



‘사라져가는 문명’ - 3D 문서화로 복원 시간과의 싸움 – 문화 유적지의 보존을 도운 FARO

우리는 정교한 벽화가 새겨진 동굴이나 웅장한 탑, 각종 사찰이나 유적지, 비석이나 동상과 같은 기념물의 멋진 모습에 감탄합니다. 하지만 그런 고대 유물이나 유적지가 시간이 흐름에 따라 훼손되고 심지어는 돌이킬 수 없게 변하기도 합니다. 육안으로는 확실히 알 수 없지만 소중히 관리되고 있는 박물관의 역사적 유물도 마찬가지 상황입니다. 또한 고고학자와 보호 전문가들에게도 고귀한 가치가 있는 이러한 문화적 보물이 시간이 지나면서 계속 노후된다는 사실을 인정해야 하는 것도 슬픈 현실입니다.

과거에는 문화적 유물 고고학에 활용되는 디지털 기술은 있으면 좋은 마무리 작업으로 간주되었습니다(없어도 크게 문제 없는). 그렇지만 오늘날에는 고고학자의 기본적인 작업 공정의 필수적인 부분일 뿐 아니라 정보 보존의 중요한 수단이 되었습니다. 문화적 유물의 디지털화는 인류가 이러한 정보와 더불어 유물의 역사적, 문화적, 기술적 가치를 영구한 데이터 형태로 후세에게 전달하기 위해 유물을 정확하게 기록할 수 있도록 해왔습니다.

산업 분야

문화유산

적용 분야

- 3D 문서화

제품 사용 후 이점

- FARO Focus 레이저 스캐너는 강력한 기능을 갖춘 콤팩트한 레이저 스캐너입니다. 작업자 혼자서 데이터를 수집하고, 열악한 환경에서도 아무 문제 없이 작업할 수 있습니다.
- FARO ScanArm은 여러 각도에서 측정이 가능한 이동식 CMM입니다. 이 제품은 높은 정확도로 문화 유적지를 디지털화하는 과정에서 큰 역할을 했습니다.

중국 저장 대학교의 문화재 연구 기관은 2010년 3월 12일에 설립되었습니다. 이 기관은 문을 연 이후부터 디지털 고고학, 지구 물리 고고학, 문화적 유물 보호 자료의 연구와 응용 분야에서 놀라운 성과를 거두어 왔습니다. 2016년에는 중국 정부로부터 중국 문화유물국의 중심 과학 연구 기지(저장 대학교)로 승인을 받았으며 동굴 사찰의 문화적 유물을 디지털화하고 보호하는 국가 업무를 맡았습니다.

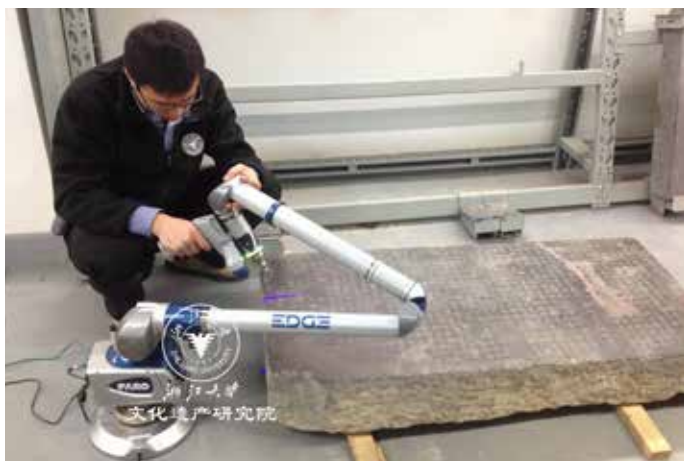
이 기관의 디지털화 팀은 과학적 연구와 고고학 방식을 결합하는 스타일을 오랫동안 고수해왔으며 이용할 수 있는 최신 기술을 통해 결과의 진본성과 견고한 과학적 토대를 구축하기 위해 항상 많은 노력을 기울여 왔습니다. 최근에 이 팀은 문화적 유물의 충실도가 높은 디지털 보존 분야에서 놀라운 성과를 거두었으며 FARO ScanArm과 FARO Focus를 활용하여 다양한 스캔 프로젝트의 요구를 충족시켰습니다.

시안의 베이린 - 박물관 디지털화 프로젝트

저장 대학교의 문화유산 연구 기관에서 일하는 디지털화 팀은 요청을 받았을 때 먼저 FARO ScanArm을 사용하여 시안 베이린 박물관에 있는 문화적 유물을 디지털화했습니다. 3D 디지털화 프로젝트를 위해서는 원본 유물의 복제본을 제작할 수 있도록 비석의 데이터를 파악해야 했습니다. 이것은 매우 어려운 요구였습니다. 비석 표면은 대개 가로 세로로 수백개에 달하는 2~3cm 정도의 작고 간격이 촘촘한 글자가 빼곡히 들어가 있고 정교한 획과 서풍이 담겨 있어서 캡처하기 어렵기 때문입니다. 즉, 새겨진 문양의 테두리와 깊이를 매우 정밀하게 기록해야 하므로 비석을 스캔하는 데 사용되는 장비는 정확도가 높은 데이터를 전달할 수 있어야 합니다.

이 프로젝트의 초기 작업 단계에서 이 팀은 구조광 스캐너 사용을 고려했습니다. 그렇지만 비석과 비문은 일반적으로 6개 표면이 있는 직육면체이므로 이 방법을 사용한다면 여러 각도에서 여러 번 스캔해야 했습니다. 또한 스캔 프로세스가 진행되는 동안 중요한 정보를 놓칠 수도 있습니다. 좀 더 중요한 사실은 이 방법이 연속 데이터의 정확도를 보장할 수 없다는 것이었습니다.

그래서 프로젝트 팀은 FARO ScanArm을 대여해서 테스트하기로 했으며 전반적인 결과에 매우 만족했습니다. 블루 라이트 스캔 기술을 탑재한 FARO ScanArm은 스캔할 때마다 2,000개의 실제 포인트를 획득하여 다양한 재질의 표면에서도 매우 높은 스캔 정확도를 제공했습니다. 작업자는 스캔 결



한 팀원이 시안의 베이린 박물관 프로젝트를 위해 FARO ScanArm을 사용하여 비석을 스캔하는 모습.

과를 얻으면서 유물의 일부가 훼손되었는지 여부도 실시간으로 알 수 있었습니다. ScanArm을 사용하면 석판의 디지털화된 완전한 기록을 얻기 위해 전면과 후면만 스캔하면 됩니다.

이러한 긍정적인 경험을 토대로 저장 대학교의 문화유산 연구 기관은 2014년에 FARO ScanArm을 공식적으로 구입했습니다. 이때부터 팀은 산둥성의 칭저우 박물관에 있는 석불상과 다양한 박물관의 기타 문화적 유물에 대한 디지털화 프로젝트를 진행하면서 이 장비를 여러 차례 활용해 왔습니다.

저장 대학교 문화유산 연구 기관의 지원 담당자인 Diao Changyu 교수는 다음과 같이 말했습니다. “문자, 묘비 및 아주 정교한 석불상과 같은 정교한 석조 유물의 경우 스캔 장비를 사용할 필요가 있다는 것을 알게 되었습니다. FARO ScanArm은 한 번의 스캐닝 사이클에 포괄적인 스캔 결과를 제공하며, 차단되었거나 접근할 수 없는 부분도 세밀하게 캡처할 수 있습니다. 전반적으로 뛰어난 데이터 일관성을 얻게 되며 아주 인상적인 정확도 수준을 달성할 수 있습니다. 일부 석상의 음각은 너무 가늘고 알아서 육안으로 거의 구분할 수 없었습니다. 그렇지만 스캔해서 얻은 단색 3D 모형에는 분명히 나타났습니다. 이것은 고고학 분야에서 매우 중요한 기술입니다.”



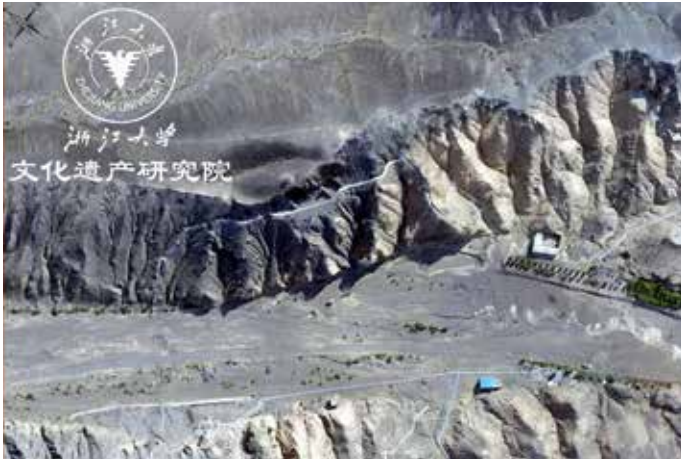
FARO ScanArm은 칭저우 박물관 프로젝트의 또 다른 유물을 스캔하는 데 사용됩니다.

돈황 천불동의 고화질 디지털화

저장 대학교의 문화유산 연구 기관은 FARO ScanArm 외에도, 대규모 입면의 3D 스캔을 위해 2015년에는 FARO Focus에 투자했습니다.

간쑤의 과저우 현에 있는 돈황 천불동은 돈황 근처에 있는 중국의 수많은 동굴 유적지 중 한 곳입니다. 이 프로젝트에서 저장 대학교 문화유산 연구 기관은 동굴이 있는 지역의 경관을 지도로 나타내고 기록하며, 벽화 이미지를 수집하는 2가지 주요 과제를 진행했습니다.

지형 조사를 위해 이 팀은 무인 항공기의 항공 사진을 FARO Focus로 수집한 데이터와 결합하는 방법을 채택했습니다. 3D 레이저 스캔 데이터, 항공 이미지 및 이미지 기반 3D 복원 기술을 통합하여 지상 모습에 대한 컬러 3D 모형을 생성했습니다. 정사 사진은 3D 모형을 기준으로 하며, 그림의 각 포인트는 정밀 고도 정보 및 지상 GPS 좌표 데이터를 기준으로 합니다.



돈황 천불동의 항공 정사 사진.

지형 조사를 위해 이 팀은 무인 항공기의 항공 사진을 FARO Focus로 수집한 데이터와 결합하는 방법을 채택했습니다. 3D 레이저 스캔 데이터, 항공 이미지 및 이미지 기반 3D 복원 기술을 통합하여 지상 모습에 대한 컬러 3D 모형을 생성했습니다. 정사 사진은 3D 모형을 기준으로 하며, 그림의 각 포인트는 정밀 고도 정보 및 지상 GPS 좌표 데이터를 기준으로 합니다.

벽화의 고화질 디지털화를 위해 팀은 사진 기반의 3D 모델링을 FARO Focus에서 얻은 데이터와 결합하는 기술을 사용했습니다. 벽화 디지털화 분야에서 쌓은 20년 가까운 경험을 토대로 저장 대학교는 완전한 사진 기반 3D 모델링 기술 세트를 개발했습니다. 이 팀은 동굴 벽과 벽화에 특정 수준의 곡률, 다양한 여유각과 균열까지 있기 때문에 3D 개체로 취급해야 한다는 것을 알게 되었습니다. 이러한 이유로 프로젝트 팀은 사진 기반 3D 모형과 레이저 스캔 기반 3D 모형 사이의 결합된 결과를 얻기 원했습니다.

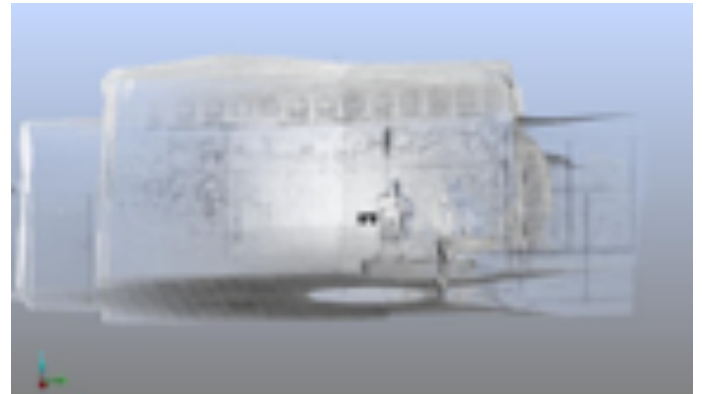


3D 레이저 스캔으로 돈황 천불동의 7호 동굴 측정.

FARO Focus를 사용하기 전에는 동굴의 치수 정보를 수집하기 위해 통합 측정기를 사용했습니다. 이러한 데이터를 사용하여 보다 정확한 모형을 얻기 위해 수천 개의 사진을 분석하면서 다양한 계산이 진행되었습니다. 이 방법의 주요 단점은 통합 측정기에서는 수십 개의 포인트를 사용해서 작은 동굴의 모양을 잘 구성할 수 있지만 사진 계산에 필요한 포인트의 수가 수천만 개 또는 수억 개에 달한다는 것입니다. 통합 측정기를 통해 소수의 포인트로 이를 확인하는 것은 불가능한 일이었을 것입니다. 더 나은 진본성이 필요했기 때문에 이 팀은 더 나은 솔루션을 찾아야 했습니다.

FARO Focus는 대규모 입면을 캡처하고, 초당 976,000개 포인트의 처리 속도로 주변 환경을 빠르게 디지털화하는 인상적인 스캔 기능을 갖춘 선도적인 레이저 스캐너입니다. 이 프로젝트를 위해 이 장비는 작은 동굴의 벽면에 대한 곡률 정보를 정확히 캡처했으며 포인트 클라우드 데이터에 측정 포인트의 그레이 값을 유지했습니다. 이를 통해 프로젝트의 레이저 단계에서 데이터를 잘 검증할 수 있었습니다.

벽화 디지털화에서 이 팀은 우선 FARO Focus로 획득한 데이터를 사용하여 동굴의 정확한 3D 모형을 구성했습니다. 그런 후에 자체 개발한 소프트웨어를 사용하여 사진을 3D 모형으로 자동 매핑함으로써 벽화의 고화질 디지털 컬러 문서를 얻을 수 있었습니다. 벽화 디지털 이미지의 최종 품질은 보다 훨씬 높았습니다.



FARO Focus를 통해 얻은 7호 동굴의 측정 데이터.



다중 이미지 3D 재구성 및 FARO 스캔 데이터 보정 후의 7호 동굴 3D 모형.

취안저우만의 송대 고대 선박 디지털화

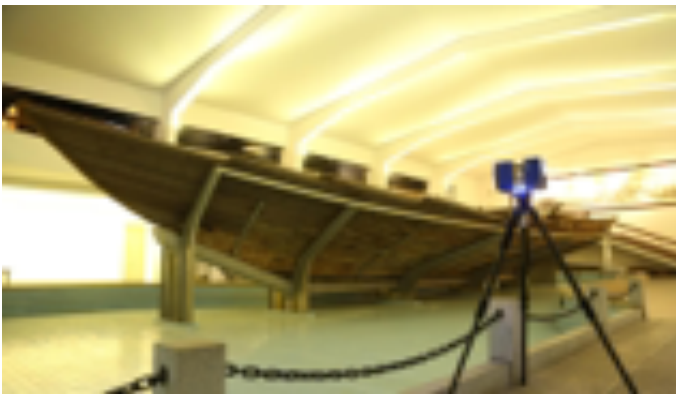
저장 대학교의 문화유산 연구 기관은 또한 다른 고고학 프로젝트에서도 FARO Focus를 광범위하게 사용했습니다. 또 다른 주목할 만한 프로젝트는 취안저우만의 송대 고대 선박에 대한 3D 디지털화입니다.

취안저우만의 송대 고대 선박은 1974년에 발굴되었으며 현재 취안저우 해양 박물관에 보존되어 있습니다. 길이 24.20m, 너비 9.15m의 이 중간 크기의 원양 목조 선박은 송대 시대에 취안저우에서 건조되었습니다. 복원이 이루어진 이 선박은 현재 길이 34m, 너비 11m이며, 예상 배수량은 약 400톤이고 운반 용량은 200톤입니다.

이 선박은 고대의 난파선이며 큰 용적, 기원 및 비교적 잘 보존된 상태 때문에 중국에서 가장 잘 기록된 고고학 발견 중 하나로 알려져 있습니다. 이 선박은 '해양 실크로드'를 성공적으로 항해하고 중국으로 귀환한 유일한 원양 선박일 수도 있다고 추측되어 왔습니다.

이 선박의 선체는 다양한 원인으로 인해 심각하게 손상되었으며 보호해야 하는 과학적 근거를 위해 현재 상태를 캡처해야 한다는 급박한 요구가 있었습니다. 저장 대학교의 문화유산 연구 기관이 도움을 요청 받기 전에, 2개의 다른 기업이 이 선박의 디지털화를 시도했지만 원하는 결과를 얻지 못했습니다.

이 프로젝트에서 팀은 우선 대형의 국소 고정밀도 3D 포인트 클라우드 데이터를 모음을 얻기 위해 선체에 FARO Focus를 사용했습니다. 팀은 십 여개의 각도에서 스캔한 후에 선체의 비교적 완전한 3D 포인트 클라우드 데이터를 연속해서 얻었습니다. 이 데이터를 사용하여 선체의 정밀한 3D 모델을 구축했습니다. 동시에, 팀은 다양한 각도에서 선체의 사진 수백 장을 촬영했습니다. 이 기관에서 자체적으로 개발한 소프트웨어에 적용한 사진은 선체의 3D 모델에 자동으로 매핑되어 정밀하고 정확한 모양을 갖는 고대 선박의 최종 3D 디지털 문서로 생성되었습니다.

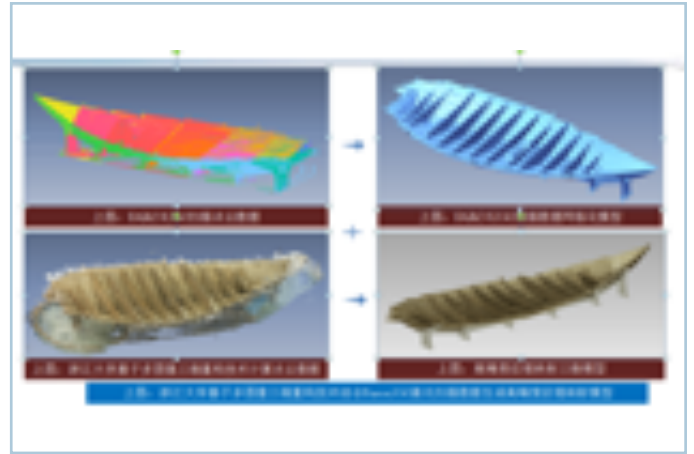


FARO Focus를 사용한 선체 스캔.

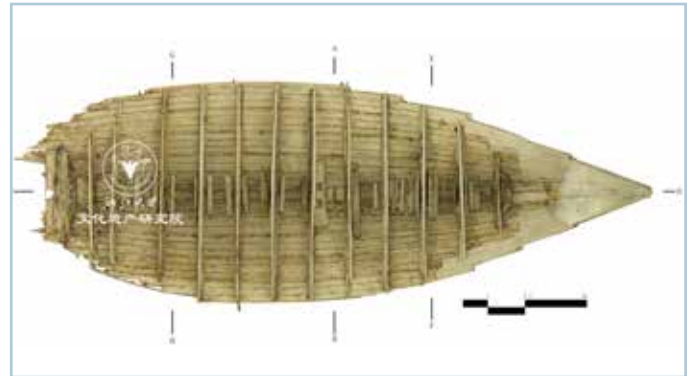
Diao 교수는 다음과 같이 결론지었습니다. “우리는 2001년부터 고고학 분야에서 레이저 스캐너를 사용해 왔으며 다양한 브랜드의 스캐너를 사용해 보았습니다. FARO Focus의 전반적인 성능이 우리 분야에 좀 더 적합했습니다.

가장 큰 장점은 휴대성이 뛰어나다는 것입니다.

긴급한 프로젝트가 있을 때 한 사람이 데이터 수집을 위해 현장에 이 장비를 가져갈 수 있습니다. 다른 장비라면 어렵도 없을 것입니다. 동시에 이 장비는 안정성도 뛰어납니다. 많은 프



저장 대학교는 FARO 레이저 스캔 데이터와 다중 이미지 3D 재구성 기술 조합을 토대로 고정밀도 텍스처 매핑 모델을 생성했습니다.



고대 선박의 조망 정사 사진 지도.

로젝트가 시간에 쫓기며 열악한 환경에서 스캔해야 하는 경우도 많습니다. 예를 들어 -10°C로 낮은 온도의 실외에서 FARO Focus로 스캔을 진행한 적이 있었습니다. 이때는 SLR 카메라도 제대로 작동하지 않았습니다. 높은 고도에서 가까스로 스캔에 성공한 적도 있습니다. 이 장비는 4,300~4,400m 고도에서도 잘 작동합니다.”

Diao 교수는 유산 보존 분야에서 3D 디지털 기술의 전망에 대해 언급하면서 다음과 같이 말했습니다. “문화적 유물의 노화는 거스를 수 없기 때문에 현재 남아 있는 정보를 기록하는 것이 중요합니다. 역사적 유물의 디지털화는 중요한 의무입니다. 향후 우리의 목표는 홀로그래픽 기록을 실현하고 디지털 차원 및 정확도를 지속적으로 개선하는 것입니다. 저는 기술적 진보가 이러한 문제를 해결할 수 있는 완벽한 해결책을 제공할 것이라고 믿습니다. 또 다른 문제는 비용과 속도를 개선하는 것입니다. 문화적 유물 디지털화에 박차를 가하는 보다 저렴한 자동화 옵션이 필요합니다. 정보는 영원히 사라지기 전에 빠르게 기록해야 합니다.”

저장 대학교 문화유산 연구 기관 정보 주요 제품

저장 대학교의 문화재 연구 기관은 2010년 3월 12일에 설립되었습니다. 이 기관은 과학/기술 고고학 센터, 문화적 유물 보호 자료 연구 센터, 고대 건물 보호 연구 센터, 예술 및 고고학 연구 센터, 발굴된 문학 연구 센터로 구성되어 있습니다.

이 기관은 디지털 고고학, 지구 물리 고고학, 문화적 유물 보호 자료의 연구와 응용 분야에서 놀라운 성과를 거두어 왔습니다. 2016년에 이 기관은 중국 문화유물국의 중심 과학 연구 기지(저장 대학교)를 설립할 수 있도록 승인을 받았으며, 동굴 사찰의 문화적 유물을 디지털화하는 국가 업무를 맡았습니다.

보다 자세한 정보는 홈페이지를 통해 확인하실 수 있습니다: <http://chi.zju.edu.cn/>

FARO회사 소개

FARO는 전 세계적으로 가장 신뢰받는 3D 측정 및 이미징, 구현 기술을 실현하는 글로벌 기업으로써 컴퓨터를 이용한 측정 및 이미징 장비와 소프트웨어를 개발/판매하고 있습니다. FARO의 기술을 통해 생산이나 품질 관리에 있어 필수적인 부품 비교, 부품에 대한 이미징 작업이 가능하며 고정밀 3D 측정을 수행할 수 있습니다. 이러한 장비들은 부품이나 조립을 검사하는데 사용되며, 신속하게 시제품을 제작하거나 대형 공간이나 구조물을 3D로 문서화하는데도 사용됩니다. 또한 측량이나 건설 작업 또는 사고 현장이나 범죄 현장에서 수사를 진행하거나 복원하는데에도 활용할 수 있습니다.

FARO의 글로벌 본사는 미국 플로리다주 레이크 메리에 위치해 있습니다. 엑스톤에는 새로운 기술센터와 약 90,400 평방 피트에 이르는 제조 시설을 보유하고 있으며, 펜실베이니아에서는 FARO Laser Tracker와 FARO Cobalt Array Imager 제품 라인을 위한 연구 및 개발, 제조 및 서비스를 담당하는 기관을 운영 중입니다.

유럽 지역 본사는 독일 슈투트가르트에 위치해 있으며, 싱가포르에 아시아-태평양지역 본사를 두고 있습니다. FARO는 한국, 미국, 캐나다, 멕시코, 브라질, 독일, 영국, 프랑스, 스페인, 이탈리아, 폴란드, 터키, 네덜란드, 스위스, 포르투갈, 인도, 중국, 말레이시아, 태국, 일본에서 지사를 운영하고 있습니다.



FARO Quantum[®] FaroArm
Quantum[®] 제품은 암 기술에 대한 새로운 표준을 정립했습니다. Quantum[®]는 업계의 성능 기준을 새롭게 정립했으며, 모든 작업 환경에서 FARO의 전통인 최고의 측정 일관성과 신뢰성을 더욱 확고히 할 것입니다. 이 시스템은 접촉식이나 레이저 스캔분야를 위한 동급 최강의 성능을 제공합니다.

제품에 대한 더 자세한 정보는 홈페이지를 통해 확인하실 수 있습니다. www.faro.com/FaroArm/kr



FARO LASER SCANNER FOCUS

휴대성이 뛰어난 FARO의 최신 Focus[®] 레이저 스캐너를 사용하면 복잡한 대상과 건물을 신속하고 직관적으로 정확하게 측정할 수 있습니다. Focus[®] 모델의 직관적인 터치스크린은 뛰어난 사용자 편의성을 위해 크기와 선명도가 향상되었습니다.

제품에 대한 더 자세한 정보는 홈페이지를 통해 확인하실 수 있습니다. www.faro.com/LaserScanner/kr

FARO Singapore, Korea Branch

부산광역시 해운대구 센텀서로 30 (우동, 케이엔엔타워) 1208호 (우)48058

Tel:+82.51.6623410 Fax:+82.51.6646900

Email: korea@faro.com URL:www.faro.com/kr

© 2017 FARO Technologies Inc. FARO and the FARO logo are registered trademarks and trademarks of FARO Technologies Inc. All Rights Reserved. This customer's results depend upon its unique business and environment, the way it used FARO products and services and other factors. These results that you read from the article may not be typical; your results may vary.