

마이크로파 필터 자동 튜닝 알고리즘



곽창수 (cskwak@etri.re.kr)
위성기술연구그룹

목 차

1. 기술의 개요
2. 기술이전 내용 및 범위
3. 경쟁기술과 비교
4. 기술의 사업성
5. 국내외 시장 동향

1. 기술의 개요

□ 개요

- ❖ “통해기 위성 Ka 대역 통신탑재체 우주인증 및 실용화 검증 기술 개발” 과제를 수행하면서 확보된 ‘마이크로파 필터 자동 튜닝 알고리즘’ 기술을 이전하고자 함.
- ❖ 마이크로파 필터 자동 튜닝 알고리즘
 - 마이크로파 필터를 자동으로 튜닝하는 알고리즘
 - 마이크로파 필터 측정 장비와 필터 튜닝 로봇을 제어하여 목표로 하는 특성을 갖도록 하는 알고리즘
 - 필터의 이론적 모델을 사용하지 않고 사람이 필터를 튜닝하는 메커니즘을 구현한 알고리즘

1. 기술의 개요

□ 기술 목적 및 필요성

- ❖ 대부분의 마이크로파 필터는 완벽하게 설계하고 제작을 정밀하게 하더라도 원하는 성능을 완벽하게 구현하지 못함. 따라서 제작/조립 후 튜닝 과정을 거침.
- ❖ 이러한 튜닝 절차는 숙련된 기술자들에 의해서만 이루어지고 있음.
- ❖ 대량 생산되는 필터의 경우 원가의 가장 큰 부분을 차지하는 것이 튜닝에 소요되는 인건비임.
- ❖ 이러한 과정을 로봇이나 장비가 자동으로 수행하면 시간과 비용을 매우 크게 줄일 수 있으므로 많은 관련 국내외 업체들이 자동화 연구를 수행해 왔음.
- ❖ ETRI도 같은 목적으로 필터 튜닝 자동화 연구를 수행하였음.
- ❖ 국내 관련 업체가 이러한 필터 튜닝 자동화 기술을 보유할 경우 국내 필터 업체의 경쟁력이 크게 상승하고 튜닝 자동화 장비 시장을 새로 개척할 수 있는 기회가 됨

1. 기술의 개요

□ 기술의 특징 및 장점

❖ 특징

- 필터의 이론 모델을 사용하지 않고
- 측정된 산란계수 곡선의 모양/형상을 보고 판단하며
- 각 튜닝 스크류가 측정 장치 디스플레이에 나타나는 산란계수 곡선의 형상적 특징을 어떻게 변화시키는지 파악하여 이를 근거로 튜닝 스크류의 이송을 결정함

❖ 장점

- 일반적인 최적화 기법을 사용하는 기존의 방법과 달리 local minima에 빠지는 일이 발생하지 않음
- Curve fitting을 사용하는 기존의 방법에서는 정확한 fitting이 이루어지지 않는 경우가 있지만 본 기술에서는 curve fitting을 사용하지 않음.

1. 기술의 개요

▣ 적용분야

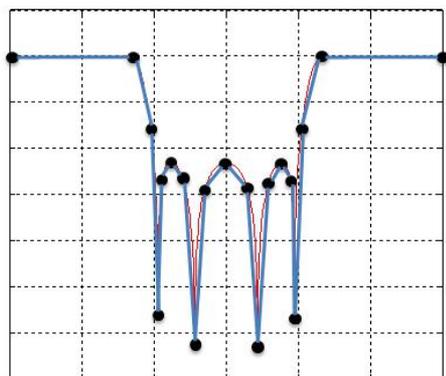
- ❖ 마이크로파 필터의 튜닝 자동화 설비
- ❖ 마이크로파 필터의 설계
- ❖ 마이크로파 수동 부품의 튜닝 및 설계

2. 기술이전 내용 및 범위

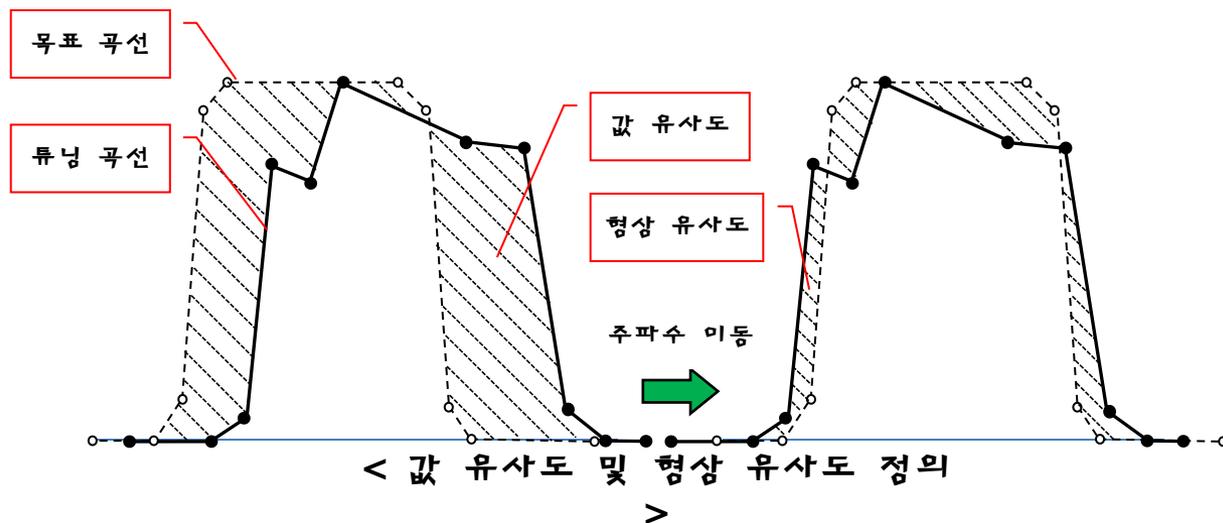
□ 기술이전 내용 및 범위

❖ 마이크로파 필터의 자동 튜닝 알고리즘

- 마이크로파 필터 산란계수 곡선의 형상 유사도와 값 유사도 계산 알고리즘
- 마이크로파 필터 산란계수 곡선의 특징점 추출 알고리즘
- 마이크로파 필터 산란계수 곡선의 튜닝 스크류에 대한 민감도 행렬 계산 알고리즘
- 가중 최소자승법에 의한 튜닝 스크류 미송량 계산 알고리즘



< 특징점 추출 >



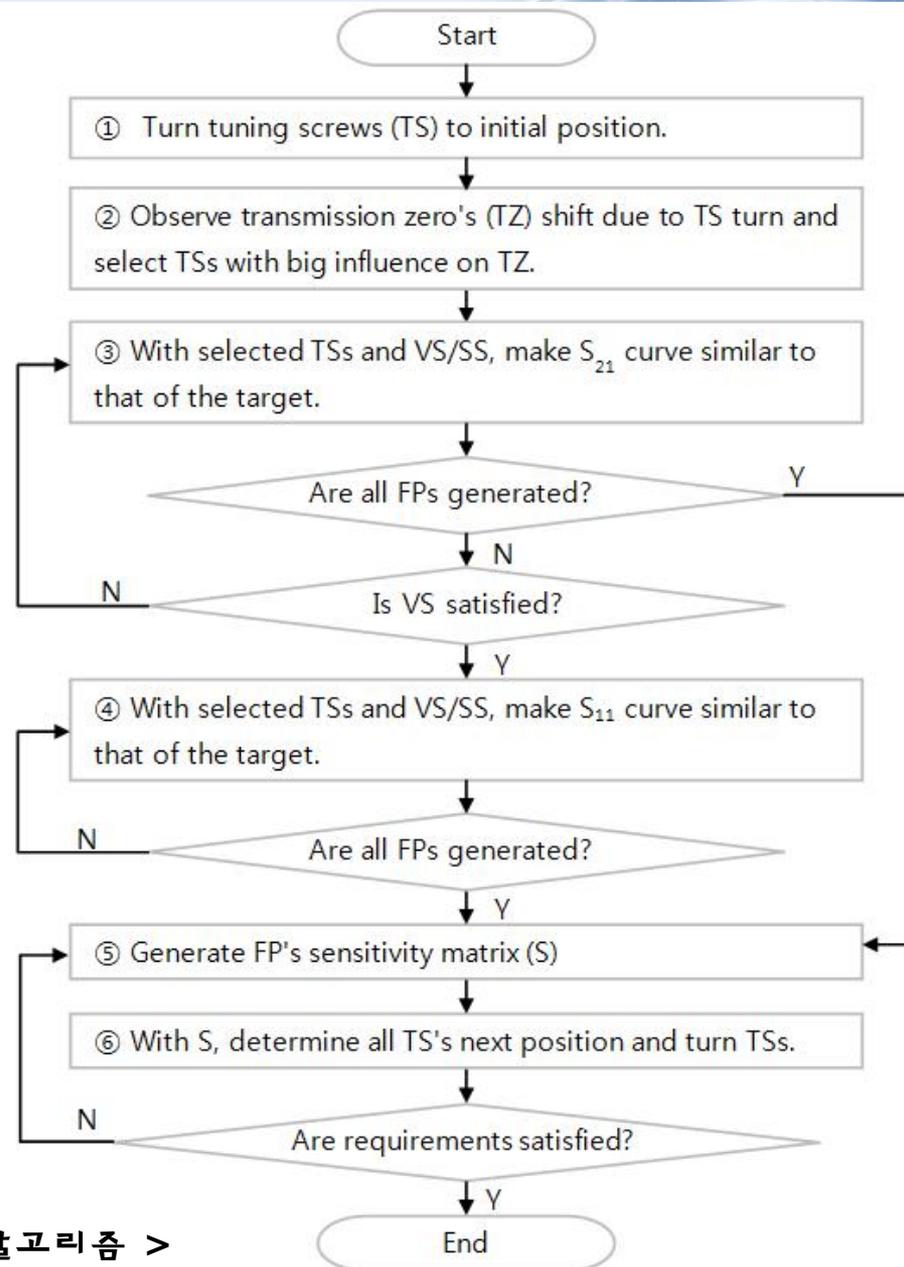
< 값 유사도 및 형상 유사도 정의 >

2. 기술미전 내용 및 범위

■ 기술미전 내용 및 범위

❖ 마이크로파 필터의 자동 튜닝 알고리즘

- 매트랩을 이용한 측정장비(VNA) 제어 프로그램
- 매트랩을 이용한 튜닝로봇 제어 프로그램



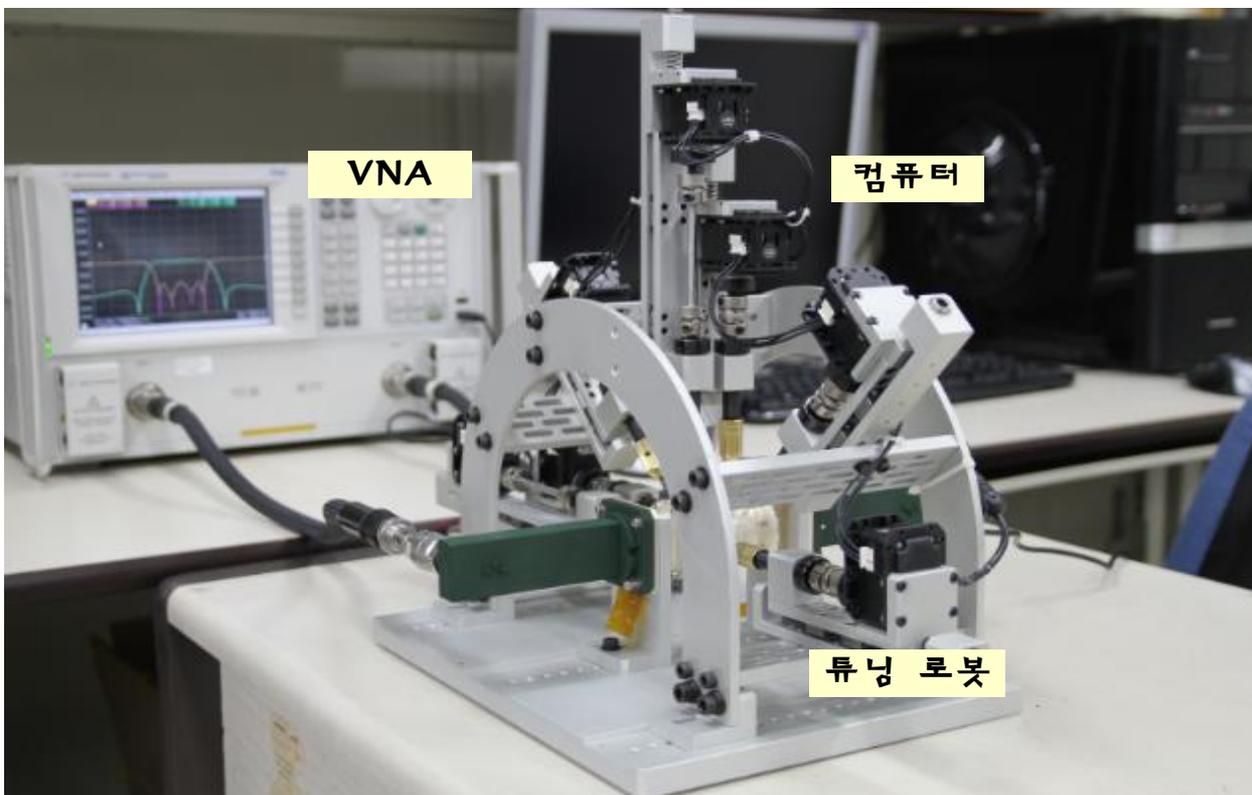
< 전체 알고리즘 >

2. 기술미전 내용 및 범위

□ 기술 개발 현황

❖ 검증 장치 개발 및 시험

- 검증 장치

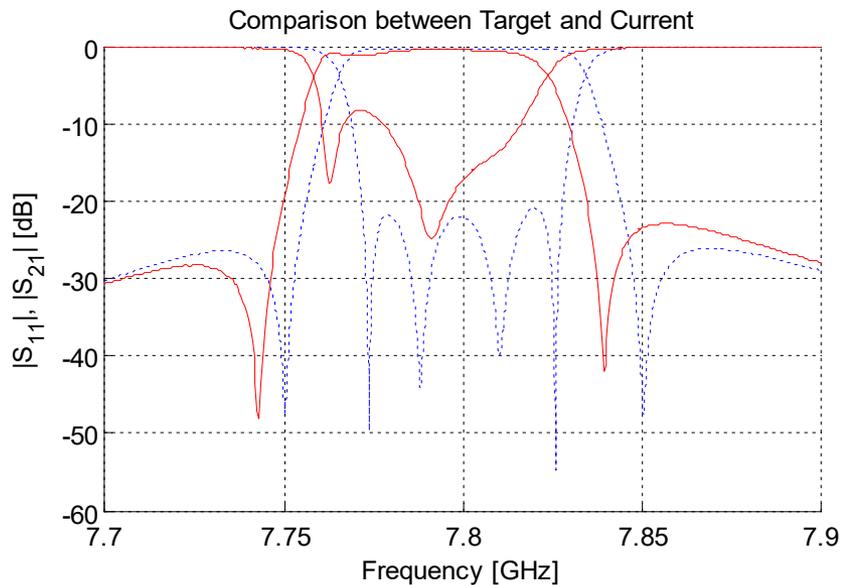


2. 기술미전 내용 및 범위

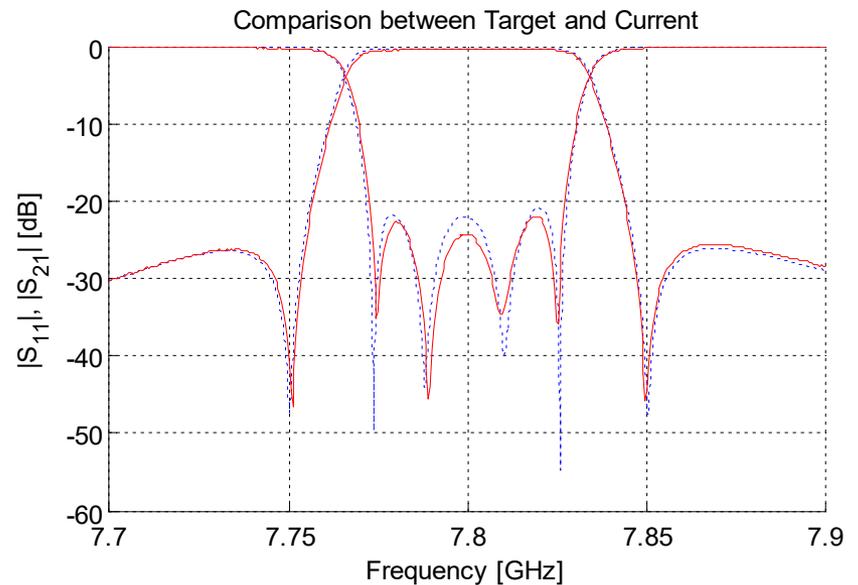
□ 기술 개발 현황

❖ 검증 장치 개발 및 시험

- 시험 결과: 튜닝 전 후의 비교



< 튜닝 전 특성곡선 >



< 튜닝 후 특성곡선 >

2. 기술미전 내용 및 범위

□ 기술 개발 현황

❖ 기술성숙도(TRL : Technology Readiness Level) 단계 : (4)
다 계

구 분	단계	정 의	세 부 설 명
기초 연구 단계	1	기초 이론/실험	•기초이론 정립 단계
	2	실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념정립	•기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계
실험 단계	3	실험실 규모의 기본성능 검증	•실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 •개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계
	4	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가	•시험생물을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 •3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 •컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/ 시스템 시작품 제작 및 성능 평가	•확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 •개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 •경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	•파일럿 규모(복수 개~양산규모의 1/10정도)의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 •파일럿 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량 불량률 등 제시 •파일럿 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 •생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 •성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보
실용화 단계	7	신뢰성평가 및 수요기업 평가	•실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 •부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일럿 시작품을 현장 평가(성능 및 신뢰성 평가) •가능하면 인증기관의 신뢰성 평가 결과 제출
	8	시제품 인증 및 표준화	•표준화 및 인허가 취득 단계
사업화	9	사업화	•본격적인 양산 및 사업화 단계 •6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계

3. 경쟁기술과 비교

□ 경쟁 기술 비교

❖ COM DEV 사

- ROBOCAT (Robotic Computer-Aided Tuning)
- 완전 자동화

❖ 에이스테크놀로지 사

- 반자동 필터 튜닝 장치 개발, 사용 중
- 필터 대량 생산 시 저숙련자들도 필터를 튜닝할 수 있도록 도와주는 튜닝 보조 장비 개발 사용 중

❖ 기탁 발표된 논문

- 실험실 단계의 튜닝 장치 발표



<ROBOCAT>

(1) LNA N.F 2 dB, Loss 1 dB, ant. Temperature 50K 가정

4. 기술의 사업성

□ 사업성

❖ 마이크로파 필터 자동 튜닝 장치 시장 전망

- 현재는 완벽한 자동 튜닝 장비가 광범위하게 사용되고 있지 않으나 마이크로파 필터 원가의 가장 큰 부분을 차지하는 것이 인건비인 만큼 반드시 자동화 장비가 개발되어 판매될 것으로 판단됨.
- 인공지능(AI) 알고리즘을 추가하여 좀더 완벽한 자동 튜닝 장비가 나올 가능성이 있음.
- 튜닝 작업이 완벽하게 자동화 될 수 있다면 제작 원가가 크게 줄어들 수 있기 때문에 필터의 자동 튜닝장비 개발은 반드시 이루어질 것임.

4. 기술의 사업성

□ 사업성

❖ 상용화 가능성

- 튜닝 로봇만 있으면 필터 튜닝 장비 상용화 가능

❖ 상용화의 애로점 및 극복방안

- 알고리즘을 실물에 적용하기 위한 튜닝로봇 개발 또한 쉽지 않은 과제임
- ETRI의 튜닝로봇 개발 경험과 자동화 장비 업체의 노하우 이용

❖ 상용화를 위한 추가적인 기술개발 내용

- 기존의 다른 알고리즘을 합하여 최적의 알고리즘 개발
- 튜닝 로봇 개발

❖ 제품/서비스 예상 수요자층

- 필터 제작 업체: 대량 생산 시 상당한 원가 절감 가능
- 장비 제작 업체: 자동 필터 튜닝 장치 상용화
- 필터 설계 업체: 필터 설계에 적용 가능

❖ 기술미전 업체 조건

- 마이크로파 필터 설계/제작 경험

5. 국내외 시장 동향

▣ 예상 제품/서비스 속성

예상 제품 /서비스	예상단가 (천원)	이전기술의 비중(%)	잠재적/현재적 경쟁자와 가격,시 장 등에서 경쟁상 유리한 점	판매 가능 시기
마이크로파 필터 자동 튜닝 장비	100,000	70	a. 가격경쟁력면: 국내개발을 통한 가격 절감 b. 시장환경면: 아직 완전한 자동 튜닝 장비가 시장에 나와 있지 않음.	2022~2032년

5. 국내외 시장 동향

▣ 관련 제품/서비스 국내외 시장 규모

(단위 : 억원)

관련 제품 /서비스	시장	1차년도 (2022)	2차년도 (2023)	3차년도 (2024)	4차년도 (2025)	5차년도 (2026)	합계
마이크로파 필터 자동 튜닝 장비	해외	160	172	198	228	262	1,079
	국내	10	12	14	17	21	74

▣ 예상 제품/서비스 예상 매출액

(단위 : 억원)

예상 제품 /서비스	시장	1차년도 (2022)	2차년도 (2023)	3차년도 (2024)	4차년도 (2025)	5차년도 (2026)	합계
마이크로파 필터 자동 튜닝 장비	해외	16	25.8	29.7	34.2	39.3	145.0
	국내	4	4.8	7	8.5	10.5	34.8

감사합니다.



www.etri.re.kr

※ 하단의 문의처 소개후, 발표후 개별기술 상담이 가능함을 다시 한 번 안내함

♣ 연락처 : 전파위성연구본부, 박창수 책·연 (042-860-6266, cskwak@etri.re.kr) 17