**摘要:** 根据“十五”国防科技重点实验室---“机载××PD火控雷达性能开发与评估实验室”的建设需求。我所在的中国×集团公司×所电子对抗研究部组织了用于该实验室目标产生、信号干扰、欺骗等的“射频半实物仿真目标系统”的设计开发。该系统采用分布式联网试验，主要任务是试验机载雷达的各项技术指标，模拟较逼真的雷达信号环境和其他电磁信号环境，检查机载雷达工作性能、探测和跟踪精度及飞机综合火控系统性能。我担任了该软件系统负责人。我成功的将软件产品线技术引入我部，复用构件库并对构件库按照产品系列进行改造，加强核心资源的形成，将系统模块化，复用构件的集成测试，使系统高效、高质量的圆满完成，并通过空军广州五所的第三方测评，得到了解放军总参装备部的认可与好评。但现在看来，如何在缺少通用的组装结构标准情况下减少开发风险，可重用性和可协调性等方面值得进一步探究。

伴随我军武器装备国产化的进程，“射频半实物仿真目标系统”作为“机载××PD火控雷达性能开发与评估实验室”的重要组成部分。从2008年立项到2010年交付军方使用，历时两年完成。目前运行状态良好，各项功能、性能指标都满足设计要求，得到了解放军总参装备部的认可与好评。我担任了该软件系统负责人。该系统采用分布式联网试验，主要任务是试验机载雷达的各项技术指标，模拟较逼真的雷达信号环境和其他电磁信号环境，检查机载雷达工作性能、探测和跟踪精度及飞机综合火控系统性能。产品主要由主控计算机、射频源控制计算机、阵列控制计算机、校准计算机和监测计算机组成，主控软件是射频仿真目标系统的控制中枢，它对整个系统进行调度，控制其它分系统的工作，并接收作战导演系统传来的初始化数据和目标RCS特征等各种数据，然后做相应的处理把处理数据传给射频源控制软件和阵列控制软件。射频源控制软件通过信号特性模型模拟雷达回波目标信号和电磁干扰信号。阵列控制软件根据主控计算机传过来的目标位置控制面阵上开关矩阵及馈电通道的程控移相器、程控衰减器实现目标运动轨迹的模拟。  
我部是一家从事目标射频仿真、雷达模拟器、电子侦察干扰的专业研究部，为部队建设过大批以射频仿真为基础的武器装备和实验室产品。目标射频仿真、雷达模拟器、电子侦察干扰等均以“射频半实物仿真目标系统”为蓝本，这三类产品的区别只是数据来源、数据处理等形式上的差别。目标射频仿真、雷达模拟器的数据来源于作战导演系统，目标射频仿真是按照作战导演系统的数据要求对真实目标进行模拟，给雷达提供电子侦察信号，与目标射频仿真的区别是目标的信号宽度和信号样式有所区别。雷达模拟器是对雷达的模拟，给反辐射导弹等提供攻击目标。电子侦察干扰是对真实的雷达的信号进行角度欺骗和距离欺骗、速度欺骗，实际上也是射频仿真系统的变形，只是来源是雷达的回波信号。既然我部的三种产品都是基于射频仿真，那么我们就可以实施软件产品线技术。所以，我在项目负责人碰头会上，就提出了在产品中实施软件产品线技术的构想，并详细阐述了软件产品线和软件构件技术、面向对象之间的关系。  
结合我部目前软件开发的特征：面向对象开发，并且积累了大量实现系统功能的软件构件库，表示要提高软件的质量和保证软件开发的进度，就必须走软件产品线的道路。当时就得到了项目专家组专家的肯定，并确立了以该项目为基础进行可复用资产整理。 在工程实施时，我们首先对以前的可复用资产进行整理： 1、 以前开发的系统的设计结构、数据流程、数据规则做全面的分析，对所有系统文档做一次彻底地整理，将系统的原代码统一收集管理。 2、在上述的基础上，对原来系统一些好的流程，效率高、质量好的系统组件当满足当前体系统构的情况，分别从代码中抽取出来，并对有价值和文档和和代码、组件实行数据库管理。详细地记录了各组件在原系统中的使用环境，编程语言、接口定义等，为下一步新系统的设计提供了大量的“资产”。   
核心资源的建立。核心资源就是在射频仿真软件中能够共享的部分。软件产品线最难开发的是核心资产的分析与建模，如何从用户重多不同需求中抽象出共性的东西，如何使得核心资产通过继承、参数化等方式能够组装成用户实际需要的产品，我以及我们公司的系统分析员做了大量工作。概括起来我们用了如下2种方式： （1）加强核心资产开发的灵活度，部分产品作成用户能够自定义的功能，彻底免除产品化时的问题，但这样做难度很大，实施周期长； （2）根据流程最长的需求开发所有需要的构件，构件间的接口做成松藕合。  
演化成产品时进行构件组装。 由于我们的核心开发小组的成员就是原来各系统开发的核心成员，对原系统都有充分的理解，加上成立统一的核心小组后，更方便程序开发人员的之间的交流与沟通，我们很快就核心资源的需求达成了共识，对于需求的分析和核心资源的设计，由于核心资源涉及到的系统边界较多，特别是数据的存储与访问接口，因此我们使用了Rose建模工具，通过对原有系统的逆向工程和建模分析，理出了核心资源的接口设计和核心资源子系统的划分和子系统内各设计类，最终有利于我们建立合理的核心资源软件架构。   
数据分解合成部分，这部分是我们碰到的难点。目标射频仿真、雷达模拟器、电子侦察干扰的数据来源分别是作战导演系统的初始化数据，雷达模拟器来源于雷达处理机，电子侦察干扰的雷达频率来源于瞬时测频信号，其他数据来源作战导演系统的初始化数据。由于数据来源多而且比较“杂”。在试验中，大量的时间用于数据的分解与合成，如能合理快速的进行数据分解和合成将有效提高数据的通用性并提高系统性能。通过分析，我们将目标射频仿真、雷达模拟器、电子侦察干扰全部当作“目标”信号来处理，将“目标”信号的工作频率、载波频率等统一为国际单位，减少单位换算，将目标方位、俯仰、距离、速度统一为同一到机体坐标系，减少坐标转换，过去由于数据来于不同，有的数据要进行机体坐标系到大地坐标系的转换，有的要将雷达坐标系转化为大地坐标，现在统一后相当与整个阵面是在空中“悬浮”，从而减少了大量的数据解算，但目标射频仿真、雷达模拟器、电子侦察干扰的数据不同部分分别按照各自的特征形成联合数据结构，跟在工作频率、载波频率目标方位、俯仰、距离、速度等的后面。  
以上所有数据均由主控计算机进行统一解算并发送到通用公司的VMIC反射内存网络上，由阵列控制计算机和射频源计算机使用。并决定在没有更好的快速网络出现的情况下，将VMIC反射内存网络作为我们的必选设备，以有效提高系统实时性能，并将目标射频仿真、雷达模拟器、电子侦察干扰三种产品的数据分解合成实时性能都提到到2ms左右。 阵面信号合成、处理部分，根据处理的通用性，将处理包分为通用数据处理包和专用处理软件包，将阵列数据、射频源数据处理等通用数字信号处理方法放到一个包中，将雷达目标合成、雷达模拟、电子干扰等放到一个包中，实现了方法模块的高效复用。同时使用简单工厂模式实现了处理模块的动态加载。这个部分技术比较成熟，在我们原有的信号处理构件的基础上只做了少量的改动，主要的是将信号合成后的数据编排上做了些改动，主要优化了信号产生的速度性能等。   
通过使用软件产品线技术，最终有效地提高了我部软件生产效率和质量、缩短了开发时间、降低了总体开发成本。但是也遇到了一些问题：1）核心人员原先都没有从事软件产品线的开发，往往只关注自己熟悉领域的软件设计，没有全局的观念，为此我们通过加强团队人员间的沟通，互相了解彼此的领域，使开发人员的全局观念加强，另外通过软件架构设计培训，提高软件人员的架构观念；2）没有合适的构件集成工具，处理流程的建立主要依靠代码来实现，因此在未来的开发迭代周期里有必要开发集成工具。