

# illumina Proactive Technical Note

illumina Proactive의 장점과 illumina 시퀀싱 기기를 사용한 성능 모니터링 절차 안내

## 목차

illumina Proactive를 통한 작업 효율성의 극대화	2
illumina Proactive의 장점	2
기기 가동 시간의 극대화	2
효율적인 문제 해결 절차	2
기기 성능 데이터의 정의 및 중요성	2
illumina Proactive 활성화 방법	3
illumina Proactive 활성화 요구 사항	3
illumina Proactive 활성화 절차	3
데이터 보안 관련 고려 사항	3
인바운드 포트 차단	3
소프트웨어 제한 정책	3
강화된 완화 경험 툴킷	3
Windows 보안 업데이트	3
전송 중 보안	3
유휴 시 암호화	3
데이터 센터 보안	4
데이터 보안에 관해 자주 묻는 질문	4
부록	4
범용 설정	4
안티바이러스 구성	6
OS 구성	6
Windows 업데이트	7
타사 소프트웨어	7
사용자 행동	7
그룹 정책 적용	7
암호 관리	7
관리 권리 및 권한	7
기기별 설정	7
기기 성능 데이터 유형	9
참고 문헌	12

## illumina Proactive를 통한 작업 효율성의 극대화

illumina는 이미 많은 연구소의 핵심 프로덕션 기술로 자리매김한 다양한 종류의 차세대 시퀀싱(next-generation sequencing, NGS) 기기를 제공하고 있습니다. 대규모 시퀀싱 센터든 한 대의 기기만 사용하는 소규모 검사실이든 최대 처리량에서 최적의 사용을 실현하기 위해서는 믿을 수 있는 기기의 작동과 관리가 필수입니다.

illumina는 기기의 능동적인 유지 관리를 위해 런(run)마다 기기 성능 데이터(instrument performance data, IPD)를 illumina에 전달하는 illumina Proactive 모니터링 서비스를 제공하고 있습니다. 모든 illumina의 시퀀싱 기기는 성능 데이터를 수집하도록 설계되어 있습니다. 다만, 성능을 모니터링하는 데 사용되는 메트릭스(metrics)는 소프트웨어 버전에 따라 차이가 있습니다. illumina Proactive를 활성화하면 더 정확한 작동 중지 진단과 작동 중지 위험의 감지를 통해 문제가 발생해도 원활하게 해결할 수 있습니다. 또한 illumina Proactive는 기기의 가동 시간을 늘리고, 작업 효율성을 향상하며, 리소스 손실의 위험도 줄여줄 수 있습니다.

illumina Proactive Technical Note는 기기 성능 모니터링의 장점과 illumina Proactive의 활성화 방법을 설명하며 자주 받는 데이터 보안 관련 질문에 대한 답변을 제공합니다.

## illumina Proactive의 장점

### 기기 가동 시간의 극대화

illumina Proactive는 작동 중지 위험의 증가를 선제적으로 감지하고 알려주므로 예상치 못한 기기의 비가동 시간을 줄여 주고 사용자가 원하는 일정으로 부품 교체를 예약할 수 있도록 해 줍니다. 선제적 감지 및 알림 기능은 현재 여러 illumina의 기기 부품에 적용되어 있으며 향후 다른 부품에도 적용될 예정입니다.

### 효율적인 문제 해결 절차

사용자가 매번 필요한 데이터와 파일을 찾아 다운로드해서 보내야 한다면 서비스가 불필요하게 지연될 수 있습니다. illumina Proactive는 기기의 성능 파라미터(parameter)에 직접 액세스하므로 illumina 서비스 팀과 지원 팀이 신속하게 기기 문제를 진단하고 해결할 수 있습니다. 또한 illumina Proactive를 통해 성능 기록을 모니터링함으로써 효율적으로 문제를 해결할 뿐 아니라 때에 따라 기기를 선제적으로 보수하는 것도 가능합니다.



그림 1: illumina Proactive를 통한 작동 중지 위험 감지 및 문제 해결의 장점 - 시스템 성능 데이터의 정기적인 모니터링을 통해 광학 하드웨어의 작동 중지 위험을 감지하여 중요한 실험실 프로젝트의 유지 관리 계획을 미리 수립하고 시간, 인력, 샘플의 큰 손실을 미연에 방지.

## 기기 성능 데이터의 정의 및 중요성

기기 성능 데이터란 소프트웨어 로그, 기기 구성 및 기타 유형의 파일 등 시퀀싱 기기의 작업 성능을 나타내는 모든 메트릭스(metrics)를 의미합니다. 시퀀싱 데이터는 이 카테고리에서 제외되며, 동일 데이터 스트림을 통한 시퀀싱 데이터의 액세스나 보고도 불가능합니다. 작동 중지 위험 예측, 작동 중지 감지, 성능 문제 해결에 다양한 기기 성능 데이터를 활용해 볼 수 있습니다(표 1).

표 1: 기기 성능 데이터의 유형

	런 성능 데이터	기기 구성 데이터	런 구성 데이터
수집된 데이터	Q-Score(Quality Score, 품질 점수), 오류율, 기기 작업 로그	기기 시리얼 넘버, 소프트웨어 버전	런 파라미터, 시약 및 플로우 셀 로트(LOT) 번호, 1차 분석 설정 및 구성
illumina 서비스 팀이 얻는 가치	작동 중지 위험 예측, 작동 중지 감지	런 문제 해결	런 문제 해결
사용자가 얻는 가치	광학, 기계, 열 및 유체 시스템 성능 관련 오류/경고 알림 분석 지원	소프트웨어 버전, 기기 종류 또는 기타 하드웨어 변수가 성능 문제에 영향을 주는지 평가 가능	로트 번호의 역할, 실험 유형, 기타 성능 문제에 영향을 주는 실험 변수에 관한 정보 제공

## illumina Proactive 활성화 방법

사용자는 시스템마다 Control Software를 사용해 기기 성능 모니터링을 설정해야 합니다. 사용 설명서에는 기기 성능 데이터 전송 기능을 활성화/비활성화하는 방법이 상세히 설명되어 있습니다. 범용 설정과 기기별 네트워크 설정에 관한 자세한 내용은 본 문서의 범용 설정 및 기기별 설정 섹션을 참조하시기 바랍니다.

### illumina Proactive 활성화 요구 사항

- 443, 80, 8080 포트 액세스
- 지역별 BaseSpace 도메인
- 데이터 전송을 위한 1 GB 네트워크 스위치 연결(자세한 네트워크와 대역폭 관련 정보는 기기별 현장 준비 가이드(Site Prep Guide) 참조)
- 성능 모니터링 활성화를 위한 소프트웨어 설정 필수

### illumina Proactive 활성화 절차

1. IT 담당자를 통해 정보 보안 문제는 없는지, 또 기관의 모든 요건이 충족되었는지 확인합니다.
2. 현재 시스템의 기기 성능 모니터링 설정을 확인합니다. 일부 기기에서는 이미 기본으로 활성화되어 있을 수 있습니다. 기기 성능 모니터링 설정값을 참조하시기 바랍니다(표 5).
3. 런 시작 전 "Send Instrument Performance Data to Illumina" 체크박스를 선택합니다. 모든 Illumina 기기의 UI는 해당 옵션을 제공하고 있지만 실제 옵션명은 기기마다 조금씩 다를 수 있습니다.

## 데이터 보안 관련 고려 사항

Illumina 고객분들에게 데이터 보안은 매우 중요한 사안입니다. Illumina는 지속적인 노력을 통해 새로운 시스템을 설계하고 새로운 위협을 발견함으로써 Illumina OS의 보안 프로필을 꾸준히 개선하고 있습니다.

### 인바운드 포트 차단

Illumina 시퀀싱 시스템에는 인터넷에서 들어오는 포트가 필요하지 않기 때문에 Illumina에서는 인바운드 포트를 차단할 것을 권장하고 있습니다. 이렇게 하면 인터넷을 통해 로그인 화면에 접속할 가능성과 원격으로 OS에 접속할 가능성이 적어집니다.

### 소프트웨어 제한 정책

NovaSeq™ 및 iSeq™ 시스템은 소프트웨어 제한 정책(Software Restriction Policy, SRP)이라고 하는 기능을 갖추고 있습니다. 이 기능을 사용하면 Illumina가 이미 승인한 Illumina 컴퓨터에서 실행 가능한 애플리케이션(즉, 허용 목록에 추가된 애플리케이션)을 설정할 수 있습니다. 소프트웨어 제한 정책은 악성코드가 시스템에 침투하더라도 실행은 되지 않도록 해 줍니다. 보여지는 파일 형식에 상관없이(예: 악성코드는 이미지 파일 또는 Excel 스프레드시트 형식으로 보일 수 있음) SRP 보호 기능이 실행을 차단하기 때문입니다.

### 강화된 완화 경험 툴킷

NovaSeq 시스템에는 강화된 완화 경험 툴킷(Enhanced Machine Experience Toolkit, EMET)이라는 기능이 있습니다. Microsoft가 설계한 EMET 기능은 Microsoft Windows에 추가적인 보안층을 제공해 줍니다. EMET의 인터페이스를 사용해 Windows의 보안 기능을 변경할 수 있으므로 방화벽과 사용자가 선택한 안티바이러스 소프트웨어 사이에 EMET라는 보조적인 보안 도구가 추가되는 셈입니다.

### Windows 보안 업데이트

Illumina는 모든 Windows 보안 업데이트를 정기적으로 수행하시길 권장하고 있습니다. 다만 이 기능은 기본으로 활성화되어 있지 않습니다. 보안 업데이트 활성화 방법은 Microsoft Security Update Guide에서 확인하실 수 있습니다.<sup>1</sup>

### 전송 중 보안

기기는 보통 API라고 하는 웹 기반 애플리케이션 프로그램 인터페이스를 통해 BaseSpace™ Sequence Hub와 통신합니다. 시퀀싱 기기와 BaseSpace Sequence Hub 간의 모든 트래픽에는 전송 계층 보안(Transport Layer Security, TLS)이 사용됩니다. TLS란 인터넷 통신 시 주고받는 민감한 데이터를 보호하기 위해 표준화된 암호 프로토콜입니다. 모든 서비스 방식에는 API 키가 요구되며 API 키 없이는 서비스가 제공되지 않습니다.

### 유휴 시 암호화

영구 스토리지(persistent storage)에 저장된 데이터를 유휴 상태의 데이터라고 합니다. BaseSpace Sequence Hub는 고급 암호화 표준(Advanced Encryption Standard)인 AES-256을 사용하여 유휴 데이터를 보호합니다. AES-256은 미국 국립 표준 기술 연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)가 제정한 전자 데이터의 암호화를 위한 사양입니다.<sup>2</sup>

## 데이터 센터 보안

BaseSpace Sequence Hub는 Amazon Web Services(AWS)의 클라우드 인프라를 기반으로 구축되었으며, ISO 27001<sup>3</sup>의 취득과 건강 보험 양도 및 책임에 관한 법(Health Insurance Portability and Accountability Act, HIPAA)의 준수를 위해 컨트롤을 동일하게 적용하였습니다. Illumina의 서비스형 소프트웨어(software as a service, SaaS) 제품은 일반 데이터 보호 규정(General Data Protection Regulation, GDPR)을 포함한 데이터 보호 및 취급 모범 사례와 법률을 준수하여 설계, 운영되고 있습니다.<sup>4</sup> 사용자는 본인의 개인 데이터 사용에 관한 GDPR 의무를 확인해야 합니다. 클라우드 보안, 개인정보 보호, HIPAA, GDPR에 관한 자세한 정보는 별도로 제공되는 문서를 통해 확인하실 수 있습니다.<sup>5,6</sup>

## 데이터 보안에 관해 자주 묻는 질문

Illumina Proactive를 활성화하면 제가 저장한 시퀀스 데이터도 Illumina로 전송되나요?

아닙니다. 앞서 설명한 바와 같이 소프트웨어 로그와 기기 구성 정보 같은 기기 성능 데이터만 Illumina로 전송됩니다. 시퀀싱 런 데이터는 본 서비스를 통해 전송하거나 액세스할 수 없습니다. 기능별로 기기 성능 모니터링과 시퀀스 데이터 분석의 연결성이 다릅니다(표 2).

표 2: BaseSpace Sequence Hub 연결 옵션

속성	Illumina Proactive mode	Run monitoring mode	BaseSpace Sequence Hub Analysis mode
연결 유형	일회성 기기 구성	런당 사용자 연결	런당 사용자 연결
인터넷 연결 필요	X	X	X
기기 구성 및 작업 로그 포함 <sup>a</sup>	X	X	X
BaseSpace Sequence Hub 로그인 필요		X	X
시퀀스 데이터(BCL) 파일 포함			X

a. 특정 기기 구성 및 작업 로그에 대한 자세한 내용은 부록의 기기별 설정 섹션 참조.

제가 가지고 있는 기기 성능 데이터를 Illumina로 전송하면 모든 유형의 작동 중지 위험이 능동적으로 감지되나요?

모든 유형을 능동적으로 감지하기는 어렵습니다. 다만, 지금까지 기기 성능 모니터링을 통해 능동적인 유지 관리를 성공적으로 수행한 사례는 많습니다. 데이터가 더 다양해짐에 따라 Illumina는 본 서비스의 기능을 꾸준히 확장하고 개선하여 모든 시퀀싱 제품에 적용할 예정입니다.

이 서비스를 사용하려면 제가 사용하는 BaseSpace Sequence Hub에 로그인해야 하나요?

아닙니다. Instrument performance data mode에서는 Illumina와의 네트워크 연결만이 필요합니다. 기기 성능 데이터와 시퀀싱 데이터는 따로 전송되기 때문에 BaseSpace Sequence Hub에 로그인할 필요는 없습니다.

저희 정보 보안 팀이 이 서비스를 활성화하기 위해서는 추가적인 기술 정보가 필요하다고 하는데, 추가적인 리소스가 마련되어 있나요?

네, 있습니다. 우선 본 문서에 추가적인 기술 정보와 데이터 보안 관련 고려 사항이 자세히 기술되어 있고, 부록에도 시스템별 현장 준비 가이드의 링크가 제공되어 있습니다. SaaS 보안에 관한 자세한 정보는 BaseSpace Sequence Hub Security and Privacy에서 확인하실 수 있습니다.<sup>5</sup>

Illumina Proactive는 GDPR을 준수하나요?

네, Illumina의 SaaS 제품은 GDPR을 비롯한 국제법을 준수하여 설계, 운영되고 있습니다.

Illumina가 권장하는 데이터 보안 모범 사례가 더 있나요?

Illumina는 실험명이나 샘플 ID에서 샘플 관련 정보를 생략할 것을 적극 권장하고 있습니다.

## 부록

나머지 섹션에서는 Illumina Proactive의 구현을 위해 IT 부서가 미리 숙지해야 할 요구 사항을 설명합니다.

## 범용 설정

범용 설정이란 Illumina Proactive의 구현이나 BaseSpace Sequence Hub와의 통합을 위해 Illumina의 모든 시스템에 공통적으로 적용되는 통합 설정을 의미합니다.

표 3: Illumina 기기 연결 엔드포인트

인스턴스	주소
US Enterprise	{domain}.basespace.illumina.com
	api.basespace.illumina.com
	basespace-data-east.s3-external-1.amazonaws.com
	basespace-data-east.s3.amazonaws.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
	login.illumina.com
EU Enterprise	use1.platform.illumina.com <sup>a</sup>
	{domain}.euc1.sh.basespace.illumina.com
	api.euc1.sh.basespace.illumina.com
	euc1-prd-seq-hub-data-bucket.s3.eu-central-1.amazonaws.com
	euc1-prd-seq-hub-data-bucket.s3-eu-central-1.amazonaws.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
AUS Enterprise	login.illumina.com
	euc1.platform.illumina.com <sup>a</sup>
	{domain}.aps2.sh.basespace.illumina.com
	api.aps2.sh.basespace.illumina.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
	aps2-sh-prd-seq-hub-data-bucket.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com
Canada Enterprise	login.illumina.com
	aps2.platform.illumina.com <sup>a</sup>
	{domain}.cac1.sh.basespace.illumina.com
	api.cac1.sh.basespace.illumina.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
	cac1-sh-prd-seq-hub-data-bucket.s3.ca-central-1.amazonaws.com
US Basic and Professional	login.illumina.com
	cac1.platform.illumina.com
	basespace.illumina.com
	api.basespace.illumina.com
	basespace-data-east.s3-external-1.amazonaws.com
	basespace-data-east.s3.amazonaws.com
EU Basic and Professional	instruments.sh.basespace.illumina.com
	login.illumina.com
	use1.platform.illumina.com <sup>a</sup>
	euc1.sh.basespace.illumina.com
	api.euc1.sh.basespace.illumina.com
	euc1-prd-seq-hub-data-bucket.s3.eu-central-1.amazonaws.com
AUS Basic and Professional	euc1-prd-seq-hub-data-bucket.s3-eu-central-1.amazonaws.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
	login.illumina.com
	euc1.platform.illumina.com <sup>a</sup>
	aps2.sh.basespace.illumina.com
	api.aps2.sh.basespace.illumina.com
AUS Basic and Professional	aps2-sh-prd-seq-hub-data-bucket.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
	login.illumina.com
	aps2.platform.illumina.com <sup>a</sup>

a. URL은 NextSeq 1000 및 NextSeq 2000 시퀀싱 시스템에만 필요.

표 3: Illumina 기기 연결 엔드포인트(계속)

인스턴스	주소
China Basic and Professional	cnn1.sh.basespace.illumina.com.cn
	api.cnn1.sh.basespace.illumina.com.cn
	instruments.sh.basespace.illumina.com.cn
	cn-sh-cnn1-prod-seq-hub-data-bucket.s3.cn-north-1.amazonaws.com.cn
	pa.login.illumina.com.cn
Canada Basic and Professional	cnn1.platform.illumina.com.cn
	cac1.sh.basespace.illumina.com
	api.cac1.sh.basespace.illumina.com
	instruments.sh.basespace.illumina.com
	cac1-sh-prd-seq-hub-data-bucket.s3.ca-central-1.amazonaws.com
login.illumina.com	
	cac1.platform.illumina.com
포트 요구 사항	
포트(아웃바운드)	용도
443	BaseSpace Sequence Hub 구성
80	BaseSpace Sequence Hub 데이터 업로드
8080	소프트웨어 업데이트

a. 특정 기기 구성 및 작업 로그에 대한 자세한 내용은 부록의 기기별 설정 섹션 참조.

Local Run Manager(LRM) 외에는 인바운드 포트가 필요 없으며 사용을 권장하지 않습니다. 일부 시스템에서는 원격 데스크톱 프로토콜(Remote Desktop Protocol, RDP)을 기본으로 사용하도록 설정할 수 있으며, LRM이 로컬 허용 목록(allow-listing)의 요구 사항으로 명시되어 있지 않는 한 RDP 등 모든 인바운드 포트를 닫을 것을 권장하고 있습니다. LRM은 인터넷 액세스가 필요 없고 오직 로컬 스토리지와 관리 리소스 액세스만 필요합니다. 방화벽 및 RDP에 관한 자세한 정보는 Illumina Security Best Practices Guide에서 확인하실 수 있습니다.<sup>7</sup>

### 안티바이러스 구성

기기 제어 컴퓨터를 바이러스로부터 보호하기 위해 Illumina에서는 사용자가 직접 안티바이러스 소프트웨어를 선택해 사용할 것을 권장합니다. 데이터 손실 또는 작동 중단 방지를 위해 안티바이러스 소프트웨어를 다음과 같이 설정합니다.

- 스캔은 수동으로 설정합니다. 자동 스캔은 허용하지 않도록 합니다.
- 수동 스캔은 기기를 사용하지 않을 때에만 수행합니다.
- 사용자 허가 없이 업데이트를 다운로드하되 설치하지 않도록 설정합니다.
- 기기 작동 중에는 업데이트를 진행하지 않습니다. 기기를 사용하지 않을 때나 기기 제어 컴퓨터를 재부팅하기 안전할 때에만 업데이트를 진행합니다.
- 업데이트 완료 후 컴퓨터가 자동으로 재부팅되지 않도록 합니다.
- 모든 실시간 파일 시스템 보호 기능에서 애플리케이션 디렉토리 및 데이터 드라이브를 제외합니다. 이 설정을 C:\illumina 및 Z:\ilmn 디렉토리에 적용합니다.
- Windows Defender를 비활성화합니다. Windows Defender는 Illumina 소프트웨어가 사용하는 OS 리소스에 영향을 줄 수 있습니다.

### OS 구성

Illumina의 기기는 사양에 명시된 대로 작동되는지 확인하기 위해 출고 전 검사와 검증 절차를 거칩니다. 따라서 설치 후 설정값을 변경하면 성능이나 보안상의 위험이 있을 수 있습니다. 다음의 권장 사항을 준수해 OS를 구성하면 OS의 성능 및 보안 위험을 완화할 수 있습니다.

- 로컬 ID 정책의 추가 지침에 따라 암호는 최소 10자 이상으로 설정해야 합니다. 암호는 따로 기록해 둡니다.
- Illumina는 고객의 로그인 정보를 보관하지 않으며, 알 수 없는 암호는 재설정이 불가능합니다.
- 알 수 없는 암호의 경우 Illumina 담당자가 기기를 직접 초기 설정값으로 복원해야 합니다. 이때 시스템에서 모든 데이터가 삭제되며, 기술 지원에 더 많은 시간이 소요됩니다.
- 업데이트 진행을 방지하기 위해 Windows에서 자동 업데이트(Automatic Updates) 옵션을 설정합니다.
- 그룹 정책 개체(Group Policy Objects, GPO)를 사용해 도메인 연결 시 일부 설정값이 OS나 기기 소프트웨어에 영향을 줄 수 있습니다. 기기 소프트웨어가 올바르게 작동하지 않으면 GPO의 방향이 아닌지 해당 시설의 IT 관리자와 확인해 보시기 바랍니다.
- Windows 방화벽 또는 네트워크 방화벽(하드웨어 또는 소프트웨어)을 사용하고 RDP를 비활성화합니다. 방화벽과 RDP에 대한 자세한 정보는 Illumina Security Best Practices Guide에서 확인하실 수 있습니다.<sup>5</sup>
- 사용자의 관리 권한을 유지합니다. Illumina는 기기 소프트웨어에 사용자 권한을 허용할 수 있도록 설정해 기기를 출고하고 있습니다.
- 시스템에는 고정된 내부 IP 주소가 할당되어 있기 때문에 충돌 발생 시 시스템 장애로 이어질 수 있습니다.
- 제어 컴퓨터는 Illumina의 시퀀싱 시스템을 작동하기 위해 설계되었습니다. 제어 컴퓨터로 웹 브라우징, 이메일 확인, 문서 검토, 기타 시퀀싱과 관련 없는 작업을 할 경우 품질 및 보안 문제가 발생할 수 있습니다.

## Windows 업데이트

illumina는 오직 중요 보안 업데이트(Critical Security Updates)만을 적용할 것을 권장하고 있습니다. 이 설정을 유지해야 기기 제어 컴퓨터를 구성하고 작동할 수 있으며 더 안정적인 운영 환경을 구축할 수 있습니다. Windows OS에서는 Windows 업데이트 기능이 기본적으로 꺼져 있습니다. 시스템의 기능 업데이트(Feature Updates)나 일반 업데이트(General Updates)는 시스템의 운영 환경을 위협에 노출할 수 있어 권장하지 않습니다. Illumina Security Best Practices Guide에서 Windows 업데이트의 대안에 관한 자세한 정보를 확인하실 수 있습니다.<sup>5</sup>

## 타사 소프트웨어

illumina는 설치 시 제공되는 소프트웨어 외 타사 소프트웨어는 지원하지 않습니다. Chrome, Java, Box 또는 시스템과 함께 제공되지 않은 다른 타사 소프트웨어는 설치하지 않도록 합니다. 타사 소프트웨어는 따로 검사 절차를 거치지 않으며 성능 및 보안에 지장을 줄 수 있습니다. 예를 들어 RoboCopy 또는 기타 동기화 및 스트리밍 프로그램은 Control Software Suite의 스트리밍을 방해하기 때문에 시퀀싱 데이터가 손상 또는 누락될 수 있습니다.

## 사용자 행동

기기 제어 컴퓨터는 illumina 시퀀싱 시스템을 작동하기 위해 설계되었습니다. 따라서 기기 제어 컴퓨터를 일반적인 컴퓨터처럼 사용하지 않는 것을 권장합니다. 제어 컴퓨터로 웹 브라우징, 이메일 확인, 문서 검토, 기타 시퀀싱과 관련 없는 작업을 하는 행위는 성능 저하 또는 데이터 손실을 초래할 수 있기 때문에 품질과 보안을 보장하기 위해 피하도록 합니다.

## 그룹 정책 적용

GPO를 사용해 도메인 연결 시 일부 설정값이 OS나 기기 소프트웨어에 영향을 줄 수 있습니다. 기기 소프트웨어가 올바르게 작동하지 않으면 GPO의 방해가 아닌지 해당 시설의 IT 관리자와 확인해 보시기 바랍니다.

## 암호 관리

로컬 ID 정책의 추가 지침에 따라 암호는 최소 10자 이상으로 설정해야 합니다. 암호는 따로 기록해 둡니다. 고객 보안을 위해 illumina는 고객 로그인 정보를 보관하지 않으며, 알 수 없는 암호는 재설정이 불가능합니다. 알 수 없는 암호의 경우 illumina 담당자가 기기를 직접 초기 설정값으로 복원해야 합니다. 이때 시스템에서 모든 데이터가 삭제되며, 기술 지원에 더 많은 시간이 소요됩니다.

## 관리 권리 및 권한

사용자의 관리 권한을 유지합니다. illumina는 기기 소프트웨어에 사용자 권한을 허용할 수 있도록 설정해 기기를 출고하고 있습니다.

표 4: 내부 시스템 작업을 위한 일반 승인 요구 사항

연결	값	용도
도메인	localhost:*	프로세스 간 커뮤니케이션(interprocess communication, IPC)에 필요한 모든 로컬 호스트 간 통신에 사용되는 포트
포트	8081	Real-Time Analysis
포트	8080	Control Software
포트	8090	Remote Copy Service

## 기기별 설정

앞서 기술한 설정 외에도 플랫폼마다 허용 목록에 지정해야 하는 내부 설정을 추가로 고려해야 합니다.

표 5: illumina 시퀀싱 시스템의 정보 보안 사양

시스템	SRP	EMET	기본 IPD 설정	옵트인/옵트아웃	소프트웨어 업그레이드 시 IPD 설정
NovaSeq	예	예	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지
HiSeq	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	켜짐으로 재설정
NextSeq	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지
NextSeq 550Dx - Research Mode	예	예	꺼짐	옵트인	기존 설정 유지
NextSeq 1000 및 NextSeq 2000	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지
MiSeq	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지(사용자당)
MiSeqDx	아니오	아니오	꺼짐	옵트인	기존 설정 유지
MiSeqDx - Research Mode	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지
MiniSeq	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지
iSeq 100	예	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지
iScan	아니오	아니오	켜짐	옵트아웃	기존 설정 유지(사용자당)

LRM 모듈을 갖춘 시스템의 경우 포트 80 또는 443은 로컬 네트워크의 인바운드 트래픽만을 허용해야 함.

표 6: 시스템별 내부 통신 요구 사항

시스템	포트 및 IP 주소	용도	대역폭 요구 사항
NovaSeq	5555	하드웨어 컨트롤러 인터페이스	200 MB/시스템
NovaSeq	22, 80, 111, 443, 623, 2049, 5900, 8889, 9980, 169.254.x.x, fddc:65e5:66fa::1/48, fddc:65e5:66fa::2/48	내부 데이터 전송	200 MB/시스템
HiSeq	HiSeq 시스템에는 내부 IP 통신 프로세스가 없음.		100 MB/시스템
NextSeq	192.168.113.*.*	모든 포트 허용. 내부 네트워크 카드의 펌웨어와의 통신 링크.	50 MB/시스템
NextSeq 550Dx	192.168.113.*.*	모든 포트 허용. 내부 네트워크 카드의 펌웨어와의 통신 링크.	50 MB/시스템
NextSeq 550Dx	포트 80 또는 443	Local Run Manager. 요구되는 로컬 인바운드(인터넷 액세스 없음).	50 MB/시스템
NextSeq 1000 및 NextSeq 2000	21, 22, 4647, 5458, 5555, 5647, 7359, 7360, 169.254.*.*	모든 포트 허용. 내부 네트워크 카드의 펌웨어와의 통신 링크.	200 MB/시스템
MiSeq	포트 80 또는 443	Local Run Manager. 요구되는 로컬 인바운드(인터넷 액세스 없음).	10 MB/시스템
MiSeqDx	포트 80 또는 443	Local Run Manager. 요구되는 로컬 인바운드(인터넷 액세스 없음).	10 MB/시스템
MiniSeq	192.168.113.*.*	모든 포트 허용. 내부 네트워크 카드의 펌웨어와의 통신 링크.	10 MB/시스템
MiniSeq	포트 80 또는 443	Local Run Manager. 요구되는 로컬 인바운드(인터넷 액세스 없음).	10 MB/시스템
iSeq 100	포트 80 또는 443	Local Run Manager. 요구되는 로컬 인바운드(인터넷 액세스 없음).	10 MB/시스템
iScan	6030, 888	AutoLoader	10 MB/시스템

상기 IP 주소는 매우 중요한 정보로, 하드웨어 컨트롤러의 인터페이스를 나타냄.

통신 요구 사항에 관한 더 자세한 정보는 시스템별로 제공되는 현장 준비 가이드를 참조하시기 바랍니다(표 7). 각 시스템의 사용 설명서는 기기 소프트웨어를 통해 IPD를 활성화하는 단계별 지침을 제공합니다(표 7).

표 7: Illumina 시스템 가이드 및 현장 준비 가이드

시스템	시스템 가이드	현장 준비 가이드
NovaSeq	1000000019358	1000000019360
HiSeq 1000	15023355	15006407
HiSeq 1500	15035788	15006407
HiSeq 2000	15011190	15006407
HiSeq 2500	15035786	15006407
HiSeq 3000	15066493	15066492
HiSeq 4000	15066496	15066492
HiSeq X	15050091	15050093
NextSeq 500	15046563	15045113
NextSeq 550	15069765	15045113
NextSeq 550Dx	1000000009513	1000000009869
NextSeq 1000/2000	1000000109376	1000000109378
MiSeq	15027617	15027615
MiSeqDx	15070067	15038351
MiniSeq	1000000002695	1000000002696
iSeq 100	1000000036024	1000000035337
iScan	11313539	1000000000661

업데이트로 인해 특정 시스템 가이드/현장 준비 가이드의 하이퍼링크가 작동하지 않는 경우 Illumina 웹사이트에서 문서 번호로 최신 버전 검색 가능.



기기 성능 데이터 유형

표 8: 기기 성능 데이터 유형(기기 구성 파일)

파일명	파일 설명	iScan	HiSeq 1000/1500/2000/2500	HiSeq 3000/4000	HiSeq X	iSeq 100	MiniSeq	MiSeq	MiSeqDx	NextSeq	NextSeq 550Dx	NextSeq 1000/2000	NovaSeq
Effective.cfg	소프트웨어 시스템 구성 토털 파라미터	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
FirmwareVersions.txt	기기 하드웨어의 펌웨어 버전						X			X	X		X
*Calibration.cfg	소프트웨어 시스템 캘리브레이션 파라미터	X					X	X		X	X	X	X
*Override.cfg	소프트웨어 시스템 구성 오버라이드 파라미터	X	X	X	X		X			X	X	X	X
RTAStart.bat	1차 분석 시작 파일					X	X			X	X		
Options.cfg	소프트웨어 시스템 구성 오버라이드 파라미터												X
*HardwareHistory.csv	기기 하드웨어 구성 기록						X			X	X		
*CurrentHardware.csv	기기 하드웨어 현재 구성						X			X	X		
SequencingConfiguration.xml	기기 시스템 구성 파라미터					X							
Channel*cc.txt	카메라 캘리브레이션 파일	X											

표 9: 기기 성능 데이터 유형(기기 작업 로그)

파일명	파일 유형	파일 설명	iScan	HiSeq 1000/1500/2000/2500	HiSeq 3000/4000	HiSeq X	iSeq 100	MiniSeq	MiSeq	MiSeqDx	NextSeq	NextSeq 550Dx	NextSeq 1000/2000	NovaSeq
*.jpg	런별 작업 이미지	소프트웨어의 옵션이 활성화된 경우 (기본적으로 비활성화되어 있으며, 보통 FAS/FSE가 직접 활성화) 각 타일 및 색상 채널의 썸네일 이미지를 나타냄.						X	X	X	X	X		
Samplesheet.csv	런별 샘플 구성 파일													X <sup>a</sup>
레시피 파일(XML)	런별 구성 파일	런에 사용된 시퀀싱 레시피를 나타냄.					X					X	X	X
Logs.zip		사람이 읽을 수 있는 파일(human readable file)을 포함하는 압축된 폴더로, 기기 사용자는 모든 파일에 액세스 가능.					X	X	X	X	X	X	X	X
CompressedLogs.zip		로그 파일을 묶어 압축한 파일로, 기기 사용자는 모든 파일에 액세스 가능.	X											

a. NovaSeq 6000 v1.6 소프트웨어에는 Sample Sheet가 더 이상 업로드되지 않음.

표 10: 기기 성능 데이터 유형(기기 분석 구성 파일)

파일명	파일 설명	HiSeq 1000/1500/2000/2500	HiSeq 3000/4000	HiSeq X	iSeq 100	MiniSeq	MiSeq	MiSeqDx	NextSeq	NextSeq 550Dx	NextSeq 1000/2000	NovaSeq
RTAConfiguration.xml	RTA 구성	X	X	X	X	X	X	X		X		
RTA3.cfg	RTA 구성										X	X
RTAerror.txt	1차 분석 오류 로그 파일					X	X					

표 11: 기기 성능 데이터 유형(기타 파일 유형)

파일명	파일 설명	HiSeq 1000/1500/2000/2500	HiSeq 3000/4000	HiSeq X	iSeq 100	MiniSeq	MiSeq	MiSeqDx	NextSeq	NextSeq 550Dx	NextSeq 1000/2000	NovaSeq
*.IMF 로그	소프트웨어 작업 로그 파일		X	X		X				X	X	X
*Results.zip	서비스 소프트웨어 테스트 결과로, Illumina 서비스 담당자나 기술지원 담당자가 서비스 소프트웨어를 통해 작동한 경우에만 전송됨.					X			X	X	X	

표 12: 기기 성능 데이터 유형(런별 작업 로그)

파일명	파일 설명	iScan	HiSeq 1000/1500/2000/2500	HiSeq 3000/4000	HiSeq X	iSeq 100	MiniSeq	MiSeq	MiSeqDx	NextSeq	NextSeq 550Dx	NextSeq 1000/2000	NovaSeq
*Firmware_Logs	펌웨어 작업 로그 파일(CSV)						X			X	X		
PreRunDiagnosticFiles	시퀀싱 전 런 검사 결과 및 로그 파일(.csv 및 .xml)					X	X			X	X	X	X
Cycle 로그	사이클당 생성된 작업 데이터의 문제해결 로그(.txt 및 .xml)						X	X	X	X	X	X	X
*Error*.log	작업 데이터의 문제해결 로그		X	X	X							X	X
CycleTimes.txt	시퀀싱 런 중 사이클 소요 시간		X	X	X								
UCS 로그	Copy Service 로그 파일(.json 및 .csv)												X
CycleTime.tsv	사이클 및 스캔 소요 시간 로그 파일	X											
*.scrst	BeadChip 스캔 설정 구성 파일	X											

표 13: 기기 성능 데이터 유형(런별 분석 파일)

파일명	파일 설명	HiSeq 1000/1500/2000/2500	HiSeq 3000/4000	HiSeq X	iSeq 100	MiniSeq	MiSeq	MiSeqDx	NextSeq	NextSeq 550Dx	NextSeq 1000/2000	NovaSeq
RTACComplete.txt	1차 프로세싱의 완료를 알려 주는 인디케이터 파일	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RTARead*Complete.txt	1차 프로세싱의 핵심 단계 완료를 알려 주는 인디케이터 파일				X							
RunParameters.xml	런 시작 시 XML 형식으로 출력된 런 설정 구성 파라미터	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RunInfo.xml	런 시작 시 XML 형식으로 출력된 Sequencing Analysis Viewer에 사용되는 런 설정 구성 파라미터	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RunCompletionStatus.xml	시퀀싱 완료를 알리는 인디케이터 파일	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
SequenceComplete.txt	시퀀싱 완료를 알리는 인디케이터 파일											X
*MetricsOut.bin	Sequencing Analysis Viewer에 사용되는 바이너리 보고서 파일로, 별도의 소프트웨어 없이 사용자가 읽을 수 없음	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AlignmentMetricsOut.bin					X						X	X
BasecallingMetricsOut.bin					X						X	X
CorrectedIntMetricsOut.bin	평균 강도, 수정된 채널 강도, 수정된 콜 강도, 콜 수	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
EmpiricalPhasingMetricsOut.bin	사이클당 페이징(phasing), 프리페이징(prephasing)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ErrorMetricsOut.bin	오류율, 리드(read) 오류	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
EventMetricsOut.bin	다음의 타이밍 데이터: RTA 시작, 사이클 시작, 템플릿(template) 생성 시작/완료, 템플릿 후 최대 클러스터 초기화, 시스템 메모리 사용 가능 기가바이트, 등록 및 추출, 이웃 수정, 컬러 매트릭스 수정, 템플릿 생성, 베이스 콜링 및 Q-Score 계산, 시퀀스 정렬, bcl 작성, 리드 시작/완료, 필터 정렬 시작/완료, 사이클 완료, RTA 완료	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ExtendedTileMetricsOut.bin					X						X	X
ExtractionMetricsOut.bin	Focus 점수, 강도, 시간	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
FWHMGridMetricsOut.bin					X						X	X
ImageMetricsOut.bin					X						X	X
IndexMetricsOut.bin	이름, 샘플 이름, 프로젝트 이름				X		X				X	X
OpticalModeMetricsOut.bin											X	X
PFGridMetricsOut.bin	클러스터 수, PF 클러스터 수, mm <sup>2</sup> 단위의 Locs 영역	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
QMetrics2030Out.bin					X		X					X
QMetricsByLaneOut.bin					X		X					X
QMetricsOut.bin	Q-Score 히스토그램	X	X	X	X		X	X	X		X	X
RegistrationMetricsOut.bin	미묘한 오프셋, 아핀 변환(affine transform)	X	X	X			X	X	X		X	X
TileMetricsOut.bin	클러스터 밀도, 클러스터 밀도 PF, 클러스터 수, 클러스터 수 PF, 정렬 %, 페이징 %, 프리페이징 %, 최근 추출 사이클, 최근 콜 사이클, 최근 Q-Score 사이클, 최근 오류 사이클	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
*.tsv 또는 *.txt	RTA 파일 복사 로그, 글로벌 로그, 경고 로그용으로 생성된 TSV 또는 TXT 로그 파일로, 사람이 읽을 수 있는 형식으로 사용자가 액세스 가능				X		X	X	X	X		
QGridMetricsOut.bin					X							
ReconstructionMetricsOut.bin											X	

## 참고 문헌

1. Microsoft Security TechCenter. [portal.msrc.microsoft.com/en-us/](https://portal.msrc.microsoft.com/en-us/). Accessed December 19, 2017.
2. Announcing the Advanced Encryption Standard (AES). [www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/security/anyconnect-secure-mobility-client/fips.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/security/anyconnect-secure-mobility-client/fips.pdf). Accessed December 19, 2017.
3. AWS: ISO 27001. [aws.amazon.com/compliance/iso-27001-faqs/](https://aws.amazon.com/compliance/iso-27001-faqs/). Accessed June 4, 2018.
4. IBM: Transform your business with the GDPR. [www.ibm.com/data-responsibility/gdpr/#commitment-to-readiness?cm\\_mmc=Search\\_Google\\_-\\_Security\\_CISO\\_-\\_WW\\_NA\\_-\\_gdpr\\_Exact\\_-&cm\\_mmca2=10006807&cm\\_mmca7=9061191&cm\\_mmca8=kwd-296891238925&cm\\_mmca9=\\_kenshoo\\_clickid\\_&cm\\_mmca10=272585904650&cm\\_mmca11=e&mkwid=\\_kenshoo\\_clickid\\_&cvosrc=ppc.google.&cv\\_campaign=000026XZ&cv\\_cr\\_id=272585904650&Matchtype=e](https://www.ibm.com/data-responsibility/gdpr/#commitment-to-readiness?cm_mmc=Search_Google_-_Security_CISO_-_WW_NA_-_gdpr_Exact_-&cm_mmca2=10006807&cm_mmca7=9061191&cm_mmca8=kwd-296891238925&cm_mmca9=_kenshoo_clickid_&cm_mmca10=272585904650&cm_mmca11=e&mkwid=_kenshoo_clickid_&cvosrc=ppc.google.&cv_campaign=000026XZ&cv_cr_id=272585904650&Matchtype=e). Accessed June 4, 2018.
5. Illumina (2016) BaseSpace Sequence Hub Security and Privacy. ([www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/whitepapers/basespace-sequence-hub-security-and-privacy-white-paper-970-2016-020.pdf](https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/whitepapers/basespace-sequence-hub-security-and-privacy-white-paper-970-2016-020.pdf)).
6. Illumina (2016) BaseSpace Variant Interpreter and HIPAA. ([www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/technotes/basespace-variant-interpreter-HIPAA-technical-note-970-2016-003.pdf](https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/technotes/basespace-variant-interpreter-HIPAA-technical-note-970-2016-003.pdf)).
7. Illumina (2016) Illumina Security Best Practices Guide. ([www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/guides/illumina-security-best-practices-guide-970-2016-016.pdf](https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/guides/illumina-security-best-practices-guide-970-2016-016.pdf)).