



극지 연구 지원용 무인지상차량(UGV) 개발

극지연구소

정창현



목 차

- 1 연구 배경
- 2 연구 동향
- 3 연구 목표
- 4 플랫폼 설계
- 5 실험 및 결과
- 6 향후 계획

❖ 극지 연구의 중요성

- 네이처에서 '2019년 주목해야 할 과학분야 이슈 10선' 중 남극 '스웨이츠 빙하 (Thwaites Glacier) 변화 연구'가 1순위로 선정

❖ 극지 연구 활동의 위험성

- 혹한, 바람, 크레바스, 외부와의 단절 등 극지 연구 활동에는 다양한 위험 요인 존재
→ 연구 활동의 무인화, 자동화 필요

❖ 정책적 배경

- 제4차 과학기술기본계획
- 제3차 남극연구활동진흥기본계획
- 무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵
- 북극권역 자원 개발 등 북방경제 확대 전망

⇒ 극지 연구 지원용 무인지상차량(UGV) 개발 필요



❖ UGV를 활용한 극지 연구 사례

- **미국** : 육상 로봇 플랫폼을 개발하여 기후 데이터 수집, 운석탐사, 크레바스 탐지 등에 활용



<SnowMotes, Georgia Tech>



<Nomad, NASA>



<Yeti, Dartmouth College>



<Frosty Boy, Polar Research Equipment>

- **중국** : 남극 빙설 지역에서 안전한 루트 개척에 육상 모바일 로봇 활용
- **프랑스** : 아기 펭귄 로봇을 제작하여 펭귄의 심장 박동 등 생체 정보 전송
- **덴마크** : 저비용 자율 주행 로버 플랫폼 개발



<Kunlun Polar Research Team>



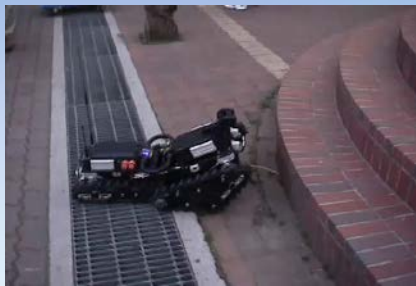
<펭귄 로봇, 스트라스부르 대학>



<저비용 자율 로버, 코펜하겐 대학>

❖ 국내 동향

- 극한 환경 로봇 기술을 보유하고 있으나, 극지를 대상으로 한 무인 지상차량 플랫폼은 거의 없음



<ROBHAZ series
(Robot for Hazardous), KIST>



<Korean Lunar Rover POC
(Proof of Concept), KIST>

❖ 연구 목표

- 극지 연구 활동에 활용할 수 있는 무인지상차량 플랫폼 개발
: 탐사, 샘플 채집, 환경 데이터 수집 등
- Hidden Crevasse 탐사에 활용을 1차 목표로 개발
→ 실제 남극 현장 활용

❖ 설계 특징

- 비교적 단단한 눈에서 구동 → 경량, Wheel구동
- 현장에서도 정비가 쉽도록 단순한 구조
- 사스트루기(Sastrugi)와 같은 특수 지형 극복 가능

❖ 개발 사양

<Sastrugi 지대>

- 15kg 내외의 지표투과레이더(GPR, Ground Penetrating Radar) 견인 고려
- 남극 하계 시즌 운용

항목	설계사양
차체 중량+Payload(N)	<981
견인중량(N)	>147
주행속도(m/sec)	>2.5
운용범위(km)	>10
사용온도	-20°C ~ 0°C

<UGV 목표 개발 사양>

❖ 구동부 설계

- 차량 내부 마찰에 의한 저항(R_i)과 지면 변형에 의한 저항(R_c) 고려하여 구름 저항(R_R) 도출
- 19인치 ATV 타이어는 차체 무게 대비 공기압과 골격의 강성이 크기 때문에 변형이 없는 강체로 가정($R_t=0$)

$$R_R = R_i + R_c$$

- 내부 마찰에 의한 저항 R_i 는 모터, 감속기, 타이어가 직결로 연결되어 있기 때문에 감속기의 기계효율($\eta=0.95$)을 고려

$$R_i = (1 - \eta) \times F_g = 12.3N \text{ per wheel} \quad (F_g : \text{Wheel 당 작용하중})$$

- 지면 변형에 의한 저항 R_c 는 Wong 교수가 제안한 수식 활용

$$R_c = b \left[\left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) \frac{z_0^{n+1}}{n+1} \right]$$

- b : Width of wheel
- z_0 : Total depth of sinkage, n : Pressure sinkage exponent, k_c : Modulus of snow cohesion, k_ϕ : Modulus of snow friction

⇒ Pressure-sinkage 측정을 통하여 관계식 도출

- 남극 빙설 지형에 대한 데이터가 없기 때문에 타 지역 눈 지형 데이터와 극지 현장 경험 등을 근거로 k_c , k_ϕ , n 값 도출

계수	값
b , Width of wheel	0.18m
k_c , Modulus of snow cohesion	2kN/m ⁿ⁺¹
k_ϕ , Modulus of snow friction	255kN/m ⁿ⁺²
n , Pressure sinkage exponent	1
z_0 , Total depth of sinkage	0.05m

- 설상차 기준으로 약 17~20cm 침하, 사람 기준 약 10cm되는 수준으로 보수적인 계수값을 취함

$$R_R = R_i + R_c = 12.3 + 59.2 = 71.5N \quad (\text{구름저항계수 } 0.29)$$

- 언덕주행시 기울기 저항(R_s), 가속저항(R_a), 견인저항(R_t)를 고려하여 각 휠에 400W급 모터 사용

❖ 차체 설계

- 사스트루기 지형을 극복할 수 있도록 25cm 이상 지상고(Ground clearance) 확보
- Rocker-Bogie 메커니즘을 응용하여 4개의 휠이 항상 지면에 접촉할 수 있도록 구성



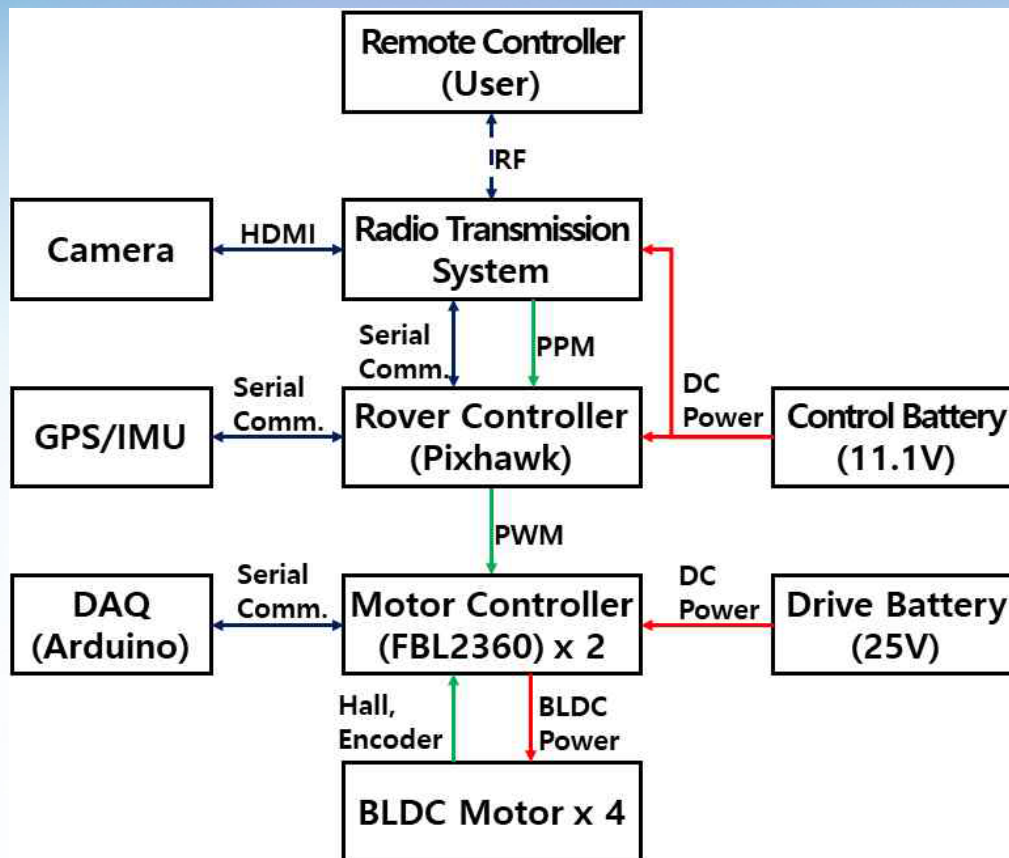
<장애물 극복시 4개 휠이 지면 접촉하고 본체는 양쪽 구동부의 평균 피치각 유지>



<험지 극복 동영상>

❖ 제어부 설계

- 신속한 기능 구현과 향후 사용자 요구에 따른 기능 추가를 고려하여 오픈소스 기반 제품 활용



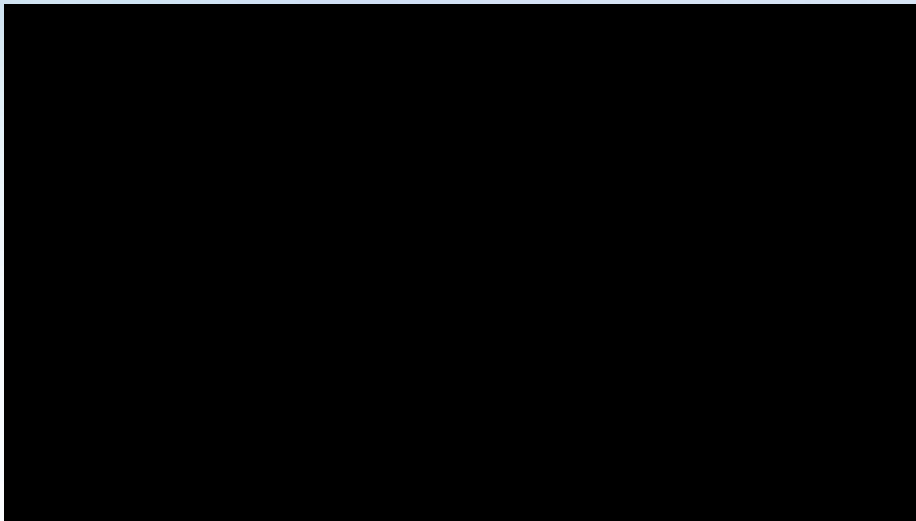
Specification

<i>Rover Controller</i>	Pixhawk2 CUBE STM32F427
<i>GPS</i>	NEO-M8P(GPS L1C/A, GLONASS L1OF, BeiDou B1I)
<i>IMU</i>	acc./mag. : 3 axis, LSM303D gyro : 3 axis, L3GD20 barometer : MS5611
<i>Motor Controller</i>	BLDC 2 Channel max. 60 V / 60 A per Channel
<i>Battery</i>	Drive : 2 x 25 V / 35,000 mAh Control : 11.1 V / 3,000 mAh
<i>Radio</i>	Frequency : 915 MHz Output Power : 1W(+30dBm)

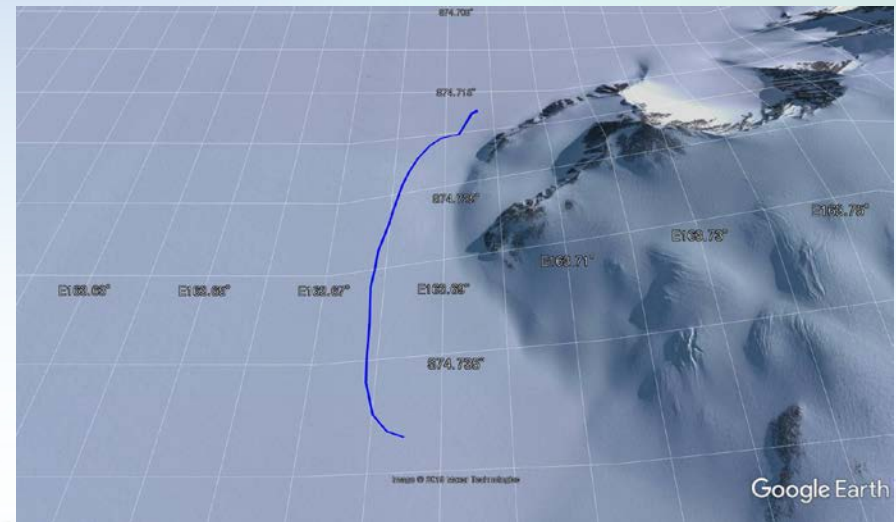
<제어부 블록 다이어그램 및 주요 부품 사양>

❖ 실험

- 남극 장보고 과학기지 주변 지형(험지, 진흙, 해빙)에서 구동 시험
- 브라우닝 패스 구간에서 지표투과레이더(GPR)을 견인하여 크레바스 탐사
- Waypoint를 설정하여 탐사 구간 자율주행



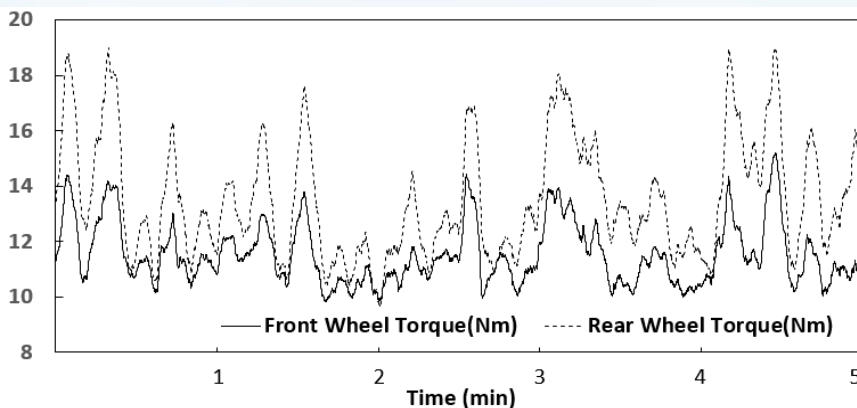
<UGV 주행 동영상>



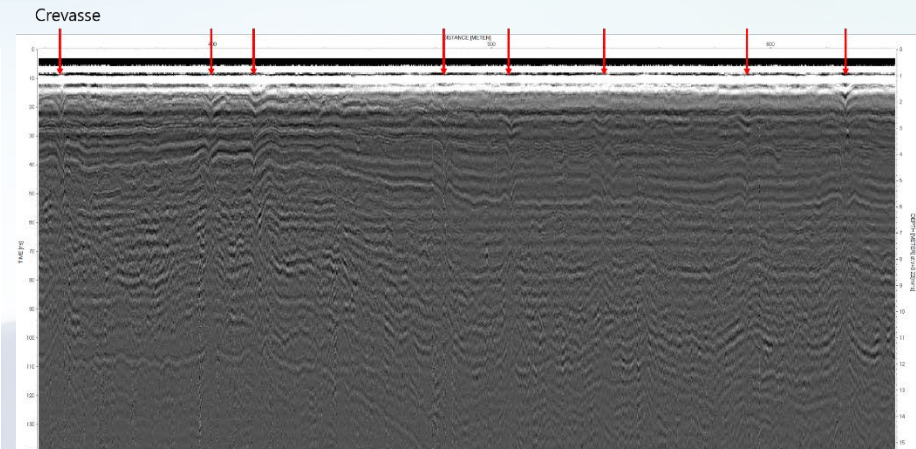
<UGV를 활용한 크레바스 탐사 구간>

❖ 결과

- 최고 2.5m/sec 평균 1.8m/sec 속도로 2.6km 구간 주행 성공
- 평지 구간에서 측정된 모터 토크를 구름저항 계수로 계산하면 약 0.24로 설계값(0.29)보다는 작게 측정
→ 계수값을 보수적으로 선정한 영향으로 예상
- 앞바퀴보다 뒷바퀴 토크가 약 15% 더 걸림
→ 차량의 무게 중심이 뒤쪽에 있기 때문으로 예상
- 크레바스 탐사 성공



<평지 구간에서의 모터 토크>



<주파수 250MHz GPR를 이용한 크레바스 탐사 결과>

❖ 향후 계획

- 위험구간에서의 크레바스 탐사 무인화

	기존	개선
이미지		
소요인원	장비설치-2인 이상 탐사-2인 이상	장비설치-1~2인 탐사-무인 (로봇 모니터링-1인)
속도	5~6km/hour	10km/hour
1회 탐사거리	5km 내외(위험구간)	10km 이내
작업자 안전	위험	안전

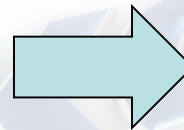
- 남극지면 특성측정장치 제작 및 실험 → 극지육상연구활동에 활용



<Pressure-sinkage 측정>



<shear stress-displacement 측정>



<극지육상연구활동에 활용>

감사합니다.

