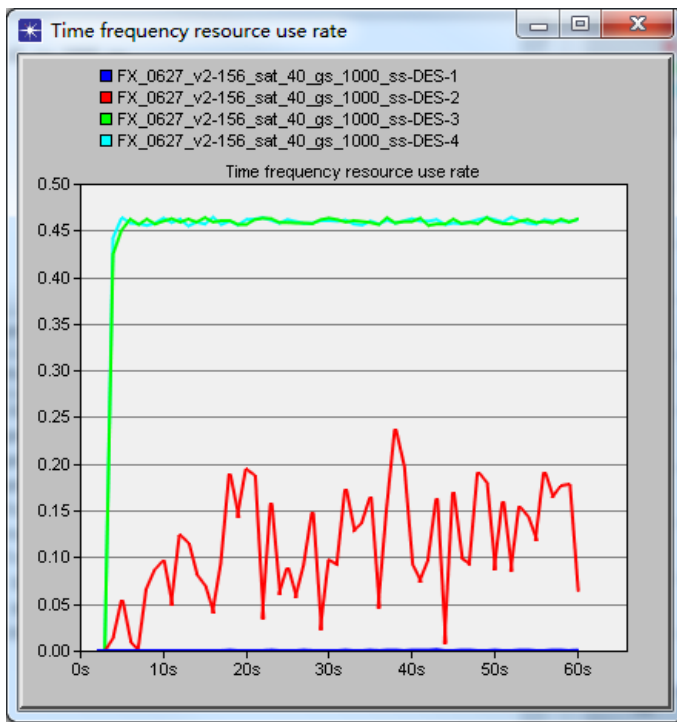




和工程FX_0627场景1基本类似，因为本场景2000个用户站有两个资源矩阵，工程FX_0627场景1的1000个用户有一个资源矩阵，这相当于是相同的场景，结果自然类似。

3. 1000个（1000个中用1000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。





与场景1中2000个用户站只用1000个的结果完全一致。

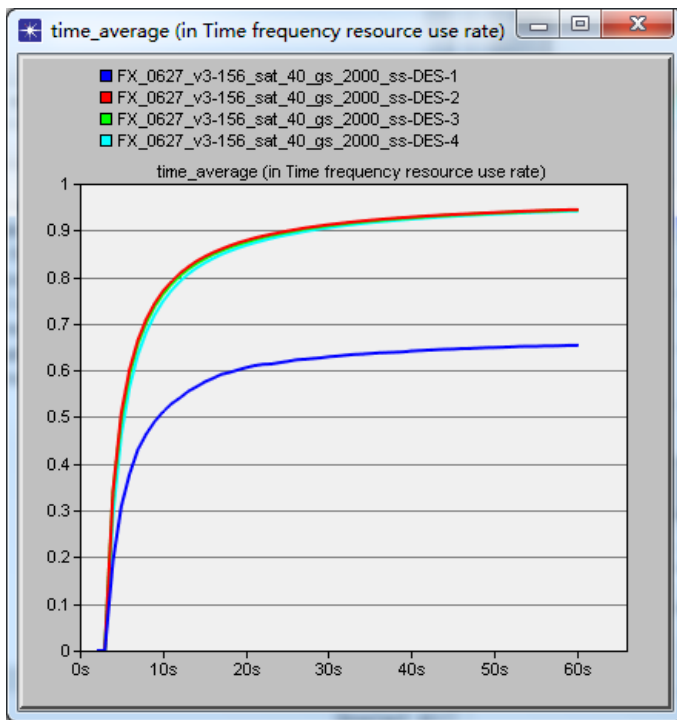
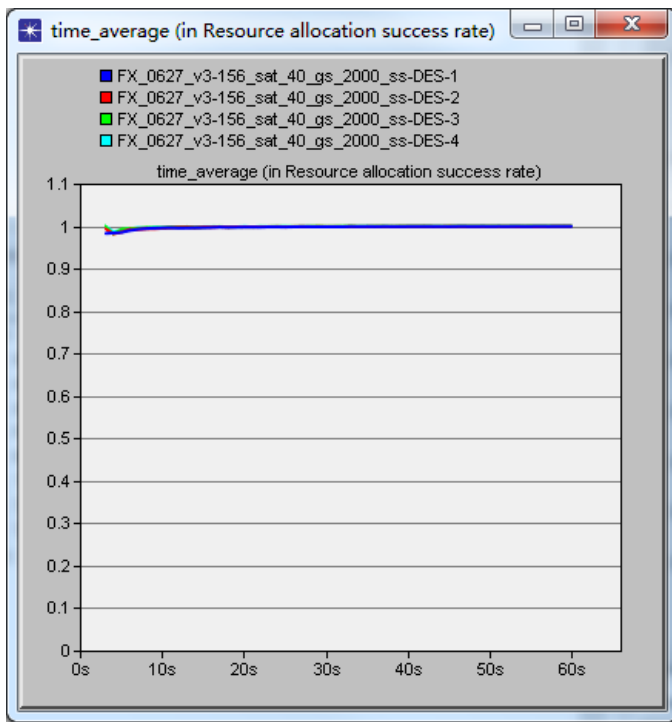
FX_0627_v3

每个信关站都有960个资源块，设使用的信关站数为CONSTANT_GS_NUM，则计算时频资源利用率的公式变为

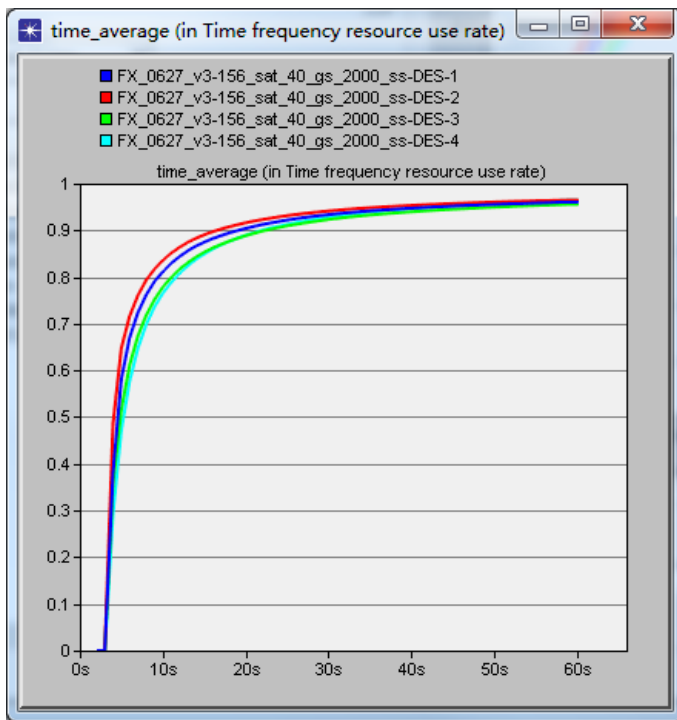
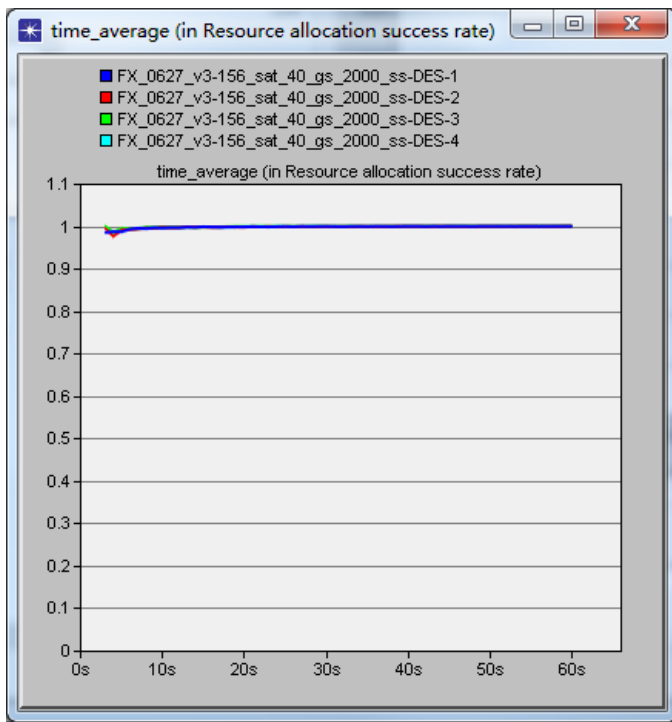
$$\text{gvi_ss_pk_send_success_num_superframe} / (\text{CONSTANT_GS_NUM} * \text{CONSTANT_UPLINK_TIME_SLOT_NUM} * \text{CONSTANT_FREQ_RES_NUM})$$

资源分配策略：每个用户站准备发包前，先进行资源分配请求，信关站收到请求包后，由于响应包发送回用户站存在约17ms的时延，即需要到下一个时隙才能将响应包发送回用户站，所以信关站先将本信关站的资源矩阵的本时隙清空（由于信关站收到用户站资源请求包时，本时隙已过去约17ms，则本时隙资源已被利用过，所以可以清空），然后检测资源矩阵从下两个时隙开始的39个时隙有无资源块：有则分配成功，无则分配失败。用户站每个时隙检测资源分配是否成功：若是则启动发包流程，发完包（假设用户站一次只发一个包，下次发包需要再次发起资源分配请求）即释放资源，保证时频资源利用率较高；若否则不做处理。

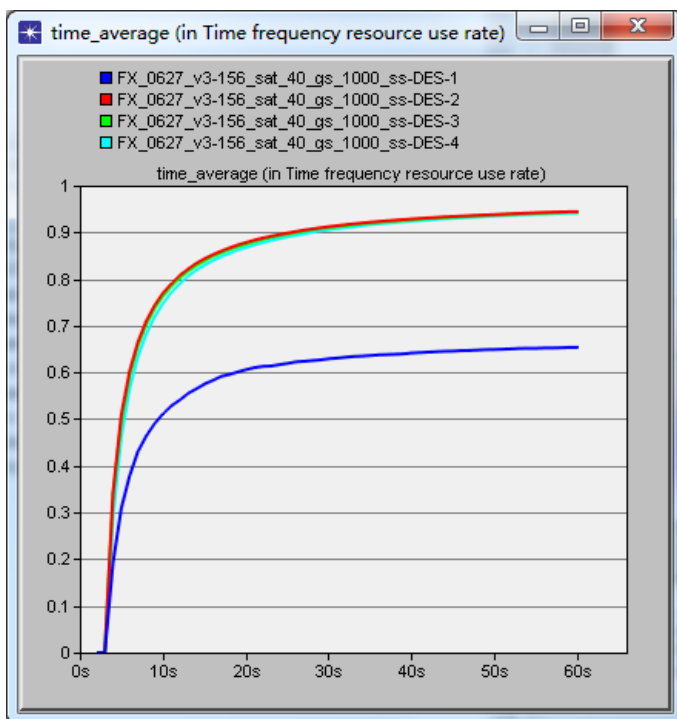
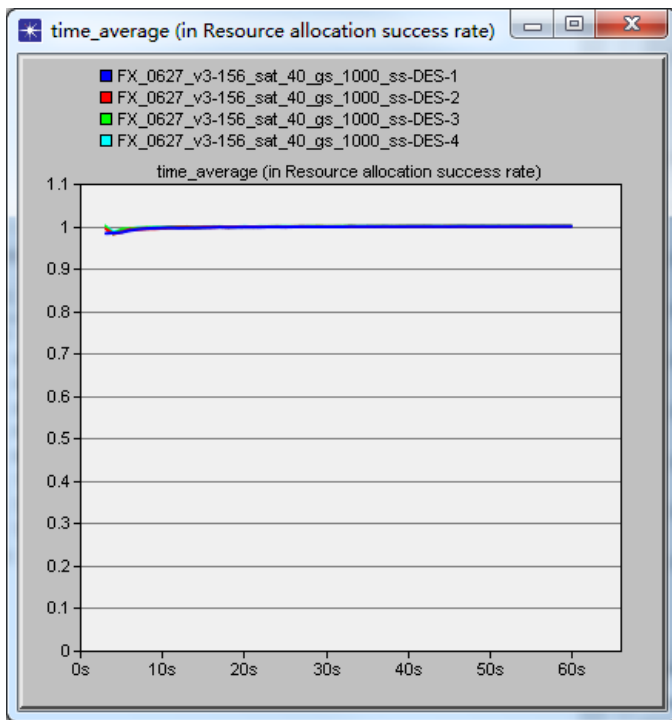
1. 1000个（2000个中用1000个）用户站、2个卫星（156个中只用2个）、2个信关站（40个中只用2个）的场景。



2. 2000个 (2000个中用2000个) 用户站、2个卫星 (156个中只用2个)、2个信关站 (40个中只用2个) 的场景。



3. 1000个 (1000个中用1000个) 用户站、2个卫星 (156个中只用2个)、2个信关站 (40个中只用2个) 的场景。



和场景1结果完全一致。

由于时频资源利用率是在每个超帧一开始计算的，而数据包从源用户站到目的用户站存在传输时延，所以 `gvi_ss_pk_send_success_num_superframe` 可能会加上上个超帧最后几个发送的数据包（这个超帧才收到）的个数，导致该超帧的时频资源利用率大于1，但是平均资源分配成功率还是小于1的。

通过以上对比分析可知，FX_0627_v3的资源分配效率较高，使得时频资源利用率能尽可能达到极大值。

由于每个信关站都有960个时频资源块，当业务强度小于某一临界值（不同用户站数情况下这一临界值也不同，临界值随着用户站数增大而减小），使得整个超帧的960个资源块仍有可能未分配完毕，导致时频资源利用率小于1。这不是资源分配策略不佳导致的，而是由于信关站管理的用户站平均每个超帧中总发包次数有限，导致时频资源利用率的极大值只有这么大。当业务强度大于或等于这一临界值时，时频资源利用率趋近于1，与业务强度无关。

也就是说，当业务强度小于临界值时，时频资源利用率和业务强度呈正相关；当业务强度大于或等于临界值时，时频资源利用率趋于极大值，和业务强度无关。