

전자파를 이용한 원격 생체신호 계측 기술

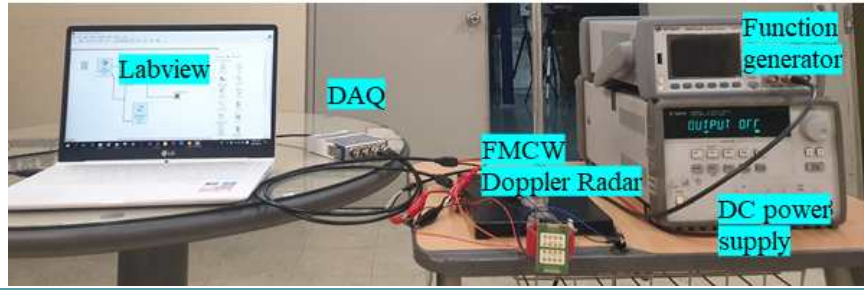
Summary

산업분류코드	대분류		중분류		소분류			코드번호	
	바이오·의료		융합 바이오		기타 융합바이오 제품/기술			500308	
기술완성도 (TRL)	①기본원리 파악	②기본개념 정립	③기능 및 개념 검증	④연구실 환경 테스트	⑤유사 환경테스트	⑥파일럿 테스트	⑦상용모델 개발	⑧실제 환경테스트	⑨사업화
	◆								
기술 요약	<p>■ 기존 생체신호 계측 기술은 단일 대상에 대해서만 측정이 이루어졌는데 반해, 본 기술은 FMCW 도플러 레이더를 활용하여 인접한 두 사람에게 대해 위치를 명확히 구분하고, 각자의 생체신호를 정확히 검출함</p>								
키 워 드	<p>■ FMCW 도플러 레이더, 고분해능 알고리즘, 신호간섭 보상</p>								
연구 자	■ 연세대학교			연구 자	■ 육종관 교수				
담 당 자	■ 연세대학교 기술지주회사		홍성구 변리사		hongsk@yonsei.ac.kr		02-2123-5132		
	■ 과학기술일자리진흥원		서정권 PM		jkseo@compa.re.kr		02-736-2320		

Patent / paper / product

특허	■ 국내 출원 0 건		■ 국내 등록 4 건		■ 해외 특허 0 건	
	국내등록	1020110049587	센서 및 센싱방법			
1020050096941		바이오 레이더				
1020130051886		생체신호 측정센서 및 측정방법				
1020130136736		생체신호를 검출하는 방법 및 장치				
논문	Remote sensing (2019) (IF: 4.118)		A Novel Vital-Sign Sensing Algorithm for Multiple Subjects Based on 24-GHz FMCW Doppler Radar			
	IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems (2019)(IF: 4.252)		Noncontact RF Vital Sign Sensor for Continuous Monitoring of Driver Status			
	IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques (2016) (IF: 3.756)		A proximity coupling RF sensor for wrist pulse detection based on injection-locked PLL (IF:			
	IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems (2015) (IF: 4.252)		Sensitivity enhanced vital sign detection based on antenna reflection coefficient			
	IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems (2015) (IF: 4.252)		Flexible non-constrained RF wrist pulse detection sensor based on array resonators			
	IEEE Transactions on Biomedical Engineering (IF: 4.491)		Heart rate detection during sleep using a flexible RF resonator and injection-locked PLL sensor			
	IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems (2013) (IF: 4.252)		Noncontact proximity vital sign sensor based on PLL for sensitivity enhancement			

시제품

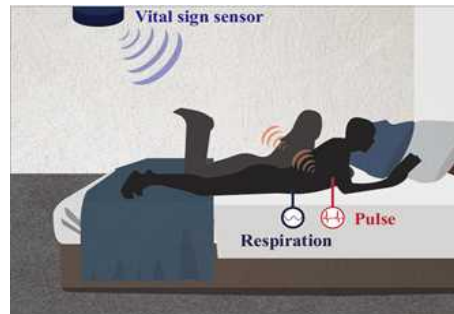


Technology

기술 개요

- 전자파를 이용한 생체신호 계측 기술은 비접촉 및 비관여 측정의 특성으로 인해 일상적인 건강검진 모니터링 체계를 구축할 수 있음. 하지만 원거리 측정 특성상 다중 피사체에 대한 문제가 계속해서 제시되고 있음. 특히, 연방 통신 위원회에서 주파수 대역폭을 제한하고 있기 때문에 거리 분해능에 제한이 있음.
- 본 기술은 FMCW 도플러 레이더 신호처리 기술을 통하여 인접한 두 사람의 생체 신호를 정확히 검출함.

	Frequency range [GHz]		Bandwidth [MHz]	Theoretical range resolution [cm]
1	2.4	2.5	100	150
2	5.725	5.875	150	100
3	24	24.25	250	60
4	61	61.5	500	30
5	122	123	1000	15

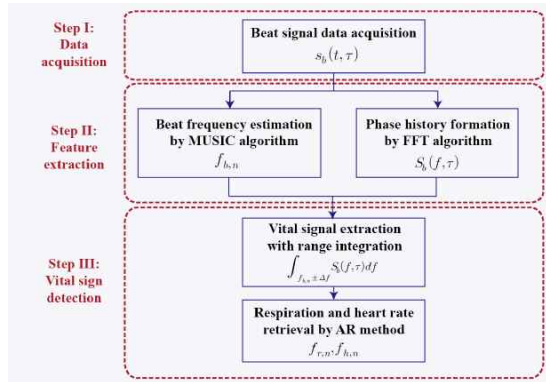


ISM 밴드의 대역폭 및 이론적 거리분해능

기술개발 현황

- (기존기술의 문제점)
 - 기존 생체신호 계측 기술의 경우, 단일 대상에 대한 측정만 이루어짐. 두 사람의 신호가 수신되는 경우, 마스킹 현상이나 중첩 현상이 발생해 대상의 신호를 구분하기 어려움. 또한, 대상이 구분된다 하더라도 두 사람간의 신호간섭으로 인해 각자의 생체신호가 정확히 추출되지 않음.
- (본 기술의 해결방안) 대상의 위치를 파악하고, 각 위치로부터 생체 신호를 추출하기 위해서 FMCW 도플러 레이더 기술을 활용함
 - 고분해능 알고리즘인 MUSIC을 활용하여 대상의 위치를 명확히 구분하고, 각자의 거리를 추출함. 각 거리로부터 위상정보를 추출함.

- 단일 포인트에서 위상정보를 추출하는 경우 두 사람간의 신호간섭으로 인해 생체신호가 제대로 추출되지 않을 수 있기 때문에 범위 적분을 통해 간섭 신호를 제어함. 이를 통해 각자의 생체 신호가 정확히 검출될 수 있도록 함.

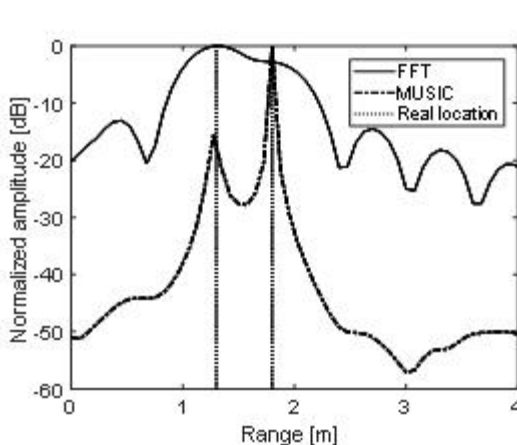


신호처리 알고리즘

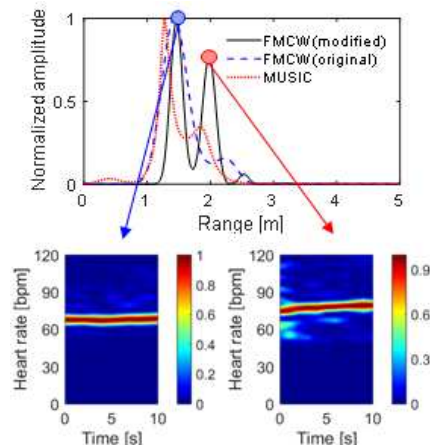
기술 우수성

■ 본 기술은 FMCW 도플러 레이더를 활용하여 각자의 위치정보와 생체신호 정보를 추출함

- 명확한 대상 인지 및 위치 추정
 - 연방 통신 위원회로부터 지정된 ISM 밴드 24 GHz (250 MHz 대역폭) 기준으로 이론적 거리 분해능은 60 cm임. 기존의 방식에서는 60 cm 이내로 인접한 두 사람을 한 사람으로 인지함. 본 기술은 고분해능 알고리즘인 MUSIC을 통해 40 cm의 간격을 지닌 대상에 대해 명확히 대상을 인지함. 각 대상의 거리 오차는 10 cm 이내로 측정됨.
- 정확한 생체신호 계측
 - 인접한 두 사람의 위치를 정확히 추정하더라도, 상호 간섭신호로 인해 각자의 생체신호가 정확히 검출되지 않을 수 있음. 본 기술은 범위적분을 활용하여 상호 간섭신호를 제어하여 각자의 생체신호가 정확히 검출될 수 있도록 함.



MUSIC을 통한 명확한 대상 인지 및 위치 추정

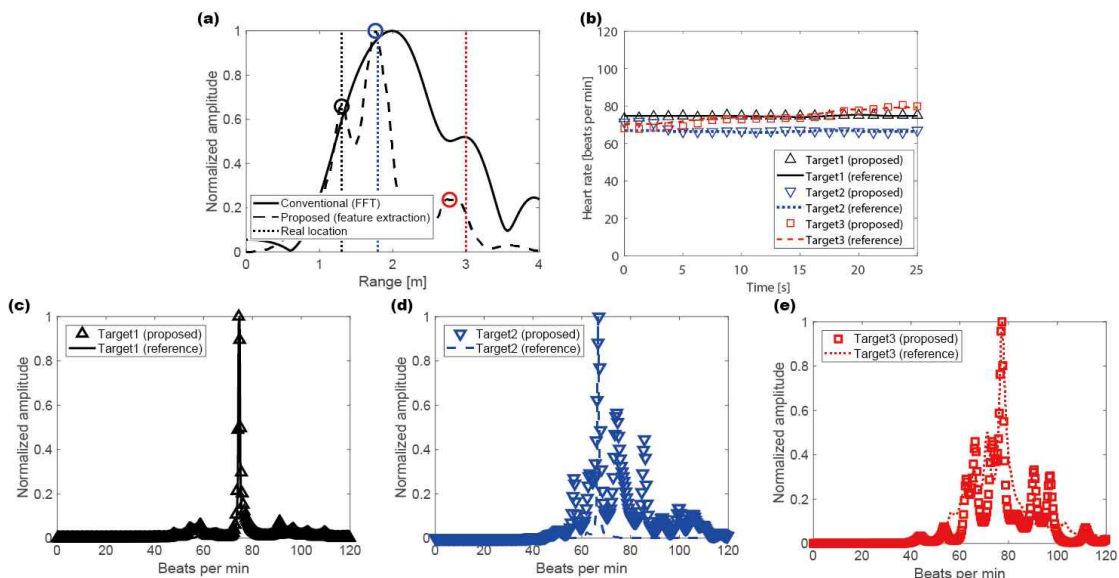


정확한 생체 신호 검출

■ 본 기술은 단순히 인접한 두 사람에게 대해서만 적용이 가능한 것이 아니라 측정자의 수나 위치에 무관하게 측정이 가능함.

Case	Subject	Location	Detection accuracy	
			w/o weight integration	w/ weight integration
1	Front	130 cm	93.98% ± 6.99%	96.99% ± 4.21%
	Rear	300 cm	91.72% ± 8.84%	97.24% ± 3.28%
2	Front	130 cm	99.12% ± 0.79%	99.22% ± 1.33%
	Rear	260 cm	93.29% ± 7.58%	96.28% ± 5.46%
3	Front	130 cm	96.46% ± 8.53%	98.32% ± 2.39%
	Rear	220 cm	94.28% ± 4.77%	94.47% ± 5.32%
4	Front	130 cm	92.74% ± 9.21%	97.13% ± 5.50%
	Rear	180 cm	88.39% ± 9.89%	97.20% ± 1.96%
5	Front	130 cm	98.62% ± 1.21%	98.88% ± 1.91%
	Rear	170 cm	84.02% ± 15.52%	99.27% ± 0.41%

반복 측정에 따른 생체신호 계측 정확도 (평균 및 표준편차)



3명에 대한 위치 추정 및 각자의 생체신호 검출

■ Autoregressive 방법을 활용하여 주변의 잡음 신호를 제어함.

도플러 효과를 활용하여 추출된 위상정보로부터 생체신호를 검출함. 이때, Nonparametric 방법인 FFT를 활용하면 주변 잡음 신호에 대한 제어가 어려움. 반면, Parametric 방법 중 하나인 autoregressive를 활용하여 short-time autoregressive를 적용하면 잡음이 제어된 상태의 실시간 생체신호 정보를 계측할 수 있음.

■ GUI를 통해 실시간으로 인접한 두 사람의 위치 및 생체신호에 대한 모니터링이 가능함.

Application

- 의료기관에서 한명 이상의 환자 상태를 비접촉식으로 실시간 모니터링
- IoT 사업화를 통해 기존 가전제품과의 결합으로 스마트홈 구축 가능
- 스마트기기와의 결합을 통해 개인 건강관리 시스템 구축 가능
- 자율주행차량에 적용하여 졸음으로 인한 생체신호 변화 기후를 감지하여 졸음운전 방지를 유도

Market

■ IoT 사업 시장

- (국내) 2019년 기준 257억 달러(약 29조원) 규모로 예상
- (해외) 2018년 기준 6,460억 달러에서 15.4% 증가하여 2019년 7,450억 달러에 달할 것으로 예상. IDC 조사에 따르면 전세계 IoT 투자는 2022년에 1조 달러를 돌파할 것으로 예상



세계 IoT 시장 규모 성장 추이 (IDC, 2018.10)

■ 자율주행차량 시장

- (국내) 2020년 1,509억원에서 연평균 41% 성장하여 2035년에는 26조 1,794억원 규모에 달할 전망
- (해외) 레벨2 제품 시장은 이미 형성되고 있으며, 2020년 본격적으로 레벨 3 제품이 도로에 나타날 것으로 전망. 레벨 3,4 제품 시장은 2020년 64.5억 달러 규모로 형성될 전망이며, 연평균 41.0% 증가하여 2035년 11,204억 달러 규모에 달할 전망

< 국내 자율주행차 시장 전망 >

(단위: 억 달러)

구분	2020	2025	2030	2035	CAGR(%)
세계시장 합계	1,509	36,193	153,404	261,794	41.0
제한 자율주행(Lv3)	1,493	28,852	80,753	114,610	33.6
완전 자율주행(Lv4)	15	7,341	72,651	147,183	84.3

* 출처: Autonomous Vehicles, Navigant Research(2013)/Strategic Analysis of the European and North American Market for Automated Driving, Frost&Sullivan(2014)/자율주행 기능 시스템 기술정보(KISTI, 2016)

< 글로벌 자율주행차 시장 전망 >

(단위: 억 달러)

구분	2020	2025	2030	2035	CAGR(%)
세계시장 합계	64.5	1,548.9	6,565.2	11,204.0	41.0
제한 자율주행(Lv3)	63.9	1,234.8	3,456.0	4,905.0	33.6
완전 자율주행(Lv4)	6.6	314.1	3,109.2	6,299.0	84.2

* 출처: Autonomous Vehicles, Navigant Research(2013)/Strategic Analysis of the European and North American Market for Automated Driving, Frost&Sullivan(2014)/자율주행 기능 시스템 기술정보(KISTI, 2016)