

기술 검증

Cisco UCS(Unified Computing System) Platform 기반 하이퍼 컨버지드 솔루션 미션 크리티컬 워크로드 성능 테스트

저자: 수석 검증 분석가인 토니 팔머(Tony Palmer)와 케리 돌란(Kerry Dolan)

2019년 2월

이 ESG Lab 보고서는 시스코의 의뢰를 받아 작성되었고, ESG의 라이선스 하에서 배포됩니다.

목차

| | |
|---|----|
| 서론..... | 3 |
| 배경..... | 3 |
| HCI에서 Tier-1 워크로드 지원..... | 3 |
| HCI 솔루션 평가 시 고려해야 할 주요 지표..... | 4 |
| 업계의 HCI 접근 방식 - 소프트웨어 기반 솔루션 vs 일체형 어플라이언스 기반 솔루션 비교..... | 4 |
| HCI 배포 모델:..... | 4 |
| 시스코의 일체형 기반 HCI..... | 5 |
| ESG 기술 검증..... | 7 |
| 미션 크리티컬 워크로드 테스트..... | 7 |
| Vdbench 툴의 IOPS 종합 테스트..... | 8 |
| ESG 테스트..... | 8 |
| 솔루션 비용에 직접적인 영향을 미치는 HCI 성능 차이..... | 14 |
| 더욱 중요한 진실..... | 16 |

ESG 검증 보고서

ESG 검증 보고서의 목적은 IT 전문가를 대상으로 모든 유형과 규모의 회사를 지원하는 정보 기술 솔루션을 교육하는데 있습니다. ESG 검증 보고서는 구매 결정을 내리기 전에 수행해야 하는 평가 프로세스를 대체하기 위한 것이 아니라, 신기술들에 대한 분석 정보를 제공하기 위한 것입니다. IT 솔루션의 중요한 특징과 기능 몇 가지를 탐색하여 이들이 실제 고객 문제를 해결하는 데 어떻게 활용될 수 있는지 보여주고, 개선이 필요한 영역을 확인하는 것이 ESG Lab의 목표입니다. ESG 검증 팀의 전문가들은 자체 실무 테스트를 비롯해 프로덕션 환경에서 이들 제품을 사용하고 있는 고객과의 인터뷰를 토대로 객관적인 관점을 제공합니다.

서론

이 보고서는 Cisco HyperFlex HCI(Hyperconverged Infrastructure) 성능 테스트에 대한 ESG Lab의 감사 및 검증 결과를 문서화한 것입니다. 이 테스트는 미션 크리티컬 워크로드를 지원하는 Cisco UCS 기반 일체형 Cisco HyperFlex 올플래시 솔루션과 Cisco UCS 하드웨어에서 구동이 검증된 업계 선도 기업 2개사의 소프트웨어 기반 HCI 제품들을 비교하는 데 초점을 두고 있습니다.

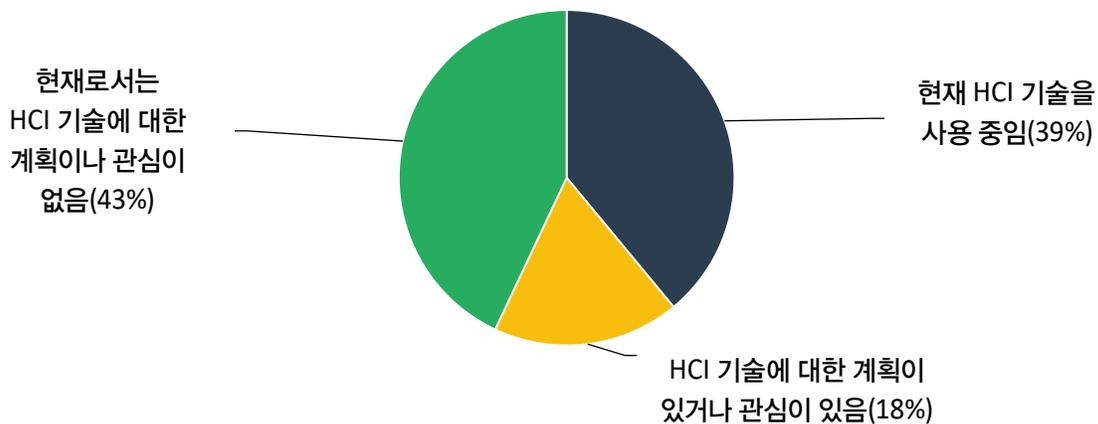
배경

오늘날 기업들에게는 비즈니스의 속도에 대응하기 위해 미션 크리티컬한 업무 환경에 애플리케이션과 가상머신(VMs)을 신속하게 추가할 수 있는 유연하고 기민한 역량이 요구됩니다. 하지만 이 같은 수준의 민첩성 구현은 정적이고 개별 관리가 필요한 사일로 형태의 컴퓨팅, 네트워크 및 스토리지 시스템에서 녹록치 않습니다. 이것이 HCI(Hyperconverged Infrastructure)가 인기를 끌고 있는 한 요인입니다. HCI는 유연하고 확장 가능하며 배포가 용이한 소프트웨어 정의(software-defined) 컴퓨팅, 네트워크 및 스토리지가 통합된 단일 솔루션을 제공합니다.

HCI는 출시 이후 시장 도입이 크게 늘고 있으며 HCI의 이 같은 인기는 ESG의 설문 조사를 통해 지속적으로 확인되고 있습니다. 실제로 ESG의 조사에 따르면, 응답자의 57%가 현재 HCI 솔루션을 사용 중이거나 향후 도입계획이 있는 것으로 나타났습니다¹. 이 같은 반응은 HCI 도입을 고려하는 이유로 선택한 항목들을 보면 놀랄 일도 아닙니다. 응답자들은 '개선된 확장성(31%)'을 비롯해 '총소유비용 절감(28%)', '배포의 용이성(26%)', '간소화된 시스템 관리(24%)' 등을 비중 있게 꼽았습니다.

그림 1 기업의 HCI 솔루션 사용 현황

귀사의 HCI 기술 솔루션 사용 현황을 표시해 주십시오.
(응답자 비율, 모집단: 537명)



출처: Enterprise Strategy Group

HCI에서 Tier-1 워크로드 지원

전통적으로 3계층 아키텍처 또는 CI(Converged Infrastructure) 솔루션에서 구현되는 미션 크리티컬 워크로드를 HCI로 마이그레이션하려는 기업들은 솔루션 선택 시 신중한 접근이 필요합니다. 복잡한 워크로드를 지원하다 보면 특정 워크로드의 요구사항 처리에 최적화되지 않은 HCI 솔루션에서 설계상 결함이 노출될 수 있습니다. Tier-1 워크로드 지원을 위해 배포된 HCI 플랫폼은 높은 IOPS와 낮은 읽기/쓰기 지연 시간을 일관되고 예측 가능한 방식으로 제공해야 합니다. 예측 가능한 성능과 낮은 VM 성능 가변성은 전사적 차원에서 최종 사용자의 생산성을 극대화하는 데 매우 중요합니다.

¹ 출처: 2017년 10월 ESG가 실시한 설문 조사, CI 및 HCI 동향([Converged and Hyperconverged Infrastructure Trends](#))

HCI 솔루션 평가 시 고려해야 할 주요 지표

이제는 단순성(Simplicity)에만 우선 순위를 뒤서는 안됩니다. HCI 솔루션들이 계속 출시되면서 주요 구매 기준에 성능 항목이 추가됐지만, 여전히 많은 솔루션들이 미션 크리티컬 워크로드에서 요하는 고성능을 일관되게 제공하지 못하고 있습니다. 1세대 HCI 아키텍처는 상용 스위치를 통해 연결되는 x86 서버 환경에서 구현됐지만 이후, Tier-1 워크로드의 미션 크리티컬 속성으로 인해 Cisco UCS와 같이 신뢰할 수 있는 엔터프라이즈급 하드웨어를 토대로 한 소프트웨어 기반 HCI 업체들이 등장했습니다.

IOPS(Input/output Operations Per Second) - 플래시 기반 스토리지의 채택으로 기존의 공유 스토리지 환경에서 I/O 문제가 크게 줄었지만, HCI와 같은 클러스터 환경에서는 노드 간 네트워크 연결을 비롯해 HCI 솔루션을 지원하는 소프트웨어 계층에 따라 총 IOPS가 크게 달라질 수 있습니다. HCI 구성을 위해서는 클러스터에서 제공하는 총 IOPS는 물론 제공되는 IOPS의 일관성을 모두 평가해야 합니다. 가상화 컴퓨팅의 등장 초기부터 VM의 일관된 성능은 중요한 과제로 자리잡고 있습니다. 자원을 과도하게 점유해 전체 클라우드에 부정적 영향을 미쳐 '요란한 불청객(noisy neighbor)'으로도 불리는 VM의 성능이슈는 소프트웨어 레이어가 클러스터를 오가며 데이터를 기록하는 방식에 따라 달라지는 HCI 배포과정에서 더 확연해질 수 있습니다.

지연 시간 - IOPS는 중요한 성능 지표이지만, HCI 솔루션을 구매할 때는 애플리케이션과 관련된 지연 시간도 함께 고려해야 합니다. HCI와 같이 클러스터 환경에는 스토리지 성능, 소프트웨어 반응성, 네트워크 처리량과 같은 다양한 병목 현상이 발생할 수 있으며, 이들 모두가 애플리케이션 지연 시간에 영향을 미칠 수 있습니다. 지연시간의 증가는 사용자 측면에서 애플리케이션 응답의 저하를 뜻합니다.

- **읽기 지연 시간** - 스토리지 컨트롤러가 적절한 데이터 블록을 찾아 제공하기까지 소요되는 시간입니다. 플래시 스토리지의 경우, 플래시 서브시스템이 필요한 데이터 블록을 찾고 전송할 준비를 하는데 소요되는 시간, 그리고 네트워크를 통한 전송 시간이 여기에 포함됩니다.
- **쓰기 지연 시간** - 데이터의 적절한 위치 결정, 오버헤드 활동(블록 삭제, 복사 및 "가비지 수집") 수행, 쓰기 및 쓰기완료 응답을 포함하여 스토리지 컨트롤러가 데이터 블록 쓰기에 필요한 모든 활동을 수행하는 데 소요되는 시간입니다.
- **총 지연 시간** - 애플리케이션에서 사용된 읽기 및 쓰기 비중을 적용해 계산된 각각의 지연시간을 하나로 합친 것입니다. 예를 들어 읽기와 쓰기의 비중이 각각 70%, 30%로 이뤄진 워크로드의 경우, 총 지연 시간은 각 비율에 따라 가중치를 적용한 읽기 및 쓰기 결과의 평균입니다.

업계의 HCI 접근 방식 - 소프트웨어 기반 솔루션 vs 일체형 어플라이언스 기반 솔루션 비교

HCI는 모듈식 데이터 센터 개념이 다음 단계로 진화한 것으로 여겨졌습니다. 랙 수준의 CI(통합인프라)를 노드 수준의 배포로 간소화하는 것이 목표였습니다. HCI는 공통 소프트웨어 플랫폼을 통해 관리되는 3계층 인프라 대신, 가상화된 컴퓨팅, 그리고 소프트웨어 레이어를 통해 통합되고 단일 새시에서 배포되는 소프트웨어 정의 스토리지(Software-Defined Storage)를 결합해 노드를 생성합니다. 노드는 네트워크 스위치를 통해 연결되어 공유 리소스 풀을 형성하는데, 이 풀은 클러스터에 새로운 노드를 추가함으로써 온디맨드 방식으로 확장이 가능합니다. HCI 솔루션 공급을 위한 관련 업체들의 시장접근 전략에는 저마다 차이가 있어 주의 깊게 살펴볼 필요가 있습니다.

HCI 배포 모델:

소프트웨어 전용 HCI: 이 모델은 컴퓨팅과 스토리지를 단일 노드에 통합하는 데 사용되는 소프트웨어 계층에 중점을 두고 있습니다. 사용자는 HCI 소프트웨어를 구매해 인하우스(in-house) 또는 서드파티의 업계 표준서버에 설치할 수 있습니다. 초기 HCI 배포는 Tier-2 또는 Tier-3 워크로드를 지원하는 경향이 있었기 때문에 비용 절감을 위해 기성 서버에 소프트웨어를 배포하고 상용 스위치를 통해 연결하는 것이 일반적이었습니다. HCI가 성숙기에 접어들고 크리티컬 워크로드가 계속 배포되면서 기업들은 신뢰할 수 있는 하드웨어 플랫폼에서 HCI가 실행되도록 요구하기 시작했습니다. 모든 하드웨어 제조업체가 동일한 검증을 수행하는 것은 아닌만큼 잠재적 사용자는 이러한 유형의 배포에 대한 주의 사항을 숙지하는 것이 바람직합니다. 모든 상황과 조건을 검증하지 않은 하드웨어 플랫폼에

검증을 거치지 않은 하드웨어 플랫폼에 소프트웨어를 배포하면 자칫 문제 발생시 비난의 화살을 떠안게 되고 기업이 감당할 수 없는 위험이 가중될 수 있습니다.

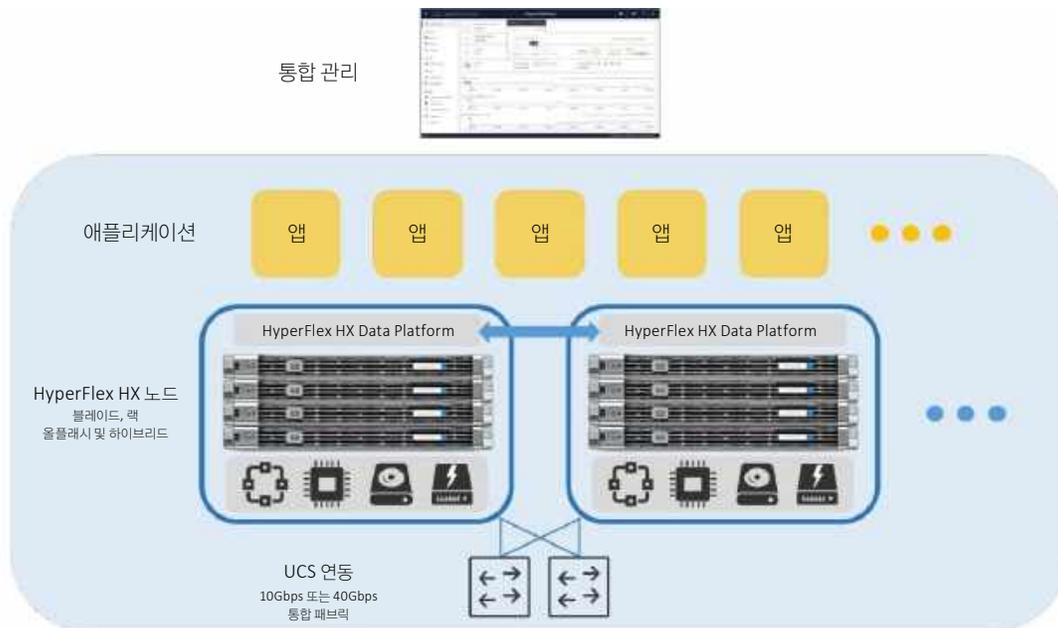
일체형 어플라이언스 기반 HCI: 이 모델은 HCI 솔루션을 가장 손쉽게 배포할 수 있는 방법을 제공하도록 설계되었습니다. Tier-1 공급업체들이 주로 판매하기 때문에 이 접근 방식을 선택하는 사용자는 소프트웨어가 사전 설치되어 출시되는 신뢰할 수 있는 하드웨어 플랫폼에 구축된 어플라이언스를 사용할 수 있습니다. 공급업체들은 컴퓨팅, 네트워킹 스토리지의 모든 HCI 구성 요소를 간단한 어플라이언스 제품으로 엔지니어링 및 최적화할 수 있다는 점에서 이 접근 방식을 선택하고 있습니다. 일체형 기반 HCI 솔루션은 출시 검증을 통해 컴퓨팅, 네트워킹 및 스토리지 소프트웨어에서 단일 소스를 통한 운영 및 지원을 보증하는 구성을 사용자에게 제공하여 위험 가능성을 제거합니다. 어플라이언스 중에는 하드웨어 공급업체와 소프트웨어 공급업체 간의 파트너십을 통해 만들어지는 것도 있고, 하드웨어와 소프트웨어 계층간 최적화 수준이 상이해 이것이 전체 성능에 영향을 미칠 수 있다는 점에 유의해야 합니다.

시스코의 일체형 기반 HCI

Cisco HyperFlex는 컴퓨팅, 소프트웨어 정의 스토리지는 물론, HCI 플랫폼을 오가는 모든 트래픽 흐름에 최적화된 완전 통합 네트워킹이 하나로 결합한 일체형 하이퍼 컨버지드 시스템입니다. 이러한 완전 통합형 플랫폼은 리소스를 독립적으로 확장하면서도 일관된 고성능을 제공하도록 설계되었습니다. Cisco UCS에서 구현된 Cisco HyperFlex는 UCS 플랫폼의 이점(예: 서버 및 네트워킹을 위한 정책 기반 자동화)과 하이퍼 컨버전스를 위한 HX Data Platform의 분산형 파일 시스템의 장점을 수용합니다.

Cisco HyperFlex는 데이터센터의 미션 크리티컬한 핵심 애플리케이션에서 원격 사이트에 이르는 엣지 투 엣지(edge to edge) 워크로드를 지원합니다. 최신 버전인 HX 3.0에는 멀티 클라우드 및 컨테이너 환경 지원과 더불어 VM웨어 ESXi, 마이크로소프트 Hyper-V에 대한 지원이 추가되었습니다. HyperFlex 배포에는고가용성을 위한 최소 3 노드의 클러스터가 요구됩니다. 적어도 2개 노드는 데이터 복제에, 그리고 나머지는 단일 노드의 장애 시 대응을 위해 필요합니다. 또한 에지 컴퓨팅 환경에서도 HyperFlex의 장점을 극대화하기 위하여, 2개 노드로 HCI 환경을 지원하는 HyperFlex Edge 제품도 지원하고 있습니다.

그림 2 CISCO HyperFlex HCI



출처: Enterprise Strategy Group

HyperFlex HX 시리즈 노드는 Cisco UCS 플랫폼을 토대로 구현되며, 최신 Intel Xeon 프로세서로 구동됩니다. 구성 요소는 다음과 같습니다.

- **Cisco HyperFlex HX Data Platform.** 모든 HCI 솔루션의 핵심은 소프트웨어 정의 스토리지 소프트웨어이며, HX Data Platform은 HCI 소프트웨어 정의 스토리지를 위해 특별히 구성되었습니다. 각 노드에서 컨트롤러로서 작동하는 HX Data Platform은 클러스터의 모든 SSD 및 HDD 용량을 분산된 객체 기반 다계층 데이터 스토어에 결합하여 클러스터 전반에 데이터를 고르게 배포하는 고성능의 분산형 파일 시스템입니다. 또한 스냅샷, 씬 프로비저닝, 인스턴트 클론 같은 엔터프라이즈 데이터 서비스도 제공합니다. 클러스터 전반에서 정책 기반 데이터 복제를 통해 고가용성을 보장합니다. 메모리, 캐시 및 용량 계층에서의 동적 데이터 배치를 통해 애플리케이션 성능을 최적화하는 동시에, 인라인 방식의 상시 가동(always-on) 중복 제거, 압축 등 기능으로 용량을 최적화합니다.
 - o HX Data Platform은 하이퍼바이저가 액세스하는 볼륨에 대한 모든 읽기 및 쓰기 요청을 처리합니다. 클러스터 전반에 고르게 데이터를 배포하여 네트워크 및 스토리지 핫스팟을 방지하고 위치에 관계없이 VM에서 최적의 I/O 성능을 달성할 수 있습니다. 데이터 쓰기는 로컬 SSD 캐시에서 쓰기가 이뤄지는 동시에 원격 SSD에 복제되며 이후 쓰기 완료 응답이 전달됩니다. 읽기는 가능한 경우 로컬 SSD에서 이뤄지거나, 혹은 원격 SSD에서 검색됩니다.
 - o 로그 구조 파일 시스템은 읽기 및 쓰기 가속화를 위해 구성 가능한 SSD 캐시를 사용하는 분산형 객체 스토어로서, HDD(하이브리드) 또는 SSD(올플래시) 영속 계층에 자리잡습니다. 데이터가 일관성 있는 계층으로 디스테인징되면 성능 향상을 위한 후속 작업으로 데이터 쓰기가 이뤄집니다. 인라인 방식의 중복 제거 및 압축은 데이터가 디스테인징될 때 수행됩니다. 성능에 미칠 영향을 피하기 위해 쓰기가 인정된 이후에 데이터가 이동됩니다.
- **Cisco UCS 컴퓨팅 전용 노드** UCS 블레이드와 랙 서버를 클러스터에서 결합하여 두 노드 간에 단일 네트워크 홉을 구축함으로써 데이터 흐름의 대역폭을 최대화하고 지연 시간을 낮출 수 있습니다. HyperFlex를 사용하면 사용자가 스토리지 집약형 용량 노드(HX 노드)에 대한 CPU 집약형 블레이드(컴퓨팅 노드)의 비율을 변경함으로써 애플리케이션 요구의 변화에 따라 시스템을 최적화할 수 있습니다. 올플래시 노드와 하이브리드 노드도 사용 가능합니다.
- **Cisco Unified Fabric - UCS 6300/6400 Fabric Interconnects**는 소프트웨어 정의 네트워킹을 지원합니다. 패브릭의 높은 대역폭, 낮은 지연 시간, 40G/10Gbps 및 25G/10Gbps 연결이 클러스터 전반에서 데이터를 안전하게 배포 및 복제하여 고가용성을 보장합니다. 이 네트워크에서 HX 클러스터를 간편하고 안전하게 확장할 수 있습니다. 단일 홉 아키텍처는 스토리지 소프트웨어의 효율성을 극대화하여 전반적인 클러스터 성능을 높일 수 있도록 설계되었습니다.
- 자동 프로비저닝을 위한 **Cisco ACI(Application Centric Infrastructure)**. ACI를 사용하면 네트워크 배포, 애플리케이션 서비스, 보안 정책, 정의된 서비스 프로파일에 따른 워크로드 배치를 자동화할 수 있습니다. 따라서 더 빠르고 정확하면서도 저렴한 비용으로 보다 안전하게 배포할 수 있습니다. ACI는 성능 및 리소스 사용률을 최적화하도록 트래픽을 자동으로 라우팅하고, 최적의 성능을 위해 핫스팟을 중심으로 트래픽을 재라우팅합니다.
- VMware ESXi와 vCenter를 비롯해 Microsoft Hyper-V를 포함하는 업계 최고의 하이퍼바이저 옵션. 하이퍼바이저와 관리 애플리케이션이 사전 설치돼 모든 하드웨어와 소프트웨어에 친숙한 관리 인터페이스를 제공합니다.

Cisco HyperFlex는 아래와 같이 다양한 이점을 제공합니다.

- **높은 성능.** HyperFlex Dynamic Data Distribution은 앞서 언급한 성능상 이점 외에도 모든 클러스터 노드에 데이터를 안전하고 고르게 분산시켜 병목 현상을 최소화합니다.
- **빠르고 쉬운 배포.** 사전 통합 클러스터는 네트워크 연결 후 전원만 켜면 쉽게 배포됩니다. 노드의 구성 및 연결은 Cisco UCS 서비스 프로파일을 통해 처리됩니다. 시스코에 따르면, 고객들이 밝히는 통상의 배포시간은 1시간 이내인 것으로 확인됩니다.

- **통합 관리.** Cisco HyperFlex Connect 또는 Cisco Intersight를 통해 시스템이 모니터링 및 관리되므로 컴퓨팅과 스토리지를 개별적으로 관리할 필요가 없습니다. HyperFlex Connect는 기업이 지표와 추세 정보를 이용해 언제 어디서든 클러스터를 관리 및 모니터링할 수 있게 해주고 관리의 전체 라이프사이클을 지원합니다. Intersight는 사용자가 기존 시스템은 물론 하이퍼 컨버지드 및 에지 시스템, 그리고 원격지/지사 사무실을 아우르는 Cisco HyperFlex 및 Cisco UCS(Unified Computing System) 인프라를 (클라우드 기반) 단일 GUI로 모두 관리할 수 있는 클라우드 기반 통합관리 플랫폼입니다.
- **독립적인 확장.** HyperFlex는 다른 HCI 시스템처럼 클러스터에 전체 노드를 추가할 필요 없이 컴퓨팅 및 스토리지 리소스를 독립적으로 확장할 수 있습니다. 사용자는 Fabric Interconnects를 통해 베어 메탈 UCS 서버를 컴퓨팅 전용 노드로 손쉽게 통합하여 클러스터에 컴퓨팅 용량을 추가할 수 있으며, 스토리지가 더 필요할 경우 각 노드에 개별 드라이브를 추가할 수 있습니다. 이때 데이터는 자동으로 다시 밸런싱 됩니다. 이는 이미 구축된 HCI 노드의 확장에 따른 하드웨어 및 소프트웨어의 추가 라이선싱 비용부담을 덜면서도 다양한 애플리케이션 요구를 충족하는 리소스 제공이 가능하도록 돕습니다.

ESG 기술 검증

테스트는 업계 표준 도구와 방법론을 사용해 수행되었으며, 시스코의 일체형 기반 HCI 솔루션인 HyperFlex의 성능을 소프트웨어 기반 HCI 분야에서 선도적인 2개사의 제품과 비교하는 데 중점을 뒀습니다. 비교 대상 소프트웨어 기반 제품들은 각 사의 호환성 지침에 따라 Cisco UCS 하드웨어에서의 실행이 검증된 것들입니다. 대부분의 테스트에 사용된 HCIBench와 HXBench는 가상 머신을 실행하는 HCI 클러스터의 성능 테스트를 위해 개발된 도구입니다. 두 도구 모두 Oracle의 Vdbench 툴을 활용하여 △테스트 VM 배포 △워크로드 실행 조정 △테스트 결과 집계 △데이터 수집 등을 포함한 전체 프로세스를 자동화합니다.

수 개월에 걸친 기초 작업과 반복 테스트를 포함한 엄격한 방법론을 적용해 광범위한 테스트를 수행했습니다. 단기 테스트만으로도 만족할 성능 값을 확인할 수 있었지만 실제 고객사의 환경에 가까운 결과를 관찰하기 위해 비교적 장기간 벤치마크 테스트를 진행했습니다. 특히 테스트는 하루 또는 주간 단위의 비연속적인 주기로 수차례 이뤄졌고 그 결과 값의 평균을 구했습니다. 이러한 노력을 통해 우연한 상황이 결과에 영향을 미칠 가능성을 최소화함으로써 신뢰성을 높였습니다. 또 데이터가 캐시에 남지 않고 각 클러스터를 오가며 백엔드 스토리지를 충분히 활용할 수 있을 만큼 방대한 데이터 세트를 테스트에 적용했습니다.²

미션 크리티컬 워크로드 테스트

테스트 베드에는 4 노드 HyperFlex HX220c 버전 2.6 클러스터가 포함되어 있습니다. 이와 비교되는 소프트웨어 기반 HCI 솔루션의 경우, 비슷한 구성으로 UCS C220 및 C240 4 노드 시스템으로 구성했습니다. 구성의 세부 사항은 표 1에 담겨 있습니다.

² 기술 솔루션을 평가할 때 고객들은 공급업체 테스트 이면의 세부 사항을 이해하는 것이 좋습니다. 테스트 수행 시기, 데이터 양, 그 외 기타 세부 사항은 성능 결과에 영향을 줍니다. 해당 결과들은 고객 환경과 연관성이 있을 수도 있고 없을 수도 있습니다.

표 1. 테스트한 HCI 구성

| 플랫폼 | 노드 | 노드당 프로세서/코어 | 노드당 RAM | 노드당 캐시 | 노드당 스토리지 용량 | 하이퍼바이저 |
|--|----|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Cisco HyperFlex – Cisco UCS 바탕의 일체형 기반 HCI | 4개 | 2x E5-2680, 코어 28개 | 512GB | 800GB 성능 | 6x 960GB SSD 가치 | VMware vSphere 6.5 |
| 공급업체 A Cisco UCS에서 검증된 소프트웨어 기반 HCI | 4개 | 2x E5-2695, 코어 36개 | 512GB | 참고 ³ | 6x 1.6TB 성능 | VMware vSphere 6.5 |
| 공급업체 B Cisco UCS에서 검증된 소프트웨어 기반 HCI | 4개 | 2x E5-2680, 코어 28개 | 256GB ⁴ | 800GB 성능 | 6x 960GB SSD 가치 | VMware vSphere 6.5 |

출처: Enterprise Strategy Group

OLTP 테스트는 4개의 VM과 3.2TB의 작업 세트로 이뤄졌습니다. 반면, 혼합 워크로드 테스트에서는 각각 4개의 vCPU, 4GB RAM, 1개의 40GB 디스크, 그리고 RHEL 버전 7.2를 구동하는 140개 VM(노드당 35개)을 사용했습니다. 작업 세트 크기는 5.6TB였습니다. 테스트는 최소 1시간, 최대 5시간 동안 진행됐습니다, 각 테스트 전 5분의 램프업 시간과 테스트 사이 최소 1시간의 쿨다운 시간을 부여했습니다. 모든 테스트는 실행하기 전에 테스트 톨로 기록된 데이터로 각각의 VM을 프라이밍(priming) 했습니다. 따라서 해당 테스트가 단순히 직접 메모리로부터 null 또는 0 값을 반환하는 것이 아니라 "실제" 데이터를 읽어 들어 기존 블록에 쓰는 것이 가능하도록 합니다. 이는 애플리케이션 환경에서 데이터의 읽기 및 쓰기 방식을 테스트에 정확하게 반영하기 위해 중요한 단계입니다. 대규모의 작업 세트를 프라이밍 하려면 수 시간이 소요될 수 있지만, 보다 정확한 성능 결과를 얻으려면 시간을 투자하는 것이 현명합니다.

테스트에 사용된 I/O 프로파일은 Oracle 및 SQL Server 백엔드를 사용하는 OLTP를 비롯해 가상 애플리케이션 서버, 데스크톱 활동을 포함한 복잡한 미션 크리티컬 워크로드를 에뮬레이션하도록 설계됐습니다. 100% 랜덤 데이터 액세스를 통해 에뮬레이션 되는 애플리케이션에 따라 블록 크기를 할당했습니다. 속성 상 VM은 다수의 애플리케이션과 워크로드에서 나온 I/O를 결합해 랜덤 I/O를 생성합니다. 모든 테스트는 Cisco HX 클러스터에서 압축 및 중복 제거가 활성화된 상태에서 이뤄졌다는 점에 주목해야 합니다. 다른 공급업체의 솔루션들은 압축과 중복 제거의 비활성화 기능을 제공하므로 해당 시스템에서 두 가지 모드로 테스트가 수행됐습니다.

Vdbench 툴의 IOPS 종합 테스트

Vdbench 툴은 벤치마크 테스트시 합산된 IOPS 결과를 도출하기 위해 특정 방법론을 사용합니다. IOPS 종합 테스트는 다양한 워크로드 수준(20~ 100% 로드 사이 12개 곡선)에서 테스트 가상 머신(VM)에 제공된 평균 IOPS를 가져와 계산하는 방식으로 이뤄집니다. 이후 테스트별 IOPS 종합 테스트를 도출하기 위해 각 테스트 VM의 평균 IOPS가 집계됩니다. 예를 들어 4개의 테스트 VM과 각각의 12개 로드 곡선들로부터 집계된 IOPS가 여기에 해당됩니다.

참고: IOPS 종합 테스트는 특정 애플리케이션에 대한 워크로드 규모를 결정하는 데 사용할 수 없습니다.

ESG 테스트

먼저, ESG Lab에서는 Oracle 환경을 에뮬레이션하도록 설계된 OLTP 워크로드를 살펴봤습니다.⁵ Vdbench는 서로 다른 전송 크기와 읽기/쓰기 비율을 연습하는 워크로드를 생성하는 데 사용됐습니다. Vdbench 프로파일에서 중복제거 비율은 3(단위 크기는 4KB)으로, 압축 역시 3으로 설정되었습니다. 테스트는 4개의 VM에서 수행됐습니다.

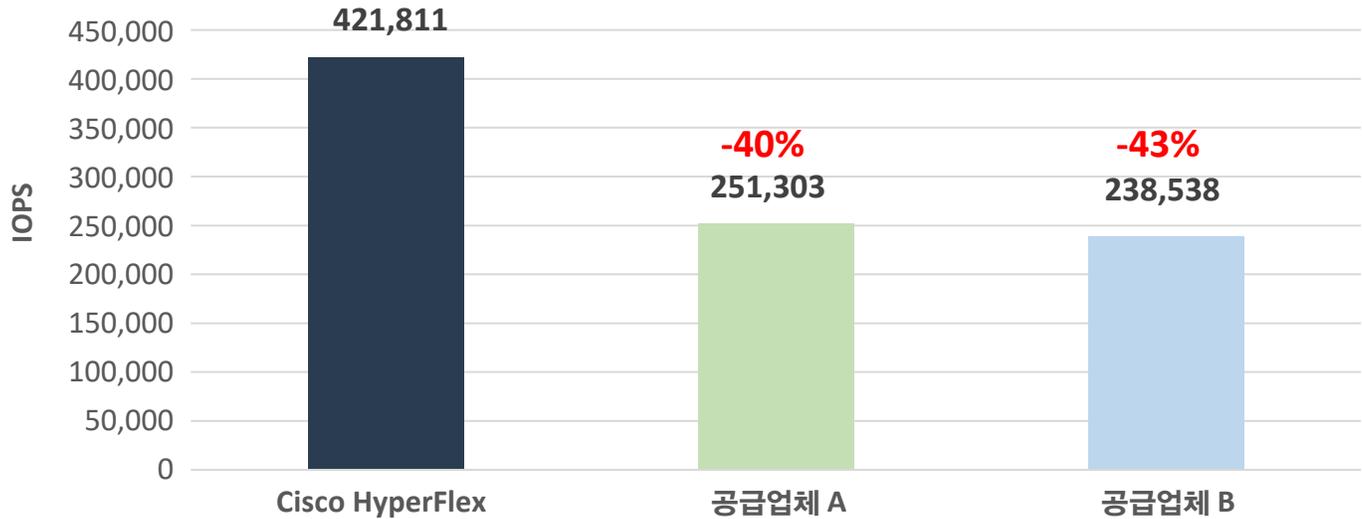
³ 참고: 공급업체의 검증을 거친 구성에는 엔터프라이즈 성능 SSD만 필요하며, 캐시는 필요하지 않습니다.

⁴ 사용 가능한 CPU 리소스와 메모리의 양은 공급업체 전반에서 성능에 별다른 영향을 주지 않았습니다. 모든 공급업체에서 노드별 CPU 및 메모리 리소스 사용률은 가용 용량보다 훨씬 낮았습니다.

⁵ 공개적으로 이용 가능한 Vdbench 프로파일은 Oracle에서 만든 I/O 및 데이터 패턴의 시뮬레이션에 사용됐고 이러한 결과를 Oracle 애플리케이션 측정값으로 해석해서는 안 됩니다.

4시간에 걸친 테스트 과정에서 HyperFlex는 Vdbench에서 420,000건 이상의 IOPS 테스트를 집계할 수 있었고, 총 응답 시간은 447 μ sec에 불과했습니다(그림 3 참조). 소프트웨어 기반 HCI 공급업체인 A와 B의 경우 지원 가능한 IOPS 테스트는 각각 238,000건, 251,000건에 그쳤습니다.

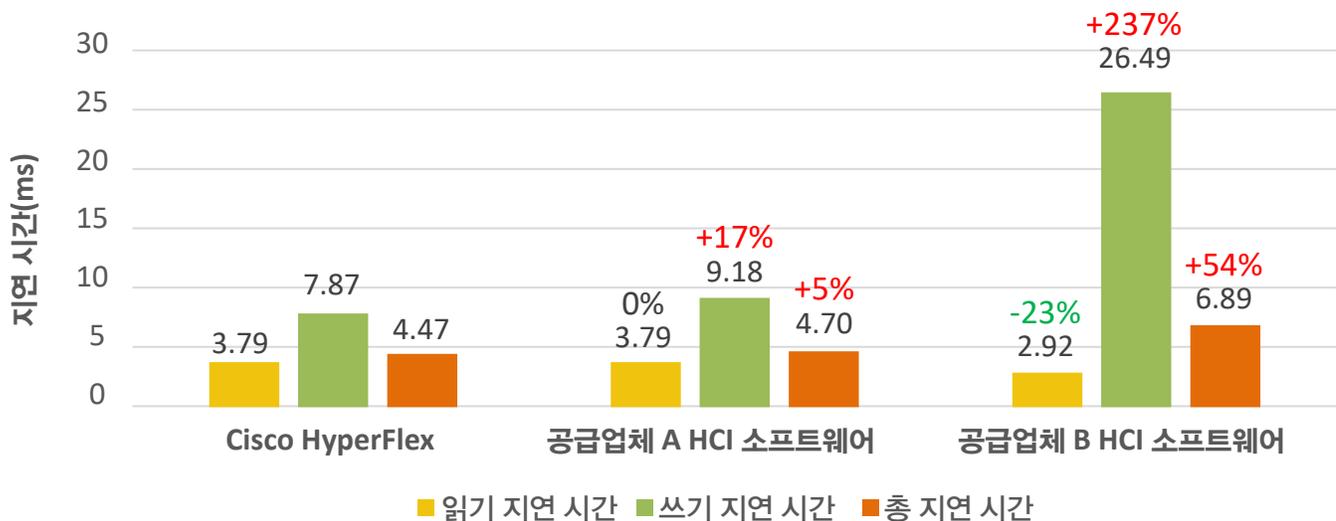
그림 3 Oracle OLTP 워크로드 - IOPS 종합 테스트



출처: Enterprise Strategy Group

공급업체 B의 두드러진 쓰기 지연 시간(평균 26.49ms)을 제외하고 응답 시간은 시스템 전반에서 합리적으로 비교 가능했습니다. 압축과 중복제거 기능은 모든 시스템에서 활성화 상태였습니다.

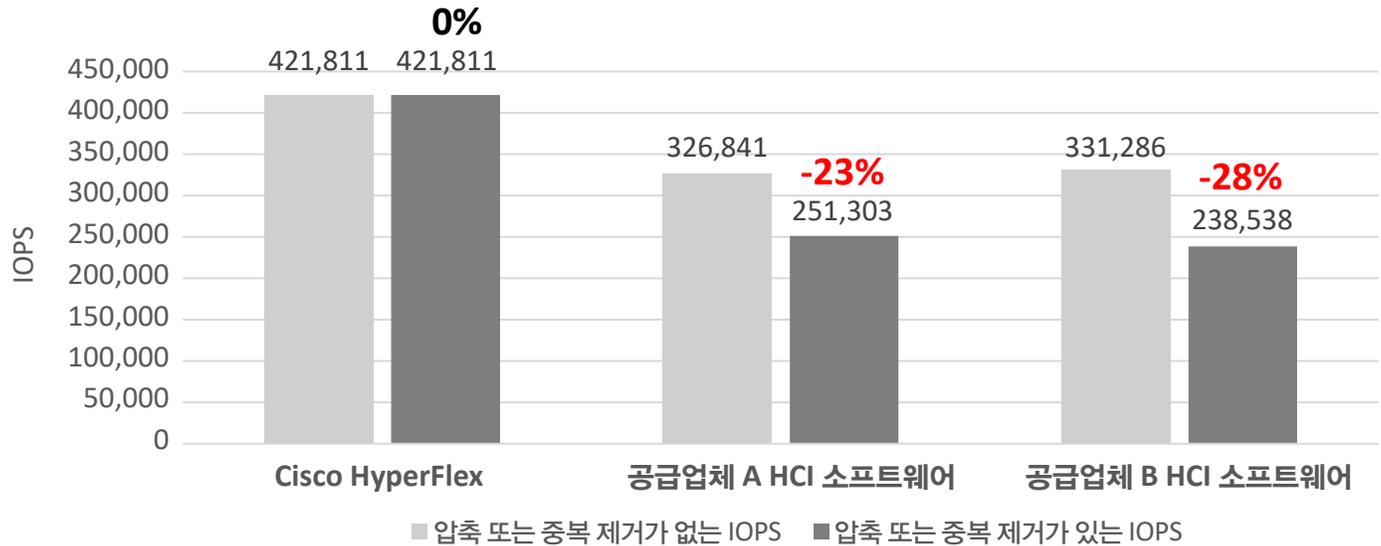
그림 4 Oracle OLTP 워크로드 - 응답 시간



출처: Enterprise Strategy Group

ESG Lab은 또 중복 제거 및 압축 기능이 비활성화된 두 대체 시스템에서 동일한 워크로드를 검토해 Oracle 워크로드를 실행하는 기술들의 잠재적 영향을 확인했습니다.

그림 5 압축 및 중복 제거의 영향 - Oracle OLTP

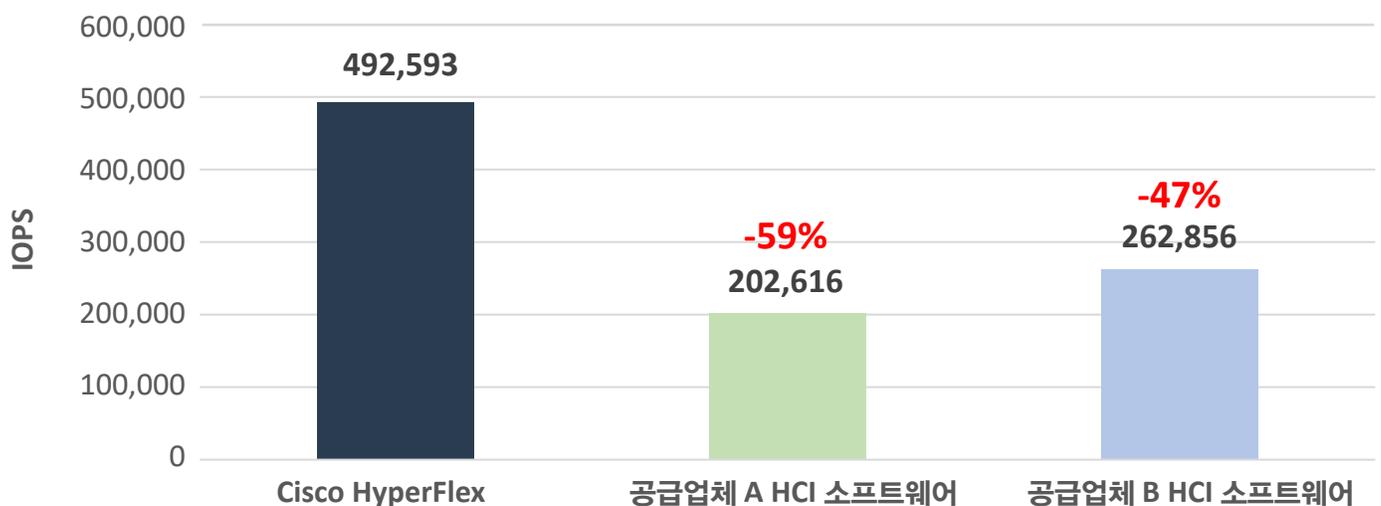


출처: Enterprise Strategy Group

그림 5에서 알 수 있듯이 소프트웨어 기반 HCI 공급업체의 경우, 압축과 중복 제거로 인해 성능이 최대 28%까지 저하되었습니다. 압축과 중복 제거는 Cisco HyperFlex에서 인라인 방식으로 상시 가동(always-on) 하므로, Cisco HyperFlex의 테스트 결과 값은 모두 압축과 중복 제거가 활성화된 상태에서 도출된 결과입니다.

다음으로 ESG Lab은 Microsoft SQL Server 환경을 에뮬레이션하도록 설계된 OLTP 워크로드를 살펴봤습니다.⁶ 여기에는 Oracle 워크로드와 SQL 워크로드 모두에 대한 테스트를 보증할 만한 미묘하면서도 큰 차이점이 있습니다. Vdbench는 서로 다른 전송 크기와 읽기/쓰기 비율을 연습하는 워크로드를 생성하는 데 사용됐습니다 Vdbench 프로파일에서 중복 제거 비율은 2(단위 크기는 4KB)로, 압축 비율은 2로 설정됐습니다. 역시, 4개의 VM에서 테스트가 수행됐습니다.

그림 6 SQL Server OLTP 워크로드 - IOPS 종합 테스트

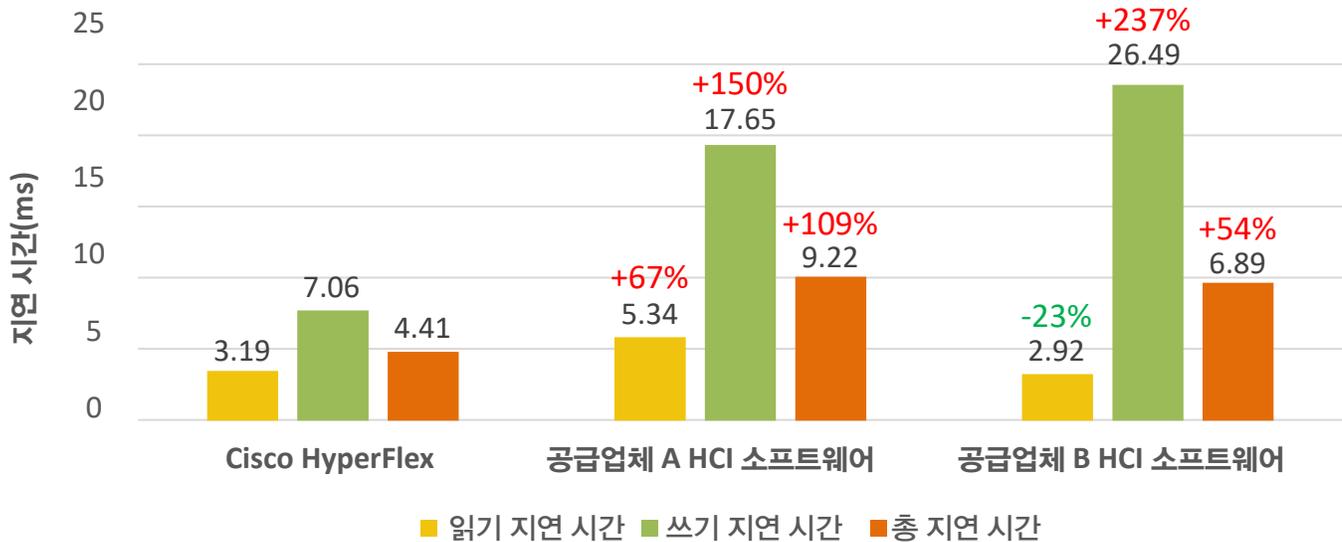


출처: Enterprise Strategy Group

⁶ 공개적으로 이용 가능한 Vdbench 프로파일은 SQL Server에서 만든 I/O 및 데이터 패턴의 시뮬레이션에 사용됐고, 이러한 결과를 SQL 애플리케이션 측정 값으로 해석해서는 안 됩니다.

그림 6에서 알 수 있듯이 Cisco HyperFlex 클러스터는 소프트웨어 기반 HCI 공급업체 A의 IOPS 테스트의 2배 이상, 그리고 공급업체 B의 약 2배를 나타냈습니다.

그림 7 SQL Server OLTP 워크로드 - 응답 시간

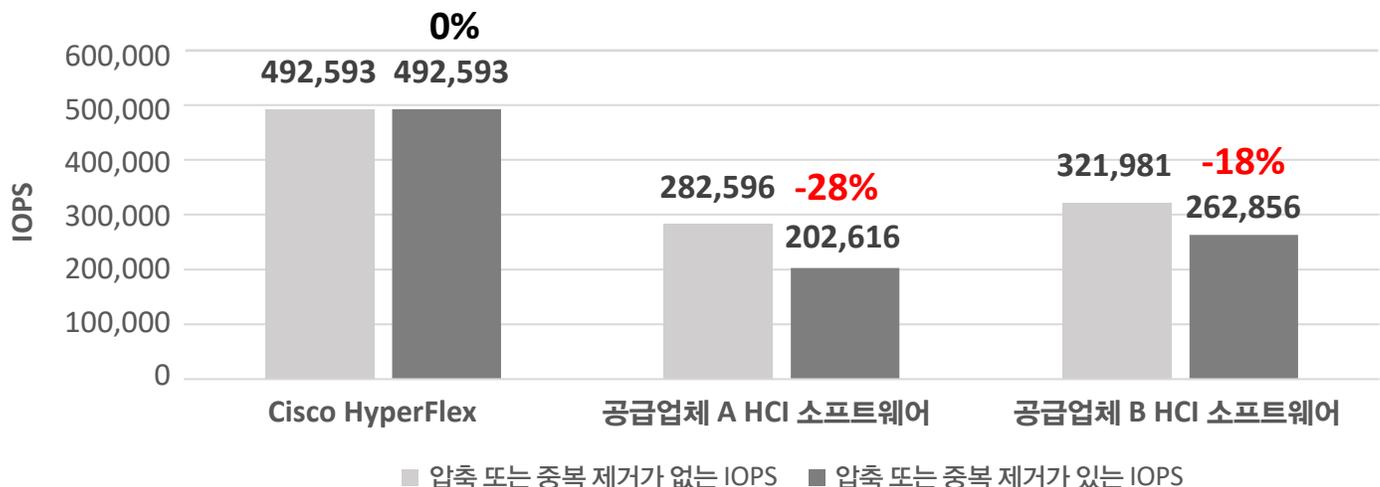


출처: Enterprise Strategy Group

Cisco HyperFlex는 4.41ms의 평균 응답시간을 기록했습니다. 이에 비해 소프트웨어 기반 HCI 공급업체 A의 평균 응답 시간은 9.22ms였고, 공급업체 B는 8.82ms 로 확인됐습니다. 테스트 당시 공급업체 A와 B 모두 올플래시 시스템에서 매우 높은 쓰기 지연 시간(평균 각 17.65ms, 21.49ms)을 게시했습니다.

또 한번 ESG Lab은 중복 제거 및 압축 기능이 비활성화된 두 대체 시스템에서 동일한 워크로드를 검토해 Oracle 워크로드를 실행하는 기술들의 잠재적 영향을 확인했습니다. 그림 8에서 알 수 있듯이 압축과 중복 제거로 인해 성능이 최대 28%까지 또 한번 저하되었습니다. 압축과 중복 제거는 Cisco HyperFlex에서 인라인 방식으로 상시 가동(always-on) 하므로, Cisco HyperFlex의 테스트 결과 값은 모두 압축과 중복 제거가 활성화된 상태에서 도출된 결과입니다.

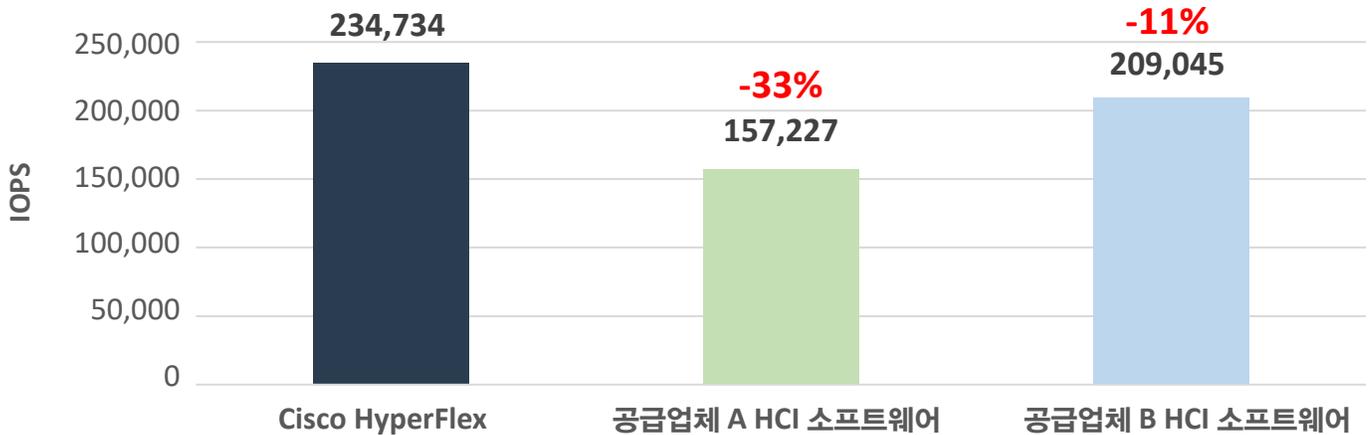
그림 8 압축 및 중복 제거의 영향 - SQL Server OLTP



출처: Enterprise Strategy Group

다음으로 ESG Lab은 서로 다른 애플리케이션을 구동하는 여러 VM으로 구성된 가상화 환경을 에뮬레이션하도록 설계된 혼합 워크로드를 살펴봤습니다. Vdbench는 4 ~ 64KB의 전송 크기를 연습하는 워크로드를 생성하는 데 사용됐습니다. ESG Lab은 각각 70/30, 50/50의 읽기/쓰기 비율로 두 번의 테스트를 실행했습니다. 각 클러스터에서 140개의 VM(노드당 35개)을 대상으로 HCI Bench 테스트를 수행하여 다양한 애플리케이션을 실행하는 다수의 VM에서 혼합 워크로드 환경을 에뮬레이션 했습니다. Vdbench 프로파일에서 중복 제거 비율은 2(단위 크기는 4KB)로, 압축 비율은 2로 설정됐습니다.

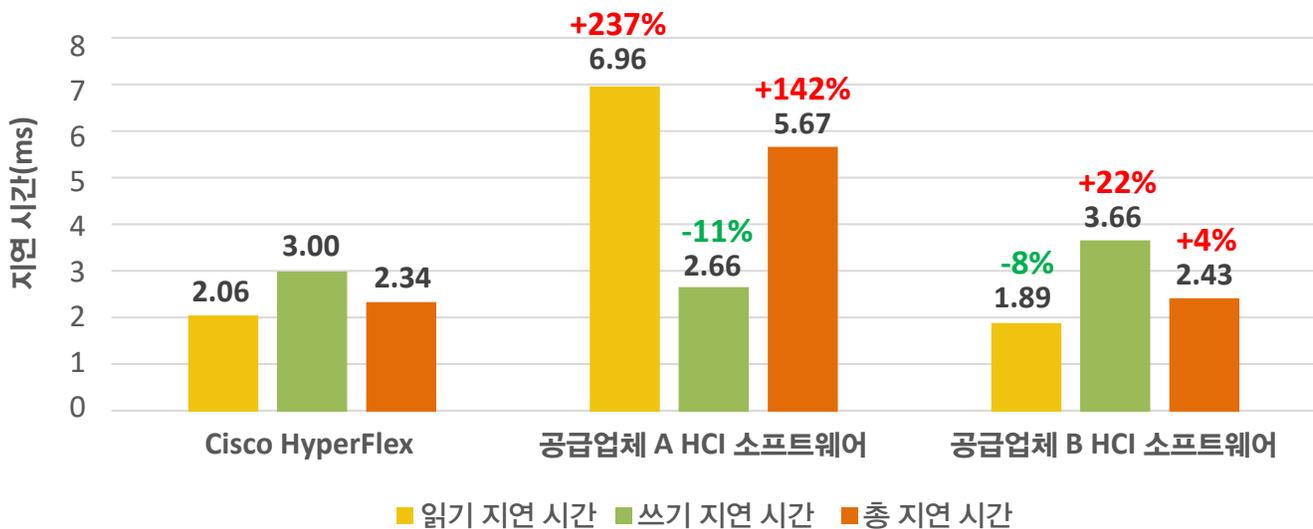
그림 9 70/30 혼합 워크로드 - IOPS 종합 테스트



출처: Enterprise Strategy Group

그림 9에서 보듯 Cisco HyperFlex 클러스터는 5시간에 걸친 테스트에서 소프트웨어 기반 HCI 공급업체 A 또는 B보다 더 많은 IOPS 성능이 집계되었습니다.

그림 10 70/30 혼합 워크로드 - 응답시간



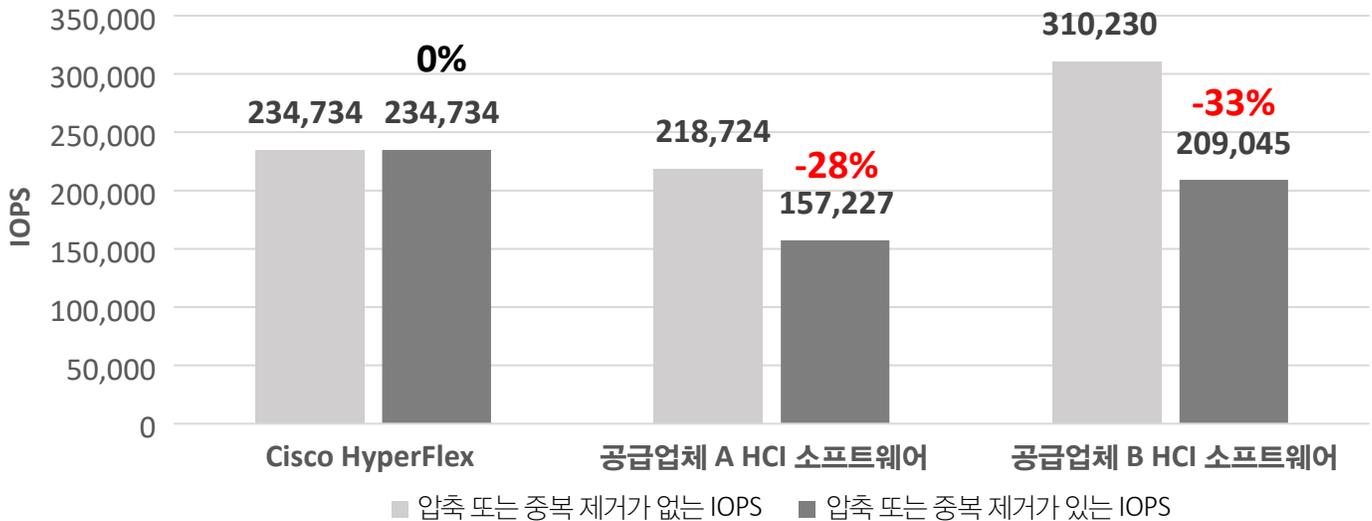
출처: Enterprise Strategy Group

Cisco HyperFlex는 2.34ms의 평균 응답시간을 기록했습니다. 이에 비해 소프트웨어 기반 HCI 공급업체 A의 평균 응답 시간은 5.67ms, 공급업체 B는 2.43ms로 확인됐습니다.

ESG Lab은 또 중복 제거 및 압축 기능이 비활성화된 두 대체 시스템에서 동일한 워크로드를 검토해 혼합 워크로드를 실행하는 기술들의 잠재적 영향을 확인했습니다. 그림 11에서 알 수 있듯이 압축과 중복 제거로 인해 성능이 최대 33%까지 또 한 번 저하되었습니다. 압축과

중복 제거는 Cisco HyperFlex에서 인라인 방식으로 상시 가동(always-on) 하므로, Cisco HyperFlex의 테스트 결과 값은 모두 압축과 중복 제거가 활성화된 상태에서 도출된 결과입니다.

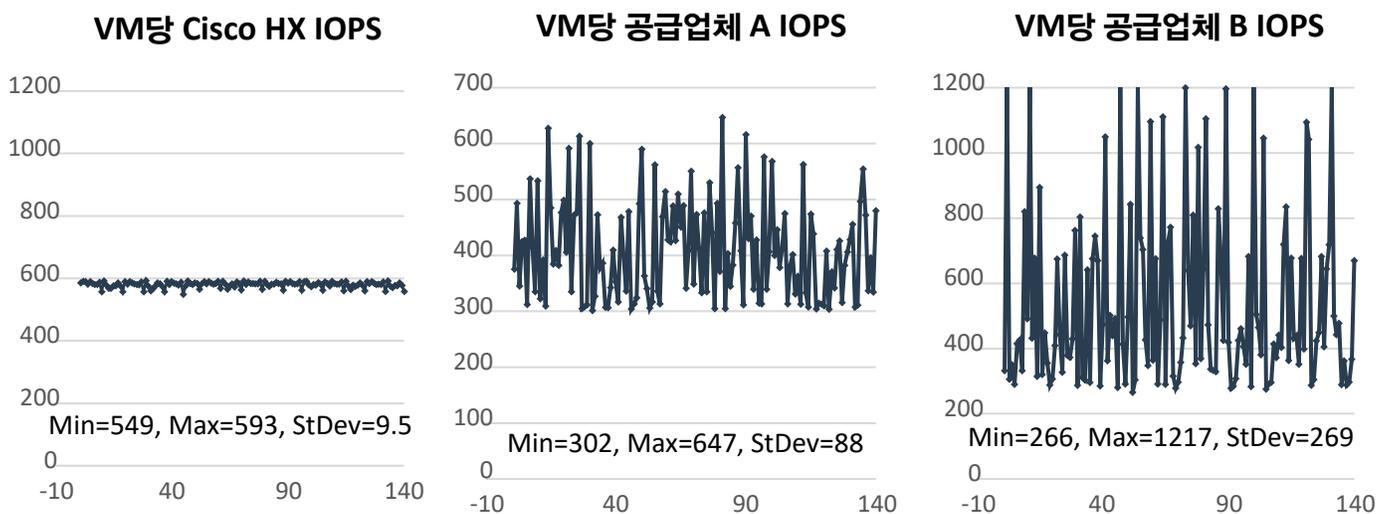
그림 11 압축 및 중복 제거가 미치는 영향 - 혼합 워크로드 70/30



출처: Enterprise Strategy Group

혼합 워크로드를 테스트하는 동안 한 가지 흥미로운 점이 관찰되었습니다. 소프트웨어 기반 HCI 공급업체 A와 B 모두 VM 간 성능에 있어 상당한 가변성을 나타낸 것입니다. Cisco HyperFlex의 경우, IOPS 종합 테스트가 목표치인 600에 매우 근접한 상태로 유지되는 등 140개 모든 VM에서 성능 변화가 거의 없었습니다. 반면, 공급업체 A의 IOPS 테스트(그림 12 참조)는 302 ~ 647 IOPS로 폭넓은 가변성을 보였고, 공급업체 B는 266 ~ 1,207로 이보다 훨씬 높았습니다. 50/50 테스트에서도 이와 동일한 수준의 가변성이 확인되었습니다.

그림 12 혼합 워크로드(70% 읽기 100% 랜덤) - 140개 VM



출처: Enterprise Strategy Group

이러한 변동성이 테스트를 반복할 때마다 관찰되었고, 클러스터에서 테스트가 이뤄지는 동안 어떤 형식의 스토리지 QoS도 사용되지 않았다는 점에 주목해야 합니다. 한편 네트워크 QoS는 모든 시스템에 사용됐습니다.

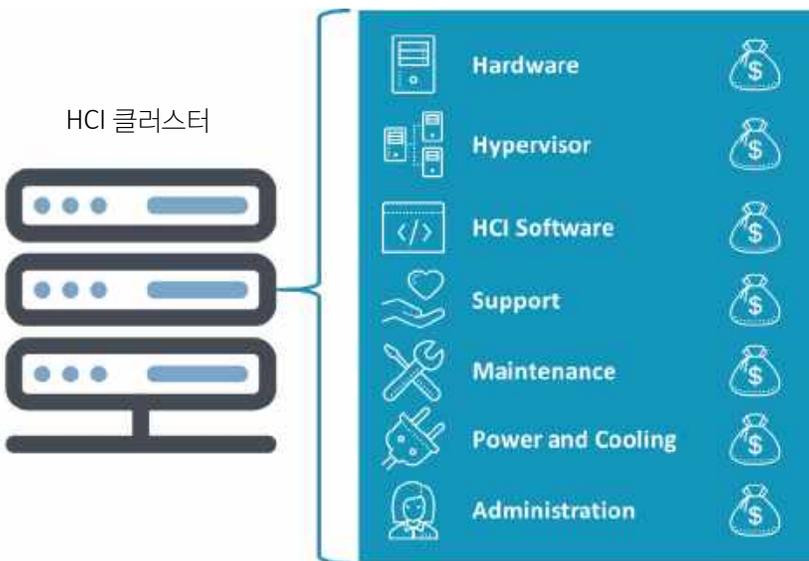
이 같은 불일치성은 공유 리소스 이상을 사용하는 VM들을 제어해 다른 VM의 구동을 확보하기 위한 일정 형식의 QoS가 필요한 관리자에게 상당한 골칫거리가 될 수 있습니다.

이러한 결과로 인해 더 많은 VM을 투입해 Oracle 및 SQL 테스트를 다시 실행하게 됐습니다. 스레드 수와 작업 세트를 원래 테스트와 같은 규모로 유지하기 위해 SQL 및 Oracle 워크로드를 실행하는 VM의 수를 1개에서 8개, 그리고 또 16개로 늘리자 VM 간의 변동성이 커졌고, 공급업체 A와 B는 성능의 예측이 불가능해졌습니다. 반면, Hyperflex는 혼합 워크로드 테스트 결과와 동일한 수준의 성능과 일관성을 유지했습니다.

솔루션 비용에 직접적인 영향을 미치는 HCI 성능 차이

HCI 기술 도입을 고려 중인 기업의 요구 사항을 충족하기 위해서는 높은 수준의 성능 구현과 더불어 비용 효율성의 실현이 필수적입니다. HCI 솔루션이 제공하는 성능은 애플리케이션 응답성과 최종 사용자 경험에 영향을 미치는 한편, 배포 중인 솔루션의 전반적인 비용에 중요한 변수가 됩니다. HCI는 노드 기반 아키텍처를 바탕으로 성능 요구를 충족하기 위해 노드를 추가함으로써 손쉽게 확장이 가능하지만, 노드 도입 시 하드웨어 플랫폼, HCI 소프트웨어, 그리고 하이퍼바이저 라이선싱을 비롯해 지속적인 유지보수 및 지원 비용 등의 초기투자비용(CapEx)을 부담해야 합니다.

그림 13 HCI 노드 비용



기존의 IT 인프라에서 고성능 플랫폼은 곧 고비용 부담을 불러왔습니다. HCI 솔루션의 경우, 노드당 제공되는 성능에 따라 정의된 워크로드 성능 요구 사항 만족시키기 위한 총 노드 수가 결정됩니다. 필요한 총 노드 수가 결정됩니다. 필요한 노드 수가 적을수록 총 초기투자비용도 감소합니다.

ESG는 혼합 워크로드(70% 읽기, 100% 랜덤 테스트)에서 수집한 노드당 IOPS 성능 데이터를 사용하여(그림 9 - 12 참조) 더 높은 수준의 종합 IOPS를 지원하기 위해 클러스터당 필요한 노드의 수를 추정했습니다. 각각의 성능 수준을 지원하기 위한 클러스터의 상대적 초기투자비용을 결정하는 것이 목적이었습니다.

이를 위해 두 가지 사실을 가정했습니다. 첫째는 각 클러스터가 선형 확장이 된다는 것이고, 둘째는 각 솔루션의 노드당 비용이 동일하다는 것입니다. 표 2에서 알 수 있듯이, 두 소프트웨어 기반 솔루션 모두 주어진 혼합 워크로드를 지원하려면 Cisco HyperFlex와 비교해 최소 1개의 노드가 필요하고 500,000 IOPS 성능 범주에서는 4개, 1백만 IOPS에서는 8개 이상의 노드가 필요합니다.

위의 예시로 보면 이는 최대 30%의 비용 절감 효과가 있으며, 클러스터가 확장되면 비용 절감 효과는 더 커질 수 있습니다. 모든 HCI 시스템이 완벽하게 선형으로 확장되는 것도 아니고 솔루션의 노드당 비용 역시 전부 동일하게 책정되는 것도 아니기 때문입니다.

표 2. IOPS 수준을 높이기 위해 필요한 추정 노드 - 70% 읽기 혼합 워크로드

| Platform | 총합 IOPS 500,000 | | 총합 IOPS 750,000 | | 총합 IOPS 1,000,000 | |
|---|-----------------|----------|-----------------|----------|-------------------|----------|
| | 계산된 노드 | 필요한 총 노드 | 계산된 노드 | 필요한 총 노드 | 계산된 노드 | 필요한 총 노드 |
| Cisco HyperFlex – Cisco UCS 바탕의 일체형 기반 HCI | 8.52 | 9 | 12.78 | 13 | 17.04 | 18 |
| 공급업체 A Cisco UCS에서 검증된 소프트웨어 기반 HCI | 12.72 | 13 | 19.08 | 20 | 25.44 | 26 |
| 공급업체 B Cisco UCS에서 검증된 소프트웨어 기반 HCI | 9.57 | 10 | 14.35 | 15 | 19.13 | 20 |

출처: Enterprise Strategy Group

초기투자비용을 30%가량 절감할 수 있다는 것은 상당한 이점이지만, 이러한 성능 요구 사항을 충족하려면 노드가 추가로 더 필요하므로 OpEx(운영 비용)가 발생한다는 점에 유의해야 합니다. 운영 비용은 Δ 늘어난 노드의 관리를 위한 업무 시간 증가 Δ 추가된 유지관리 작업 Δ 늘어난 전원/냉각 장치, 그리고 잠재적인 랙 공간 비용(클러스터가 호스팅 환경에 있을 경우) Δ 코어 수로 라이선싱된 애플리케이션을 위한 소프트웨어 라이선스 추가 등 형태로 발생합니다. 진정한 의미의 총소유비용(TCO) 절감은 노드의 초기투자비용에 국한되지 않는다는 점을 기억해야 합니다.



비용 절감이 중요한 이유

ESG는 306명의 IT 관리자와 경영진을 대상으로 HCI 기술 솔루션의 도입 효과를 묻은 결과, 가장 많은 이유로 '확장성 개선'과 '총소유비용 개선'이 꼽혔습니다.⁷ 경영진은 IT팀이 새로운 기술이 구매해 최신 인프라를 구축하고 비즈니스 요구를 충족할 것을 기대하지만 여기에 많은 비용 지출을 원하지는 않습니다.

ESG Lab은 Cisco HyperFlex 올플래시 시스템이 시뮬레이션된 OLTP, SQL 및 혼합 워크로드를 사용하는 다른 비슷한 구성의 HCI 솔루션보다 뛰어난 성능을 제공한다는 것을 확인했습니다. HyperFlex는 IOPS와 지연 시간 측면에서 경쟁업체를 앞선 것은 물론이고, 두 소프트웨어 기반 시스템 보다 일관적이고 예측 가능한 VM 및 노드당 성능을 제공했습니다. 이처럼 뛰어난 성능은 더 적은 수의 Cisco HyperFlex 노드으로도 주어진 워크로드를 처리할 수 있다는 점에서 초기투자비용 및 운영비용을 낮추는 데 직접적인 역할을 합니다.

⁷ 출처: 2017년 10월 ESG가 실시한 설문 조사 결과, CI 및 HCI 동향([Converged and Hyperconverged Infrastructure Trends](#))

더욱 중요한 진실

주류로 부상 중인 HCI는 오랫동안 Tier-2 워크로드에 적합한 것으로 여겨져 왔습니다. 2016년 ESG 설문조사에서 HCI가 아닌 CI를 선택한 이유를 물었을 때 가장 많이 나온 답변(54%)은 바로 '성능 향상'이었습니다. 뿐만 아니라 응답자의 32%는 느슨하게 통합된 독립 구성 요소를 하나의 패키지로 구성한 CI가 미션 크리티컬 워크로드에 더 효과적이라고 답했습니다.⁸

2018년이 되면서 분위기가 바뀌었습니다. CI를 선택한 이유로 성능을 꼽은 응답자는 24%에 그쳤고, Tier-1 워크로드에 CI가 더 적합하다고 생각하는 응답자도 22%에 불과했습니다.⁹

시스코는 이러한 가정에 대한 답을 가지고 있습니다. HyperFlex는 비용 효율적이고 관리가 간편하며 작은 규모로 시작해 확장이 가능하다는 점에서 HCI의 일반적인 이점을 제공합니다. 이 외에 가상화된 미션 크리티컬 워크로드에서 요구되는 성능도 제공합니다. 시간이 지나도 클러스터 내 전체 VM에서 일관된 성능을 유지한다는 것이 특히 주목할 만한 이점이었습니다. 뿐만 아니라, 독립적인 리소스 확장성은 기업들이 오늘날 비즈니스 환경과 요구사항의 다양한 변화에 신속하게 적응할 수 있도록 지원합니다.

최신 Intel Xeon 프로세서를 탑재한 Cisco HyperFlex HCI 솔루션은 고도로 통합된 일체형 시스템으로서, 신속한 배포를 지원하는 네트워크 패브릭, 데이터 최적화, 통합 서버, 하이퍼바이저 옵션(VMware ESXi/vSphere 및 Microsoft Hyper-V) 등이 사전 통합된 클러스터를 제공합니다. 이는 곧 관리와 확장의 단순화와 편의성으로 이어집니다. ESG Lab은 HyperFlex가 미션 크리티컬 워크로드를 실행하는 VMware 환경에 일관된 고성능을 제공한다는 사실을 확인했습니다. HyperFlex는 더 높은 IOPS, 더 낮은 지연 시간은 물론 시간이 경과할수록 VM에서 더 나은 일관성을 제공한다는 점에서 여러 경쟁 솔루션에 앞섰습니다.

이 보고서의 테스트 결과는 업계 표준 테스트 도구를 이용해 통제된 환경에서 배포된 애플리케이션과 벤치마크를 토대로 도출됐습니다. 물론 각 데이터센터의 환경에 따라 많은 변수가 존재하는 만큼, 용량 계획과 테스트는 자체 환경에서 수행하는 것이 좋습니다. 테스트에 적용된 방법론은 대부분의 방법론보다 훨씬 엄격했지만, 고객들이 자신의 환경과 어떤 관련성이 있는지 이해하기 위해서는 공급업체 테스트 이전의 세부 사항을 항상 살펴보는 것이 좋습니다.

시장의 진화로 업계의 구매 기준이 달라지면서 고객이 원하는 것과 얻을 수 있는 것이 상충되는 경우가 종종 발생합니다. 따라서 그 간극을 찾아 채울 수 있는 공급업체가 시장 우위를 점하게 될 것입니다. 시스코의 HCI 솔루션은 HCI의 기본인 단순성과 비용 효율성뿐만 아니라, 고객들이 미션 크리티컬 워크로드에 요구하고 있지만 많은 업체들이 충족하지 못한 일관된 고성능을 제공합니다. HyperFlex는 VMware 및 Microsoft 온프레미스 가상화 환경과 베어 메탈-컨테이너-멀티 클라우드 환경으로의 확장을 지원합니다.

HCI 솔루션들은 Tier-2 워크로드에 초점을 맞춰 왔지만, Tier-1 프로덕션 워크로드에는 일관된 고성능을 제공하는 Cisco HyperFlex가 최적의 해답입니다. 미션 크리티컬 워크로드를 위해 비용 효율적이고 확장성 높은 고성능 인프라 솔루션을 찾고 있던 기업들이 Cisco HyperFlex로 눈을 돌리고 있는 것은 어찌 보면 당연한 일입니다.

⁸ 출처: 2016년 3월 ESG 설문 조사 보고서, 프라이빗부터 하이브리드에 이르는 클라우드 컴퓨팅 스펙트럼([The Cloud Computing Spectrum, from Private to Hybrid](#)).

⁹ 출처: 2017년 10월 ESG가 실시한 설문 조사 결과, CI 및 HCI 동향([Converged and Hyperconverged Infrastructure Trends](#))

모든 상표 이름은 해당 소유 회사의 자산입니다. 이 보고서에 포함된 정보는 ESG(Enterprise Strategy Group)가 신뢰할 수 있다고 판단한 출처를 통해 확보되었으나 ESG가 이를 보증하지는 않습니다. 이 보고서는 ESG의 견해를 포함하고 있을 수 있으며, 이는 때에 따라 변경될 수 있습니다.

이 보고서의 저작권은 Enterprise Strategy Group, Inc.에게 있습니다. Enterprise Strategy Group, Inc.의 명시적 동의 없이 이 보고서의 전체 또는 일부를 인쇄 자료 형태나 온라인 또는 기타 방식으로 수신 권한이 없는 사람에게 전재 또는 재배포하는 행위는 미국 저작권법에 위배되는 것으로, 민사상 손해 배상 소송이나 형사 소송에 처할 수 있습니다. 문의사항은 ESG 고객 지원 부서(508.482.0188)로 연락하십시오.



Enterprise Strategy Group은 글로벌 IT 커뮤니티에 시장 인텔리전스와 실행 가능한 분석 정보를 제공하는 IT 분석, 설문 조사, 검증 및 전략 업체입니다.

© 2019 by The Enterprise Strategy Group, Inc. All Rights Reserved.