

테스트 시스템 구축의 기초

# 테스트 시스템의 총 소유 비용(TCO) 모델링

목차

소개

개발 비용

배포 비용

운영 및 유지보수 비용

재무 분석 접근법

실제 시나리오

결론

## 소개

대부분의 기업들은 테스트를 가장 중요한 요소로 생각하지 않지만, 기업의 브랜드를 대표하는 제품에서 중대한 품질 문제가 발생하는 것을 막으려면 테스트가 반드시 필요합니다. 그러나 테스트에는 상당한 비용이 소요되고, 특히 고품질 제품이 비즈니스에 가져다주는 긍정적 효과나 출시 기간의 단축 효과를 수치화 하기 어려울 경우에는 테스트에 대한 오해가 커지기 쉽습니다. 최고의 기업이라면 이러한 인식에 동요하지 않고 테스트 시스템의 개발, 배포, 유지에 드는 총비용을 이해하려 노력할 것이기 때문에 이러한 "테스트는 필요악"이라는 관점에 흔들리지 않을 것입니다. 실제로 자동화 테스트 비용산정 과정은 테스트 랙의 자본 비용이나 운영자의 시급보다 계산하기 훨씬 복잡합니다.

이 가이드에서 테스트 조직을 평가하고, 상당한 비용 절감이 가능한 변화를 제안하고, 보다 스마트한 투자 결정으로 매년 회사의 수익성을 개선하는 데 필요한 톨과 인사이트에 대해 알아보십시오.

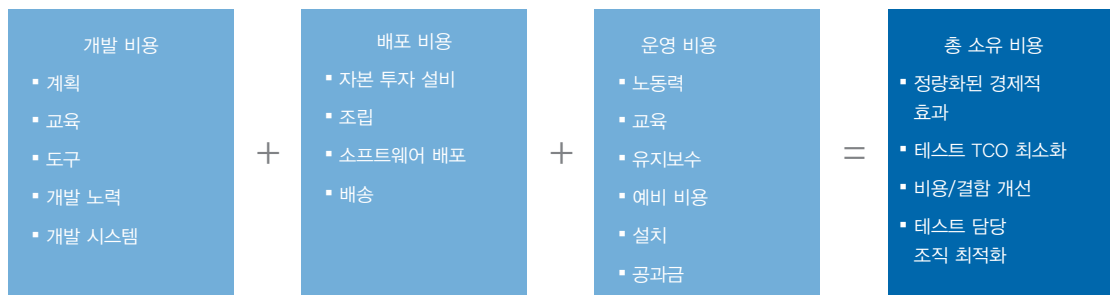


그림 1. 총 소유 비용(TCO)을 적절히 모델링하여 테스트 자산의 수명 비용을 따지고 미래의 전략적 투자를 정당화하는 데 필요한 재무적 기틀을 마련합니다.

## 개발 비용

대부분의 어플리케이션에서 맞춤형 자동 테스트 시스템을 구축하는 데 드는 개발 비용은 배포, 운영, 유지보수 비용과 비교하면 가장 적은 수준입니다. 그 이유는 보통 성능 벤치마킹과 테스트 커버리지 평가를 위한 개념 증명을 목적으로 단 하나의 시스템만 구축되기 때문입니다. 그러나 테스트 시스템의 총 개발 비용은 최종 목표에 따라 크게 달라질 수 있습니다. 신제품을 제작하는 기업은 최적의 접근 방식을 파악하기 위해 다양한 아키텍처와 계층 방식을 채택한 여러 테스트 시스템을 개발/비교합니다.

제품 설계를 책임지는 R&D(엔지니어링) 팀이 개발 시스템의 대부분을 구축하기 때문에 개발 비용이 해당 예산이나 코스트 센터에 포함되기도 합니다. 더욱 노련한 테스트 부서는 R&D 팀과 협력하여 테스트용 설계, 즉 DFT라 불리는 제품 설계에 영향을 주고 테스트 시스템 개발을 진행하기도 합니다. 이러한 형태가 가장 바람직하지만, 모든 테스트 조직에게 가능한 일은 아닙니다.

단일 디바이스 또는 구성 요소의 기능을 테스트하도록 구축된 테스트 시스템의 경우 요구사항 수집, 계층기 선택, 소프트웨어 개발과 관련된 노력이 상대적으로 한정적입니다. 그러나 한 부서에서 여러 디바이스 또는 구성 요소의 기능을 검증하기 위해 표준화된 다목적 테스트 시스템을 설계할 경우 개발 비용이 증가할 수 있습니다. 시스템이 달성해야 하는 모든 기능 조합을 파악하는 데 더 많은 시간을 투자해야 하고, 테스트 중인 디바이스(DUT) 설비가 유연해야 하며, 제품 포트폴리오에 새 디바이스 추가 시 변경 사항을 쉽게 구현할 수 있도록 소프트웨어를 확장할 수 있어야 합니다.

이와 달리 하드웨어, 측정 추상화 계층 또는 다중 상호 연결(mass interconnect) 시스템을 작성하는 등의 노력은 당장 필요한 개발 비용은 높지만 신속한 기술 변화에 대응하거나 수명 주기가 긴 시스템의 계층기 수명 종료(EOL) 문제에 당면한 테스트 조직의 투자 수익을 높여줍니다.

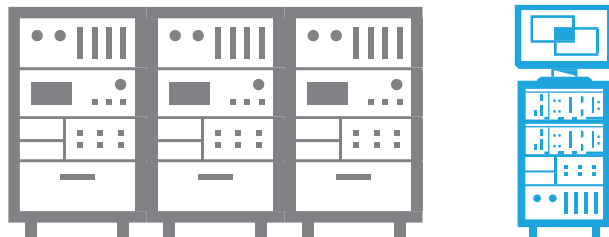
자동화 테스트 시스템의 개발에 필요한 주요 비용은 다음과 같습니다.

- **계획 노력**—테스트 시스템에 실행 가능한 모든 옵션을 적절히 파악하는 데 필요한 시간과 비용이 수반됩니다. 여기에는 벤더 웹사이트, 제품 데모 세션, 평가, 종합 전시회, 토론 포럼에 들어가는 시간도 포함됩니다.
- **개발자 교육**—새로운 소프트웨어 개발 도구(통합 개발 환경 [IDE] 또는 테스트 관리 소프트웨어)와 하드웨어 플랫폼 (예: SCSI 또는 PXI 랙 및 스택) 세트의 학습에 필요한 시간 및 교육비
- **개발 도구**—테스트 소프트웨어 (IDE 또는 테스트 관리 솔루션)의 개발 라이선스 구매에 필요한 비용
- **개발 노력**—개념 검증 테스트 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 개발에 필요한 시간
- **개발 시스템**—현재 시스템 또는 다른 신규 시스템의 벤치마킹을 위한 초기 개념 검증 또는 데모 테스트 시스템의 구매에 필요한 자본 비용

## 배포 비용

제품을 생산에 투입할 때는 제품의 수량 수요에 맞춰 개념 증명 또는 데모 테스트 시스템을 확장해야 합니다. 테스트 시스템의 스루풋(단위 시간별 테스트 유닛 수)은 이러한 수요를 충족하는데 필요한 시스템 수에 직접적인 영향을 미치며, 제품 관리 및 판매 채널은 예상 수량을 판단합니다. 테스트 기능의 커버리지와 함께 필요한 테스트 수는 총 개발 비용에 직접적인 영향을 주기 때문에 개발 단계에서 반드시 고려해야 할 요인입니다.

테스트 시스템의 배포 비용을 높이는 또다른 요인은 배송비입니다. 중소기업은 양산 테스트 및 R&D 부서가 같은 건물에 있거나 최소한 근접한 지역에 위치할 가능성이 높기 때문에 이 부분은 별 문제가 되지 않습니다. 하지만 중소기업 중에서도 디바이스 또는 구성 요소 생산 및 테스트 능력이나 전문성이 부족한 경우 제품 생산 및 테스트를 외주할 수 있습니다. 대기업은 양산 테스트 및 R&D 부서가 같은 국가의 다른 지역에 있거나 아예 다른 국가에 있는 경우도 있습니다. 이 경우 양산 테스트 시스템이 크거나 무거우면 배포 비용이 크게 늘어날 수 있습니다. 속도가 느린 화물 배송 서비스를 이용하면 이 비용을 줄일 수 있지만 시간이 중요한 경우에는 사용할 수 없습니다. 최선의 방안은 개발 단계 중 테스트 시스템의 물리적 크기와 무게를 고려하여 비용 절감 효과를 크게 높이는 방향으로 두 가지 옵션을 비교하는 것입니다.



기존의 박스형 계측기 테스트 시스템

PXI 테스트 시스템

그림 2. 성능이 비슷한 두 가지 테스트 시스템 중 하나를 선택해야 할 때는 보다 작고 가벼운 테스트 시스템을 선택하여 배포 비용을 줄입니다.

자동화 테스트 시스템의 배포에 필요한 주요 비용은 다음과 같습니다.

- **자본 설비**—제품 수요 및 테스트 시스템의 스루풋에 따라 필요한 시스템의 수와 비용이 결정됩니다.
- **시스템 조립**—개별 구성 요소를 테스트 시스템으로 조립하는 데 필요한 시간으로 19인치 또는 21인치 계측기 랙 또는 기타 기계 인클로저의 구축, 모든 테스트 계측기 설치, 케이블 및 전선 연결, 스위치 및 다중 상호 연결(mass interconnect) 장치, 설비 설치 등이 포함됩니다.
- **소프트웨어 배포**—소프트웨어 구성 요소 모음을 컴파일하거나 구축한 후 개발용 컴퓨터에서 대상 컴퓨터로 내보내 실행하는 데 필요한 비용입니다.
- **배송 및 물류**—테스트 시스템의 크기와 무게, 생산 또는 제조 시설에 필요한 테스트 시스템의 수량으로부터 직접 영향을 받는 비용입니다. 화물의 이동 거리와 수량에 필요한 시간도 비용에 영향을 미칩니다. 시스템의 견고성 여부에 따라 특수 포장을 해야 하는 경우도 있습니다.

## 운영 및 유지보수 비용

마지막으로, 테스트 시스템과 관련하여 간과되거나 과소평가되는 경우가 많은 비용으로는 운영 및 유지보수 비용이 있습니다. 이 비용은 보통 제품 또는 디바이스를 본래 설계한 R&D 팀이 아닌 제조 또는 생산팀의 비용에 합산되는 것이 대부분으로, 이러한 코스트 센터의 분리로 인해 부서간 협업이 어렵습니다. 제품의 제조 및 테스트를 외주하는 경우에는 계약 제조업체에서 개별적인 비용이 발생하며 서비스의 고정 요율 또는 시급을 협상하게 됩니다.

자동화된 시스템의 운영 및 유지보수에 필요한 비용은 다음과 같습니다.

- **시간 작업**—제조 작업 중 시스템의 운영 상태를 유지하는 데 필요한 테스트 시스템 작업자와 지원 기술자의 인건비입니다. 이 비용은 테스트 시스템의 수와 시스템 운영에 필요한 기술 수준의 영향을 직접적으로 받습니다.
- **작업자 교육**—각 작업자가 테스트 시스템 사용 방법을 배우는 데 필요한 시간입니다. 이 비용은 형식(매뉴얼, 온라인 또는 대면 방식)에 관계없이 보통 각 작업자가 교육에 참석해야 하는 시간 비용으로 제한됩니다. 다양한 테스트 시스템을 보유한 회사는 모든 작업자가 모든 테스트 시스템을 운영할 수 있게 하는 방식과 각 작업자가 하나의 테스트 시스템을 전문적으로 운영하는 모델 중에서 알맞은 고용 전략을 결정해야 합니다.
- **유지보수**—테스트 시스템과 계측기의 작동 상태를 유지하는 데 필요한 비용입니다. 연간 장비 보정 비용, 계측기 고장 시 교체에 필요한 예상 비용 등이 포함되며 시스템의 수리 난이도 역시 이 비용에 영향을 줍니다.
- **예비 부품 재고**—예기치 않은 가동 중단(예: 계측기 고장) 또는 계획된 가동 중단(예: 보정)에 대비해 예비 계측기를 보관하는 데 필요한 비용입니다. 각 테스트 시스템에는 예비 계측기가 필요하고, 여러 종류의 테스트 시스템을 보유한 기업은 여러 제품이 혼합되어 있기 때문에 테스트 팀의 가동 시간을 확보하기 위해 더욱 대규모의 예비 계측기 및 부품이 필요합니다.
- **설치**—전기를 대량으로 소비하거나 대량의 열을 발생시키는 테스트 시스템은 적절한 성능을 유지하기 위해 특별한 고전력 작업 또는 냉각 타워를 설치해야 합니다.
- **유틸리티**—테스트 시스템의 전기 공급, 냉각, 하우스링(작업 공간)에 필요한 비용입니다. 제조 현장의 평방 피트당 가격과 전기 가격은 지역에 따라 크게 다를 수 있습니다.

## 재무 분석 접근법

개발 및 배포 비용은 다년간 분할 상환이 가능하고 운영 및 유지보수 비용은 미래에 발생하므로 사용자는 테스트 시스템의 총 소유 비용을 판단할 수 있는 재무 모델을 사용해야 합니다. 기존의 투자 시나리오에서는 프로젝트에서 매출과 수익이 발생했습니다. 이 경우 테스트 시스템의 매출과 수익이 아닌 상대적 절감 효과를 비교하게 됩니다. 고효율 조명 또는 건물에 투자하는 경우를 생각해 보면, 당장 비용이 투입되더라도 장기적으로 보면 유틸리티 비용이 절감될 것입니다.

- **투자회수기간(PP)**—프로젝트에 투자한 비용을 되찾는 데 걸리는 시간입니다. 계산은 두 부분으로 나뉩니다. 먼저 신규 테스트 시스템의 개발 및 배포와 구 시스템을 추가 배포하는 경우의 차이를 따져 초기 당면 비용을 판단해야 합니다. 구 시스템은 개발이 이미 완료되었으므로 개발 비용이 없습니다. 두 번째로 해당 차액을 새 시스템의 효율(스루풋)에 의한 연간 운영 절감액으로 나눕니다.

$$\text{투자회수기간 (PP) [yr.]} = \frac{\text{당면한 비용 [₩]} }{\text{연간 절감액 [₩/yr.]}}$$

- **투자 수익(ROI)**—수익 비용 대비 프로젝트의 전체 기간에 투자한 비용의 비율로, 백분율(%)로 나타냅니다. 구 시스템 및 신규 시스템 옵션의 예상 총 소유 비용을 모두 계산한 다음 둘 간의 차이를 따져야 하므로 계산이 좀 더 복잡합니다. 이렇게 얻은 결과를 보다 비용 효율적인 옵션의 총 소유 비용으로 나누고 거기에서 1(100%)을 빼면 결과가 백분율로 나옵니다.

$$\text{투자 수익 (ROI) [\%]} = \frac{\text{총 절감액 [₩]} }{\text{총비용 [₩]}} - 1$$

- **추가 모델**— 내부 이익률(IRR), 순 현재가치(NPV), 수정된 내부 이익률(MIRR)을 포함한 여러 가지 재무 모델을 통해 프로젝트 또는 재무 투자의 실행 가능성을 판단할 수 있습니다. 그러나 가장 정교한 모델링은 두 가지 옵션을 서로 비교하는 방법으로 도출할 수 있으며 분석 작업은 PP 또는 ROI로 단순화할 수 있습니다.

## 실제 시나리오

다음 실제 시나리오는 총 소유 비용의 재무 분석을 활용하는 방법을 이해하여, 기존의 접근 방식을 유지하는 대신 신규 테스트 시스템 아키텍처를 구매하는 방안을 고려할 때 정보력 있는 의사 결정을 내리는 데 도움이 됩니다.

### 개요

B 회사는 IP 기반의 위성 통신 시스템을 제조하는 2,300억원 규모의 업체입니다. 현재 사용 중인 생산 테스트 시스템은 기존의 랙앤택 박스형 계측기를 사용해 구축되었습니다. B 회사는 테스트 시스템을 개발하여 계약업체에 배포하고 제품 테스트 비용으로 시간당 34,000원을 지급합니다.

현재 테스트 시스템의 특징을 요약하면 다음과 같습니다.

- 완전한 기능 작동 및 전체 테스트 커버리지
- 중간 수준의 자본 비용
- 조직에서 운영 방법을 숙지한 상태
- 스루풋이 최적 수준에 비해 다소 부족함

B 회사는 최근 대규모 판매 채널에 투자해 자사의 레이더 제품을 판매할 새로운 시장에 진입했기 때문에 생산 용량을 연간 10,000 유닛에서 25,000 유닛으로 늘려야 합니다.

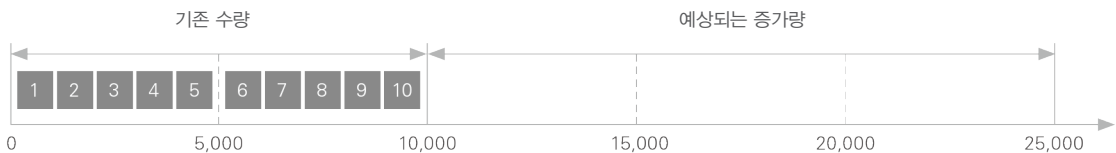


그림 3. 매년 15,000대씩 수요가 증가합니다.

회사의 엔지니어링 팀이 NI와 협력하여 결정한 PXI 기반의 테스트 시스템 사양은 DUT당 테스트 시간이 3배 높은 수준입니다. 그러나 새 솔루션은 당장 개발 및 배포 비용을 투입해야 하고, 의사 결정을 내리려면 먼저 이전 아키텍처를 바탕으로 추가 테스터를 구매하는 방식과 마이그레이션의 비즈니스 영향력을 비교하여 모델링해야 합니다.

**기존의 랙앤택 시스템**

NRE 자본 투자:	해당사항 없음
NRE 개발 시간:	해당사항 없음
투자 비용:	시스템당 1억 1천만원
# 기존 테스트 시스템:	10
테스트 시간:	디바이스당 40분
수량/스루풋:	연간 1,000대

**새 PXI 기반 시스템**

NRE 자본 투자:	1억원
NRE 개발 시간:	1억 7천만원
투자 비용:	시스템당 1억 4천만원
# 기존 테스트 시스템:	해당사항 없음
테스트 시간:	디바이스당 13분
수량/스루풋:	연간 3,000대

**기타 재무적 변수**

분할 상환 기간:	5년
기존 시스템 교체:	해당 없음, 계속 운영함
시간당 운영 비용:	34,000원 (계약 제조업체)
필요 스루풋:	연간 25,000대

**개발 및 배포 비용**

본 평가 과정의 경우 기존 아키텍처에 기반한 테스트 시스템을 추가 구매하는 것이 더욱 경제적인 것으로 추측하기 쉽습니다. 조직이 이미 완전히 교육받은 상태이고 개발 비용이 발생하지 않기 때문입니다. 시스템이 이미 구축되었으므로 복제하기만 하면 됩니다. 그러나 새 시스템은 개발 기간 도중 계획, 구축, 교육 및 기타 비경상 엔지니어링(NRE) 비용이 필요합니다.

하지만 새 시스템의 스루풋이 가진 장점을 무시하면 안 됩니다. 스루풋은 예상 생산량 증가치를 달성하기 위해 구매해야 할 추가 또는 신규 테스트 시스템의 수에 직접적인 영향을 미치기 때문입니다. 이 시나리오에서 기존 테스트 시스템을 확장하려면 15개의 추가 시스템이 필요한 반면, 새로운 PXI 기반 시스템을 구매할 경우 5개만으로 생산 수량을 충족할 수 있습니다.



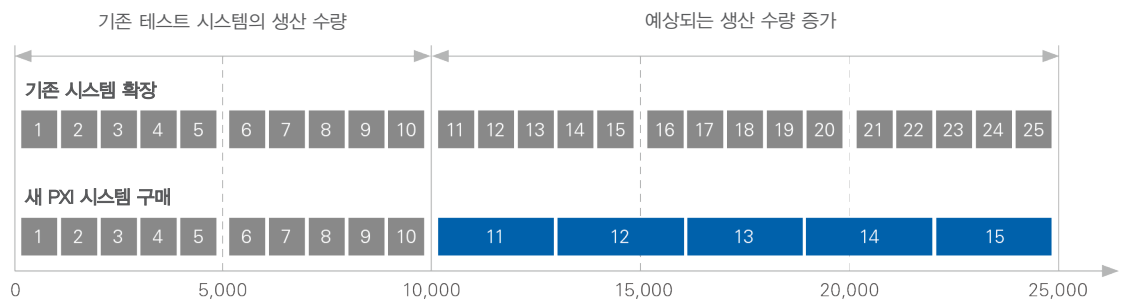


그림 4. 새 PXI 테스트 시스템은 스루풋이 3배로 늘어나므로 추가 제품 수요를 충족하는 데 필요한 시스템 수가 크게 줄어듭니다.

각 접근 방식에 필요한 테스트 시스템 수를 판단한 뒤 개발 및 배포에 필요한 총비용을 비교하고 스루풋, 자본 비용, NRE의 영향력을 직접적으로 이해할 수 있습니다.



그림 5. PXI 기반 테스트 시스템은 NRE 개발 비용이 들어가지만 새 시스템의 총 개발 및 배포 비용이 6억 8천만원 더 저렴합니다.

이 시나리오에서는 개발 및 배포 비용을 비교할 때 새 솔루션을 구매하는 편이 기존 테스트 시스템을 확장하는 것보다 비용 효과가 높습니다. 기존 시스템의 확장 비용이 높아진 가장 큰 원인은 시스템의 스루풋이 적기 때문입니다. 필요한 수량을 만족하려면 테스트 시스템의 수량만 세 배가 필요하기 때문에 스루풋만으로 배포 비용이 증가하게 됩니다.

하지만 변수가 바뀌면 어떻게 될까요? 만약(what if)의 시나리오를 모델링해 최악의 시나리오에서도 수익성이 높아지는지 확인해 보십시오.

모델링할 가상 시나리오:

- 만약 새 시스템의 개발 시간이 두 배로 길어져 비용이 두 배로 든다면 어떻게 될까요?
- 통화 인플레이션으로 인해 자본 비용이 10% 증가하면 어떻게 될까요?
- 스루풋이 3배가 아닌 1.5배만 개선되면 어떻게 될까요?
- 판매 수량이 25,000대에서 20,000대로 줄면 어떻게 될까요?
- 추가 작업 공간이 제한적이라면 어떻게 될까요?
- 테스트 시설에 전기 또는 냉각 설비를 추가로 설치해야 한다면 어떻게 될까요?
- 기존 계측기의 EOL이 도래했다면 어떻게 될까요?

## 운영 및 유지보수 비용

테스트 시스템을 필요한 수만큼 개발 및 배포한 후에는 프로젝트 기간 또는 제품의 라이프사이클 기간 동안 시스템을 운영 및 유지보수해야 합니다. 테스트 시스템을 운영 및 유지보수하는 데 필요한 비용은 보통 회사의 제조 그룹에 귀속되고 테스트 시스템의 개발 및 배포 비용은 R&D(엔지니어링) 그룹에 귀속됩니다. 경영진의 지시가 없다면 엔지니어링 팀이 운영 및 유지보수 비용에 미치는 영향을 고려하지 않고 개발 및 배포에 관한 비용을 최적화하지 않을 가능성이 높습니다.

개발 및 배포 비용만 고려한 위 사례의 경우 새 테스트 시스템이 이전 아키텍처에 기반한 테스트 시스템을 추가로 구매하는 것보다 경제적인 것으로 나타났습니다. 이제 프로젝트의 첫 5년을 대상으로 두 가지 운영 및 유지보수 비용 옵션을 분석하여 총 테스트 비용에 어떤 영향을 미치는지 알아보겠습니다.

이 사례에서 B 회사는 제품의 제조 및 테스트를 외주했습니다. 계약업체는 B 회사에 테스트 시스템 운영 비용으로 시간당 34,000원을 청구합니다.



그림 6. PXI 기반의 테스트 시스템은 개발 및 배포 비용이 크게 줄어든 뿐만 아니라 운영 및 유지보수 비용도 이전 시스템보다 훨씬 저렴합니다.

## 총 소유 비용

이 시나리오에서는 PXI 옵션이 최선의 선택인 것으로 나타났지만, 새 시스템의 재무적 장점을 효과적으로 모델링하려면 총 소요 비용을 파악하는 것이 중요합니다. 5개년 분석에서는 PP, ROI, 총 절감액, 테스트 비용 절감액 등의 변수를 파트별로 나누어 살펴보았습니다. 이 분석에서 개발 및 배포 비용은 5년에 걸쳐 균등하게 상각되었습니다.

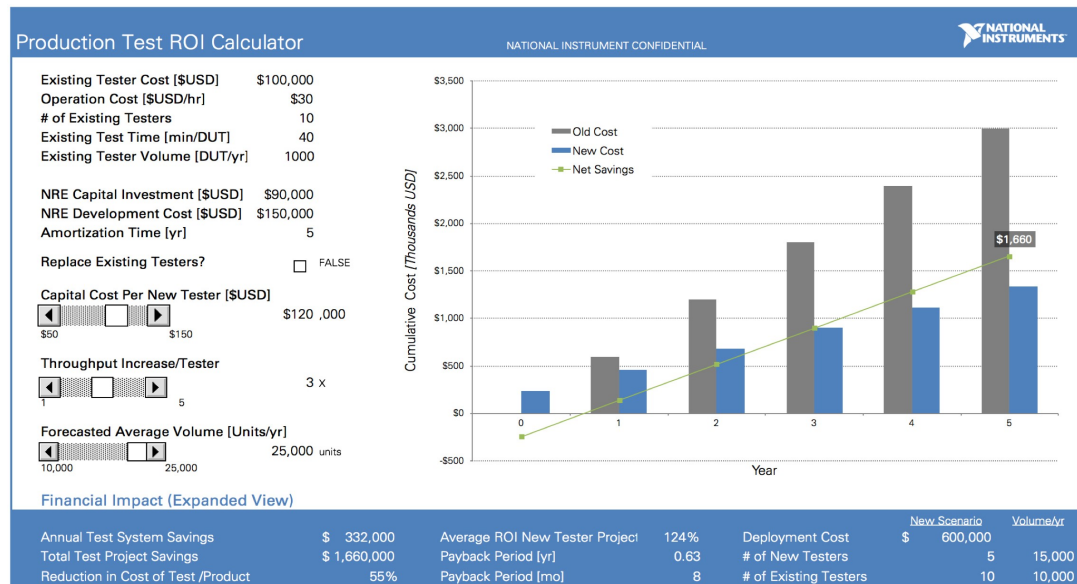


그림 7. 기존 솔루션을 확장하는 방식과 비교했을 때 새 테스트 시스템의 총 절감액은 5년간 18억 9천만원이고 회수 기간은 11개월입니다.

### 시나리오 요약

테스트 시스템의 두 가지 옵션을 비교한 이번 사례의 경우 수많은 요인을 고려해야 합니다. 보통 기존 솔루션을 확장하는 것이 쉽고 저렴할 것으로 생각되지만, 추가 분석 작업을 통해 새로운 고성능 시스템에 투자하는 것이 재무적으로 더 나은 결정인 것으로 밝혀졌습니다. PXI 시스템의 재무적 장점 중 가장 큰 요인은 3배로 개선된 스루풋이며, B 회사는 이를 통해 테스트 시스템 구매 대수를 3분의 1로 줄여 동일한 작업을 완료할 수 있으므로 자본 투자 비용이 절약됩니다. 이러한 효과는 회사가 5년간 계약업체에 지불해야 하는 운영 및 유지보수 비용을 크게 줄여 PP는 11개월로, 프로젝트의 ROI는 124%로 나타났습니다.

### 결론

디바이스의 복잡성 및 출시 기간의 압박이 가중됨에 따라 자동화 테스트 시스템의 총 소유 비용은 회사의 수익성에 있어 지속적으로 중요한 역할을 수행할 것입니다. 목표를 달성하려면 테스트 시스템의 초기 자본 비용뿐 아니라 모든 관련 비용을 고려해 구매 결정을 내려야 합니다. 본 가이드에서는 자동화된 생산 테스트에 초점을 맞췄지만, 초기 콘셉트에서 사용자에게 제품을 전달하는 R&D, 특성화, 확인, 검증 등의 다른 단계에도 이와 같은 개념을 적용할 수 있습니다.

NI는 [PXI 플랫폼](#), [LabVIEW](#) 그래픽 시스템 설계 소프트웨어, [TestStand](#) 테스트 관리 소프트웨어의 개발자이자 PXI Systems Alliance의 창립 멤버로서 40년간 반도체 생산에서 항공우주 및 국방에 이르는 다양한 산업의 자동화 테스트 시스템 개발을 지원해왔습니다. 전 세계 50개국의 직영 필드 엔지니어 팀은 규모에 관계없이 모든 기업이 테스트 비용을 절감하면서 탁월한 품질의 제품을 생산할 수 있도록 최고의 지원 서비스를 제공하고 있습니다. 다음 단계로 발전하는 데 도움이 필요하시면 [가까운 NI 담당자에게 문의](#)해 주시기 바랍니다.

