

동적 시뮬레이션을 위한 오메가랜드 통합 환경이 어떻게 SDGs 달성에 도움이 되는가?

후카노 겐타로 (Gentaro Fukano)^{*1}

오메가시뮬레이션주식회사 (Omega Simulation Co., Ltd.)는 1997년 요코가와전기주식회사(Yokogawa Electric Corporation)과 미츠이케미칼 (Mitsui Chemicals, Inc.)의 합작 투자로 설립되었습니다. 이 회사의 사명 (mission)은 Yokogawa의 계측 및 제어 기술과 미츠이케미칼 (Mitsui Chemicals)의 모델링 및 시뮬레이션 기술을 통합한 첨단 기술을 통해 고객에게 다양한 제품과 서비스를 제공하고 고객의 플랜트 운영을 개선하는 것입니다. 통합 동적 시뮬레이션 환경 및 핵심 플랜트 시뮬레이터 기술인 OmegaLand 및 Visual Modeler는 오메가시뮬레이션 (Omega Simulation)에서 개발한 소프트웨어 패키지입니다. 이 백서에서는 OmegaLand가 교육, 에너지 및 환경과 관련된 SDGs를 달성하는 데 어떻게 도움이 되는지 설명하고 소프트웨어에 대한 적용 사례와 향후 계획을 보여줍니다.

도입

오메가시뮬레이션 (Omega Simulation)은 고급 모델링 및 시뮬레이션 기술을 사용하여 사실적인 시뮬레이터 (realistic simulators)를 구축할 수 있는 통합 동적 시뮬레이션 환경인 OmegaLand를 개발했습니다. 핵심 계산 엔진은 고 충실도 시뮬레이션 (high-fidelity simulation)을 제공하는 Visual Modeler입니다. OmegaLand는 생산 환경의 변화에 대응하기 위해 안전 개선, 자원 절약, 에너지 절약 등 다양한 이슈에 직면한 다양한 산업을 그 대상으로 합니다.

또한 교육, 운전자 교육, 운전 지원, 공정 분석 등 다양한 목적의 솔루션을 연구, 생산 기술, 제조 등 다양한 부서의 고객에게 제공합니다.

니다.

이 백서에서는 OmegaLand가 SDG 달성에 어떻게 기여하는지 소개합니다: 교육 (SDG4), 에너지 (SDG7), 물과 위생 (SDG6).

양질의 교육

SDGs⁽¹⁾에 명시된 바와 같이, 양질의 평등한 교육 및 평생 학습 기회 (SDG4)를 장려하는 것은 지속 가능한 경제 활동의 핵심 문제 중 하나입니다. OmegaLand는 플랜트 운전자 교육을 위한 플랫폼으로 널리 사용됩니다.

OmegaLand Trainer는 고품질의 사실적인 운전자 교육 시뮬레이터 (OTS) 소프트웨어입니다. 교육생이 고객의 실제 공장에서 요구하는 작동 기술을 배울 수 있는 운전자 교육 환경을 제공합니다. OmegaLand Trainer는 또한 교육생이 숙련된 운전자의 기술과 플랜트 가동 개시 (start-up)과 같은 일상적이지 않은 운전 기술을 습득하

^{*1} 오메가시뮬레이션주식회사 (Omega Simulation Co., Ltd.)의 패키지 부서

동적 시뮬레이션을 위한 오메가랜드 통합 환경이 어떻게 SDGs 달성에 도움이 되는가?

도록 도와줍니다.

고객들은 회사 직원들에게 일반 화학 및 공학 원리에 대한 지식을 개발할 수 있는 학습 환경을 마련해 줄 필요가 있음을 이해합니다.

또한 직원들이 강의실에서 배운 내용을 유지할 수 있도록 실습 교육 세션을 제공해야 합니다.

이러한 요구를 충족시키기 위해 유닛 운영 원리에 대한 강의실 자료 (워크 북)를 제공하고 작업자가 동적 시뮬레이터를 사용하여 운전 경험을 할 수 있는 토탈 학습 환경 솔루션인 OmegaLand Educator를 제공합니다.

에너지 문제 해결

에너지는 SDGs (SDG7)의 주요 이슈 중 하나입니다. 최적화된 에너지 절약 운영을 위한 지원 시스템으로, 실시간 운전 데이터를 캡처하면서 실제 플랜트와 동시에 실행되는 시뮬레이터인 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)를 제공합니다. 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)는 제어 시스템을 OmegaLand에 연결하여 제어 시스템에서 공정 데이터를 가져올 수 있습니다. 실제 데이터를 기반으로 측정되지 않은 지점의 값을 계산하고 실시간으로 긴 샘플링 기간의 값을 보간 (interpolate) 할 수 있습니다. 이 값은 안전하고 안정적인 운전을 위한 지표로 사용할 수 있습니다. 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)는 실제 운전 조건을 정확하게 반영할 수 있는 시뮬레이터입니다. 오프라인으로 사용하면 최적의 운전 볼륨과 제어 파라미터를 결정할 수 있으므로 실제 플랜트에서 실행할 테스트 수를 줄일 수 있습니다.

물과 위생 문제

물과 위생의 글로벌 공급과 지속 가능한 관리는 SDGs (SDG6)의 환경 목표 중 하나이며 또한 세계 여러 지역에서 시급한 문제입니다. 이 문제를 해결하기 위한 응용 프로그램으로 정수 플랜트 (purification plants)를 위한 운전자 교육 시뮬레이터를 개발했습니다.

이 시뮬레이터는 정수 모델 (water purification model)을 개발하여 교육에 사용하도록 설계되었습니다. 이 모델은 수질의 동적 변화를 고려합니다. 이 모델을 통해 운전자는 적절한 화학 물질 주입 시기를 결정하고 화학 물질 주입 후 수질 변화를 예측할 수 있습니다.

시뮬레이터는 운전 및 공정 거동을 현실적으로 재현하는 교육 환경을 제공하며 원수 (raw water) 수질의 변화를 연구할 수 있어 작업자의 기술 향상과 수질 안정화에 도움이 됩니다.

OmegaLand는 위에서 설명한 동적 시뮬레이션 기술을 기반으로 합니다. 다음 섹션에서는 실제 사례를 참조하여 고객이 SDGs를 달성하도록 돕는 역할을 소개하고 향후 전망을 논의합니다.

운전자 교육 시뮬레이터

안정적인 플랜트 운전을 위해 운전자에게 지속적으로 교육을 제공하는 것이 점점 더 중요 해지고 있습니다. 고도 경제 성장기에 건설된 많은 플랜트에서 시설에 정통한 운전자들이 은퇴하고 있으며, 노련한 운전자에게서 비 숙련 운전자에게 운전 기술을 전수하는 방법과 이들 운전자를 교육하는 방법 개발이 시급한 문제가 되고 있습니다. 또 다른 문제는 고급 자동 제어가 안정적인 작동을 보장하고 정기적인 유지 보수가 덜 빈번해지기 때문에 운전자가 비정상상태에서 운

전할 기회가 적다는 것입니다. 이러한 문제에 대한 해결책 중 하나는 OTS 용 소프트웨어인 OmegaLand Trainer입니다.

그림1은 실제 분산 제어 시스템 (DCS)에 연결된 OmegaLand의 예를 보여줍니다. 이 DCS 연결 유형을 사용하면 Visual Modeler (오메가랜드의 동적 시뮬레이터)에 의해 구성된 높은 재현성 (reproducibility)을 가진 가상 플랜트에서 실제 제어 로직 (actual control logic) 및 파라미터를 사용할 수 있습니다. 실제 플랜트의 운전자 콘솔을 사용하기 때문에 실제와 동일한 운전자 교육 환경을 얻을 수 있습니다. 이 시스템은 운전자 교육을 위해 안전 계장 시스템 (safety instrumentation systems) 및 고급 제어 시스템에 연결할 수도 있습니다.

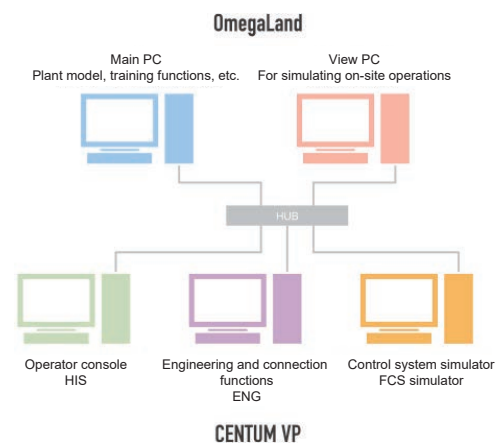


그림1 DCS 연결 유형 구성

OmegaLand Trainer를 통해 운전자는 정상적인 플랜트 운전 절차를 배울 수 있는 것은 물론이고 플랜트 가동 시작, 셧다운 및 비 정상 상태와 같은 일상적이지 않은 운전에 대한 기술을 향상시킬 수 있습니다. 또한 실제 제어 시스템의 모니터링 화면을 통해 팀 운전을 경험할 수 있습니다.

교육용 시뮬레이터

OmegaLand Trainer는 고객의 플랜트에서 프로세스 거동 원칙과 운전 기술을 학습할 수 있는 환경을 제공합니다. 한편 사람들이 기초 화학과 공학을 배울 수 있는 환경이 필요합니다. 관련 구체적인 주제로는 일반 프로세스의 원칙, 프로세스 거동 원칙 및 장비의 성능, 적절한 운전 및 플랜트 운전에서 필요한 기본 지식 등입니다. 이러한 요구를 충족하기 위해 OmegaLand Educator를 제공합니다. 그림2는 그 개요를 보여줍니다.

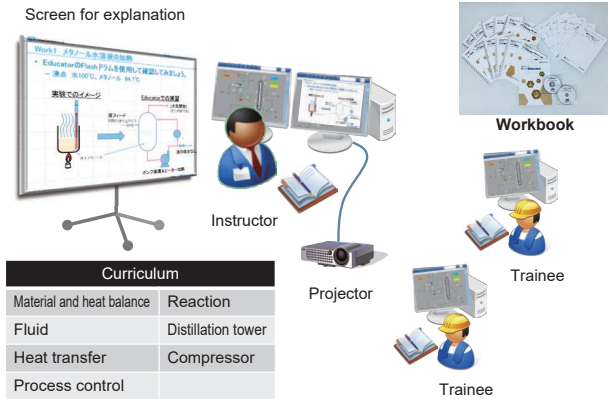


그림2 OmegaLand Educator 개요

OmegaLand Educator는 OmegaLand Trainer와 동일한 Visual Modeler 계산 엔진을 사용하는 공정 교육용 고 충실도 시뮬레이터 (high-fidelity simulator)입니다. 시뮬레이터는 e-러닝 강사로는 달성 할 수 없는 현실감 있는 실습 환경을 제공하여 보다 수준 높고 실용적인 교육을 가능하게 합니다. 이 시스템은 교육생에게는 워크 북을 제공하고 강사에게는 답변과 보충 문서를 제공합니다. 따라서 교육 담당자는 교육 자료 개발에 시간을 할애할 필요가 없으며 다른 교육 준비에 집중할 수 있습니다. 이 시스템은 강사 및 시스템 유지 관리 직원을 위한 교육 과정도 제공합니다. 현재 재료 및 열 균형, 유체, 열 전달, 공정 제어, 반응, 증류 탑 및 압축기의 7가지 커리큘럼이 준비되어 있습니다.

OmegaLand Educator를 사용하면 교육생들이 각자 시뮬레이터를 개별적으로 사용하거나 여러 교육생들이 시뮬레이터를 협력적으로 사용할 수 있습니다. 강사는 모든 교육생들의 교육상황을 화면에서 모니터링 할 수 있으므로 교육생 수에 관계없이 그룹 교육에 시스템을 사용할 수 있습니다. 교육생은 커리큘럼을 선택하고 스스로 공부할 수도 있습니다. 자기 학습은 그룹 세션에서 얻은 지식의 심화 학습을 위한 것입니다. 교육생을 위한 매우 효과적인 학습 시스템입니다.

우리는 네트워크와 클라우드를 활용하여 보다 다양한 분야에서 활용 가능한 유연한 교육 환경을 제공할 계획입니다.

미러 플랜트 (MIRROR PLANT)

미러 플랜트 (MIRROR PLANT)는 디지털 트윈 솔루션입니다. 제어 시스템에서 데이터를 가져오는 동안 제어 시스템에 온라인으로 연결된 OmegaLand로 시뮬레이션을 수행합니다. 데이터는 항상 실제 플랜트 조건과 동기화됩니다.

센서가 설치되어 있지 않더라도 시뮬레이터는 온도 및 조성 (composition)과 같은 물성치(state quantities)를 계산하고 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)는 이를 운전자에게 실시간으로 표시합니다. 또한 시뮬레이터의 계산을 가속화함으로써 미러 플랜트(MIRROR PLANT)는 가까운 미래의 물성치 (state quantities)을 예측하여 운전 조건이 운전 범위를 벗어나기 전에 운전자가 조치를 취할 수 있도록 도와줍니다.

또한 이 시뮬레이터를 오프라인으로 사용하면 실제 플랜트에 영향을 주지 않고 공정을 분석하고 제어 성 (controllability)을 향상시킬 수 있습니다.

예를 들어, 컨트롤러의 파라미터를 결정할 때 실제 프로세스에 허용 가능한 변수를 제공하고 반결과에 따라 파라미터를 예측하는 것이 일반적입니다. 그러나 실제로는 플랜트의 운전에 영향을 미칠 수 있기 때문에 컨트롤러의 파라미터를 결정하기 위해 충분히 큰 변화를 주는 것은 어렵습니다. 또한 제어 파라미터를 결정하기 위해 여러 테스트가 필요하지만 운전 중에 충분한 시간을 확보하기가 어렵습니다. 이 문제를 해결하기 위해 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)에서 생성한 초기 상태를 오프라인 시뮬레이터와 결합하여 제어 알고리즘의 유효성을 검증하고 파라미터를 결정하는 지원 시스템을 개발했습니다.

시뮬레이터는 다양한 플랜트 반응을 테스트하는 데 널리 사용되어 왔습니다. 특히, 분석 엔지니어는 분석 준비를 위해 실제 운전상태에 가까운 상태를 시뮬레이션하기 위해 많은 노력을 해 왔습니다. 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)는 실제 초기 상태를 유지하기 때문에 분석 엔지니어는 현상 분석 및 알고리즘 검증에 집중할 수 있습니다. 자세한 내용은 참고2를 참조하십시오.

정수 (WATER PURIFICATION) 플랜트를 위한 운전자 교육 시뮬레이터

상수도 시설 및 장비의 관리 및 유지를 위해서는 경험을 바탕으로 한 고도의 기술이 필요합니다. 그러나 상수도 산업의 운전자 수는 감소하고 있습니다. 특히 베이비 붐 세대의 대대적 퇴직으로 인해 해당 기술을 유지하고 경험이 부족한 운전자에게 기술을 전수하기가 어렵습니다. 또한 최근 몇 년 동안 다른 많은 문제가 발생했습니다. 예를 들어, 비정상적으로 높은 강우량 때문에 수원의 수질이 큰 변동이 발생하고 홍수 조절의 필요성이 중요하게 되었습니다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 수질을 적절하게 관리하고 정전 등 이상에 대응할 수 있는 전문 인력을 확보가 필요하며 이와 관련 다양한 대책이 검토되고 있습니다. 이에 대한 해결책으로 우리는 OmegaLand를 사용하여 운전자 교육 시뮬레이터를 개발했습니다. 이 시스템을 통해 직원은 탁도 (turbidity)가 높은 원수 (raw water)를 처리하는 방법 (높은 수준의 기술이 필요함), 비정상적인 운전 조건에서 펌프와 인젝터 (injectors: 주입기)를 전환하는 방법, 화학 주입 장비의 고장을 해결하는 방법을 배울 수 있습니다⁽³⁾.

기존 정수장 시뮬레이터와 달리 OmegaLand를 이용한 시뮬레이터는 다음과 같은 특징이 있습니다.

- 운전자 교육을 위해 개발된 장비 모델
정수 시설에 특화된 장비를 나타내는 유닛 모델(unit model)을 개발하여 용적(dimensions) 및 기타 요소를 파라미터로 설정했습니다. 이 모델은 실제 장비에 쉽게 맞추어 할 수 있습니다.
- 동적 특성이 있는 모델
우리는 동적 거동(dynamic behaviors)을 반영할 수 있는 모델을 사용합니다. 예를 들어 이온 평형, 탁도, 염소 소비 및 농도 전파 (concentration propagation) 등이 그러한 물리적 모델을 나타냅니다.

동적 시뮬레이션을 위한 오메가랜드 통합 환경이 어떻게 SDGs 달성에 도움이 되는가?

그림3은 시뮬레이션의 예를 보여줍니다. 응집제 (floculant: 폴리 염화 알루미늄(PAC))를 혼합 용기에 주입하는 속도는 단계적으로 다양하며 pH 값의 실제 동적 거동(dynamic behavior)과 시뮬레이션 결과를 비교합니다.

그래프는 단계 변경 시 거동의 방향이 일관되고 일시적인 변화를 포함한 값의 차이가 0.02 이내임을 보여줍니다. 이는 시뮬레이션 결과가 운전자 교육에 충분히 정확함을 나타냅니다.

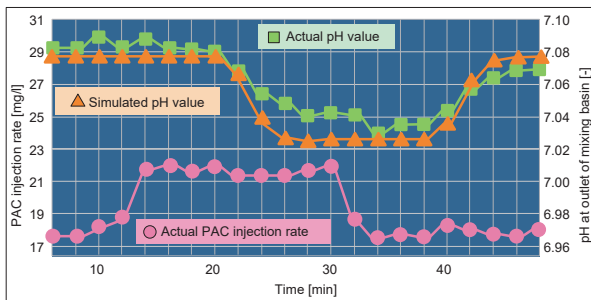


그림3 시뮬레이션 예

OmegaLand의 향후 응용 프로그램

발전된 모델링 및 시뮬레이션 기술을 기반으로 개발된 OmegaLand는 고객이 SDGs를 비롯한 다양한 문제를 해결할 수 있도록 해 주는 잠재력을 가지고 있습니다. 우리는 가까운 장래에 동적 시뮬레이션 기술과 그 활용을 위해 다음 주제를 연구하고 있습니다.

- 수준별 교육 환경 확대
 - 미러 플랜트 (MIRROR PLANT: 온라인 시뮬레이터)를 사용하여 플랜트 상태의 발전된 모니터링
 - 공정 분석 및 운전 조건 최적화
- 이러한 노력은 다음 섹션에서 설명합니다.

수준별 교육 환경 확대

발전된 교육 환경을 제공하기 위해 우리는 다른 분야의 기술을 적극적으로 도입합니다. 예를 들어 3D 시각화 및 AR 기술과 햅틱 (haptics) 장치를 사용하여 교육 환경에서 현실감을 향상시키고 있습니다. 또한 과거에는 평가할 수 없었던 인간 행동의 특성을 훈련과 교육에 적용하기 위해 인간 감지 기술을 활용하고자 합니다.

그림4는 우리가 이미 시작한 이러한 노력의 예를 보여줍니다. 이 솔루션은 교육생의 시점의 움직임을 실시간 영상에 시각화하여 표시하고 교육생이 실제로 육안으로 확인해야 할 지점을 보는지 여부를 판단합니다. 또한 기존에 2D 도면과 지도로 표현되는 3D 워크 스루 (Walk-Through) 콘텐츠를 표시하여 보다 사실적인 현장 운전자 교육이 가능한 시스템을 개발했습니다. 이러한 시스템은 이미 일부 고객이 사용하고 있습니다.

3D 및 AR 기술과 포스 피드백(force feedback)과 같은 햅틱 장치 기술을 통합함으로써 OmegaLand는 시뮬레이션의 현실을 개선하고 운전자가 보다 정교한 협력 작업에 참여할 수 있도록 지원할 것

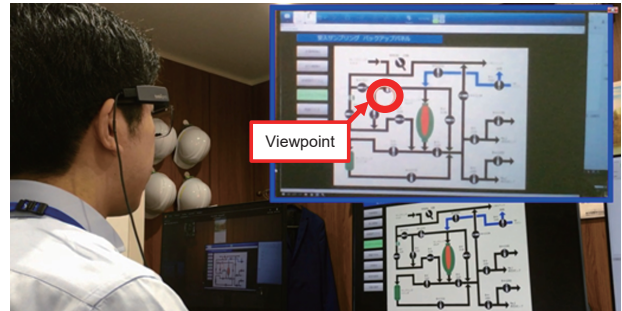


그림4 관점 이동 평가 예

로 기대됩니다. 또한 네트워크, 클라우드, Telexistence 기술을 통합하여 COVID-19 등의 어려움으로 인해 그룹 세션이 불가능한 상황에서도 활용가능한 교육 환경을 제공할 계획입니다.

미러 플랜트 (MIRROR PLANT: 온라인 시뮬레이터)를 사용한 플랜트 상태의 발전된 모니터링

실제 운영 환경에서 모델링 및 시뮬레이션 기술의 강점을 활용하기 위해 동적 거동 표현력 강화 및 온라인 기능 강화에 중점을 두고 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)의 기능을 개선할 계획입니다.

이를 통해 특정 에너지 소비를 시각화하고 제품 사양 허용 오차를 모니터링하며 효율적이고 안정적인 운전을 유지할 수 있는 메커니즘을 제공합니다.

운전 조건의 공정 분석 및 최적화

최근에는 다양한 회사와 연구 기관의 노력으로 AI 기술, 빅 데이터 분석 등 컴퓨터 과학 분야의 기술 혁신이 가속화되고 있습니다. 참고문헌4에서 지적한 바와 같이, 연속 운전 플랜트에서 사용 가능한 데이터는 정상 운전 조건에서 정상 상태 주변에서 약간만 변동하기 때문에 이러한 기술을 플랜트 모니터링 및 작동에 적용하기가 쉽지 않습니다. 반면에 동적 시뮬레이터는 광범위한 운전, 심지어 비정상에 가까운 조건에서도 데이터를 생성할 수 있습니다. 시뮬레이터와 실제 플랜트 데이터를 사용하여 서로를 보완함으로써 보다 발전되고 정확한 운전을 지원하는 메커니즘을 제공할 수 있습니다.

또한 보다 빠르고 안정적으로 솔루션을 얻을 수 있는 최적화 해결사 (optimization solver)와 시뮬레이터를 결합하여 시뮬레이터를 사용하여 시행 착오를 통해 얻을 수 있는 최적의 운전 조건을 운전자에게 제공할 수 있습니다.

결론

이 백서에 설명된 시뮬레이션 기술과 현장 디지털 및 제어 시스템 엔지니어링이 결합되면 OmegaLand의 응용 프로그램이 크게 확장될 것입니다. 메커니즘은 제어 시스템에 내장되어 있습니다. 그리고 공정 장비의 최신 정보 및 운전 데이터가 시뮬레이터에 공급됩니다. OmegaLand는 플랜트 라이프 사이클 전반에 걸쳐 광범위한 솔루션에 사용할 수 있습니다. 여기에는 실제 플랜트 및 제어 시스템을 업데이트 할 때 제어 알고리즘 확인, 시스템 업데이트 전에 운전자를 위

한 교육 세션 제공, 시뮬레이션 모델 리모델링 및 튜닝 비용 저감, 미러 플랜트 (MIRROR PLANT)의 예측 정확도 향상, 최적 및 제어 지원 정확도 향상, 에너지 절감 방식의 작동 등이 포함됩니다.

본 백서에 기술된 고도의 시뮬레이터를 제어 시스템과 결합하여 고객이 안전한 운영을 달성하고 생산 및 관련 기술을 개선하며 운영 기술을 혁신하고 SDGs를 달성 할 수 있도록 지원합니다.

참고문헌

- (1) United Nations Development Programme, “Sustainable Development Goals,” <https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainabledevelopment-goals.html> (accessed on October 15, 2020)

- (2) Toshiaki Omata, Takayasu Ikeda, et al., “Case Examples of MIRROR PLANT for Chemical Process,” Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 62, No. 2, 2019, pp. 97-102
- (3) Makio Ishikawa, et al., “Dynamic Simulation of Water Quality in Water Purification Facilities,” Proceedings of the 2018 National Conference of the Japan Water Works Association (in Japanese)
- (4) Yoshiyuki Yamashita, “Three AI Challenges to Achieve Plant DX,” Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 62, No. 2, 2019, pp. 55-56

* Visual Modeler and OmegaLand are registered trademarks of Omega Simulation Inc.

* All other company names, organization names, product names, and logos that appear in this paper are either trademarks or