

“자동차 제작 퀄리티 끌어올리는 노하우”

자작자동차 동아리 SSARA가 전하는 HP 데스크톱 워크스테이션 활용 전략



해석의 본질과 핵심에 집중하다

새로운 기회를 포착하다

결과 퀄리티를 최대로 끌어올리는 노하우

무단 전재 재배포 금지

본 PDF 문서는 IDG Korea의 자산으로, 저작권법의 보호를 받습니다.
IDG Korea의 허락 없이 PDF 문서를 온라인 사이트 등에 무단 게재, 전재하거나 유포할 수 없습니다.

“자동차 제작 퀄리티 끌어올리는 노하우”

자작자동차 동아리 SSARA가 전하는 HP 데스크톱 워크스테이션 활용 전략

IDG Custom Contents



“자작자동차의 완성도를 높이려면 아이디어를 빠르게 구현하고 해석 작업을 반복해 설계를 지속적으로 향상시켜야 한다. 하지만 기존에는 해석 작업을 할 때 답을 정해놓고 끼워 맞추는 것 같은 느낌을 지울 수 없었다. HP 워크스테이션을 통해 작업 환경이 갖춰지면서 설계값을 반복 해석해 볼 수 있었을 뿐만 아니라 정확하게 무엇을 수정하고 개선할지 파악할 수 있었다. 정해진 답을 따라가는 것이 아니라, 실제로 오류를 찾거나 설계값이 맞는지 확인하는 ‘진정한 의미’의 해석을 경험했다.”

자작자동차는 말 그대로 ‘스스로 만드는 자동차’다. 차체부터 시작해 엔진 동력을 바퀴에 전달하는 동력전달장치, 주행 방향을 조정하는 조향장치, 감속 또는 정지를 위한 제동장치, 공기 흐름을 제어하는 에어로 파츠까지 수많은 구조와 부품을 설계, 조립, 제작, 테스트해야 한다. 들어가는 부품 수만 약 500개에 달한다.

관건은 설계다. 설계 단계는 형상 설계와 해석으로 이뤄진다. 형상 설계가 완료되면 해석을 진행해 성능과 안정성을 확인한 후 제작에 들어간다. 이때 설계와 해석이 전체 작업의 70%, 제작은 30%를 차지한다. 실제 제작에 앞서 충분히 검증하지 않으면 차량 완성 단계에서 수정 사항이 많아질 수 있기 때문에, 오차를 최소화하는 해석은 매우 중요하다.

하지만 기존에는 해석 작업을 이른바 ‘답정너’식으로 접근했다는 점이 송실대학교 기계공학부 자동차 연구회 ‘SSARA(Soong-Sil Automobile Research Association)’가 직면한 과제였다.

SSARA의 이영훈 회장은 “에어로 파츠 설계를 예로 들면, 어떤 부품을 설계했을 때 ‘성능을 위해서 없는 것보다는 있는 것이 낫겠지’라고 생각하는 경향이 없지 않았다”라면서, “그 결

과 제작에서 미처 알아차리지 못한 실수 또는 예상치 못한 변수가 생겨 설계 또는 해석으로 되돌아가야 하는 일이 비일비재했다”라고 말했다.

이런 관행 이면에는 제대로 된 작업 여건이 갖춰지지 않은 문제가 있었다. 학회방에 있는 데스크톱과 학생 개인 노트북을 혼합해 사용하는 작업 환경에서는 해석 속도도 오래 걸렸고, 정확도도 떨어졌다. 개인 노트북에서 해석 프로그램을 돌릴 때 형상이 조금만 복잡해지면 메모리 사용량이 96%에 육박해 다른 작업을 전혀 할 수 없었다. 결과값을 얻어내려면 평균적으로 최소 3~4시간에서 최대 하루가 걸렸다.

김가연 대외협력부장은 “컴퓨터가 감당할 수 있는 성능에 맞춰 해석을 진행하다 보니, 대회 준비를 위해 이전 해석 값을 다시 검토했을 때 기존 해석 값을 신뢰할 수 없었다”라고 말했다.

한편 자작자동차 프로젝트는 1년 단위로 진행된다. SSARA는 2023년 8월에 개최되는 KSAE 대학생 자작자동차 대회와 10월에 개최되는 KSAE 대학생 스마트 e모빌리티 경진 대회에 나갈 계획으로 지난 1월부터 프로젝트를 시작했다. KSAE 대학생 자작자동차 대회에서는 포물러 부문 및 기술 부문에, KSAE 대학생 스마트 e모빌리티 경진대회에서는 전기

전문적인 작업 환경을 구축해 주는 HP 워크스테이션



다양한 산업에서 데이터 사용량이 증가함에 따라 더 높은 수준의 컴퓨팅 성과 데이터 처리 속도가 요구되는 한편, 하이브리드 근무 환경의 확대로 원격에서도 전문 영역의 워크로드를 처리하고 원활하게 협업하려는 니즈가 커지고 있다. 즉, 고성능 컴퓨터의 중요성이 점점 더 부각되고 있다. '워크스테이션(Workstation)'은 겉으로 보기에는 일반적인 데스크톱 PC나 노트북과 별반 다르지 않지만, 딥러닝 및 머신러닝 모델 학습부터 대규모 데이터 연산, 3D 모델링 및 시뮬레이션, 고화질 영상 편집, 설계 및 디자인까지 전문 영역의 워크로드에서 최적화된 업무 환경을 지원하는 고성능 컴퓨터다.

HP는 인텔의 프로세서와 엔비디아의 RTX GPU를 탑재한 데스크톱 워크스테이션, 모바일 워크스테이션, 서버 랙형 워크스테이션을 모두 제공한다. 아울러 하드웨어 기반의 보안 솔루션, 다양한 전문 소프트웨어와 시스템과의 호환성, 데이터 과학 소프트웨어 및 도구를 쉽고 간편하게 사용할 수 있는 데이터 사이언스 스택 매니저, 긴 제품 수명 주기 등 다양한 기능을 지원하고 있다.



그림 1 | 2023 KSAE 대학생 자작자동차 대회에 참가한 SSARA의 포물러 차량

자동차(EV) 부문에 참가했다.

해석의 본질과 핵심에 집중하다

가령 책상을 위에서 아래로 누른다고 해보자. 이때 책상을 지지하는 다리의 모든 부분이 동일한 힘을 받는 것은 아니다. 힘을 많이 받는 부분이 있고, 적게 받는 부분이 있다. 여기서 힘을 적게 받는 부분을 제거해도 동일한 힘을 견뎌낼 수 있는지 확인하는 과정이 바로 해석이다.

• 에어로 부서 : 에어로 파츠 유동 해석

해석 정확도, 특히 에어로 파츠의 전

산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD) 해석 정확도를 높이는 것이 HP Z2 데스크톱 워크스테이션 사용의 첫 번째 목표였다.

에어로 파츠(Aeroparts)는 자동차가 달릴 때 생기는 공기 흐름을 의도하는 방향으로 바꾸는 부품이다. 포물러에서는 차량을 바닥 면으로 누르는 힘인 다운포스를 위한 에어로 파츠가 핵심이다. 다운포스를 증가시키면 공기가 차량을 눌러주기 때문에 고속으로 주행하거나 코너링을 할 때 주행 안정성이 높아진다. 따라서 프론트 윙(Front Wing), 리어 윙(Rear Wing) 등 에어로 파츠는 일반적인 부품 해석과 달리 공기 흐름을 다루는 열유동 해석이 필요하다.

이때 해석 정확도에 큰 영향을 미치는 요소가 있다. 해석을 진행하기 위해 필요한 메시 생성이다. 해석 대상이 되는 형상을 컴퓨터가 인식할 수 있는, 작고 규칙적인 모양의 요소로 분할해야 하는데, 이때 생성된 요소의 집합이 메시(Mesh)다. 메시가 정교할수록 해석 정확도가 높아진다. 하지만 메시의 밀도 역시 최적화된 환경이 뒷받침돼야 세밀하게 만들 수 있기 때문에, 기존 작업 환경에서는 정교한 메시 생성이 어려웠다.

이영훈 회장은 “열유동 해석은 단순히 형상만 메시를 생성하면 되는 것이 아니라 공기 흐름을 볼 수 있는 공간까지 메시를 생성해야 해서 시간이 오래 걸린다. 이전에는 유의미한 열유동 해석을 1회 하는 데 꼬박 하루가 소모됐다. 메모리 부족으로 열유동 해석 프로그램이 도중에 꺼지는 경우도 잦았다. 어쩔 수 없이 열유동 해석에 적합하지는 않은 중간급

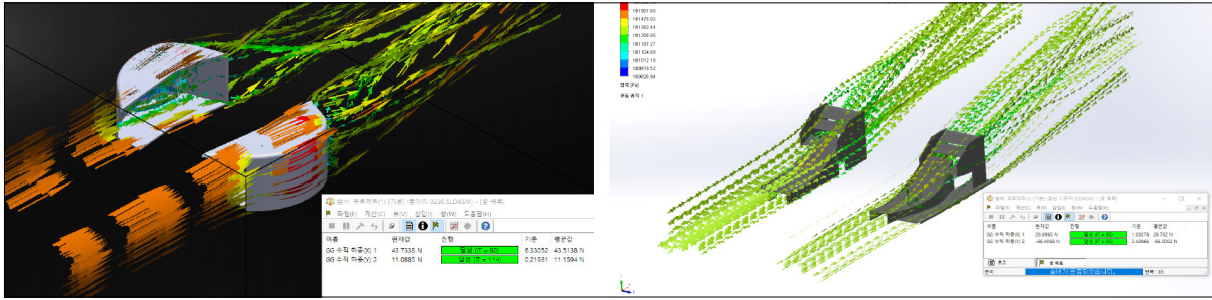


그림 2-1 | 2022년도 열유동 해석 결과 장면

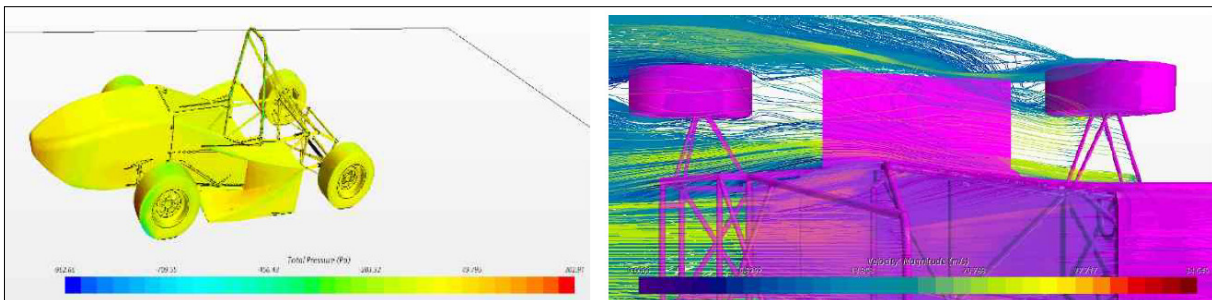


그림 2-2 | 2023년도 열유동 해석 결과 장면

CAD 프로그램을 사용했다. 해석 정확도가 떨어질 수밖에 없었다”라고 말했다.

최적화된 작업 환경이 열유동 해석 정확도를 얼마나 향상시킬 수 있었는지는 2022년도와 2023년도 해석 결과값에서 뚜렷하게 드러난다. 이영훈 회장은 “유동 해석에 적합하지 않은 프로그램을 쓰다 보니 해석 장면 도출과 결과값에 한계를 느꼈었다. 이번에는 HP Z2 워크스테이션을 사용하면서 CFD 시뮬레이션 소프트웨어인 스타-CCM+(STAR-CCM+)을 실행할 수 있게 됐다. 그 결과, 전년도와 비교해 차량 형상은 물론 공기 흐름이 더 구체적이고 정밀하게 구현됐다”라고 언급했다.

김가연 대외협력부장은 “또 메시 크기를 기본 설정인 250mm에서 시작해 1mm까지 최대한 쪼개 줄일 수 있었던 것도 해석 정확도 향상에 도움이 됐다. 메시 크기를 줄인다는 것은 예를 들면 주먹 하나만 해석하던 것을 손가락 5개 하나하나 해석한다는 의미다. 그만큼 더 많은 컴퓨팅 파워가 필요한데, HP Z2 워크스테이션을 이용해 원활하게 처리할 수 있었다”라고 말했다.

실제로 메시 크기 감소에 따라 컴퓨팅 부하가 어떻게 변화하는지 구체적으로 정리한 것이 <표 1>이다. HP Performance Advisor로 CPU 사용량과 메모리 사용량을 측정해 보니 메시 크기를 1/250로 줄였을 때, 즉 250배 더 정밀하게 분석했을 때 CPU 사용량은 7배, 메

표 1 | 메시 크기 축소에 따른 평균 CPU 및 메모리 사용량의 변화

	메시 크기가 250mm일 때	메시 크기가 1mm일 때
CPU 평균 사용량(코어 수 : 10)	1%(1.12GHz)	7%(3.72GHz)
메모리 평균 사용량	19%(12.3/63.7GB)	26%(16.6/63.7GB)

메모리 사용량은 1.4배 늘어났다. 이만큼 강력한 컴퓨팅 파워가 필요한 작업이지만, HP Z2 워크스테이션을 이용해 문제없이 해석할 수 있었다.

성능 뿐만 아니라 해석 시간도 단축됐다. 기존에는 열유동 해석 작업에 하루가 꼬박 걸렸는데, HP Z2 워크스테이션을 사용한 후에는 길어야 1시간이면 충분했다. 결과적으로 변수를 바꿔 가며 하루에 열유동 해석을 10번 이상 반복할 수 있게 됐다. 산술적으로 단순 계산해도 하루 데이터 처리량이 최소 10배 늘어난 만큼 열유동 해석의 정확도를 더 높일 수 있었다.

• 새시 부서 : 벨크랭크 위상최적화

자동차의 조향장치 부품 중 하나인 벨크랭크(Bell Crank) 위상최적화는 초기 HP Z2 워크스테이션 사용 목표에 포함돼 있지 않았다. 에어로 파츠 열유동 해석을 정확하고 빠르게 수행한 덕분에 가능했다. 에어로 파츠 설계 및 해석 작업이 7월까지 계획돼 있었는데 예정보다 이른 5월에 완료됐다. 다른 부서에서도 워크스테이션의 가능성을 탐색할 수 있었고, 그 중 하나가 벨크랭크 위상최적화였다.

각종 구조와 부품의 경량화를 통해 중량을 감소시키는 차량 경량화는 주행 속도를 증가



그림 3-1 | 경량화 전

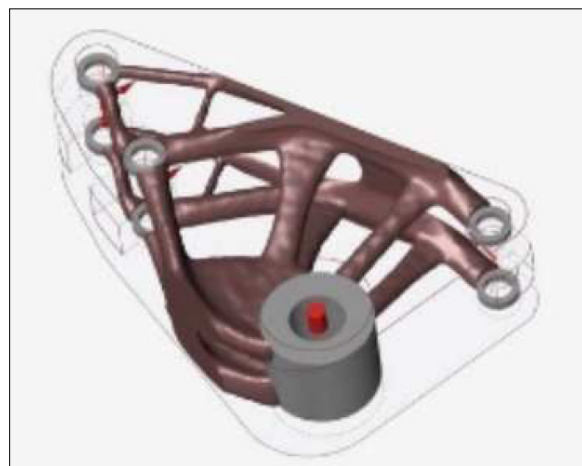


그림 3-2 | 경량화 후

시킬 뿐만 아니라 연비를 향상시킨다는 점에서 의미가 있다. 이영훈 회장은 “차량 무게가 1kg 감소하면 기록을 약 0.1초 줄일 수 있다. 올해 계획한 목표는 10kg 감소였다. 물론 강성은 유지하면서 무게만 감소시켜야 하기 때문에 쉬운 일은 아니다”라고 말했다.

벨크랭크 위상최적화의 목표는 ‘강성 최대화, 무게 30% 감소’였다. 하지만 벨크랭크의 크기 자체가 작은 데다가 최적화하려는 최소 두께와 최대 두께도 각각 3mm, 6mm였기 때문에 기존 작업 환경에서는 이렇게 작은 크기의 메시 생성이 어려웠다.

김가연 대외협력부장은 “HP Z2 워크스테이션을 사용해 원활하게 작은 값의 메시를 생성할 수 있었고, 무게는 줄이면서도 강성은 최대화하는 설계를 할 수 있었다. 실제로 최적화 후 무게가 230g에서 150g으로 감소했다”라고 설명했다.

최종적으로 차량의 무게를 얼마나 감량할 수 있었을까? 이영훈 회장은 “드라이버가 탑승하지 않은 공차 중량을 기준으로 자체 측정한 결과 작년과 비교해 차량 무게를 10kg 줄일 수 있었다. 작년 공차 중량은 243kg이었고, 올해 공차 중량은 232~234kg이 나왔다”라고 전했다.

• 파워트레인 부서 : 수냉 시스템 모델링

자동차에서 파워트레인(Powertrain)은 엔진 동력을 바퀴에 전달하는 과정에서 필요한 부품을 말한다. SSARA의 파워트레인 부서는 크게 구동계 부품과 수냉 시스템을 담당한다. 작년 수냉 시스템의 미흡했던 부분을 개선하는 작업에 HP 데스크톱 워크스테이션이 사용됐다.

이영훈 회장은 “기술 부문에서 업그레이드된 모터 스펙에 맞춰 수냉 시스템 호스에 기존의 테프론 호스(PTFE) 대신 열전도율이 높은 동관을 적용하기로 했다. 아울러 6L/min에서

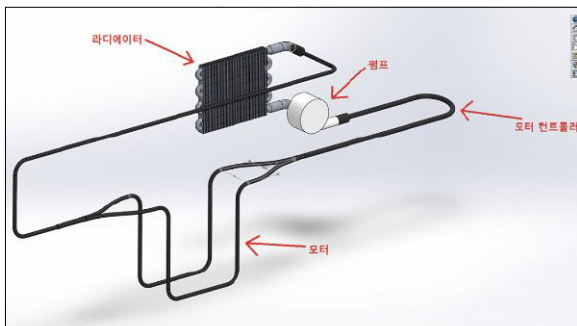


그림 4-1 | 2022년 수냉 모델링

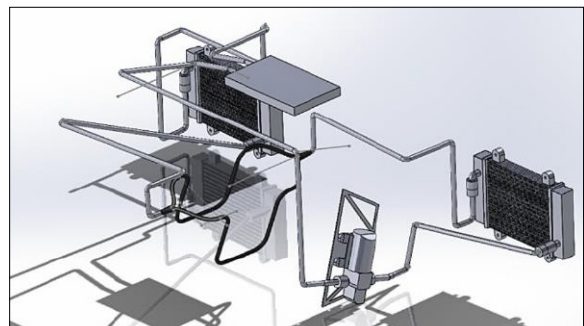


그림 4-2 | 2023년 수냉 모델링



15L/min 유량의 펌프로 교체하기로 했다. 이후 호스와 펌프를 교체했을 때 문제가 없을지, 어떤 성능 변화를 보여주는지 해석을 진행했다”라고 설명했다.

해당 해석 작업을 진행하려면 수냉 시스템과 관련된 부품을 모두 모델링하고 조립해 유량 해석을 해야 한다. 작년에는 모델링을 할 때 지연 시간이 길거나 노트북이 아예 멈춰버리는 경우가 잦았기 때문에 부품을 최대한 단순화시킬 수밖에 없었다. 올해는 HP Z2 워크스테이션을 통해 실제 형상과 거의 유사한 모델링이 가능해졌다. <그

림 4>에서 수냉 시스템의 모델링이 얼마나 정교해졌는지 볼 수 있다.

해석 시간 단축, 정확도 향상에서 나아가 SSARA는 비용 절감 효과까지도 얻을 수 있었다고 밝혔다. 시행착오가 줄었기 때문이다. 이영훈 회장은 “배터리 시스템을 테스트 중이라고 해보자. 만약 배터리 온도가 계산했던 것을 훨씬 초과해 고장 나 버린다면? SSARA에서는 최소 200개 이상의 배터리 셀을 결합해 배터리 시스템을 만든다. 개별 배터리 셀 단가 (2023년 초 기준 4,000원~5,000원)를 감안하면, 다시 제작한다고 할 때 최소 80만 원에서 최대 100만 원의 비용을 추가로 지출해야 하는 셈이다. 2023년 SSARA 예산이 약 2,500만 원이기 때문에 큰 지출이라고 할 수 있다”라고 말했다.

이어 김가연 대외협력부장은 “실제로 일어날 수 있는 일이고, 많이 발생하는 일이기도 하다. 가장 흔한 사례는 각각의 부품을 고정하는 브라켓의 강도 해석이 잘못돼 브라켓이 휘다든가 떨어져 나가는 경우다. 브라켓 가격이 비싼 편은 아니지만, 다시 주문해서 제작해야 하는 일이 잦으면 부담이 커지기 마련이다. 불필요한 비용은 줄이고 필요한 곳에 비용을 집중할 수 있다는 점에서 상당한 이점이 있다”라고 덧붙였다.

새로운 기회를 포착하다

SSARA는 2023 KSAE 대학생 자작자동차 대회에서 새로운 부문에 참가했다. KSAE 대학생 자작자동차 대회는 바하 부문, 포물러 부문, 기술 부문으로 진행되는데, 지금까지 SSARA는 바하 또는 포물러 부문에만 참여했다. 하지만 올해는 배터리 열 관리와 관련된 기술로 기술 부문까지 참가했다. 한편 SSARA는 대회에 앞서 ‘수냉과 공냉을 합친 냉각장

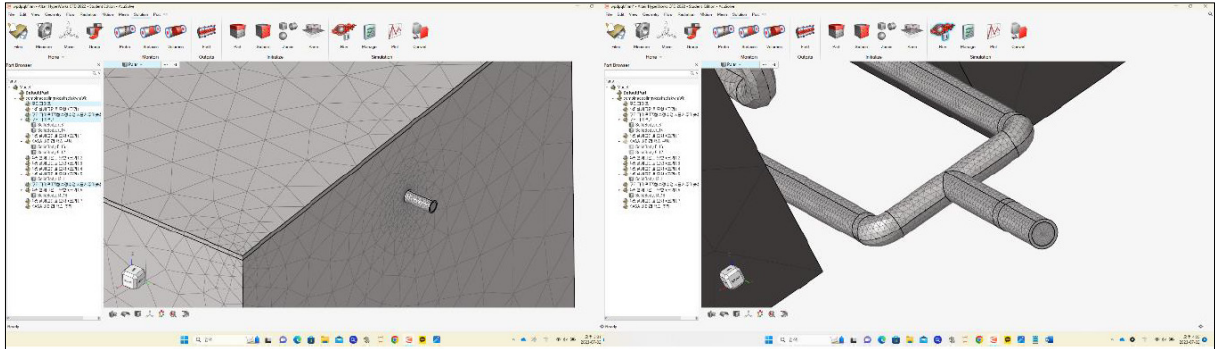


그림 6 | 배터리 팩 메시 생성 모습

치' 기술로 2023 한국대학생자동차연구회(AARK) 학술대회 포스터 부문에서 1등을 수상하기도 했다. 그동안 자작자동차에만 집중했다면 HP Z2 워크스테이션을 통해 다양한 해석을 정확하고 빠르게 시도해 보면서 새로운 기회에 도전하고 결실까지 볼 수 있었다는 것이 이영훈 회장의 설명이다.

이영훈 회장은 “일반적으로 공기를 사용해 배터리를 냉각하는 공냉 방식을 많이 사용한다. 배터리와 근접한 곳에 구리관을 배치하고 물로 냉각하는 수냉 방식도 있지만, 수냉 방식은 안정성을 이유로 많이 사용되지 않는다. 아이디어는 ‘이 두 방식을 섞는다면 더 효율적으로 배터리를 냉각할 수 있지 않을까?’에서 시작됐다. 공냉 방식/수냉 방식/공냉과 수냉을 합친 복합 방식을 각각 적용했을 때의 온도 분포와 감소를 해석 및 비교했다”라고 말했다.

기존에는 아예 시도조차 할 수 없었던 일이었다. 공기 흐름만 열유동 해석하는 것도 어려웠던 상태에서 무려 공기와 물이라는 별개의 유체가 결합된 형태를 해석하는 것은 불가능에 가까웠다.

김가연 대외협력부장은 “개인 노트북으로 했을 때 최고 온도까지 올라가는 데 최소 6시간 이상 걸렸던 해석 작업인데, 60초 단위로 해석 프로그램을 실행했을 때 1시간 만에 지연 없이 결과값을 확인했다. 200개가량의 원통형 배터리 셀을 결합해 만든 배터리 팩의 메시도 문제없이 생성할 수 있었다”라고 전했다.

결과 퀄리티를 최대한 끌어올리는 노하우

작업 환경의 퀄리티는 결과의 퀄리티로 이어지기 마련이다. 이영훈 회장은 HP 워크스테이션을 통해 더 생산적이고 가치 있는 일에 몰두할 수 있는 환경을 구축할 수 있었다고 강조했다. “불필요한 시간과 비용을 줄이고 더 많은 가치를 가져갈 수 있었다. 에어로 파츠 설계 및 해석 작업은 7월까지였다. 2월부터 HP Z2 워크스테이션을 사용하기 시작해 5월에 해

당 작업을 마쳤다. 확보한 여유 시간 동안 결과값을 반복 해석해 정확도를 높이거나, 다른 부품의 설계 및 해석 작업을 진행하거나, 기술 부문에 새롭게 도전하는 기회를 얻을 수 있었다”라고 전했다.

김가연 대외협력부장은 진정한 의미의 해석을 해볼 수 있었던 기회라고 언급하면서, “학생 개인의 장비로는 높은 수준의 해석을 할 수 없었다. 뭔가 시도해 보려고 해도 오류가 뜨거나 컴퓨터가 아예 멈췄다. 그러다 보니 다소 주먹구구식의 설계가 이뤄졌던 것도 사실이다. HP 워크스테이션을 통해 작업 환경이 갖춰지면서 해석을 통해 정확하게 검증할 뿐만 아니라 무엇을 개선하면 좋을지 파악할 수 있었다”라고 말했다.

이어 이영훈 회장은 “사실상 대학교 동아리 수준에서는 활용할 수 있는 장비와 예산이 제한적이기 때문에 항상 현실과 타협해야 했다. 강력한 성능을 안정적으로 제공하는 하드웨어를 통해 결과의 퀄리티 향상부터 효율성 및 생산성 개선, 비용 절감까지 다양한 이점을 누릴 수 있었다. 또한 더 이상 현실과 타협하지 않고 이상을 향해 나아가볼 수 있었다”라고 덧붙였다.

Interview

SSARA 이영훈 회장· 김가연 대외협력부장 일문일답

SSARA는 1992년 창립됐다. 현재 약 66명의 동아리원이 SSARA의 비전을 함께 하고 있다. 가장 최근 성적으로는 2021년 KSAE 대학생 자작자동차 대회 포물러 부문 장려상, 2021년 국제대학생 창작자동차 경진대회 전기차 부문 장려상을 수상한 바 있다. 이영훈 회장은 자동차라는 가치를 소유하는 것이 아니라, 그 가치를 직접 만들어 내는 사람이 되기 위해 SSARA에 참여하게 됐다. 김가연 대외협력부장은 모든 사람이 합심해 하나의 차량을 A부터 Z까지 만드는 과정에 매력을 느껴 SSARA에 들어오게 됐다고 밝혔다. 다음은 이영훈 회장과 김가연 대외협력부장과의 일문일답이다.

HP 데스크톱 워크스테이션을 사용하고 나서 가장 크게 달라진 점이 있다면?

김가연 대외협력부장 : 기존에는 설계, 해석, 제작, 테스트로 이어지는 순차적인 과정에서 민첩하게 움직이는 것이 어려웠다. 특히 해석 작업이 시간을 많이 잡아먹었기 때문에 해석에서 다시 설계로, 제작에서 다시 해석으로 가는 일은 시간 및 비용적 리스크가 컸다. 그래서 일부러 보수적으로 설계를 하기도 했다. 이를테면 필요 이상으로 부품을 넣는 식이다. HP Z2 워크스테이션을 사용한 이후로는 동시다발적인 작업 수행이 가능해졌다. 해석 작업 시간이 크게 단축됐기 때문에 아이디어를 거의 실시간으로 적용하고 결과를 즉각적으로 얻음으로써, 인사이트를 확보하고 차량의 품질을 향상시킬 수 있었다.

이영훈 회장 : 동아리에서 쓰는 데스크톱이 조립식 PC인데, 현재 그래픽 카드가 고장 나 방치해두고 있



다. 고장 원인은 다양하겠지만, 사실 해석 프로그램을 돌리는 것 자체가 컴퓨터를 혹사시키는 일이라 실행하면서 불안할 때가 많다. HP 워크스테이션을 사용하기 시작하면서 불안과 우려가 사라졌다. 메시 크기를 최대한으로 줄이거나, 한 번에 2개 이상의 해석 프로그램을 실행하거나, 복잡한 모델링 작업을 해도 안정적인 것이라는 믿음이 생겼다.

앞으로의 HP Z2 워크스테이션 활용 계획은?

이영훈 회장 : 기존에는 해석 데이터를 신뢰할 수 없는 경우가 대다수였기 때문에 데이터를 축적하고 활용하는 사후 작업이 다소 미흡했다. HP Z2 워크스테이션을 사용하면서 신뢰할 수 있는 정확한 해석 결과 값을 얻을 수 있게 된 만큼, 데이터를 제대로 수집하고 관리해 앞으로의 설계 및 해석 과정에 쓸 수 있도록 그 기반을 닦을 계획이다.

김가연 대외협력부장 : AARK 학술대회에서 1등을 수상한 기술 주제를 가지고 다른 학술대회에도 참가할 예정이다. 작업 환경이 갖춰졌다 보니 분석을 고도화하기 위해 스타CCM+와 엔시스라는 프로그램을 추가로 사용해 배터리 셀 해석을 진행할 계획이다. 해석을 더 정밀하게 할 수 있기 때문이다.