

IP Quality Evaluation System 관련 동향

IP Quality 평가시스템의 필요성

SoC 설계에서는 스스로 설계한 IP만으로는 시스템을 구성하기 어렵고, TTM을 지키기 위해서라도 상당수의 IP는 구매하여 적용할 수 밖에 없게 될 것이다. 그에 따라, 최근에 IP Trading에 대한 관심이 높아지고 있으며, IP를 구매하려는 사람들에게 가장 큰 관심은 구매하려는 IP가 과연 얼마나 쓸모있는가 일 것이다. 같은 조직 내에서도 자체적으로 개발된 IP라도 그 가치를 평가하는 일이 필요할 수도 있다. 특히 IP 벤더에게는 IP의 가치를 정량적으로 보이기 위해서 필요하며, IP의 개발 방향 또는 개선 방향에 도움이 된다.

IP Quality란?

일반적인 상품과 마찬가지로 고급의 IP도 사용자가 쓰기 편리하고, 용도에 잘 맞는 것이어야 하며, 사용자의 성능, 전력, 면적 등과 같은 요구 사항을 잘 만족시키는 것이어야 할 것이다. 쓰기 편리하다는 것은 그 IP를 사용자의 제품에 적용하는 것이 쉽다는 뜻이고, 다른 말로는 재사용성을 의미한다. 많은 경우에 개발된 하드웨어나 소프트웨어 모듈들은 재사용되기 어렵다. 왜냐하면, 서둘러서 개발하는 과정에서 필요한 부분만 검증되고, 필요한 문서화만 이루어져서, 정작 재사용에 필요한 문서화, 검증 절차, 검증 환경 등이 부족하다. 재사용성 외에도, 설계 과정에서 잘 정비된 절차를 따랐는지, 예를 들면 코딩 스타일 가이드 라인을 잘 지켰는지, 또는 검증 과정에서 적절한 검증 절차를 모두 거쳤는지 여부도 IP의 등급을 결정하는 요인이 될 것이다. 또한, 해당 IP가 얼마나 많이 사용된 적이 있는 가, 또는 얼마나 많은 응용에 사용되었는 가의 여부도 IP의 등급을 결정하는 요인이 될 것이다. IP와는 직접적으로 관계가 없을 수도 있지만, IP를 제공하는 회사와 그 회사에서 사용하는 프로젝트 관리 체계, 유지 보수 체계, 교육이나, 지원 체계 등도 IP의 등급 결정에 사용될 수 있는 요인들이다.

IP 평가시스템의 요건

IP 평가시스템은 주로 개발자에 의해서 사용되는데, 개발자들에게는 IP 평가 자체가 또 다른 업무가 되기 때문에, IP 평가 절차는 비교적 빠른 시간 내에 적은 노력으로 쉽게 진행될 수 있는 시스템을 가져야 할 것이다. IP 평가시스템은 구매자에게는 IP의 질을 비교하는 수단이 되지만, 개발자에게는

자신이 개발한 IP의 등급을 보여주는 것이어서, IP의 등급을 올리려면 어떻게 해야 하는 지에 대한 guide가 될 수도 있는 것이어야 할 것이다. 또한, IP 평가시스템의 특정 항목들은 IP의 부류 별로 다른 항목들이 포함되어야 할 필요가 있다. 즉, 디지털 소프트 IP에 대한 평가 기준이 모두 아닐로그 IP에 그대로 적용되기 어렵기 때문이다. 또한 아닐로그 IP에 대해서는 그 나름대로 필요한 평가 항목이 필요할 것이다. IP에 대한 평가의 특정 항목들은 IP의 개발자에 의해서 뿐 아니라, IP의 사용자에 의해서도 평가될 수 있을 것이다. 예를 들어서, IP의 재사용성에 대한 평가는 그 IP를 사용해 본 사람이 라면 평가할 수 있을 것이다. IP 사용자에 의해서도 평가가 가능한 항목들을 둬으로써, IP 개발자에 의한 IP 평가의 신뢰도를 더 높일 수도 있게 된다. IP의 사용자들은 특정 항목에 대해서 더 가중치를 주고 싶어할 수 있기 때문에, IP 평가시스템은 사용자 별로 고객화 (customization) 가능하도록 하면 좋을 것이다. IP 평가시스템의 질문 항목들이 모호하고 주관적인 답변이 가능하도록 하면 평가의 객관성을 유지하기 어렵게 된다. 따라서, 가능하면 가부를 묻거나, 몇 가지 답 중 하나를 선택할 수 있도록 질문 시스템이 만들어져 있어야 객관적인 평가시스템이 될 수 있을 것이다.

IP 평가시스템

IP 평가시스템은 대개 표준화 기구나 IP 관련된 기구들에서 제안되었다. 예를들면, IP 관련된 표준들을 만들고 있는 VSIA (Virtual Socket Interface Alliance, <http://www.vsia.org>)와 일본의 IPTC (IP Trading Center, <http://www.iptc.co.jp>)와 국내에서는 반도체 설계 자산 연구 센터(SIPAC, <http://www.sipac.org>)가 있다. SIPAC의 평가시스템은 주로 디지털 소프트 IP 평가를 위한 것이다. IPTC의 평가시스템도 디지털 소프트 IP 또는 펌 (firm) IP 평가를 위한 것이다. VSIA의 평가시스템은 디지털 소프트/하드 IP, 아닐로그 IP, 소프트웨어 IP, 검증용 IP 등에 대한 평가 항목들을 각각 별도로 가지고 있다.

평가시스템의 비교

간단하게 3가지 IP 평가시스템의 평가 방식을 비교해보면 다음과 같다. VSIA의 평가시스템이 제안된 방식 중에는 가장 복잡하고, 가장 광범위한 평가 항목과 가장 많은 평가 항목을 가지고 있다. 등급화 방식에 있어서도 가장 잘 정비되어 있다고 할 수 있다.



질문 유형에 있어서도, 주관적을 배제하기 위해서 주로, 가부(yes or no)를 묻는 방식을 주로 사용하며, 그런 방식으로 구분할 수 없는 경우에는 always/often/never 중 하나를 묻는 방식이 있다. 예를 들어서 “사용되지 않는 코드는 파일에서 모두 지워 버리는가?” 라는 것에 대한 답을 세가지 중 하나로 대답하는 것이 더 적절할 것이다. SIPAC과 IPTC의 질문 유형은 가부형 또는 점수형을 취하고 있으며, SIPAC과 IPTC는 주로 EDA 툴을 사용한 점수형을 선호하고 있다. 그 이유는 사람의 주관에 의해 좌우 되지 않도록 가능한 기계적인 방식으로 점수화 하기 위한 것이다. 그래서, Lint 툴이나, 코드 커버리지 툴, 합성 툴 등을 사용하도록 하고 있다. SIPAC의 경우에는 자체적인 코딩 스타일 가이드라인을 채택하고 있으며, Lint의 입력이 되는 코딩 규칙 파일을 만들어 제공하기도 한다.

[표 1] IP 평가시스템 간의 비교

구분	VSIA (QIP)	SIPAC (SQES)	IPTC
대상	디지털소프트 IP 디지털하드 IP 아날로그 IP 소프트웨어 IP 검증용 IP	디지털 소프트 IP	디지털소프트 IP 디지털펌 IP
응답유형	가부형 always/often/never	가부, 점수형	점수형
질문의 중요도	imperative, rule, guideline	없음	?
평가측면	공급자	지원	지원
	성숙도 재사용성, 설계, 검증절차	검증 전달물 부가가치 표준화(코딩스타일, 커버리지)	적절한 경험 가능 검증 전달물 논리합성 RTL 코딩스타일 드라이버 /관련소프트웨어
질문 체계	3~5단계	1~3단계	1~2단계
조건부 질문	지원	없음	?

VSIA의 평가시스템은 질문의 중요성에 따라 단계를 두고 있다. 즉, 반드시 만족시켜야 하는 질문 항목은 imperative 수준으로 설정하며, 이 수준의 질문을 만족하지 못하면, 실제 프로젝트에 사용할 수 없음을 나타낸다. 예를 들어서, “reference 매뉴얼이 있는가?” 라는 질문은 imperative 수준이다. 질문 중에서 rule 수준의 질문을 만족하지 않으면, 프로젝트에 해당 컴포넌트를 사용할 때 비용면에서 불리함을 의미한다. 예를 들면, “문서에서 언급된 툴이 실제로 그 컴포넌트 개발에 사용되었는가?” 라는 질문은 당연히 긍정적이어야 하겠지만, 그렇지 않다면 사용자에게는 매우 부담스러운 일이 아닐 수 없다. 수준이 guideline인 질문은 그 답이 긍정적이면 유지 보수와 가용성에서 좋다는 것을 의미한다. 예를 들면, “MATLAB이나 그와 동일한 시스템 수준 모델이 있는가?”란 질문에 긍정적이라면, 그 IP의 효용성은 더 높아질 수 있다.

평가의 측면을 살펴 보면, VSIA의 평가시스템은 IP의 성숙도와 공급자에 대한 평가, IP의 재사용성과 설계 및 검증 과정에 대해서 평가한다. IP 공급자에 대한 평가는 해당 회사에서 제공하는 지원, 교육, 유지 보수 방식 뿐 아니라, 인증된 프로젝트 관리 시스템 (CMM level2, ISO 9001 등)을 채용하고 있는지에 대한 것도 평가한다. SIPAC과 IPTC도 지원이란 측면에서 IP 공급자에 대한 평가를 하고 있다.

VSIA의 QIP에서 IP의 성숙도 평가는 해당 IP가 SoC에 사용된 적이 있는지, 해당 IP를 사용해 본 고객에 있는지, IC나 FPGA 형태로 실제 제품에 사용된 적이 있는 지를 묻는 질문으로 이루어져 있다. SIPAC의 경우에는 검증 측면에서 이와 유사한 질문을 포함한다. IPTC의 경우에는 적절한 경험과 기능 검증 측면에서 유사한 질문을 포함한다. 그런데, VSIA의 성숙도 평가는 IP가 실제적으로 사용되는 정도를 평가하는 질문들만 이루어져 있고 검증 절차 상에서 필요한 질문은 포함하고 있지 않으며, 그런 질문은 “설계 및 검증 절차”에 포함되어 있다.

VSIA의 QIP에서 IP 성숙도 평가와 공급자 평가는 IP의 종류에 관계 없이 동일하지만, 재사용성과 설계 및 검증 절차에 대한 평가는 IP의 종류 별로 조금씩 다른 항목들을 포함하고 있다. IPTC의 경우에는 전달물, 논리 합성, RTL 코딩스타일, 기능 검증 측면으로 재사용성과 설계 및 검증 절차에 대한 평가를 한다. SIPAC의 경우에는 전달물, 표준화, 부가가치로 재사용성과 설계 및 검증 절차를 평가한다. 여기에서 표준화란 코딩 스타일과 코드 커버리지를 의미하는데, SIPAC 코딩 스타일의 준수 여부를 Lint 툴을 사용해서 환산한 점수와 코드 커버리지 도구를 사용한 커버리지 점수를 합한 값이 표준화 점수가 된다. 또한, 전달물은 SIPAC의 IP DB에 IP를 등록할 경우에 자동적으로 계산되는 점수이다. SIPAC과 IPTC의 질문 체계는 유사하기 때문에, 아래의 [표 2]로 요약하였다.

[표 2] SIPAC과 IPTC의 평가시스템의 질문 체계

SIPAC의 질문체계		IPTC의 체계	
표준화	코딩스타일 코드 커버리지	RTL 코딩스타일	
전달물		전달물	문서, 기술데이터
부가가치	기술/상업적가치 시장성	논리합성	논리합성 경험 논리합성 수행
지원	IP 공급자 가치 구매 전 지원 구매 후 지원 SoC설계 지원	지원	포팅지원, 고객화지원 설계도구지원 교육지원, 구현지원 시스템 수준
검증수준	RTL, FPGA	적절한 경험	논리합성/실리콘구현 응용에 적용 여부
	에뮬레이션 ASIC SoC 성공스토리	기능 검증	시스템수준 검증환경 RTL 시뮬레이션 검증 EPGA/에뮬레이션 검증 보드/에뮬레이터 검증 삼자에 의한 검증/인증

VSIA의 QIP 질문 체계는 3-5 단계에 이르며, 매우 복잡한 편이다. 다음의 [표 3]은 대략적인 체계만을 보여주고 4단계 이하의 것들은 생략되어 있다. 3단계에서도 생략된 항목들이 매우 많다. [표 3]에서 항목 수는 디지털 소프트 IP에 대한 것이며, IP의 종류에 따라 달라질 수는 있다. 세부 항목들에 관심이 있는 독자들은 VSIA의 웹 사이트를 통해서 QIP를 직접 구해서 참조하는 것이 좋다.

[표 3] VSIA 평가시스템의 질문 체계

1단계	2단계	3단계	항목수
재사용성	문서화	IP 통합 매뉴얼 하드웨어 레퍼런스 매뉴얼 프로그래머 레퍼런스 매뉴얼 릴리스 노트 문서, 등	29
	통합의 용이성 (IP 통합자의 측면)	configurability 개발 환경, 호환성, 확장성 시스템 수준 모델링 하드웨어 인터페이스, 등	62
설계 및 검증	설계의 질 (내부 설계 문서화)	제품 요약 시스템 요구사항 문서 설계 요구사항 문서 검증 문서, 등	35
	설계의 질 (설계 내용)	시스템 엔지니어링 리셋 가이드라인, 내장 메모리, 코딩 스타일, 등	82
	검증의 질	커버리지, 검증 환경, 형식적인 검증, 등	88
성숙도	상업적인 사용		3
공급자 평가	지원, 유지보수, 교육 지원, 회사의 질		14
합			313

디지털 소프트 IP를 위한 VSIA의 IP 평가 질문 양식

현재로서는 가장 복잡한 구조를 가지고 있는 평가시스템인 VSIA의 QIP에서 사용되는 질문의 형식과 예를 보여줌으로써 앞에서 설명한 사항을 보충하고자 한다. 모든 질문 구조와 양식을 보고자 하는 사람은 VSIA의 웹 사이트를 통해서 자료를 구해보기 바라며, 여기에서는 디지털 소프트 IP에 대한 질문들 중에서 일부만을 간단히 살펴본다. 너무 길기 때문에 전체적인 구조를 보여 주기 위해서, 생략 부호 (. . .)를 사용해서 부분 부분 중략하였다.

[표 4] IP 재사용의 용이성에 대한 질문사항들과 질문의 계층구조

IP재사용 용이성 (IP통합자의 관점)	평가	점수	설명	중요도
문서화 수준 (IP통합자의 관점)				
IP 통합 매뉴얼				
IP 통합 매뉴얼이 있는가?	Y	10		Imp
-IP 통합 부분에서 전달물을 정의하는가?	Y	10		Imp
-IP의 모든 인터페이스를 정의했는가?	Y	10		Imp
-이름 붙이는 규칙을 정의했는가?	Y	5		Rule
-전달물의 완벽함을 검증하는 수단이 있는가?	Y	5		Rule
-IP의 컴포넌트를 사려화하는 방법을 기술했는가?	Y	5		Rule
-이 컴포넌트를 사용하는 환경을 구축하는 방법에 대한 지침이 있는가?	Y	5		Rule

IP재사용 용이성 (IP통합자의 관점)	평가	점수	설명	중요도
문서화 수준 (IP통합자의 관점)				
-면적, 전력과 같은 기술적인 정보를 제공하는가?	Y	5		Rule
디지털 하드웨어 레퍼런스 매뉴얼(상세한 데이터시트)				
IP 레퍼런스 매뉴얼이 있는가?	Y/N			Imp
-그 문서에는 IP의 기능에 대한 설명이 있는가?	Y/N			Imp
-그 문서에는 아키텍처 개관을 포함하는가?	Y/N			Imp
-완전한 IP 인터페이스 정의가 있는가?	Y/N			Imp
-타이밍 다이어그램을 포함하는가?	Y/N			Imp
프로그래머를 위한 레퍼런스 매뉴얼				
이 컴포넌트는 프로그램 가능한 명령어 집합을 포함하는가?	Y/N			Opt
-프로그래머 레퍼런스 매뉴얼이 있는가?	Y/N			Imp
-메모리 구조에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-명령어 레지스터에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-피연산자크기과 주소지정방식에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-데이터 유형에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-명령어 집합에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-프로시저호출, 인터럽트, 예외에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-입출력 처리에 관한 부분이 있는가?	Y/N			Imp
-이 컴포넌트는 기능 제어용 변경가능 레지스터를 포함하는가?	Y/N			Opt
-하드웨어 레퍼런스 매뉴얼에 레지스터의 프로그래밍 방법을 설명해주는 레지스터 맵 부분이 있는가?	Y/N			Imp
릴리스 노트 문서				
릴리스 노트가 있는가?	Y/N			Imp
-개선과 향상된 부분에 대한 기술이 있는가?	Y/N			Rule
-개정사항 노트에 버그 수정에 대한 설명이 있는가?	Y/N			Rule
-알려진 문제점, 미결 문제점에 대한 기술이 있는가?	Y/N			Imp
통합의 용이성 (IP 통합자의 관점)				
컨피규레이션과 매개변수화				
이 IP는 컨피규레이션 가능한가?	Y/N			Opt
. . .				
구축 환경				
타이밍 제약 조건을 가진 합성용 스크립트가 제공되는가?	Y/N			Imp
스캔 삽입을 위한 스크립트가 제공되는가?	Y/N			Rule
. . .				
이식성 문제				
통합용 HDL은 합성 가능한 부분 집합으로 제한되었는가?	Y/N			Imp
. . .				
확장성				
IP 소스 코드가 제공되는가?	Y/N			Rule
. . .				
시스템 수준 모델링				
시스템 수준 평가가 가능하도록 적절한 추상화 수준의 모델이 제공되는가?	Y/N			Rule
인터페이스가 트랜잭션 수준 모델링이 가능한 방식으로 기술되었는가?	Y/N			Guide
응용 프로그래밍 인터페이스(API)				
이 IP에는 API가 필요한가?	Y/N			Opt
-IP와 함께 API가 제공되는가?	Y/N			Imp
-API는 완벽하게 문서화되었는가?	Y/N			Imp

IP재사용 용이성 (IP통합자의 관점)	평가	점수	설명	중요도
문서화 수준 (IP통합자의 관점)				
하드웨어 인터페이스				
각 인터페이스의 기능이 명확하게 정의되었는가?	Y/N			Imp
...				
합성의 용이성				
이 IP는 정해진 절차에 따라 동기 또는 비동기 리셋 조건에 들어가도록 할 수 있는가?	Y/N			Imp
...				
블록 수준 자가 테스트를 위한 검증 환경				
검증 환경에서 합성후에는 보존되지 않는 RTL 수준의 내부신호에 대한 참조를 회피하는가?	Y/N			Rule
테스트 리포트에는 성공/실패한 테스트 유형을 명시하나?	A/O/N			Imp
...				
SoC 검증 보조 환경				
이 IP는 재사용가능한 검증 컴포넌트 (eVC, SystemC, Vera, C++ 또는 유사한 검증 컴포넌트)를 포함하는가?	Y/N			Rule
End: IP 재사용의 용이성 (IP 통합자 관점)				

[표 4]는 IP 재사용의 용이성에 대한 질문 항목들과 질문의 계층 구조를 보여주고 있다. 주목할 것은 질문 항목 간에도 계층이 있음을 알 수 있다. 예를 들어 [표 4]의 첫번째 질문은 "IP 통합 메뉴얼이 있는가?"라는 질문인데, 그 다음에 따라 나오는 질문들은 IP 통합 매뉴얼에 대한 질문들이기 때문에, 한 단계 더 아래임을 표시하기 위해 들여쓰기가 되어 있다.

질문에 대한 응답 유형은 Y/N(가부형)과 A/O/N(always, often, never)이 있다. 가부형 질문에 대한 응답이 Y인 경우에는 질문 항목의 중요도에 따라서 10점, 5점, 또는 2점이 부여된다. A/O/N 형의 경우에는 응답이 A이면 해당 항목(예: 5점)이 점수가 모두 부여되고, O이면 항목 점수의 반(2점)이 부여되고, N이면 0점이 부여된다. 항목 별 점수는 평가를 하려는 사람의 의도와 강조하는 점에 따라서, 다르게 할 수 있게 되어 있다.

"설명"이라고 표시된 열은 평가하려는 사람이 각 질문에 대해서 강조하는 사항이나, 부연 설명을 더 넣을 수 있도록 하는 항목이다.

질문의 중요도에는 imperative와 rule과 guideline이 있다. 평가 결과에는 IP 재사용의 용이성과 설계 및 검증 수준에 대한 점수뿐만 아니라, 만족되지 않은 imperative 질문, rule 질문, guideline 질문 항목의 수도 보여준다. 질문의 중요도가 optional로 표시된 것은 조건적인 질문으로 그 질문이 만족되면 그 이하 단계의 질문에 답하도록 되어 있는 것으로 그 항목은 점수가 없지만, 그 이하 항목들의 점수가 합산에 고려된다.

QIP의 질문 항목을 포함하는 파일은 엑셀 형식을 취하고 있으며, 평가자가 질문항목에 대한 답을 할 때 마다, 엑셀의 기능을 사용하여 관련 점수들이 자동적으로 재계산되도록 되어 있다.

설계 및 검증의 질에 대한 평가 양식도 유사한 형태로 구성되어 있다. IP의 재사용성에 관한 부분은 IP 통합자의 관점이라면, 설계 및 검증의 질 부분은 IP 개발자의 관점이며 개발자만 답할 수 있는 항목들로 되어 있다. [표 3]에서 언급한 바와 같이 설계 및 검증의 질 부분도 설계 부분과 검증 부분으로 다시 나뉘어져 있으며, 설계 부분은 문서화에 대한 부분과 설계 자체에 대한 부분으로 다시 나뉘어져 있다. 설계 자체에 대한 부분은 코딩 스타일과 관련된 질문 항목들을 많이 포함하고 있다. 검증의 질 부분에는 커버리지와 관련된 질문이 많이 포함되어 있다. 커버리지에 대한 질문에는 다음과 같은 항목들도 포함되어 있다. 이와 같은 항목들은 시뮬레이션을 통해서 커버리지 리포트를 해주는 시뮬레이션 소프트웨어를 통해서 자동적으로 알 수 있는 항목들이다. 아래에 나와 있는 커버리지에 대한 하한 수치는 IP 개발자들에게 IP의 질을 높이기 위해 달성해야할 수치로서 제시될 수 있는 것들이다.

- 합성 가능한 문장들에 대해 기능 커버리지가 98%를 달성하는가?
- 합성 가능한 문장들에 대해 토글 커버리지가 98%를 달성하는가?
- 합성 가능한 문장들에 대해 라인(행) 커버리지가 100%를 달성하는가?
- 합성 가능한 문장들에 대해 결정/분기커버리지가 100%를 달성하는가?
- 합성 가능한 문장들에 대해 FSM의 트랜지션(전이) 커버리지가 100%를 달성하는가?
- 합성 가능한 문장들에 대해 수식/조건 커버리지가 98%를 달성하는가?
- 합성 가능한 문장들에 대해 패스(경로) 커버리지가 75%를 달성하는가?

결론

지금까지 VSIA, SIPAC, IPTC의 IP 평가시스템을 간단히 살펴보았다. VSIA의 평가시스템은 여러 종류의 IP에 대한, 세세한 평가 항목을 가지고 있어서, IP 평가시스템의 표본이 될만하다. [표 3]을 보면 알 수 있듯이 디지털 소프트 IP의 경우에 평가 항목의 수는 300개가 넘는다. 한편, SIPAC의 평가시스템은 주로 설계 도구에 의한 평가를 많이 도입해서, 평가를 받아야 하는 개발자의 부담을 줄여 주는 간략한 평가시스템을 가지고 있다. SIPAC SQES의 경우에는 사용자가 직접 채워야 할 항목들이 약 30개 정도 밖에 되지 않는다.

공인된 평가시스템은 IP 구매자에게 뿐아니라, IP 공급자에게도 중요하다. 개발자의 부담을 줄여주는 것은 중요한 평가시스템의 요인이라고 할 수 있으므로, 기계적인 등급화 도구들을 많이 사용하면서도 적절한 평가를 할 수 있는 방식이 공인된 평가시스템이 될 것으로 생각된다. 그래서, 이 부분에 있어서도 충분한 요구가 발생하게 되면 자동화 도구가 많이 등장해야 할 것으로 사료된다.