지능형 재구성 안테나 특허 동향

Patent Trends on Reconfigurable Intelligent Surface

권동승 (D.S. Kwon, dskwon@etri.re.kr) 지능형스몰셀연구실 책임연구원

ABSTRACT

To accommodate various mobile communication frequency bands, the study of metamaterial antennas have begun since the mid-2000s to solve the Trilemma problem between antenna gain-occupied bandwidth-size. As an adaptive reconfiguration function is required in a multi-array antenna system since 4G, the metamaterial array antenna using low-power variable elements has been used to change the basic structure of the antenna. Recently, reconfigurable intelligent surface (RIS), which is made of metasurface with reconfigurability, has been studied to effectively cope with the randomly varying radio channels and be used for various purposes such as reflection/transmission/modulation. As a result of RIS-related patent information analysis in this study, it was confirmed that most of the patents are metamaterial antennas and metamaterial array antennas, but the metasurface antenna technology was in the early stages. Particularly, as the intelligent metasurface antenna is in a more initial stage, the investment to R&D of RIS is urgent to secure patent competitiveness in B5G and 6G.

KEYWORDS Reconfigurable Intelligent Surface, Metamaterial antenna, Metasurface, Intelligent

Ⅰ. 서론

이동통신기술은 5G까지 송·수신기 간 무선 환경의 인위적 제어가 불가능하다는 전제하에 통신 링크의 종단인 송신기와 수신기에 최적화된 기술로 무선 환경을 보상하도록 설계되어 왔다. 하지만 무선 환경을 제어할 수 없다는 가정에서 벗어난다면 큰 성능 향상을 기대할 수 있으므로, 무선 환경을 송신기 및 수신기와 함께 최적화 대상 변수로 상정한 많은 연구가 진행되어오고 있다. 이 접근 방식으로 만들어진 무선 환경을 과거 설계 및 최적화 기준과 근본적 차별성을 강조하기 위해 스마트 무선 환경(SRE: Smart Radio Environment) 또는 지능형 무선 환경(IRE: Intelligent Radio Environment)이라 부른다[1–8]. 2020년에 5G 상용화가 시작되었고, 동시에 2030년 상용화를 목표로 한 6G의 비전, 연

* DOI: https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360312

* 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임[No. 2018-0-01659, 5G NR기반 지능형 오픈 스몰셀 기술 개발].

본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.
©2021 한국전자통신연구원

구개발 이슈 등이 발표되고 있다[5,9-15]. 그 중에서 SRE 실현 기술로 Reconfigurable Metasurfaces[8], Smart Large Intelligent Surfaces(SLIS)[9], Large Intelligent Surfaces(LIS)[10,11,14], Reconfigurable Intelligent Surface(RIS)[12], Intelligent Reflecting Surface(IRS)[15] 등 다양한 용어가 제시되고 있으며, 본 고에서는 RIS라는 용어를 대표로 사용한다.

기본적으로 RIS는 실시간 동작 중에도 랜덤하게 변동하는 무선 환경에 대응하여 커버리지 증대, 간섭 억제, 채널 랭크 증대, 빔포밍 향상, 정보 전송, Security 증대 등 요구사항이 실현되도록 RIS에 도달한 전파를 실시간으로 제어 및 재구성하는 Metasurface 기반의 지능형 재구성 안테나를 의미한다. 전자기적 관점에서 RIS는 변칙적인 반사/회절과 흡수, 편파 조작, 포커싱, 빔 Splitting, 다중 빔 Collimation을 할 수 있고, 통신 관점에서는 변조(공간 변조), 다중 스트림 송신기와 인코딩을 할 수 있다[1-8].

SRE에 대한 통신 이론적 프레임워크는 무선 환경을 제어할 수 없는 파라미터가 아니라, 다양한 성능 메트릭과 QoS를 만족시키도록 최적화되어야 할 설계 파라미터로 간주하므로 RIS에 도달한 전파는 제어 가능한 맞춤화된 전환 확률로 모델링된다. 즉, 기존의 통신 이론과 달리 SRE에 대한 통신 이론은 자연적으로 발생하지만 RIS에 의해 제어되는 상태 의존적 무선 환경에서 정보를 전송하는 것이다. 주어진 채널 입력에 대한 채널 출력의 조건부 확률 법칙으로 표현되는 RIS를 사용하여 원하는 대로 최적화될 수 있고, 송신기 및 수신기와 함께 무선 환경의 가능한 동작 상태를 제어할 수 있다면 통신 성능을 향상시킬 수 있다. 따라서 송신기, 수신기 그리고 시·공간적으로 랜덤하게 변동하는 무선 환경을 공동 최적화하는 이론적 한계 규명과 이를 실시간으로 실현시키기 위한 기계학습 등의 적용 연구가 진행되고 있다.

유럽에서 RIS 관련해서 세 가지 프로젝트가 있다. 첫째, 2017년 1월 시작된 VisorSurf 프로젝트는 프로그래머블한 전자기적 동작의 실현을 위해 스마트하게 상호 연결된 평면에 대한 하드웨어와 소프트웨어를 개발하는 것이다. 둘째, 2019년 11월 시작된 ARIADNE 프로젝트는 D-대역(110~170GHz)에서 무선 환경 속의 물체를 RIS로 코팅하여 제어 가능한 반사기로 전환시켜서 무선망에 향상된 연결성을 제공하는 기술과 프로토콜을 개발하는 것이다. 셋째, 2021년 5월 시작 예정인 PathFinder 프로젝트는 지능적 Metasurface를 이용하여 현 무선 환경을 SRE로 전환시키기 위해 통신 이론, 물리학, 전자기학의 다학제 방법론을 도입하여 RIS를 지원하는 무선망의 이론적·알고리즘적 기반을 구축하는 것이 목표다.

따라서 본 고에서는 최근 이슈가 되고 있는 RIS 관련 특허, 구체적으로 Metamaterial 안테나, Metamaterial 어레이 안테나 Metasurface 안테나, 지능형 Metasurface 안테나 등에 대한 특허정보의 조사 분석한 결과를 제시하고자 한다.

Ⅱ. 기술 개요 및 분류

1968년 V. G. Veselago는 음수의 유전율과 투자율이 파동의 전파에 미치는 효과를 처음 연구했고, 1996년 J. Pendry가 음수의 유전율을 실현하는 Split Ring Resonator(SRR)을 제안하였다. 그 이후 Metamaterial은 통신, 센싱, 항공 우주, 광학 및 의료 기기와 같은 다양한 응용 분야에서 널리 활용되고 있으며, 무선통신분야에서 구체적인 응용으로 안테나와 안테나 레이돔, 빔 조향 장치, 마이크로파 소자, 투명 망토 등이 있다[16].

Metamaterial은 전자기 특성이 자연적인 물질 또

는 복합 물질로 달성하기 어렵거나 불가능한 반응을 제공하도록 의도적으로 설계·구현된 인공 물질로서 구체적으로 파장 이하 길이의 금속 구조물에서 자연계에서 얻을 수 없는 임의의 전자기적 특성 값을 갖도록 설계된 인공 합성물이다. 기본적인 전자기 Metamaterial로는 특정 주파수 범위에서 음수의 유전율 또는 투자율을 갖는 단일 음수의 Metamaterial(SNG: Single Negative Metamaterial), 특정 주파수 범위에서 음수의 유전율과 투자율을 갖는 이중 음수의 Metamaterial(DNG: Double Negative Metamaterial), 전자기파의 전파를 제어하고 조작하는 인공 구조물인 전자기 밴드 갭(EBG: Electromagnetic Band Gap) Metamaterial, 유전율 및 투자율과 같은 매개 변수에 의해 설명되는 독립적인 전자기적 응답 기반의 Bi-isotropic 및 Bi-anisotropic Metamaterial, 내부 구조의 특수한 기하학적 특성이 거울 이미지와 비대칭이고, far-field 평면의 편광 회전으로 보이는 거시적 효과를 생성하는 Chiral 요소로 구성된 Chiral Metamaterial 등이 있다.

1. Metamaterial 안테나

Metamaterial 안테나는 기존 재료에서 얻을 수 없는 음수의 유전율과 투자율을 실현하는 구조를 전기적으로 작은 안테나에 실현하여 방사 이득과 대역폭 개선, 방사 방향 제어, 재구성 가능한 안테나 실현, 어레이 안테나의 빔 스캐닝 범위 개선 등을 하는 안테나이다.

2000년 이후 연구개발되어 온 Metamaterial 안테나는 소형 안테나에서 제한적인 효율성-대역폭 한계를 극복할 수 있는 길을 열었지만, 아직 성숙한 단계는 아니다. Metamaterial 안테나의 문제점과 한계로, 첫 번째는 더 나은 균질한 Metamaterial을 얻는 방법이고, 두 번째는 기존 안테나와 마찬가지로 여전히 대역폭-효율성-안테나 크기를 동시에 만족할 수 없는 모순이 있고, 현재는 소형화보다는 대역폭 확대와 효율성 향상에 중점을 두고 있다[18].

2. Metasurface 안테나

Metamaterial을 2차원으로 확장한 Metasurface는 개념적으로 가로와 세로 길이는 파장보다 매우 크지만, 두께는 파장보다 매우 작고, 주기적으로 배치된 방사 요소 간 간격은 파장보다 매우 작은 전자기 구조를 갖는 것을 말한다[18].

Metasurface 안테나 예로 다음 두 가지가 있다. 첫 번째는 Mosallaei와 Sarabandi가 제안한 금속으로 뒤덮인 높은 유전 물질 위 2차원 공간에서 주기적으로 인쇄된 금속 패치를 활용한 것으로, 소형화, 대역폭과 방사 특성을 크게 향상시킬 수 있다. 두 번째는 Feresidis 등이 제안한 인공 자기 전도체(AMC: Artificial Magnetic Conductor) 표면을 가진 로우 프로파일의 고 이득 안테나로서 AMC 표면으로 둘러싸인 작은 패치 방사 요소로 구성된다. Metasurface 형태로는 주기적인 금속 패치로 구성된 기본 구조 이외에, 고 임피던스 또는 AMC 또는 전자기 밴드 갭(EBG: Electromagnetic Band Gap)의 버섯 모양 구조, 그리고 평면 소형 광 밴드 갭(UC-PBG: Uniplanar Compact Photonic Band Gap) 등이 있다[17].

3. Metasurface 기반 RIS

RIS는 일반적으로 접지된 유전체 기판에 인쇄된 금속 또는 유전체 Patch로 만들어진 복합 재료 층의 2차원 구조의 Metasurface와 이를 실시간으로 지능적 재구성하기 위한 제어부로 구성된다. RIS에서 Metasurface의 가로와 세로 크기는 전기적 파장보다

훨씬 크지만(통상 수십 배 이상), 두께는 파장보다 매우 작아서 전기적인 두께가 거의 O에 가까우며, 주기 혹은 비주기적으로 배치된 방사 요소 간 간격도 전기적 파장보다 훨씬 작으며, 제어부는 재구성 가능한 Metasurface가 무선 환경 변화에 실시간으로 적극 대응할 수 있도록 프로그래머블된 것을 이용하거나, 기계학습을 이용할 수 있다. 즉 RIS를 협의로는 지능형 재구성 안테나, 광의로는 지능형 기지국이라고 할 수 있다.

RIS는 벽지처럼 벽, 건물, 천장 등의 일부를 덮는 저렴한 적응형 얇은 복합 전자기 재료 시트로 생각할 수 있다. 따라서 RIS는 다음 세 가지 기능을 가지고 있어야 한다. 첫째, RIS는 전파의 반사, 굴절, 차단 등 다기능의 파형 형성 기능을 가져야 한다. 둘째, 무선 환경의 동적 변동에 대응하기 위해 무선 채널 응답에 능동적으로 적응하는 재구성 가능성이다. 셋째, 비용·에너지 효율적으로 실현하기 위해서 거의 수동 소자로 구현해야 한다. 그러나 이 거의 수동적인 구현은 동작을 프로그래밍하고 제어하는 데 필요한 채널 상태 정보 추정에 필요한 프로토콜과 알고리즘 설계를 어렵게 만든다.

4. 기술 분류

S. Maci 교수는 학술적 관점에서 2000~2010년 동안 주기적으로 균질화된 균일한 Metasurface 안테나, 2010~2020년 동안에는 공간을 변수로 한 비균일한 Metasurface 안테나, 향후에는 공간과 시간을 변수로 하는 재구성 Metasurface 안테나 시대를 전망하였다[19].

본 고에서는 무선통신 영역에서 RIS를 실현하는 특허정보를 검색한 후, 정성 분석을 통하여 특허정보 관점에서 기술 분류를 해 보았다. WIPS DB를 사용하였고, 검색식으로는 [(메타머티리얼 or Metamaterial or 메타표면 or Metasurface) AND (안테나 or Antenna or 공중선 or 공중선유도체 or 방사체) AND (모바일* or 무선* or 통신* or mobile* or wireless* or radio* or telecommunicate*)]를 사용하여 특허정보를 검색 후, 노이즈를 제거한 총 208건(PCT, 미국, 유럽, 중국, 한국에 출원/등록된 특허, 각 국가 DB 간 중복 포함)을 확보하였다. 이 특허정보의 요약과 주요 청구항 등에 대한 정성 분석을 통해서 표 1과 같이 기술 분류를 하였다. 대분류 기술은 Metamaterial 안테나, Metasurface 안테나와 시스템 및 부품으로 했고, 중분류 기술로 Metamaterial 안테나에서 Metamaterial 안테나와 Metamaterial 어레이 안테나, Metasurface 안테나에서 Metasurface 안테나와 지능형 Metasurface 안테나, 시스템 및 부품에서는 Metasurface 기지국과 Metamaterial기반 무선 부품으로 나누었다. 그리고 각각의 중분류에서 총 17의 소분류 기술을 도출하였다.

중분류인 Metamaterial 안테나의 소분류 기술로는 Metamaterial을 이용하여 안테나 기본 성능(광대역, 소형화, 고 이득, 빔 형성, 편파 등)을 개선하는 기술인 Metamaterial 안테나와 단말기용 Metamaterial 안테나로 나누었다. 그리고 또 하나의 중분류인 Metamaterial 어레이 안테나의 소분류 기술로는 기본 성능을 개선하는 Metamaterial 어레이/MIMO 안테나와 단말기용 Metamaterial 어레이/MIMO 안테나, 새로운 응용·구성·물질·용도(변조용/Reflector/Liquid Crystal/홀로그래픽)에 고려한 Metamaterial 어레이 안테나, 그리고 기계학습 기반 Metamaterial 어레이 안테나로 구분했다.

중분류인 Metasurface 안테나의 소분류 기술로는 Metasurface를 이용하여 안테나 기본 성능(광대역, 소형화, 고 이득, 빔 형성, 편파 등) 개선 기술인 Metasurface 안테나 이외에 새로운 응용·구성·물질·용도(변조용, Transparent, 홀로그래픽)에 걸맞는

표 1 Metamaterial×Metasurface 안테나 기술 분류 및 정의

대분류	중분류	소분류	정의
Metamaterial 안테나	Metamaterial 안테나	Metamaterial 안테나	Metamaterial을 이용한 안테나 기본 성능(광대역/소형화/고 이득/빔 형성/편파)을 개선하는 기술
		단말기 Metamaterial 안테나	Metamaterial을 이용한 단말기용 안테나 성능 개선 기술
	Metamaterial 어레이 안테나	Metamaterial 어레이/MIMO 안테나	Metamaterial을 이용한 안테나 어레이/MIMO 기본 성능 개선 기술
		단말기 Metamaterial 어레이 안테나	Metamaterial을 이용한 단말기용 안테나 어레이/MIMO 기본 성능을 개선하는 기술
		변조용 Metamaterial 어레이 안테나	Metamaterial 어레이 안테나를 이용한 채널 변조 기술
		Metamaterial Reflector 안테나	Metamaterial 어레이 안테나를 반사기로 응용한 기술
		Metamaterial Liquid Crystal 어레이 안테나	Liquid Crystal 기반 Metamaterial 어레이 안테나 기술
		홀로그래픽 Metamaterial 어레이 안테나	홀로그래픽 기술을 Metamaterial 어레이 안테나에 적용한 기술
		기계학습기반 Metamaterial 어레이 안테나	기계학습을 Metamaterial 어레이 안테나에 적용하여 지능적 재구성 기술
		Metamaterial Lens 안테나	고 이득, 빔 형성, 다중 빔/빔 스티어링 등 실현하는 Metamaterial Lens 안테나 기술
Metasurface 안테나	Metasurface 안테나	Metasurface 안테나	Metasurface를 이용한 안테나 기본 성능을 개선하는 기술
		변조용 Metasurface 안테나	Metasurface 안테나로 주파수를 변조 기술
		Transparent Metasurface 안테나	전파를 투과시키는 Metasurface 안테나 기술
		홀로그래픽 Metasurface 안테나	Metasurface 안테나에 홀로그래픽 기술을 적용
	지능형 Metasurface 안테나	지능형 Metasurface 안테나	Metasurface 안테나/reflector의 MIMO, 다중 빔 등 재구성에 지능화 적용 기술
시스템 및 부품	Metasurface 기지국	지능형 Metasurface 기지국	기계학습 등 적용으로 Metasurface 기지국 안테나/Relay에서 지능화 기술
	Metamaterial 기반 무선 부품	Metamaterial 기반 무선 부품	무선 부품(diplexers, combiners, dividers, 다중 안테나 급전장치 등)을 Metamaterial 기반 성능 개선 기수

출처 WIPS 분석 결과

Metasurface 안테나로 나누었다. 그리고 또 하나의 중분류인 지능형 Metasurface 안테나의 소분류 기술로 지능형 Metasurface 안테나로 분류했다.

중분류인 Metasurface 기지국의 소분류 기술로 지능형 Metasurface 기지국을, 중분류인 Metamaterial 기반 무선 부품의 소분류 기술로 Metamaterial 기반 무선 부품으로 분류했다.

Ⅲ. 거시 동향 분석

1. 기술 분류별 특허 동향

표 2는 기술 분류에 따라 식별된 특허에 정량 분석 결과를 나타낸 것이고, 기술 분류별 정량적 분석 결과는 다음과 같다.

- 대분류 기술 관점: Metamaterial 안테나가 81.6%,

그 다음이 15.4%의 Metasurface 안테나

- 중분류 기술 관점: Metamaterial 안테나 46.6%, Metamaterial 어레이 안테나 35%, Metasurface 안테나 11.1%, 지능형 Metasurface 안테나 4.3%
- 소분류 기술 관점: Metamaterial 안테나 33.2%, Metamaterial 어레이/MIMO 안테나 19.7%, 단말기 Metamaterial 안테나 13.4%, Metasurface 안테나 9.1%, Metamaterial Lens 안테나 6.7%, 지능형 Metasurface 안테나가 4.3%

기술 분류 관점에서 특허 정량 분석 결과를 보면, 통상적인 무선통신 안테나의 기본 성능 한계 극복을 위해서 Metamaterial 개념을 적용한 Metamaterial 안테나 관련 특허가 가장 많았고, 그리고 어레이 안테나까지 확장 적용한 특허가 주를 이루었다. 그러나 최근 차세대 안테나로 각광받는 Metasurface 안테나 관련 특허는 상대적으로 매우 적어서 초기 단계라고 판단된다.

2. 연도별/국가별 특허 동향

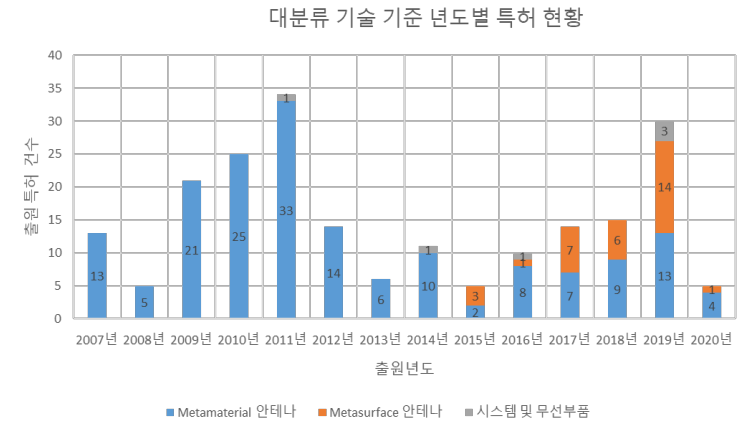
그림 1에 대분류, 중분류, 그리고 소분류 기술에 대한 연도별 특허 현황을 나타내었다.

그림 1(a)는 대분류 기술의 정략적 분석 결과를 나타내었다. 2007년부터 특허가 출원되었고, 4G가 상용화된 2011년에 정점을 찍었고, 다시 초기

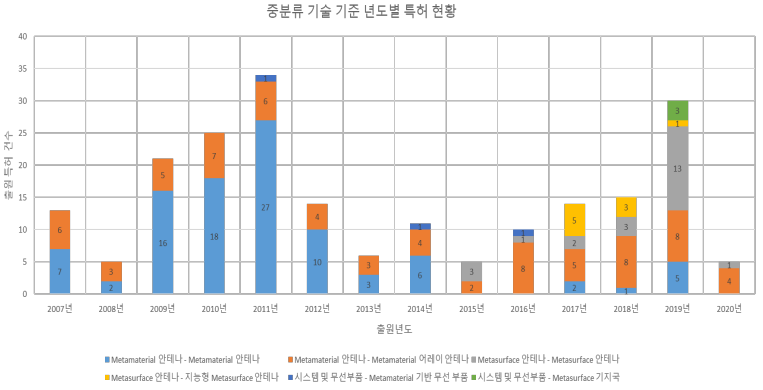
표 2 기술 분류별 특허 동향

대분류	중분류	소분류	개수	비율
Metamaterial 안테나 (170건, 81.6%)	Metamaterial 안테나 (97건, 46.6%)	Metamaterial 안테나	69	33.2%
		단말기 Metamaterial 안테나	28	13.4%
	Metamaterial 어레이 안테나 (73건, 35.0%)	Metamaterial Lens 안테나	14	6.7%
		Metamaterial Liquid Crystal 어레이 안테나	4	1.9%
		Metamaterial 어레이/MIMO 안테나	41	19.7%
		기계학습기반 Metamaterial 어레이 안테나	4	1.9%
		단말기 Metamaterial 어레이 안테나	2	1.0%
		반사 Metamaterial 어레이 안테나	4	1.9%
		변조용 Metamaterial 어레이 안테나	3	1.4%
		홀로그래픽 Metamaterial 어레이 안테나	1	0.5%
Metasurface 안테나 (32건, 15.4%)	Metasurface 안테나 (23건, 11.1%)	Metasurface 안테나	19	9.1%
		Transparent Metasurface 안테나	2	1.0%
		변조용 Metasurface 안테나	1	0.5%
		홀로그래픽 Metasurface 안테나	1	0.5%
	지능형 Metasurface 안테나 (9건, 4.3%)	지능형 Metasurface 안테나	9	4.3%
시스템 및 무선부품 (6건, 3.0%)	Metasurface 기지국 (3건, 1.5%)	지능형 Metasurface 기지국	3	1.5%
	Metamaterial 기반 무선 부품 (3건, 1.5%)	Metamaterial 기반 무선 부품	3	1.5%
총 합계			208	100.00%

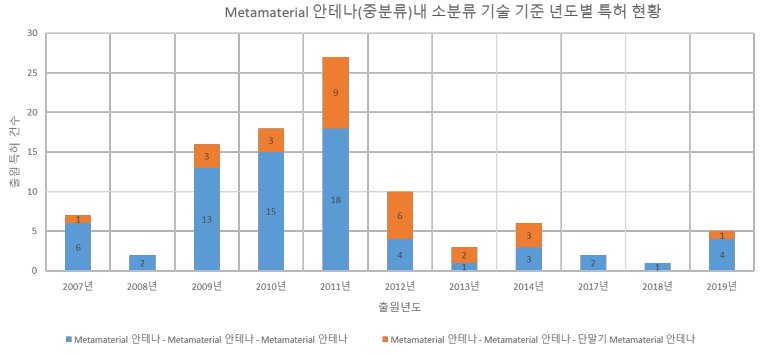
출처 WIPS 분석 결과



(a)



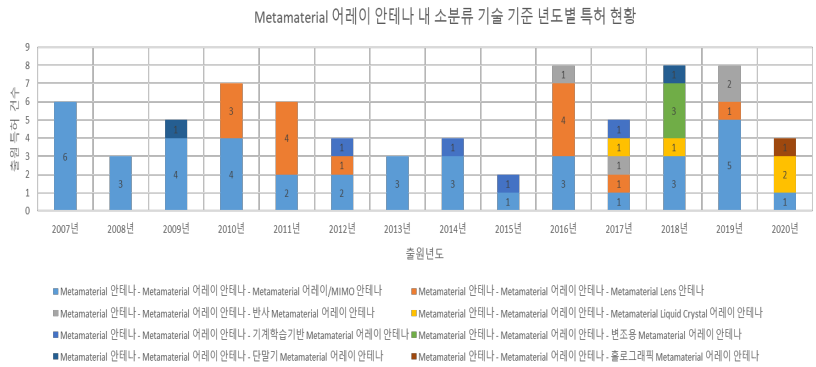
(b)



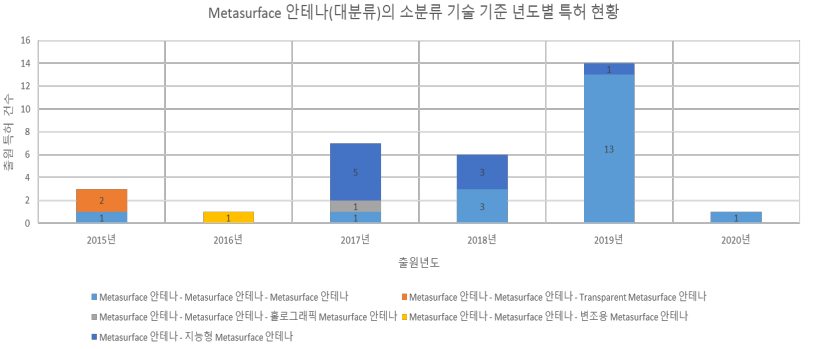
(c)

출처 WIPS 분석 결과

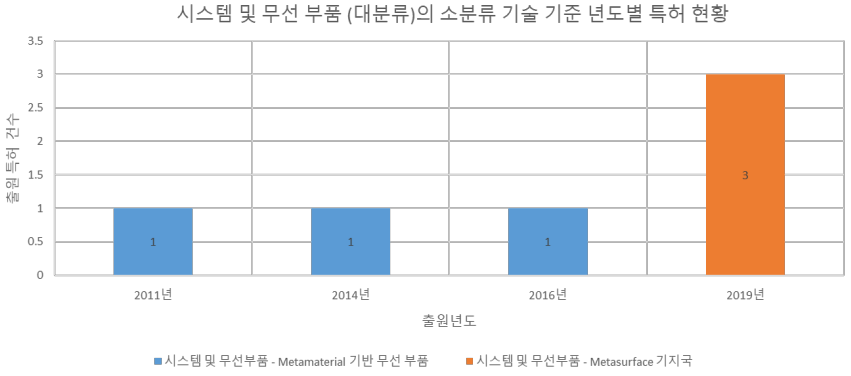
그림 1 기술 분류 기준 연도별 특허 현황: (a) 대분류 기술 기준 연도별 특허 현황 (b) 중분류 기술 기준 연도별 특허 현황 (c) Metamaterial 안테나 내 소분류 기술 기준 연도별 특허 현황(계속)



(d)



(e)



(f)

출처 WIPS 분석 결과

그림 1 (d) Metamaterial 어레이 안테나 내 소분류 기술 기준 연도별 특허 현황 (e) Metasurface 안테나 내 소분류 기술 기준 연도별 특허 현황 (f) 시스템 및 무선 부품 내 소분류 기술 기준 연도별 특허 현황

5G 상용화가 되었던 2019년에 두 번째 정점을 찍었다. 세부적으로 Metamaterial 안테나 81.7%(170건), Metasurface 안테나 15.4%(32건), 시스템 및 무선 부품 2.9%(6건)이며, Metamaterial 안테나는 2011년까지 꾸준히 증가하다가 2012년부터 감소하였고, 2019년에 다시 14건으로 증가했고, Metasurface 안테나는 2015년에 처음 출원된 후 꾸준히 증가해서 2019년 13건으로 증가 추세에 있다.

그림 1(b)에 나타낸 중분류 기술에 대한 정량적 분석 결과는 다음과 같다. 2007~2014년 동안 Metamaterial 안테나와 Metamaterial 어레이 안테나 순으로 특허가 많았으며, 2015년부터는 Metamaterial 어레이 안테나 특허가 주도 했다. Metasurface 안테나 특허는 2015년 처음 3건이 나온 후 2019년에 13건으로 증가했고, 2017년에 지능형 Metasurface 안테나 특허가, 2019년에 Metasurface 기지국 특허가 처음 등장했다.

소분류 기술에 대한 정량적 분석 결과는 다음과 같다. Metamaterial 안테나의 소분류 기술에 대한 연도별 특허 동향을 나타낸 그림 1(c)에서 알 수 있듯이 기본 성능을 개선하는 Metamaterial 안테나는 2011년까지 꾸준히 증가하다가 2012년부터 감소 추세이며, 단말기용 Metamaterial 안테나는 2007년을 시작으로 2011년에 9건 이후에 감소 추세이다. Metamaterial 어레이 안테나의 소분류 기술에 대한 연도별 특허 동향을 나타낸 그림 1(d)에서 알 수 있듯이 Metamaterial 어레이/MIMO 안테나 특허는 2007년부터 최대 6건 이하로 꾸준히 특허가 나오고 있으며, Metamaterial Lens 안테나는 2010년부터, 기계학습 기반 Metamaterial 어레이 안테나는 2012년부터, Metamaterial Liquid Crystal 어레이 안테나 안테나는 2017년부터, 변조용 Metamaterial 어레이 안테나는 2018년부터 특허

표 3 주요 출원인의 국적별 특허 동향

중분류	소분류	중국	한국	미국	스위스
Metamaterial 안테나	Metamaterial 안테나	24	24	12	4
	단말기 Metamaterial 안테나	3	9	4	8
Metamaterial 어레이 안테나	Metamaterial Lens 안테나	10		4	
	Metamaterial Liquid Crystal 어레이 안테나	4			
	Metamaterial 어레이/MIMO 안테나	7	7	17	4
	기계학습기반 Metamaterial 어레이 안테나	1		3	
	단말기 Metamaterial 어레이 안테나	1			1
	반사 Metamaterial 어레이 안테나	2		2	
	변조용 Metamaterial 어레이 안테나	3			
	홀로그래픽 Metamaterial 어레이 안테나	1		2	
Metasurface 안테나	Metasurface 안테나	12	6	1	
	Transparent Metasurface 안테나			2	
	변조용 Metasurface 안테나		1		
	홀로그래픽 Metasurface 안테나			1	
지능형 Metasurface 안테나	지능형 Metasurface 안테나	9			
지능형 Metasurface 기지국	지능형 Metasurface 기지국	3			

출처 WIPS 분석 결과

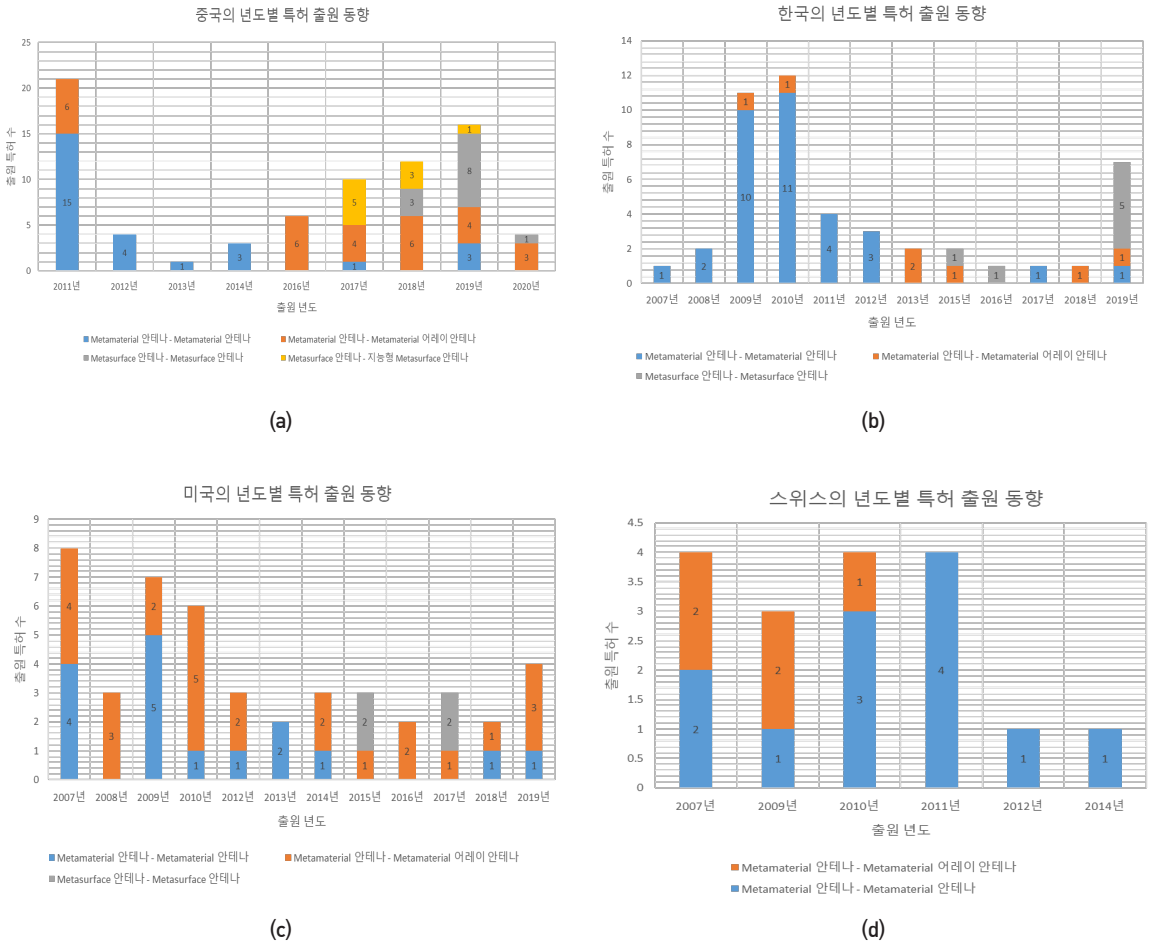
가 나왔다.

그림 1(e)는 Metasurface 안테나의 소분류 기술에 대한 연도별 특허 현황을 나타낸 것이다. 기본 성능을 개선하는 Metasurface 안테나는 2015년 처음 출원된 후 2019년에 13건으로 증가했고, Transparent Metasurface 안테나는 2015년에 1건, 변조용 Metasurface 안테나는 2016년에 1건, 홀로그래픽 기술이 적용된 Metasurface 안테나는 2017년에 1건, 지능형 Metasurface 안테나는 2017년에 5건 출원되는 등 Metasurface 안테나 기술은 정량적 관점에서 초기 단계라고 판단할 수 있다.

3. 주요 출원인별 특허 동향

여기서는 출원인의 국적별 특허 동향에 대한 정량적 분석 결과를 제시하고자 한다. 표 3은 특허의 출원인 국적별 정량적 동향을 나타낸 것으로 중국은 80건, 한국은 48건, 미국은 48건, 스위스는 17건으로 총 208건 중 193건을 점유하고 있다.

Metamaterial 안테나(소분류)는 총 69건 중 중국



출처 WIPS 분석 결과

그림 2 주요 출원인 국적 기준 연도별 특허 현황: (a) 중국 국적 출원인 (b) 한국 국적 출원인 (c) 미국 국적 출원인 (d) 스위스 국적 출원인

과 한국이 각각 24건을, 그 다음으로 미국이 12건을 보유하고 있고, 단말기 Metamaterial 안테나는 총 28건 중 한국이 9건, 스위스가 8건을 가지고 있다. Metamaterial Lens 안테나는 중국이 총 14건 중 10건을, Metamaterial Liquid Crystal 어레이 안테나는 중국이 총 4건 모두를, Metamaterial 어레이/MIMO 안테나 특허는 총 41건 중 미국이 17건을, 이어서 중국과 한국이 각각 7건, 스위스가 4건을 확보하고 있으며, 기계학습 기반 Metamaterial 어레이 안테나 특허는 미국이 3 건을, 반사용/변조용 Metamaterial 어레이 안테나 특허는 중국이 보유하고 있다.

Metasurface 안테나는 총 19건 중 중국이 12건을 한국이 6건을 확보하고 있고, 지능형 Metasurface 안테나와 지능형 Metasurface 기지국은 중국이 각각 9건과 3건 모두 확보하고 있다.

주요 출원인 국적 기준 연도별 특허 동향을 그림 2에 중분류 기술 기준으로 나타내었다. 중국은 2011년부터 Metamaterial 안테나 중심의 특허가, 2016년부터 Metamaterial 어레이 안테나와 Metasurface 안테나 그리고 지능형 Metasurface 안테나로 연구 중심이 이동했음을 알 수 있다. 한국은 2012년까지는 Metamaterial 안테나 특허가 거의 대부분이었고, 2013년부터 Metamaterial 어레이 안테나와 Metasurface 안테나 특허를 확보하고 있다. 미국은 2007년부터 Metamaterial 안테나와 Metamaterial 어레이 안테나 특허를 보이고 있으나, 점차 감소하는 추세이고, 2015년과 2017년에 Metasurface 안테나 특허가 나왔다. 스위스는 2007년부터 Metamaterial 안테나와 Metamaterial 어레이 안테나 특허를, 2011년부터 Metamaterial 안테나 관련 특허만

표 4 주요 출원인 기준 특허 동향

소분류	(주)EMW	Rayspan	Tyco 사	Kuang-Chi 연구소	Huawei	SouthEast Univ.	ETRI	인천대학교	Drexel 대학
Metamaterial 안테나	16	9	4	12			3	2	
단말기 Metamaterial 안테나	7	1	8						
Metamaterial Lens 안테나				3	4				
Metamaterial Liquid Crystal 어레이 안테나					4				
Metamaterial 어레이/MIMO 안테나		11	5	2			2	3	2
기계학습기반 Metamaterial 어레이 안테나									3
단말기 Metamaterial 어레이 안테나			1		1				
변조용 Metamaterial 어레이 안테나						3			
지능형 Metasurface 안테나					8	1			
지능형 Metasurface 기지국						3			
합계	23	21	17	17	17	7	5	5	5

출처 WIPS 분석 결과

나왔다.

표 4에는 5건 이상의 특허를 출원한 주요 출원인의 특허 동향을 나타내었다. 한국의 (주) EMW, 미국의 Rayspan사, 스위스의 Tyco사, 중국의 Kuang-chi 연구소는 Metamaterial 안테나와 Metamaterial 어레이/MIMO 안테나 특허에서 강세를 보이고 있으며, 중국의 Huawei사는 Liquid Crystal을 이용한 Metamaterial 안테나와 지능형 Metasurface 안테나 분야에서 유일하고 특허를 보유하고 있으며, 기계학습기반 Metamaterial 어레이 안테나 특허는 미국의 Drexel 대학이 보유하고 있다.

Ⅳ. 심층 동향 분석

중분류 기술인 Metamaterial 안테나, Metamaterial 어레이 안테나, Metasurface 안테나 그리고 지능형 Metasurface 안테나에 대한 특허의 상세 기술에 대한 연도별 연구개발 동향 분석 결과를 그림 3에 나타내었다. 본 분석과정에서 특허명세서에 구체적인 구현 기술이 명시되지 않은 것들은 모두 각각의 분류기술명에 구조 특허로 분류하였다.

그림 3(a)에 나타내었듯이 Metamaterial 안테나 관련 특허 총 97건 중 Composite Right Left Hand(CRLH)와 CRLH－TL 기술이 48건, 단말 포함 Metamaterial 안테나 실현 다양한 기술이 40건, 그리고 EBG 기술이 5건으로 분석되었다. 그리고 2011년까지는 CRLH와 CRLH TL 기술이 중심이었으나, 2011년부터는 다양한 Metamaterial 안테나 실현 기술이 등장함을 알 수 있다.

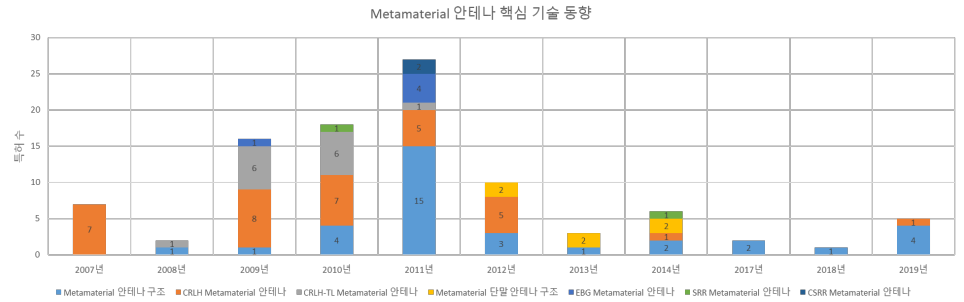
그림 3(b)에 나타내었듯이 Metamaterial 어레이 안테나 관련 특허 총 73건 중에서 CRLH 어레이 안테나 기술이 17건, Lens 어레이 안테나 구조가 14건, 어레이 안테나 구조가 13건, MIMO 안테나 구조가 6건으로 분석되었다. 그리고 2010년까지는 CRLH 어레이 안테나 기술이 주를 이루었으나, 2009년부터는 다양한 어레이 안테나 구조 특허가, 2010년부터 Lens 어레이 안테나 구조 특허가, 2011년부터는 MIMO 안테나 구조 특허가 출원되기 시작했고, 2012년부터는 재구성, 반사, Liquid Crystal, 직접 변조, 기계학습 적용, Light Hand(LH), SRR 등 다양한 특허가 출원되었음을 알 수 있다.

그림 3(c)에 나타내었듯이 Metasurface 안테나 관련 특허 총 19건 특허 중 다양한 Metasurface 안테나 구조가 8건, 빔 조향 Metasurface 안테나 구조가 3건, 다중 빔/Space-time coding Metasurface 안테나가 각각 2건씩, Metasurface 어레이 안테나 구조가 2건으로 분석되었다. Metasurface 안테나 구조 특허는 2015년 이후 계속 있으며, 2019년에 다중 빔/Space-time coding Metasurface 안테나와 Metasurface 어레이 안테나가 2건 이상씩 출원되었음을 알 수 있다.

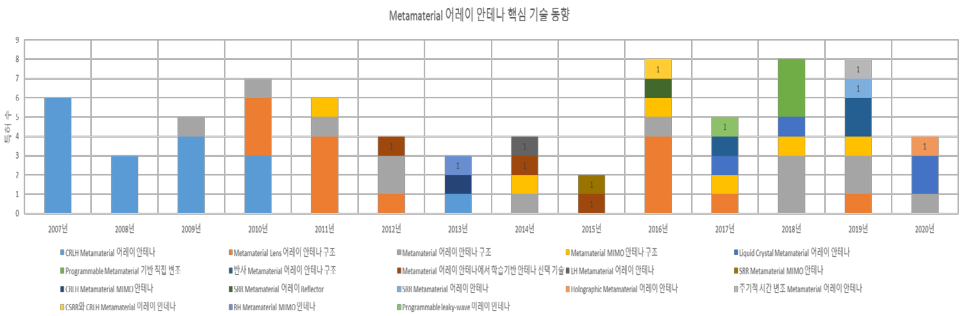
그림 3(d)에 나타내었듯이 지능형 Metasurface 안테나 관련 특허는 총 9건 중 8건이 Liquid Crystal Metasurface reflector/안테나가 차지하였고, 전체적으로 매우 초기 단계임을 알 수 있다.

Ⅴ. 결론

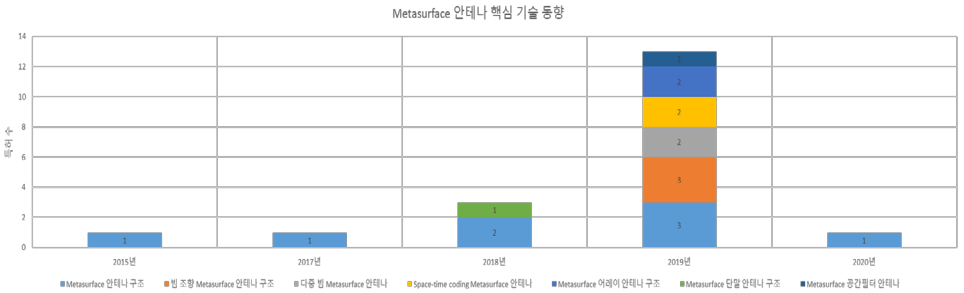
안테나는 기본적으로 통신 커버리지 확보의 한 요소로 여겨졌으나, 다양한 이동통신 주파수 대역을 수용하기 위해 안테나의 이득－점유 대역폭－크기 간의 Trilemma 문제 해결을 위해 2000년대 중반 이후 Metamaterial 안테나 연구개발이 시작되었다. 한편, 4G 이후 다중 어레이 시스템에서 적응적 재구성 기능이 필요해지고, Metamaterial 안테나 실현 수단이 안테나의 기본 구조 변경에서 다이오드,



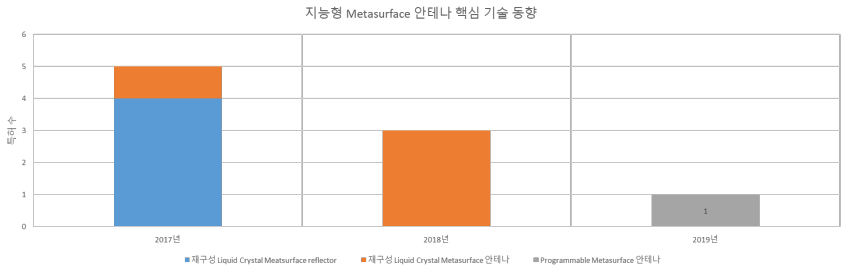
(a)



(b)



(c)



(d)

출처 WIPS 분석 결과

그림 3 중분류 기술 기준 특허의 상세 기술 연구개발 동향: (a) Metamaterial 안테나 (b) Metamaterial 어레이 안테나 (c) Metasurface 안테나 (d) 지능형 Metasurface 안테나

Liquid Crystal 등 가변 가능한 소자를 활용한 Metamaterial 어레이 안테나 연구개발이 진행되었다. 최근에는 Metamaterial 안테나를 방사 요소로 만이 아니라 랜덤하게 변동하는 무선 채널에 효과적으로 대처하기 위해 반사/투과/변조 등 다양한 용도로 사용하기 위해 Metasurface 안테나에 기계학습 기술을 적용한 RIS가 연구되고 있다.

그런데 본 고에서 조사 분석한 관련 특허정보를 검토한 결과 Metamaterial 안테나와 Metamaterial 어레이 안테나에 대한 연구개발이 대부분이었고, Metasurface 안테나 기술에 대한 연구는 초기 단계임을 확인할 수 있었다. 그 초기 단계인 Metasurface 안테나의 지능화에 대한 연구는 더욱 미미한 단계이므로 B5G와 6G에서 특허 경쟁력 확보를 위해 RIS에 대한 연구개발 투자가 시급하다.

약어 정리

AMC	Artificial Magnetic Conductor
CLH-TL	Composite Right Left Handed Transmission Line
CRLH	Composite Right Left Hand
DNG	Double Negative Metamaterial
EBG	Electromagnetic Band Gap
RIS	Reconfigurable Intelligent Surface
SNG	Single Negative Metamaterial
SRE	Smart Radio Environment
SRR	Split-Ring Resonator
UC-PBG	Uniplanar Compact Photonic Band Gap

참고문헌

[1] M.D. Renzo et al., "Smart radio environments empowered by reconfigurable intelligent surfaces: How it works, state of research, and road ahead," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 38, no. 11, Nov. 2020, pp. 2450-2525.

[2] S. Gong et al., "Towards smart wireless communications via intelligent reflecting surfaces: A contemporary survey," IEEE Commun. Surveys & Tutorials, vol. 22, no. 4, 4th Quart. 2020, pp. 2283-2314.

[4] E. Basar et al., "Wireless communications through reconfigurable intelligent surfaces," IEEE Access, vol. 7, Aug. 2019, pp. 116753-116773.

[5] E. Basar, "Reconfigurable intelligent surface-based index modulation: A new beyond MIMO paradigm for 6G," IEEE Trans. Commun., vol. 68, no. 5, May 2020, pp. 3187-3196.

[6] E. Björnson et al., "Reconfigurable intelligent surfaces: 3 myths and 2 critical questions," IEEE Commun. Mag., vol. 58, no. 12, Oct. 2020, pp. 90-96.

[7] M. Dajer et al., "Reconfigurable intelligent surface: Design the channel—A new opportunity for future wireless networks," Oct. 2020, arXiv: 2010.07408v1.

[8] H. Gacanin et al., "Wireless 2.0; Towards an intelligent radio environment empowered by reconfigurable metasurfaces and artificial intelligence," IEEE Veh. Technol. Mag., vol. 15, no. 4, Dec. 2020, pp. 74-82.

[9] W. Saad et al., "A vision of 6g wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems," July 2019, arXiv: 1902.10265v2

[10] B. Aazhang et al., Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence, 6G Research Visions 1, University of Oulu, Sep. 2019.

[11] Z. Zhang et al., "6G wireless networks: Vision, requirements, architecture, and key technologies," IEEE Veh. Technol. Mag., vol. 14, no. 3, Sept. 2019, pp. 28-41.

[12] Samsung, "6G the next hyper-Connected experience for All," 2020.

[13] X. You et al., "Towards 6G wireless communication networks: Vision, enabling technologies, and new paradigm shifts," Sci. China Inf. Sci., 2021.

[14] E. C. Strinati and S. Barbarossa, "6G networks: Beyond shannon towards semantic and goal-oriented communications," Nov. 2020, arXiv: 2011.14844v1.

[15] Y. Zhao et al., "A survey of 6G wireless communications: Emerging technologies," July 2020, arXiv: 2004.08549v2.

[16] BIS Research, Global Metamaterials market-analysis & Forecasts-2016 to 2022, 2017.

[17] Y. Dong and T. Itoh, "Metamaterial based antenna," in Proc. IEEE, vol. 100, no. 7, July 2012, pp. 2271-2285.

[18] Y. Vahabzadeh et al., "Computational analysis of metasurfaces," IEEE J. Multiscale and Multiphys. Comput. Tech., vol. 3, 2018, pp. 37-49.

[19] S. Maci, "Present and future trends in metasurface antennas," in Huawei Technology Summit, Munich, Germany, Oct. 2019.