

※ 본 아티클은 CMP MEDIA LLC와의 라이선스 계약에 의해 국문으로 제공됩니다

Gamasutra.com

과학으로 살펴보는 헤일로(Halo)

Kevin R. Grazier, Ph.D.

2007년 5월 02일

http://www.gamasutra.com/features/20070502/grazier_01.shtml

[편집자 주석: 앞서 쓰여진 글은 책의 초벌 단계로서 부정확한 자료를 담고 있었으나 이 글에서는 수정되었습니다.]



몇 년 전 필자는 산타 모니카

대학에서 플라네타륨 쇼를 연 적이 있었다. 필자는 이 쇼에 참가한 사람들 몇 명과 레스토랑으로 향해 우리의 천문학적인 교제를 이어나갔다. 대화의 주제는 행성과 별들에서부터 영화에 대한 것으로 이어졌고, 어떤 영화를 재미있게 봤으며 최근 무엇을 보았는지에 대한 이야기를 나누었다. 이 대화를 통해 이 사람들이 금요일 밤이면 플라네타륨 프레젠테이션에 참가해 우주에 대해 더 많은 것을 배우며 남는 시간에 자신들의 회색 뇌세포를 활동시키는 것을 즐긴다는 사실을 알 수 있었다. 이걸 그다지 놀라운 일이 아니었는데, 왜냐하면 이들이 언급한 영화들도 매우 지적인 것들이었기 때문이다.

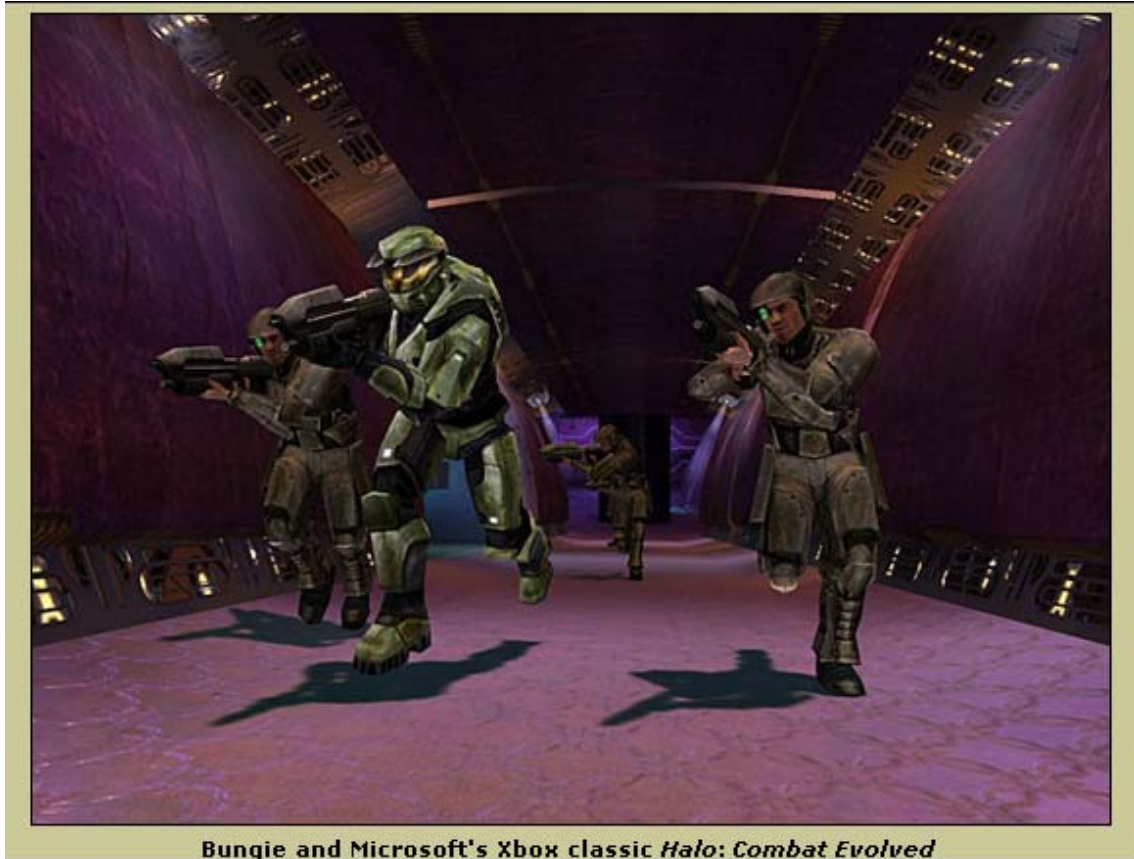
좌석 배치와 대화 주제의 진행 탓에 나는 마지막에 이야기를 꺼내게 되었다. 우리 중에서 철학박사 학위를 지닌 사람은 나 뿐이었기에 주변은 기대감이 담긴 공기로 충만했다. 과연 그가 무슨 말을 할까?

잘 알려지지 않은 다큐멘터리에 대해 이야기할까? 어쩌면 자극적인 외국 영화를 이야기할까? 그가 가장 소중히 여기는 클래식 영화 중 하나를 언급할까? 당시 내가 대답한 지적이지 않으며 매우 “블루칼라”적인 내용에 그들이 보인 큰 실망감은 놀라울 정도로 즐거웠다. 나는 단지 다음과 같이 대답했을 뿐이다. “사실 저는 지적인 자극은 일을 통해서 충분히 받기 때문에 영화를 보러 갈 때면 *마구 쏘고 터져대는 것을* 고릅니다.”

이러한 영화 취향을 고려한다면 필자가 오늘날의 수많은 FPS 비디오 게임들의 팬이라는 사실은 쉽게 상상할 수 있을 것이다. 나는 *둠(Doom)*의 큰 팬이며, 이 작품과 동일한 장르의 작품들도 매우 좋아한다. 그렇기에 *링월드(Ringworld)*, 내가 읽어본 최초의 공상과학 소설이다.)와 *에일리언 2(Aliens)*, 내가 가장 좋아하는 ‘다 때려부수는’ 공상과학 영화이다.)를 연상시키는 *헤일로: 전쟁의 서막(Halo: Combat Evolved)*이 출시되었을 때 나는 완전히 반해버렸다.

사실 이러한 일은 여러 *헤일로* 관련 웹사이트를 통해 만들어진 것이라고 할 수 있다. 실제로 *헤일로*의 줄거리 자체는 크게 독창적이지 않다. 작품의 내용 다수는 수많은 공상과학 도서, 영화, 그리고 신화, 심지어 성경의 내용까지 답습하고 있다. *헤일로*는 이 모든 것의 아말감(합금)이라고 할 수 있는 것이다. 게임을 진행하다 보면 영화 *에일리언 2* 를 떠올리게 하는 장면을 여럿 볼 수 있다. UNSC 순양함인 필라 오브 오텀(Pillar of Autumn)에서 병사들을 격려하는 상사의 모습은 *에일리언 2* 에 등장하는 상사의 모습을 떠올린다. 또한 필라 오브 오텀의 함교에서 게시판을 살펴보면 Jonesy 라는 이름의 잃어버린 고양이를 찾고 있다는 쪽지를 볼 수 있기도 하다. 그렇지만 *헤일로*가 독창적이든 그렇지 않든 간에 누가 신경을 쓰는가? 영화에서 그러하듯, 필자는 비디오 게임에서도 아드레날린을 마구 분비시키는 격렬한 또 다른 현실을 원한다. 만약

내가 좋아하는 영화를 연상시키는 시나리오 속으로 정말로 들어가게 되고, 거기서 수많은 폭발이 일어난다면 더 좋을 테고 말이다!



공상과학 작품들은 사람들의 경향을 분석하고 사회 비평을 할 수도 있다. 원작 *스타 트랙(Star Trek)*, *스타쉽 트루퍼스(Starship Troopers)*, 그리고 *배틀스타 갈락티카(Battlestar Galactica) v. 2.0* 등이 좋은 예이다. 공상과학은 또한 현실을 대체하는 좋은 수단이 되기도 한다. 만약 공상과학 이야기가 시청자, 독자, 게이머, 즉 참여자들을 미래의 머나먼 세계로 빠져들 수 있게만 해준다면 이들은 나날의 문제들에 시달리지 않아도 된다. 물론 참여자는 나름의 역할을 지닌다. 시간을 투자해 그 세계를 살펴볼만한 환경을 만드는 것이 작가의 임무라면, 그 세계를 여행하는 것은 독자의 임무이다. “불신의 자발적 중지(willing suspension of disbelief)”라는 단어는 1817년 Samuel Coleridge에 의해 만들어진 것이다.

공상과학 미디어의 팬들은 엔터프라이즈(Enterprise)호가 물체를 에너지로 변환시켜 나중에 다시 형태를 갖추게 만드는 방식으로 사람들을 전송할 수 있다고 믿는다. 또한 갈락티카(Galactica)는 인공 중력을 지니고 있으며, 밀레니엄 팔콘(Millennium Falcon)이 케셀런(Kessel Run)을 12 파섹 이하로 돌파할 수 있다고도 믿는다. 증명되지 않았거나(광속을 초월한 비행) 매우 받아들이기 힘든 사실(광선검)을 포함한 과학과 기술이 등장하더라도 그것이 멋진 감탄사를 이끌어낼 수 있다면 수용한다.

[역주] Kessel Run: 영화 *스타워즈(Star Wars)* 시리즈의 세계관 속에서 밀수업자들이 이용하는 통로로, Kessel 행성에서 Si'Klaata 성단으로 통한다. 주로 제국의 중요 자원인 Glitterstim 을 밀수할 때 제국군을 피하기 위해 사용한다고 한다.

동시에 만약 공상과학에 너무 많은 명백한 기술적 오류가 포함되어 있다면 참여자는 이야기에서 “떨어져 나가고”, 불신의 자발적 종지는 적용되지 않게 되어 극적인 영향력을 줄어들거나 사라지게 된다.(특히 참여자가 쉽게 이야기에 빠져들고 스토리도 제대로 진행되기만 했다만 충분히 재미있는 경우에는 이러한 문제가 더욱 심화된다.) 오늘날 수백만 대의 컴퓨터가 사용되고 인터넷 접근이 용이해짐에 따라 기술을 중시하는(tech-savvy) 사람들이 늘어나고 있다. 이들은 이야기 내의 기술적 정확성을 중요하게 받아들이며 기술적으로 부정확한 부분을 지적한다. 이에 따라 할리우드(Hollywood)는 공상과학 시리즈 및 영화에 포함된 과학적 부분이 올바르게 묘사되었는지에 대해서와 이를 통해 관객들이 장면에 몰입할 수 있는가를 알아보기 위해 기술 자문을 두는 일이 늘어나게 되었다.

만약 세계관, 캐릭터, 또는 스토리가 특출 나게 멋지다면 이 세계관을 스스로 탐구해보고자 하는 사람이 있을지도 모른다. 인터넷에는 Viper Mark II 와 Mark VIII 를 비교하거나 자신이 파란 알약을 먹을 것인지 붉은 알약을 먹을 것인지 논의하는 회원들이 있는 게시판으로

가득하다. 물론 이것은 수십 년도 전에 공상과학 컨벤션에서 존재했던 공상과학 추종과 현실 대체의 하이테크 버전에 지나지 않는다.

[역주] Viper: *배틀스타 갈락티카*에 등장하는 전투기의 이름.

*헤일로*의 세계는 비디오 게임과 소설, 그리고 곧 출시될 영화를 통해 상세하게 설명되며 이러한 풍부한 설정은 그 자체로도 큰 즐거움을 준다. 직접적이든 간접적이든 간에 *헤일로*의 세계에 연관을 지닌 과학 및 물리학 책을 써내는 것도 가능하지만 우리가 지닐 수 있는 작은 과학적 지식으로 즐길 수 있는 회전하는 고리형 초구조체(megastructure)(행성과 그 행성의 달 사이에 멈춰있다.)에 대한 사실은 바로 이것이 연구시설이자 매우 강력한 무기(superweapon)이라는 것이다.

세계는 이렇게... 시작되었다

“초구조체(megastructure)”라는 단어는 3 면이 100 킬로미터 이상이 되는 거대한 인공



구조물을 가리키는 용어이다. SF 와 추리 과학 분야에서는 거대한 규모의 구조물들이 등장해왔는데, 스타 트랙(Star Trek)의 보그 유니매트릭스(Borg Unimatrix)라던가 *은하수를 여행하는 히치하이커를 위한 안내서(The Hitchhiker's Guide to the Galaxy)*에 등장하는 지구 등이 좋은 예가 될 수 있겠다. 원형으로 생긴 초구조체를 처음으로 언급한 작품은 1970 년 휴고(Hugo)상과 네블라(Nebula)상을 휩쓴 Larry Niven 의 *링월드(Ringworld)*이다. Niven 은 Niven Ring 이라고도 불리는 Ringworld 에 대한 묘사를 1974 년의 저작인 *우주의 구멍(A Hole in Space)*를 통해 더욱 세세하게 설명하고 있다.

“나는 다이슨 스피어(Dyson Sphere)와 행성의 사이에 발걸음을 내딛는 꿈을 꾸었다. 반지름이 15,000 만 킬로미터-이것은 지구의 궤도이다-에 달하는 고리를 만들면 그 길이는 9 억 킬로미터에 달할 것이다. 목성의 질량을 지니고, 1,600 킬로미터의 너비를 지니고, 수천 미터의 두께를 지닌 고리를 만드는 것이다. 링월드는 다이슨 스피어보다 더욱 견고할 것이다.”

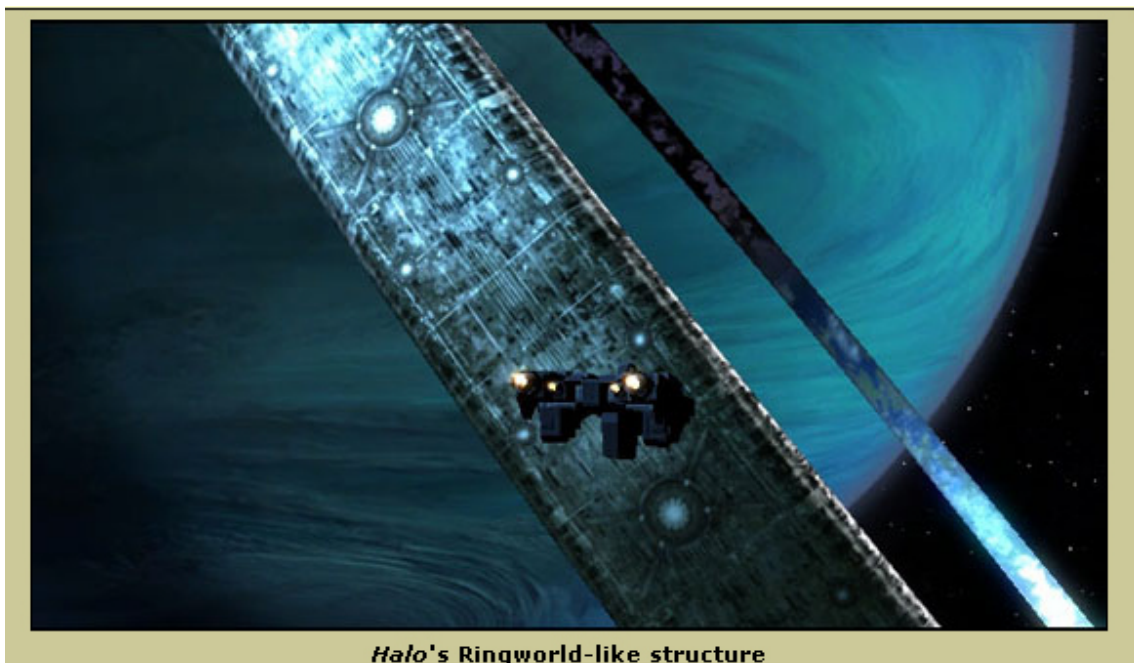
이 작품에서도 고리 형태의 세계가 등장하는데 규모 면에서 헤일로의 구조체가 더 작다고 할 수 있다. 헤일로의 초구조체는 “겨우” 5,000 킬로미터에 지나지 않으며 지구의 반지름인 6,371 킬로미터에 더 가깝다고 할 수 있다. 사실 우리가 보는 행성의 고리는 행성을 동글게 에워싸고 있는 별들이 아니라 궤도를 둘러싸고 있는 가스층이기 때문에 고리형 세계(ring worlds)라고 하기보다는 고리형 위성(ring satellites)이라는 표현이 더 맞는 말이다.

5,000 킬로미터의 반지름은 곧 원주가 31,400 킬로미터쯤 된다는 의미이다. 만약 헤일로가 Niven 의 링월드와 흡사한 너비 대 반지름 비율을 지녔더라면 그 비율은 대략 5.37 킬로미터가 되었을 것이다. 이것은 320 킬로미터보다 상당히 큰 것이라고 할 수 있다. 그렇다면 헤일로의 지상은 1 천만 평방 킬로미터가 되었을 것이며, 이것은 캐나다의 영토보다 약간 더 넓으며 지구 전체 토지의 2%에 달하는 것이다. 물론 헤일로에도 호수, 바다, 강이 존재하기에 실제로 사람이 살 수 있는 구역은 이보다 적을 것이지만 말이다.

헤일로를 만들기 위해서는 어떤 재료가 얼마나 필요할까? 필요한 재료의 양을 알아보고, 생존을 위해서는 어떤 성분이 필요한지를 알기 위해서는 우선 이 구조물의 부피를 측정할 필요가 있다. 헤일로는 분명 Niven Ring 에 비해 비례적으로 더 넓긴 하지만 절대 수치(absolute measure)로는 더 두껍다. Niven 은 링월드가 1 킬로미터 두께라고 말하고 있는데 헤일로는 훨씬 더 두꺼워서 22.3 킬로미터에

달한다. 헤일로 의 전체 부피는 대략 224 입방 킬로미터인데 이것은 지구보다 0.02 퍼센트 큰 것이다.

그렇다면 이것으로 무엇을 알아낼 수 있을까? 작가들은 공상과학 장르의 시작 당시부터 새로운 외계의 물질을 이용해 자신들이 원하는 무게, 강도, 그 외 성질을 지닌 구조물/우주선/방어구들을 만들어내곤 했다.



이러한 현상은 너무 흔해서 물질의 특징을 부적절하게 섞은 가상의 물질을 칭하는 단어인 언옵테인יום(unobtanium)이 등장하기도 했다. 헤일로가 어떻게 그럴싸하게 만들어졌는지를 상상해볼 때 주어지는 제약 중 하나는 바로 언옵테인יום을 멀리하고 오로지 현실에 존재하는 실제 물질만을 고려해야 한다는 것이다. 그렇지만 소설 *헤일로: 폴 오브 리치(Halo: Fall of Reach)*에서 나온 04 시설(Installation 04)에 대한 조사 결과는 “미확정(inconclusive)”으로, 헤일로가 사실은 언옵테인יום으로 이루어져 있다는 듯한 암시를 준다. 그렇다면 헤일로가 사실은 더 얇은 외부 벽면을 지니고 있으며 엄청나게

튼튼하지만 현재로는 알려지지 않은 합금이 내부 구조에 사용되었다고 생각해보자.

철은 지구와 흡사한 행성들(수성, 금성, 지구, 화성)의 중심 구성 요소 중 하나일 뿐만 아니라 소행성에서도 쉽게 찾아볼 수 있는 물질이다. 사실 태양계에서 많은 소행성들이 거의 철과 니켈만으로 이루어져있으며, 탄소 역시 쉽게 찾아볼 수 있는 물질이다. 그렇기에 헤일로가 주로 강철(철과 탄소의 합금)로 이루어져 있으며 그 외에 다른 물질이 적은 비율로 들어가있다는 추측은 타당할 것이다. 비록 우주적인 규모에서 넘쳐나는 것은 아니지만 니켈과 마그네슘 역시 강철 내에서 흔하게 찾아볼 수 있으며, 매우 강하면서도 가벼운 강철 합금을 만드는데 충분한 양이 존재한다.

이제 우리는 헤일로의 대략적인 부피와 그 주요 구성물의 밀도를 알았다.(강철의 일반적인 평균 밀도는 입방 센티미터당 7.7 그램이다.) 일반적으로는 이러한 수치만 있으면 대략적인 질량을 계산해낼 수 있다. 그렇지만 우리는 한 가지 수치가 더 필요하다. 04 시설과 05 시설의 외부 표면을 보면 바깥을 직접 내다볼 수 있는 포트(라고 쓰고 창문으로 읽는다.)와 도킹 해치로 보이는 시설을 찾아볼 수 있다. 이것은 헤일로의 외부 표면뿐만 아니라 고리 구조물 그 자체가 거주 및 연구시설로 사용할 수 있도록 비어있음을 나타낸다. 이 곳에서는 여러 하드웨어도 존재할 것이며 헤일로의 무기화를 위한 펄스 생성기도 있을 것이다. 고리 구조물의 50 퍼센트 가량이 비어있다고 가정한다면 헤일로의 전체 질량은 약 1.7×10^{17} 킬로그램 또는 17,000,000,000 억 킬로그램이 될 것이다.

우주의 구멍에서 Larry Niven 은 링월드를 만들기 위해서는 목성만큼의 질량이 필요하다고 계산하고 있다. 하지만 이것의 큰 문제는 목성형 행성은 지구 같은 거대한 질량의 행성과는 달리 수소나 헬륨 같은 가벼운 물질들이 주를 이루고 있다는 사실이다. 지구형 행성들에는 바위나 금속 같은 고형 물질이 핵에 존재하지만 태양계의 모든 바위

및 금속을 합친 양(내행성, 소행성, 목성형 행성, 달을 모두 합쳐서 계산한 양)은 목성 하나의 질량이 지니는 잠재적 건설 물질의 1/6 보다 적은 양이다. 우리가 계산한 헤일로의 질량은 대략 케레스(Ceres, 태양계의 소행성대에서 가장 큰 소행성)의 두 배에 달하며 명왕성의 위성인 카론(Charon)에 조금 못 미친다. 57 킬로미터 반경의 철은 헤일로와 동일한 질량을 지닐 것이다. 화성과 목성 사이에 있는 소행성대를 다 합하면 헤일로 하나를 만드는데 충분한 질량이 나올 것이다.

우주에서의 헤일로의 위치

앞으로의 헤일로는 다른 환경에 존재할지도 모르겠으나, 04 시설과 05 시설은 둘 다 목성형 행성의 궤도를 돌고 있었다.



*헤일로: 전쟁의 서막*에서 04 시설은 솔(Soell)의 궤도를 돌고 있는 초목성형(superjovian) 가스 행성인 스레시홀드(Threshold, Earth Survey Catalog B1008-AG)의 궤도를 돌고 있다. 목성처럼 스레시홀드 역시 가스로 이루어진 행성으로 암모니아(흰색)와 암모늄 수황화물(붉은 갈색) 결정이 주를 이룬다. 하지만 목성과는 달리 스레시홀드의 지름은 214,604 킬로미터에 지나지 않으며, 이것은 정확히 목성 지름의 1.5 배이다.(이것은 우연이라기보다는 게임 디자이너가 의도적으로 창조한 설정일 것이다.)

헤일로 게임 디자이너는 게임 전체에서 놀라울 정도로 세세한 부분까지 신경을 쏟았다. 그 결과 마치 실제로 존재하는 행성들을 보는 듯한 느낌이 들지만 스레시홀드 같은 행성은 실제 우주에서 존재할 수 없다. 목성형 행성은 목성 정도의 부피가 최대이다. 만약 목성보다 더 큰 질량을 지닌다면 행성은 곧 자기 자신의 무게 탓에 붕괴하며 질량은 증가하더라도 부피는 더 줄어들고 말 것이다. 만약 스레시홀드의 부피 정도의 가스 행성이 존재하며 그 밀도가 목성과

흡사하다면 그 “계량” 결과는 3.8 목성 질량에 조금 모자라거나 1,070 지구 질량과 비슷할 것이다. 실제로는 3.8 목성 질량을 지니는 물체는 목성보다 작아야 하며, 이에 따르면 스레시홀드의 반지름은 자그마한 갈색왜성 정도가 되어버릴 것이다.

1990년대 후반과 2000년대 초반에 있었던 명왕성의 행성으로의 자격에 대한 논란은 명왕성 그 자체에 대한 것이라기 보다는 저질량 스펙트럼의 행성을 정의하는 기준점이 무엇인가에 대한 논란이었다. 이와는 달리고 질량 스펙트럼에 대한 기준점은 상당히 오래 전부터 존재했지만 말이다. 별을 비롯한 거대 행성은 대개 수소가 큰 비율을 차지한다. 만약 행성이



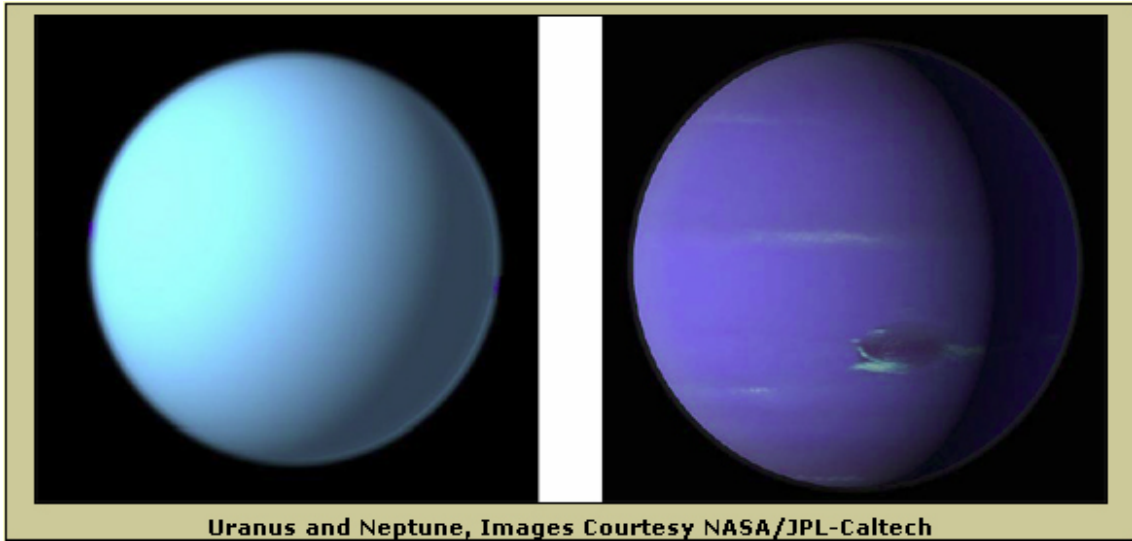
수소의 핵융합을 유지할 정도로 질량이 크다면 빛과 열을 내면서 별로 간주된다. 수소의 핵융합을 유지하고 별이 되기 위해서는 행성이 대략 84 목성 질량을 지니거나 그 이상의 질량을 지녀야 한다.

12에서 84 목성 질량 사이의 물질은 목성형 행성과 갈색왜성으로 불리는 가장 작은 적색왜성의 중간에 위치하는 특성을 지닌다. 비록 갈색왜성의 존재는 1960년대부터 예측되었지만 실질적으로 확인된 것은 1995년이며 지구로부터 400 광년 떨어진 플레이아데스(Pleiades, 또는 스텔라[Stella]) 산개성단에서 찾아볼 수 있다. Teide 1 이라고

불리는 이 갈색왜성은 지름이 대략 목성의 2 배이며 질량은 목성의 55 배에 달한다. 스레시홀드의 rasois 는 목성 반지름의 1.5 배로 최소한 20 목성 질량을 지닐 것이며 그 모습은 여러 색이 섞인 고리 대신에 목성형 행성에 가까울 것이다.

*헤일로 2(Halo 2)*에 등장하는 델타 *헤일로*라 불리는 05 시설은 거대 가스형 행성인 서브스턴스(Substance)의 궤도를 회전한다. 서브스턴스에 대한 정보는 스레시홀드에 비해 적지만 색깔을 기초로 판단하자면 목성보다는 천왕성 또는 해왕성에 더 가까운 것으로 보인다. 천왕성과 해왕성은 둘 다 푸른색 또는 푸른 녹색을 띄고 있으며 이 색은 대기에 메탄이 존재한다는 의미이다. 메탄은 태양으로부터 붉은 빛을 흡수하며 그 결과, 반사되는 빛은 푸른색으로 보이게 된다. 그렇기에 서브스턴스의 물질을 추측하는 과정에서 행성의 색을 보고서 간단하게 그 범위를 줄여나갈 수 있다.

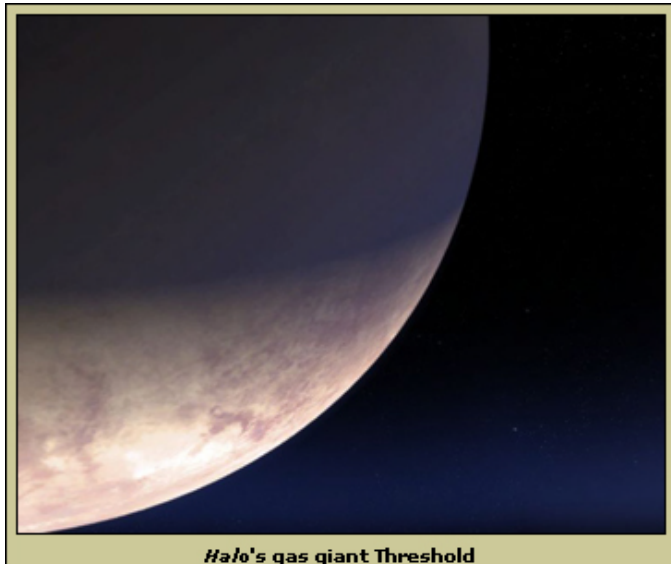
스레시홀드는 목성형 행성과 항성의 특성을 동시에 지니고 있을 뿐만 아니라 달도 하나 밖에 없으며 그 부피도 매우 거대하다. 알려진 가스 행성들은 많은 달을 지니고 있으며 부피는 대개 작은 편이다. 예를 들어 목성은 63 개의 달을 지니고 있으며 토성은 48 개의 달을 지니고 있다. 스레시홀드의 달들이 04 시설의 건조를 위해 사용되었다고 하더라도 달의 성분이 전부 재료로 적합했을 가능성은 희박하다.



목성형 행성의 위성은, 특히 스레스홀드처럼 태양으로부터 멀리 떨어진 행성의 위성은 얼음과 돌로 이루어져 있다. 사실 가스 행성이 있는 곳은 대개 매우 추워서 행성 과학자들은 얼음을 바위로 간주한다. 왜냐하면 태양계 외부에서 고체 물질의 대부분이 얼음인데다가 이러한 곳에서의 얼음은 화강암만큼이나 단단하기 때문이다. 가스 행성에서는 금속을 찾아보기 힘들며 이러한 사실로 판단할 때 헤일로 의 건조에 달이 사용되었다는 추측은 옳지 않다. 달들이 녹아버렸던가 대기로 변환되었다고 생각하더라도 이처럼 거대한 행성의 주변에 달이 얼마 없다는 사실을 완벽하게 설명해주지는 못 한다.

스레스홀드의 연도에 대한 비슷한 설명도 찾아볼 수 있다. 알파 헤일로 모니터 343 길티 스파크(Guilty Spark)는 04 시설이 최소한 101,217 년은 되었다고 주장한다. 우주적인 시간관념에서는 눈 깜빡할 사이에 지나지 않지만 헤일로에 수많은 충돌 자국을 내기에는 충분한 시간이다. 비록 헤일로를 행성의 위치에 놓기 위해 행성계의 물질들 대다수가 제거되거나 행성에 합쳐졌겠지만 수많은 작은 입자(그리고 꽤나 큰 입자)들은 행성계로 그대로 날아온다. 허블 우주 망원경(HST)은 2002 년 스페이스 셔틀 아틀란티스(Atlantis)의 점검을 받았는데 이때 문자 그대로 수백의 미소 유성체의 충격을 받았다.

사실 HST 는 평방 미터마다 모래알 크기의 입자로부터 매년 5 번의 충돌이 발생한다고 한다.



대부분의 충돌 물체는 작지만 그렇지 않은 것도 있다. HST에는 3.25 인치 크기의 구멍도 있다. 100,000 년 정도의 시간이 흐르고 나면 헤일로 크기의 초구조체는 거대한 규모의 충돌이 한두 번쯤은 일어났을 것이다. 이것은 그야말로 비극이라고 할 수

있을 것인데, 게임의 끝에서 *플라 오브 오템*이 퓨전 드라이브를 거치며 방출한 것보다 많은 에너지를 방출하게 될 것이기 때문이다. 헤일로에 일종의 에너지 장벽 같은 것이 있다는 주장은 게임 내에서 인간과 코버넌트(Covenant)의 우주선이 진입에 아무런 장애도 발생하지 않는다는 사실과 모순을 일으킨다.(착륙과 추락의 경우 모두에서 확인 가능하다.) 이러한 사항을 고려한다면 포어러너(Forerunner)들이 스레시홀드 시스템 주변의 파편들을 제거하고 04 시설의 안전을 확보할 방법을 찾아낸 것이 틀림없다.

이것의 예외는 바로 당연히 스레시홀드의 하나 밖에 없는 정체를 알 수 없는 달이다. 베이스(Basis)라는 이름의 이 달은 태양계의 일반적인 기준에 어긋난다. 이 달은 반지름이 무려



11,924 킬로미터로 지구 반지름의 거의 2 배에 달하며 부피는 무려 6.5 배이다! 스레시홀드가 지니는 행성과 갈색왜성의 이중성처럼

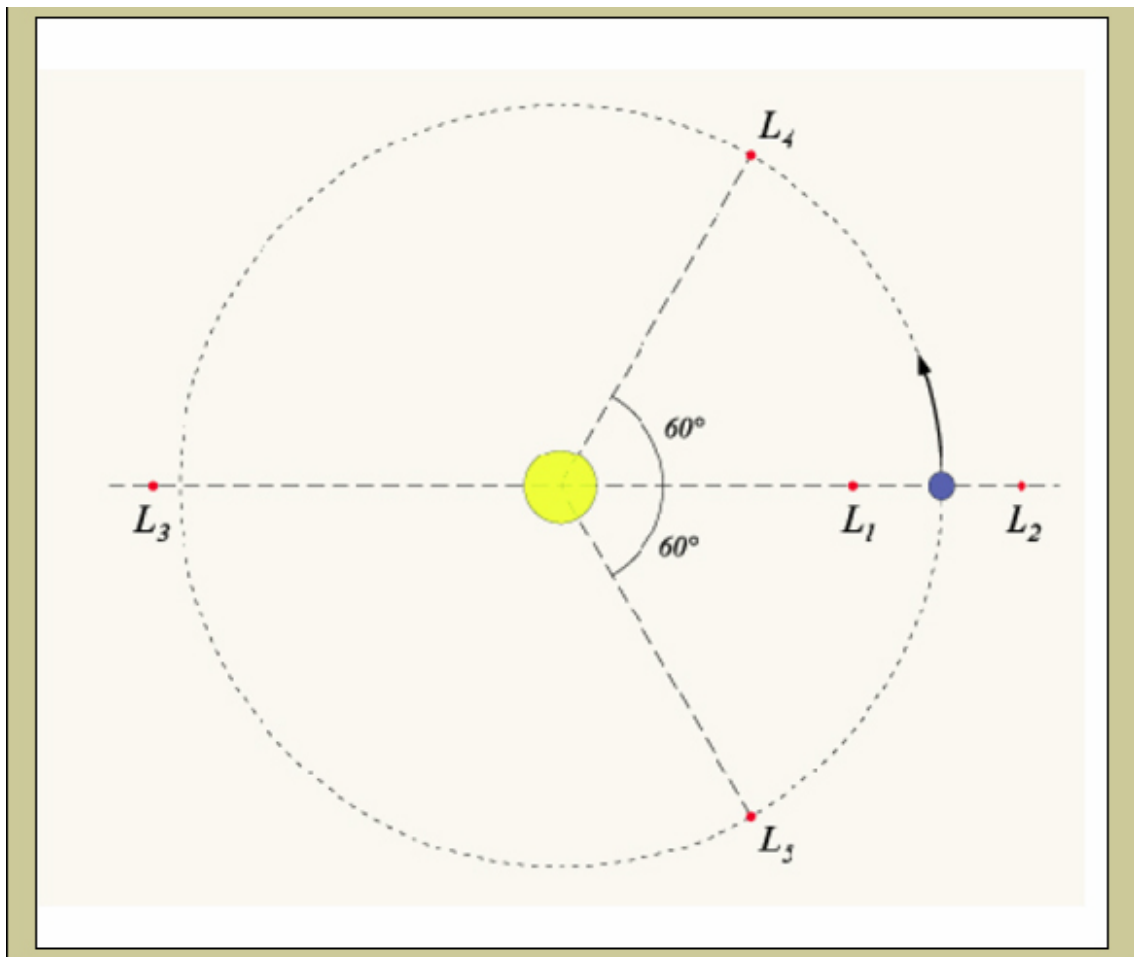
베이시스에도 모순이 존재하는 것이다. 스레시홀드 같은 거대한 행성은 많은 에너지를 방출하며 특히 적외선이 많이 방출된다. 이 말인 즉 솔(Soell)에서 나오는 빛과 열이 상당히 약함에도 불구하고 스레시홀드 같은 행성 근처에 다가가면 바싹 구워질 것이라는 사실은 명백하다.

이러한 사실은 베이시스가 목성의 가장 큰 달인 이오(Io)처럼 주로 바위로 이루어져있다는 사실을 암시한다. 스레시홀드의 열 탓에 얼음으로 이루어진 위성의 얼음은 전부 녹아버리게 된다. 이를 통해 우리는 베이시스가 사실 바위로 이루어져 있으며, 만약 이오와 흡사한 밀도를 지니고 있다면(그렇다고 해도 다른 지구형 행성에 비하면 낮은 밀도이지만) 표면의 중력이 지구의 1.2 배 정도가 될 것이라는 사실을 추측할 수 있다. 이러한 경우 마스터 치프와 그의 부하들은 조금 느린 속도로 움직이게 될 것이다. 베이시스의 중력은 지구와 흡사한 것으로 보이며, 이는 대기를 유지하기에 충분하다. 또한 베이시스의 외관은 목성의 달인 유로파(Europa)와 흡사하다. 만약 베이시스가 유로파와 비슷한 성분으로 구성되어 있다면 밀도 역시 동일할 것이며, 중력 역시 지구와 동일할 것이다.(이것 역시 게임 디자이너가 염두에 두었던 것일지도 모른다.) 그렇기에 베이시스는 일종의 패러독스에 빠진 것으로 보인다. 중력은 지구와 동일할 것이며, 달은 대개 얼음과 바위로 이루어져 있지만 베이시스의 표면은 사람이 살기에 적합한 온도를 지니고 있는 것으로 보이므로 대부분의 얼음은 액체 상태가 되어 있을 것이다.

*필라 오브 오름*의 화면을 자세히 살펴보면 04 시설이 스레시홀드와 베이시스의 중간에 위치함을 알 수 있다. 그렇지만 여러 가지 이유에서 헤일로가 이 곳에 위치할 수가 없다. 헤일로가 그곳에 위치하고 있는 궤도를 회전하고 있는 간에 스레시홀드와 베이시스 사이의 헤일로는 중앙이 아니라 베이시스에 더 가까운 L1 칭동점(Lagrange point)에 위치해야 할 것이다. 두 개의 거대 행성이

존재하는 행성계(스레스홀드와 베이스. 이제부터 각각을 주 행성과 보조 행성으로 칭하도록 하겠다.)에는 3 번째 소질량 행성이 존재하는 5 개의 지점이 있다. 이 지점들은 중력의 영향과 궤도의 원심력(여기서 말하는 “원심력”은 물리학자가 말하는 “가상력”이다.)에 따라 두 거대 행성에 상대적으로 동일한 위치를 유지하게 된다.

[역주] Lagrange point: 두 천체간의 인력과 원심력이 균형을 이루는 점



이것들은 칭동점이라 불리는 지점으로, L1 에서 L5 까지 이름이 붙어있다. L4 와 L5 지점은 동일한 궤도에서 60 도를 간격으로 벌어져있으며 안정되어 있다. L4 나 L5 와 동일 평면상의 궤도를 그리는 물체는 두 개의 행성과의 상대적인 위치를 계속해서 유지하게

될 것이다. 태양계는 이러한 것들에 대한 예가 가득하다. 태양/목성 L4 와 목성과 동일 평면상에 존재하는 트로이 소행성이라 불리는 수백 개의 소행성이 있는 L5 지점을 예로 들어보자. 토성의 달인 테티스(Tethys)는 L4 의 달(텔레스토[Telesto])과 L5 의 달(칼립소[Calypso])보다도 작다.

L1, L2, L3 지점은 “준안정 상태(meta-stable)”라고 불린다. 이 3 지점은 보조 행성과 동일한 궤도주기로 회전하며 각각은 주 행성과 보조 행성 사이에서 상대 위치를 계속 유지한다. L1 은 선을 따라 주행성에서 보조 행성을 연결하며 수학자들은 이러한 것을 “안장점”이라고 부른다. 안장에 놓여진 구슬은 안장의 중심으로 굴러가 앞에서 뒤로 움직이지만 어느 한 쪽으로만 향하는 경향을 띠게 된다. L1 지점은 한쪽 방향으로 (주-보조 선을 따라) “안정”되어 있으나 궤도는 불안정하기 때문에 준안정 상태를 유발한다. 이것은 04 시설이 지속적으로 궤도를 유지하며 스레시홀드와 베이스스간의 상대 위치를 유지한다는 의미이다. 비록 L1 지점이 불안정하긴 하지만, L1 지점을 중심으로 “자전”하는 물체는 안정적이다. 태양에 대한 정보를 수집한 NASA 의 태양 및 광구 관측위성(Solar and Heliospheric Observatory, SOHO)과 제네시스(Genesis) 임무의 위성은 이러한 궤도를 띄고 있었다.(아이러니컬하게도 이것은 “헤일로 궤도”라고 불리운다.)

스레시홀드 같은 행성 근처에 있는 구조물에는 또 다른 문제가 발생한다. 그 중 하나는 바로 방사선이다. 태양계에서 가장 큰 구조물은 목성 주변의 자기장 구역이라고 할 수 있다. 만약 이것을 지구에서 볼 수만 있다면 만월보다 몇 배는 더 크게 보일 것이다. 이렇게 거대하고 격렬한 자기장은 전자와 같은 하전 소립자로 가득한데, 이것은 상대적 속도로 가속될 수 있으며 빛의 속도에 가깝게 다가가게 된다. 이것이 목성형 행성에서 사람이 살기 어려운 이유이다. 목성의 달인 이오에 서있는 사람은 단 몇 분간만

노출되더라도 치사량의 방사선을 쬐게 된다. 헤일로 주변의 방사선 환경 역시 이와 비슷할 것이다.

지구 역시 목성과 흡사하게 하전입자에 둘러싸여 있지만 태양풍이 존재한다는 차이가 있다. 지구는 자기장 덕에 하전입자들로부터 보호되지만 이오는 소립자들의 피해를 고스란히 입게 된다. 전자를 비롯한 하전입자들은 자기장에 의해 반사되고 그 주변에는 태양풍이 불며 지구를 감싸게 되는데 극점은 예외이다. 지구의 극점에 있는 자기장에는 태양풍이 더 깊이 침투할 수 있는 구멍이 있다. 지구의 이 구멍 아래에 있는 상층대기가 태양풍과 만나게 되며 만들어지는 것이 바로 극광(오로라)이다.

헤일로가 스레시홀드 같은 거대한 가스 행성의 방사선에 영향을 받게 됨에 따라 지구의 것과 흡사한 방어막이 필요하다는 사실은 자명하며, 이것이야말로 우선 과제일 것이다. 자기장은 전자 같은 하전입자를 움직여서 생성되므로 모든 전선의 주변에는 자기장이 형성되어 있다는 것을 알 수 있다. 그렇다면 헤일로의 원주를 따라 총 31,416 킬로미터의 거대한 전도체 케이블을 고리형태로 설치해 전기를 흘리면 손쉽게 헤일로를 안전하게 만들 수 있는 자기장을 생성할 수 있으며, 이것은 전자기기의 작동을 방해하지도 않는다.

하나의 회전하는 고리가 모든 것을 지배할 것이다.

헤일로의 우주를 대략적으로 살펴보았으니 이제 좀 더 자세하게 살펴보도록 하자.



회전하는 행성 크기의 금속 고리가 생명에 미치는 영향은 어떤 것일까? *헤일로*의 세계에서는 포어러너, 코버넌트, 인간들이 모두 인공 중력 생성 기술을 지니고 있는 것으로 나오지만 헤일로의 중력은 원심력에 크게 영향을 받는다. 오늘날의 과학적 증명에 따르면 인공

중력을 생성하는 방법이 없다는 것을 알 수 있지만 문학(예: 링월드, 라마와의 랑데부[Rendezvous with Rama])이나 영화(예: 미션 투 마스[Mission to Mars], 2001: 스페이스 오딧세이[2001: A Space Odyssey])에서 주로 쓰이는 방식은 바로 회전하는 고리나 원형 물체의 원심력을 이용해 중력을 재현하는 것이다. 이 주제에 큰 관련이 있는 Larry Niven 은 링월드에서 중력이 생성되는 방식을 다음과 같이 설명하고 있다.

“다른 이점도 있네. 우리는 이걸 회전시켜서 중력을 얻을 수 있다네. 축의 회전은 초당 1,239 킬로미터로 이루어지며 링월드에 바깥으로 향하는 중력을 제공하지.”

04 시설과 05 시설의 중력은 지구와 흡사해 보인다. 헤일로가 지구의 중력을 재현하기 위해서는 5,000 킬로미터의 반지름이 필요하며, 접선 방향의 속도는 초당 7 킬로미터 이상은 되어야 할 것이다. 이것은 헤일로가 1 시간 15 분(1 일의 $19 \frac{1}{4}$ 배)을 주기로 회전하고 있음을 나타낸다.

그러므로 헤일로에서의 낮과 밤은 지구와는 전혀 다른 모습을 지닐 것이다. 물론 Niven 의 링월드와도 다를 것이다. Niven 의 소설에서는 링월드에는 “그림자 상자(shadow square)”가 등장하는데, 이것은 소형 링월드라고 할 수 있으며 중앙 별을 중심으로 좁은 반경에서 회전한다.

“안쪽 고리에 그림자 상자를 설치한다. 이것은 발광체로 외부의 태양광을 막는다. 이것을 이용하면 원하는 주기로 밤과 낮을 보낼 수 있게 된다.”

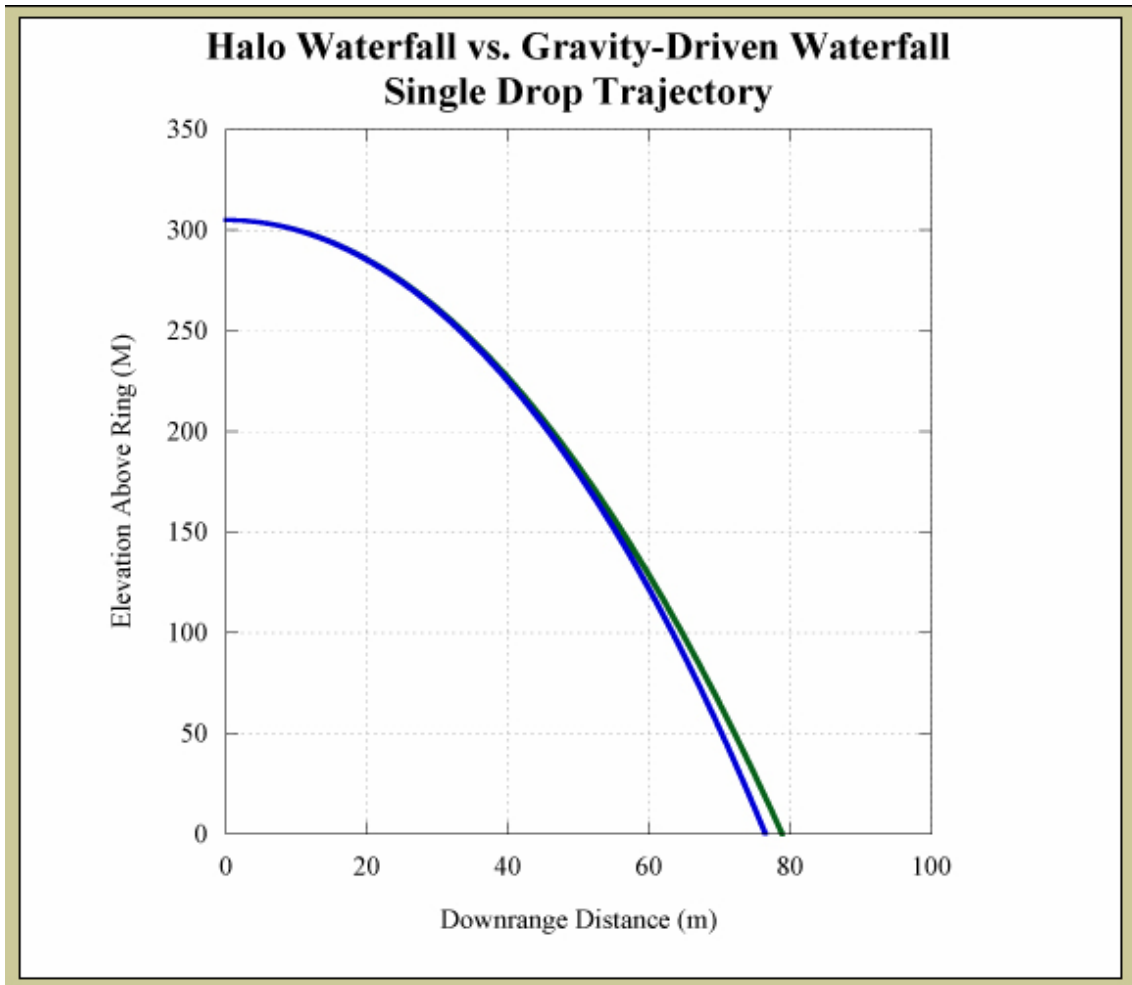


The view from the surface of a Halo

그림자 상자는 얇고 긴 필라멘트로 연결되어 있다. 여기에 번갈아 빛을 전달시켜 그림자 상자로 낮과 밤을 재현해내는 것이다. 그림자 상자들 사이의 간격은 낮과 밤의 간격에 영향을 미친다. 헤일로가 작동하는 방식은 매 회전 시 받게 되는 태양빛과, 생기게 되는 그들의 비율을 결정짓게 될 것이다. 하지만 만약 헤일로가 게임에서 나오는 것처럼 가스 행성의 적도를 따라 공전을 한다면 헤일로는 정기적으로 식(蝕)에 들어가게 될 것이다. 그렇지만 헤일로가 조금 기울어진 궤도를 돌게 된다면 결코 식은 발생하지 않게 되지만 스텔시홀드와 베이스 사이의 04 시설은 이런 궤도를 돌고 있지 않다. 스텔시홀드의 크기와 베이스까지의 거리를 고려해보면 04 시설은 지구의 시간으로 하루마다 최소 한 번은 완전한 어둠 속에 묻혀버리게 될 것이다.

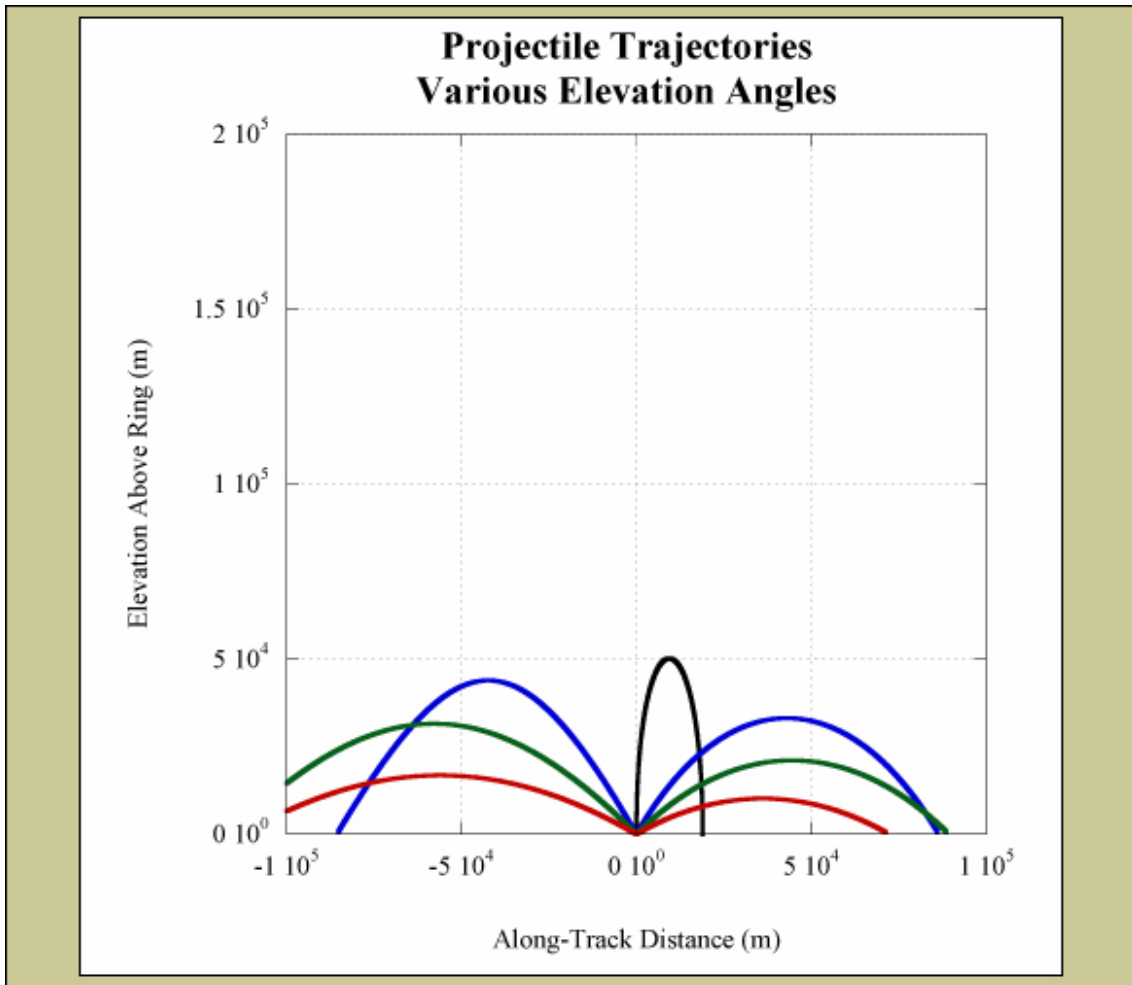
헤일로 지면에 직접적인 접촉을 하고 있는 물체(병사, 엘리트, 스콜피온 MBT[Scorpion MBT], 워트호그[Warthog] 정찰 차량 등)들은 중력과 동일한 원심력을 받게 될 것이다. 직접적인 접촉을 하고 있지 않은 물체는 물리학의 기본 법칙을 따르게 되지만, 이 법칙은 반직관적으로 보인다. *헤일로: 전쟁의 서막*의 2 번째 레벨(“헤일로”라는 이름의 레벨)에서 폭포를 볼 수 있기 때문이다.

도표 2에서는 지구 중력의 영향 하에서의 물방울의 궤도와 헤일로에서의 물방울의 궤도에 대한 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 확인할 수 있다. 폭포가 305 미터라고 가정하고 헤일로의 회전 방향을 따라간다고 본다면 물방울이 헤일로에서 지구보다 2 미터 더 멀리 떨어진다는 것을 알 수 있다. 이것은 큰 차이가 아니지만 만약 물의 흐름이 회전 방향과 수직을 이루게 된다면 물은 옆으로 2 미터 멀리 떨어지게 될 것이며 지구의 폭포를 보던 사람에게는 이상하게 받아들여질 것이다.



물체가 오랜 시간 동안 공중에 떠있게 되면 헤일로의 회전이 가져오는 효과가 더욱 명확하게 다가온다. *헤일로*에서 대부분의 전투를 근거리에서 이루어지는데, 우리가 M808B 스콜피온 주력 전차(M808B Scorpion Main Battle Tank)를 타고 있다고 생각해보자. 이 전차는 초고속도 탄약을 발사하며, 일종의 이동 포대로 먼 거리까지 공격을 가하는 것이 가능하다. 물리학을 접하는 학생들은 탄도학을 배우게 될 것인데, 포에서 발사된 탄도가 포물선을 그린다는 것을 배울 것이다.(사실 정확히 말하자면 타원형이다. 왜냐하면 탄도학은 부분 궤도를 나타내기 때문이다.) 바람이 불지 않는 상태에서 탄환을 바로 위로 발사한다면 얼마 지나지 않아 곧장 아래로 떨어지며 그 탄환을 발사한 누군가의 하루를 완전히 망쳐놓을 것이다. 하지만 헤일로에서의 원거리 탄도는 상당히 다른 결과를 내놓는다.

도표 3 에서는 하루에 19 번 회전하는 5,000 킬로미터짜리 고리의 지면에서 발사한 탄환에 적용되는 원거리 탄도를 컴퓨터 시뮬레이션 결과로 나타낸 것이다. 초속(初速)을 초당 1,000 미터로 가정하도록 하자. 도표 3 에서는 탄환을 30 도, 45 도, 60 도, 90 도의 각도로 고리의 회전 방향(+X)과 반대 방향(-X)으로 발사한 것의 결과를 볼 수 있다. 여기서도 바로 위로 발사된 탄환이 발사된 자리가 아닌 8 킬로미터 떨어진 장소에 떨어지는 결과를 확인할 수 있는데, 이것은 탄환이 발사되기 전에도 고리가 초당 7 미터의 속도로 회전하고 있기 때문이다. 회전 방향으로 발사된 탄환과, 반대 방향으로 발사된 탄환이 보이는 큰 차이에 주목하라. 회전 방향으로 발사된 탄환은 수평 방향으로 큰 가속을 받아 반대쪽으로 발사된 탄환보다 빠르게 지면에 충돌하게 된다. 발사기에서 발사된 로켓이나 총기에서 발사된 탄환 역시 긴 거리를 날아가게 되면 흡사한 결과가 나오게 될 것이다.



중력이 아닌 원심력이 작용하는 고리에서 원거리에 있는 살아있는 물체를 맞추는 것은 매우 힘든 일일 것이다. 자동 사격 보정 시스템이 필요할 것이며, 조준 시에는 계산을 할 필요가 있을 것이다. 이것에 대한 힌트는 게임에서도 찾아볼 수가 있다. *헤일로*의 1 편에서 돌격 소총을 보면 “컴퍼스”가 언제나 스투시홀드를 가리킨다. 만약 고리가 움직이는 방식을 알기만 한다면(그리고 간단한 탄도 측정을 한다면) 조준 시 고리의 움직임을 반영시키는 마이크로프로세서를 삽입하는 것은 매우 쉬운 일이다.

이러한 이유로 원거리 무기는 비직관성을 띤다. 그렇지만 *헤일로*의 세계에서 마스터 치프가 사용할 수 있는 무기들 중에는 코버넌트의 플라즈마 권총이나 플라즈마 소총 등의 입자 광선 무기도 존재한다.

입자 광선은 빛의 속도로 원거리를 날아간다. 빛은 헤일로의 지름을 33 밀리초에 날아갈 수 있으며, 입자 광선은 이보다 조금 더 오래 걸릴 것이다. 그러므로 입자 광선은 탄도의 영향을 받지 않게 되므로 조준한 곳에 곧장 피해를 입히는 것이 가능하다.

헤일로에서 발생할 수 있는 또 다른 문제는 바로 시설에 착륙 또는 도킹을 시도하는 우주선이다. 04 시설과 05 시설에서 고리의 바깥 부분에 도킹 포트가 있다는 것은



확실하다. 이것은 대기권 돌입에 필요한 준비과정을 불필요하게 만들어준다. 비록 우리가 간략하게 이야기를 진행시켜나갈 것이긴 하지만 대기권 문제는 행성에 비한다면 크게 문제라고 할 수 없는 것이다.

고리의 바깥 면으로 헤일로에 접근하는 우주선은 초당 7 킬로미터의 속도로 회전하는 이 고리에 “발을 맞출” 필요가 있으며, 외부의 원형 구조도 고려해야만 한다. 이러한 속도와 헤일로의 중심축으로부터의 거리를 생각하면 우주선은 지구의 1 중력에 맞먹는 바깥으로 향하는 힘을 지속적으로 받게 될 것이다. 또한 조종사가 실수를 하거나 우주선이 어떠한 이유로 인해 출력을 잃게 된다면 바깥 면을 통해 헤일로에 접근하는 것이야말로 가장 안전한 방법이라고 할 수 있다. 왜냐하면 지속적으로 가해지는 원심력 탓에 우주선이 고리의 안쪽으로 추락하는 대신 바깥으로 던져지게 되기 때문이다.

헤일로의 안쪽 면으로 접근하는 것은 어떤 점에서는 다른 행성이나 달에 접근하는 것보다 쉬울 지도 모른다. 그렇지만 헤일로의 지표에 착륙하는 것은 매우 어려운 문제이다. 포어러너가 인공 중력 기술을 개발하긴 했지만 헤일로의 지표에 착륙하는데 큰 도움이 될 것으로 보이진 않는다. 헤일로가 달과 비교해서도 적은 질량을 가지고 있기

때문일 뿐만 아니라, 이 질량이 방사상으로 고루 퍼져있기 때문이다. 이로 인해 고리의 엄청나게 작은 부분조차도 우주선을 끌어당기게 된다. 그렇지만 헤일로에는 약한 중력을 지니고 있기에 우주선은 헤일로에 접근해 안전하게 고리의 원주에 착륙하는 것이 가능하다.



고리의 안쪽 면에 접근하는 것은 어려운 일이 될 것이다. 아무리 우주선이 고리의 회전에 영향을 받지 않을 수 있다고 하더라도 원이 초당 7 킬로미터의 속도로 돌고 있음을 명심하라. 이것은 초당 7.2 킬로미터의 속도로, 시간당 약 25,202 킬로미터를 가는 것이다.(지구의 적도는 좀 더 느리게 시간당 1,670 킬로미터를 움직인다.) 즉 고리의 내부에 착륙하는 우주선은 초당 7 킬로미터나 그에 가까운 속도로 움직이며(거의 1G의 가속을 받게 된다.) 고리의 회전축으로부터 바깥으로 이동해야 하는 것이다. 조종사의 실수/기계 고장/출력 저하 등의 문제가 발생하게 되면 외부로부터 고리에

접근하고 있는 우주선은 원심력에 의해 고리의 바깥으로 날아가버릴 것이며, 고리 내부로 접근하는 우주선 역시 빛의 속도의 21 배로 움직이는 고리의 움직임에 의해 날아가게 될 것이다.

물론 소리를 듣기 위해서는 대기가 필요하다. Larry Niven 은 링월드에서 어떻게 대기를 유지하는지에 대한 설명을 아래와 같이 하고 있다.

“지붕을 씌울 필요도 없죠. 원의 가장자리마다 태양을 향해 수천 킬로미터 높이의 벽을 세우는 겁니다. 극소량의 공기만이 끝으로 빠져나가죠.”

이것에 따르면 거대한 벽을 건설하면(사실 게임 내에는 이보다 높은 벽이 등장한다.) 대기권을 유지할 수 있으며 헤일로로 생물이 살 수 있는 환경으로 바꿀 수 있겠지만, 이러한 환경도 우주선이 착륙을 시도하기에는 위험할 수 있다. 만약 우주선이 나선 궤도로 회전하며(헤일로의 회전축 주변을 순환하며 고리의 회전율에 맞춰서) 본체를 고리에 천천히 접근시킨다면 문제가 거의 없을 것이다. 대기권의 마찰은 최소화 될 것이고, 이러한 경우에는 지구 같은 행성에 재진입 할 때 경험하는 것보다 적은 마찰이 발생하게 될 것이다.

만약 우주선 또는 고리의 상대 속도(relative velocity)가 0 이 되지 않는다면 헤일로에 접근하는 우주선은 갑작스러운 초음속 공기 흐름으로 인한 공기 마찰에 시달리게 될 것이다.(즉시 고열이 발생하고 우주선이 깎여나갈 것이다.) 헤일로의 대기권에도 고리의 회전에 의해 이러한 마찰이 존재하는데, 공기의 상층부는 지표의 회전 속도와는 다르게 움직이므로 정확한 접근을 하지 않으면 헤일로의 안쪽 면에 접근하려는 우주선은 거의 즉시 화염에 휩싸이게 될 것이다.

단지 시작일 뿐?

물리학 교수님께서 내게 이런 이야기를 해주신 적이 있다. “어떤 주제라도 깊게 파고들면 끝없이 복잡해진다.” 이때까지 우리는 수박 겉핥기 식으로 과학을 간단하게 살펴봤을 뿐이다. 앞서 언급했듯이 한 권의 책을 이러한 주제로 가득 채울 수도 있고, 그해야 할지도 모른다. 무기 분야에 대한 이야기는 별로 꺼내지 않았으며, 헤일로에서의 기상이나 바람 등에 대해서는 아예 다루지도 않았다. 예전에 플라네타륨 쇼를 마치고 함께 저녁을 한 사람들이 온통 터지고 싸대는 비디오 게임 속에서 이렇게 흥미로운 지적 즐거움을 탐닉할 수 있다는 사실을 알게 된다면 매우 놀라며 기뻐하지 않을까.