Experience. Outcomes.

기술 백서

초저 지연 시간 전력 기관용 솔루션

2003년, 미국 북동부에서는 미국 역사상 최대 규모의 대정전이 발생했습니다. 이틀 동안 8개 주와 온타리오 주 일부 지역의 5,000만 가구에 전력이 공급되지 않아 60억 달러에 이르는 경제적 손실을 입었습니다. 정전의 주요 원인은 광범위한 지역에 걸쳐 전력망 일부의 수급 부족 및 성능 저하를 인지, 평가 및 파악하지 못한 것으로, 중요 인프라 관리의 미숙함으로 발생한 것입니다. 평판 저하와 비싼 벌금부터 수십억 달러에 이르는 직접적인 금전적 손실까지 중요 인프라 수준에서 네트워크 안정성은 전력 산업의 최우선 관심사였고 지금도 마찬가지입니다.

전력 시스템 고장은 수리 비용이 많이 드는 시스템과 장비 손상을 일으킬 뿐만 아니라 정상적인 시스템 운영에 장애를 일으킬 수도 있습니다. 또한 심각한 장애는 시스템 안정성 손실과 대규모 정전을 초래할 수도 있습니다. 따라서 고장을 제거하는 것은 송전 및 배전 시스템 설계, 유지 보수, 운영의 필수 요소입니다. 고장을 식별하고 제거하도록 설계된 보호 체계는 네트워크 전반에서 다음과 같은 다양한 목표를 해결합니다.

- 시스템의 나머지 부분에서 고장 요소 제거
- 장비 손상 제한 또는 방지
- 심각한 전력 동요 또는 시스템 불안정성 방지
- 고객 부하에 대한 역효과 최소화
- 전력 시스템 송전 용량 유지
- 작업자 부상 방지

지속적인 전력 공급
자세히 알아보기

보호 체계, 애플리케이션 및 융합

변전소에 주로 구현되는 방법 중 한 가지 유형은 WAN(광역 통신망) 전반에 걸친 통신 지원 보호 체계입니다. 이 유형의 체계는 보호 장치 간의 조정 및 데이터 공유를 용이하게 하고 해당 체계의 신뢰성, 선택성, 보안 및 속도를 개선하는 방법을 활용할 수 있도록 합니다. 안정적인 통신은 송전선 전류 차동(87L) 보호와 같은 차동 비교 방식의 구현을 지원합니다.

WAN은 기타 변전소 서비스(음성, 원격 보호, 원격 측정, 동영상, 제어 및 자동화, 이메일, 기업 LAN) 외에 계전기 보호 다중화 채널을 전달하는 데 사용되며, 최신 전력망 보호 시스템의 필수 불가결한 요소가 되었습니다.

TDM(시분할 다중 방식)/SONET(동기식 광 통신망)은 낮은 지연 시간의 예측 가능한 최소 비대칭 성능을 제공하기 때문에 전력 설비 산업에서 선호하는 WAN 전송 기술로 폭넓게 도입되었습니다. 그러나 이 산업은 현재 보호를 포함하여 모든 전력 설비 애플리케이션 및 서비스에 이더넷 및 패킷 기반 네트워킹을 사용하는 방향으로 명확히 전환하는 추세입니다. TDM 기반 시스템, 특히 SONET 및 SDH(동기 디지털 계층) 시스템에서 전환하려는 이유는 IT(정보 기술) 및 OT(운영 기술) 네트워크를 통합하고 공동 인터페이스 세트에서 표준화하여 자본 및 운영 비용을 절감하려는 수요에서 비롯된 것입니다. 캐리어 이더넷과 같은 패킷 기반 네트워킹 기술로 마이그레이션하려면 보호 애플리케이션에 필요한 예측 가능성 및 보장된 성능을 제공할 수 있는 엔지니어링 원격 보호 서비스를 구축해야 합니다.

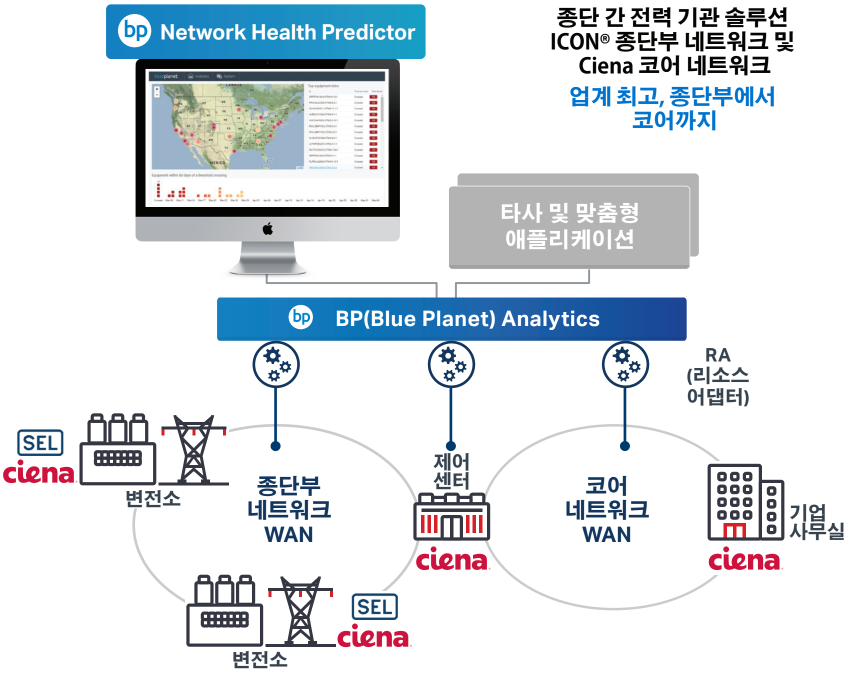

그림 1. 종단 간 전력 기관 솔루션 ICON 종단부 네트워크 및 Ciena 코어 네트워크

> TDM 기반 시스템, 특히 SONET 및 SDH(동기 디지털 계층) 시스템에서 전환하려는 이유는 IT(정보 기술) 및 OT(운영 기술) 네트워크를 통합하고 공동 인터페이스 세트에서 표준화하여 자본 및 운영 비용을 절감하려는 수요에서 비롯된 것입니다.

2003년의 대정전과 같은 또 다른 정전 사고를 방지하려면 초저 지연 시간 및 매우 빠른 장애 조치 성능이 필요합니다. 전력 시스템 고장이 발생한 경우 WAN 전반의 통신 지원 보호 체계는 고장을 격리하고 주변의 불안정성을 방지합니다. 주요 송전선 인프라의 고장 제거 시간은 대략 몇 밀리초여야 하며, 전력 시스템 고장 조건이 최저 지연 시간 내에 감지 및 통신되지 않을 경우 장비 손상은 물론 전력망의 더 큰 부분이 영향을 받을 수 있습니다.

이러한 문제를 해결하기 위해 Ciena는 SEL(Schweitzer Engineering Labs)에서 제공하는 업계 최고의 변전소용 솔루션을 도입했습니다.

SEL ICON(Integrated Communications Optical Network) 예측 가능 패킷 전송 솔루션은 Ciena 캐리어 이더넷 전송 네트워크를 통해 예측 가능하고 낮은 지연 시간으로 업무 필수 트래픽을 전달하는 혁신적인 접근 방식을 제공합니다. 이 솔루션의 개념은 CEaaW(Carrier Ethernet as a WAN) 전송 프로토콜을 통해 전송될 때 성능 저하가 없는 TDM의 성능 특성(현재 ICON SONET 플랫폼에서 제공)을 유지하는 것입니다.

Ciena 및 SEL 솔루션에 대한 자세한 정보 →

Ciena 캐리어 이더넷 코어를 통한 SONET 캡슐화의 지연 시간 및 장애 조치 테스트 결과

다음 테스트 결과는 코어 및 종단부 네트워크에서 고장이 발생한 경우 SEL ICON VSN(Virtual SONET Network) 개념으로 낮은 지연 시간, 낮은 채널 비대칭성 및 매우 빠른 OT 시스템 복원을 제공할 수 있음을 보여 줍니다. 이러한 성능 결과는 보호 애플리케이션에 대한 요구 사항을 충족합니다.

변전소 애플리케이션에 대한 통신 채널 성능 요구 사항은 여러 표준에 규정되어 있습니다. IEEE 1646 및 IEC TR 61850-90-12에 규정된 성능 요구 사항을 적용하고 비대칭성 및 복원에 대한 계전기 제조업체 요구 사항을 포함하여 보호 애플리케이션에 대한 통신 채널 성능 요구 사항을 요약할 수 있습니다(표 1).

체계	지연 시간 (ms)	비대칭성 (ms)	복원 (ms)
87L 보호	5	〈0.5	5
파일럿 보호	8	5	5
직접 전송 차단	10	5	5

표 I. 보호 회선에 대한 통신 채널 성능 요구 사항

지연 시간 성능 테스트 및 결과

다음 테스트 사례에서는 캐리어 이더넷(Ciena 3930/3932 IT WAN Node) 코어 네트워크에서 SEL ICON을 사용한 서비스 캡슐화의 성능 데이터를 제공합니다. 이 네트워크에서 사용된 토폴로지는 그림 2에 나와 있습니다.

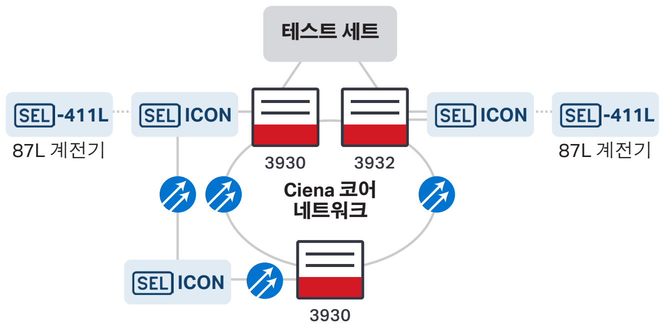

그림 2. 테스트 네트워크 토폴로지

기준 데이터 세트를 설정하기 위해 두 개의 87L 계전기를 광 케이블 점퍼와 백투백 방식으로 연결했습니다(그림 3).

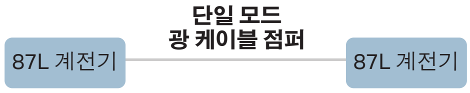

그림 3. 테스트 네트워크 토폴로지

그런 다음 기준 87L 계전기를 3노드 VSN에 연결했습니다. 기준 계전기 데이터와 비교하기 위해 지연 시간 및 비대칭성 정보를 기록했습니다. 그림 4에서는 VSN 테스트 시스템에 대한 테스트 토폴로지를 보여 줍니다.

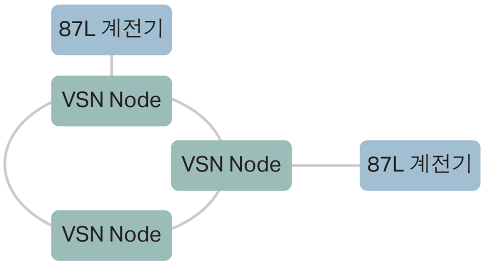

그림 4. VSN 테스트 네트워크

그런 다음 VSN 테스트 네트워크를 그림 1에 표시된 토폴로지로 확장했습니다. 코어 네트워크 역할을 하는 3노드 Ciena 캐리어 이더넷 WAN을 삽입하여 테스트 VSN은 WAN을 통해 터널링되고 87L 계전기는 여전히 VSN에 연결되도록 했습니다. 일반적인 트래픽 부하 조건을 시뮬레이션하여 네트워크 트래픽을 생성하도록 테스트 세트를 사용했습니다. 이는 예측 가능한 성능을 유지하기 위해 코어 네트워크에서 QoS(서비스 품질) 설정을 사용하여 다른 네트워크 트래픽보다 VSN에 더 높은 우선 순위를 부여할 수 있는지 검증하기 위한 것이었습니다. Ciena 캐리어 이더넷 네트워크 코어의 경우 VSN에 부여된 F-RCoS(Fixed Resolved Class of Service)는 0이고, 테스트 세트 트래픽에 부여된 F-RCoS는 7이었습니다.

테스트는 그림 1에 표시된 Ciena 캐리어 이더넷 코어 WAN 노드에서 수행되었습니다. 각 테스트에서 87L 계전기는 87L 보호 회선을 설정하는 데 사용되고, 계전기의 내부 측정 기능은 채널의 지연 시간 및 비대칭성을 측정하는 데 사용되었습니다. 캐리어 이더넷 네트워크 구현을 위해 지연 시간 및 비대칭성 성능 매개 변수를 기록했습니다. 각 테스트에서 5번씩 측정하여 평균 지연 시간과 비대칭성을 계산했습니다.

표 II에서는 기준 및 VSN 단독 데이터와 비교한 결과를 보여 줍니다. 각 VSN OT 종단부 장치에서는 IT 코어 네트워크를 통과하는 지연 시간을 최적화하기 위해 코어 네트워크의 PDV를 기반으로 하는 가변 크기 지터 버퍼를 사용했습니다. PDV 설정은 지터 버퍼의 크기를 조정하는 데 사용되었는데, 캐리어 이더넷 네트워크의 경우 50μs PDV가 사용되었습니다.

표 II의 테스트 결과를 보면, Ciena 캐리어 이더넷 네트워크가 기준 및 VSN 단독 구성에 비해 왕복 지연 시간이 불과 1ms 더 높은 것을 알 수 있습니다. 또한 코어 네트워크의 비대칭성은 최소이므로 전반적인 결과는 표 I에 요약된 87L 보호 회선에 대한 통신 채널 성능 요구 사항에 적합합니다.

매개 변수	기준(ms)	VSN(ms)	VSN 및 캐리어 이더넷(ms)
지연 시간(RTD)	0.1	0.1	1.1
비대칭성	0.0	0.0	0.04

표 II. 통신 채널 성능 테스트 결과

특히, 이 테스트에서는 VSN 회선에 다른 서비스보다 충분히 높은 우선 순위를 부여하도록 적절한 QoS 설정을 정의하여 VSN 프레임의 예측 가능한 전달을 보장하고 이를 통해 캡슐화된 SONET 데이터의 무결성 및 타이밍을 유지할 수 있음이 증명되었습니다.

예측 가능한 패킷 전송으로 업계 최고의 성능 제공

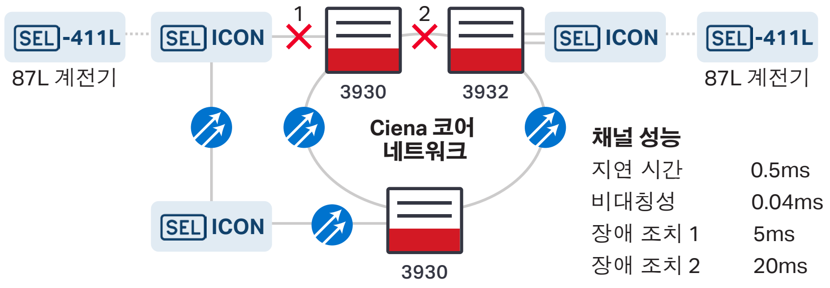

그림 5. 코어 및 종단부 네트워크 장애 조치 테스트 결과

네트워크 회복 테스트 결과

코어 네트워크를 통해 비보호 지점 간 터널을 프로비저닝하여 VSN 경로의 네트워크 회복 성능을 최적화할 수 있습니다. 이 경우 네트워크 회복은 코어 네트워크가 아니라 VSN OT 종단부 장치에 의해 수행됩니다.

다음 회복 테스트는 종단부 대 코어 네트워크 장애 조치의 비교 성능을 측정하기 위해 수행되었습니다. 코어 네트워크 장애 조치 테스트에서는 그림 5(장애 조치 1)에 표시된 대로 링크에서 광 케이블을 차단하고 링의 반대편에 있는 이중화 경로로 장애 조치를 수행하도록 했습니다. 그림 5(장애 조치 2)에 표시된 종단부 네트워크 장애 조치 테스트에서는 OT 종단부 장치와 Ciena 캐리어 이더넷 WAN 노드 사이의 링크가 차단되었으며, OT 종단부 네트워크에서 회복을 수행했습니다.

그림 5의 장애 조치 테스트 결과는 OT 종단부 네트워크를 사용하여 네트워크 회복을 수행할 경우 상당한 성능 이점을 달성할 수 있음을 보여 줍니다.

요약

전력 기관은 운영 효율성을 개선하고, 소비자 수요를 해결하고, 정부 규정을 준수하기 위해 고도의 지능형 에너지 그리드를 구현하고 있습니다. 이러한 스마트 그리드는 매우 안정적이고 지연 시간이 낮으면서도 설치 및 운영 비용이 저렴해야 하는 양방향 통신 네트워크로 지원됩니다.

이 기술 백서에서는 VSN 접근 방식이 IEEE 1646 및 IEC TR 61850-90-12에 규정된 요구 사항을 충족하는 통신 채널 성능 특성을 갖추고 있는 동시에 캐리어 이더넷 WAN을 통해 업무 필수 보호 및 제어 시스템 트래픽을 전달할 수 있는 방법을 제공한다는 점을 확인했습니다. 이 접근 방식은 네트워크 성능에 영향을 주지 않고 TDM 기반 보호 회선을 이더넷으로 마이그레이션할 경우에 발생할 수 있는 문제를 해결합니다. 제조업체 장비 및 전송 기술이 포함된 변전소 종단부 및 코어 네트워크 요소가 있는 복잡한 네트워크의 경우 OT 네트워크 설계, 계획 및 구현이 크게 간소화됩니다.

이 솔루션은 네트워크 토폴로지가 변경되고 성장함에 따라 쉽게 확장할 수 있는 간소화된 프로비저닝 모델을 사용합니다. NMS(네트워크 관리 시스템)에서 최고 수준의 QoS 설정을 제공하는 캐리어 이더넷 코어 네트워크를 통한 지점 간 터널을 사용하면 네트워크 변경 시 각 보호 회선을 개별적으로 관리할 필요 없이 중요한 회선의 성능이 유지됩니다. 또한 트래픽의 우선 순위가 더 높은 경우에도 다른 모든 트래픽의 지연은 무시해도 될 정도입니다(10GbE 코어 네트워크의 경우 네트워크 링크당 최대 0.1μs).

질문에 대한 답을 찾아보세요
Ciena 커뮤니티

여기에 포함된 제품 또는 사양을 사전 통지 없이 언제든지 변경할 수 있습니다. Ciena와 Ciena 로고는 미국 및 기타 국가에서 Ciena Corporation의 상표 또는 등록 상표입니다. 전체 Ciena 상표 목록은 www.ciena.com에서 확인할 수 있습니다. 타사 상표는 각 소유자의 자산이며 Ciena와 다른 기업 간의 파트너 관계를 암시하지 않습니다. Copyright © 2018 Ciena® Corporation. All rights reserved. 본 문서는 영어 문서의 번역본입니다. 두 문서 간에 불일치가 있는 경우 영어 문서가 우선합니다.
WP206_ko_KR 9.2018