



CHAPTER 1

이동통신의 개요

ICT 산업의 현주소
4차 산업혁명
5G 개요
통신일반 (교재 1장)

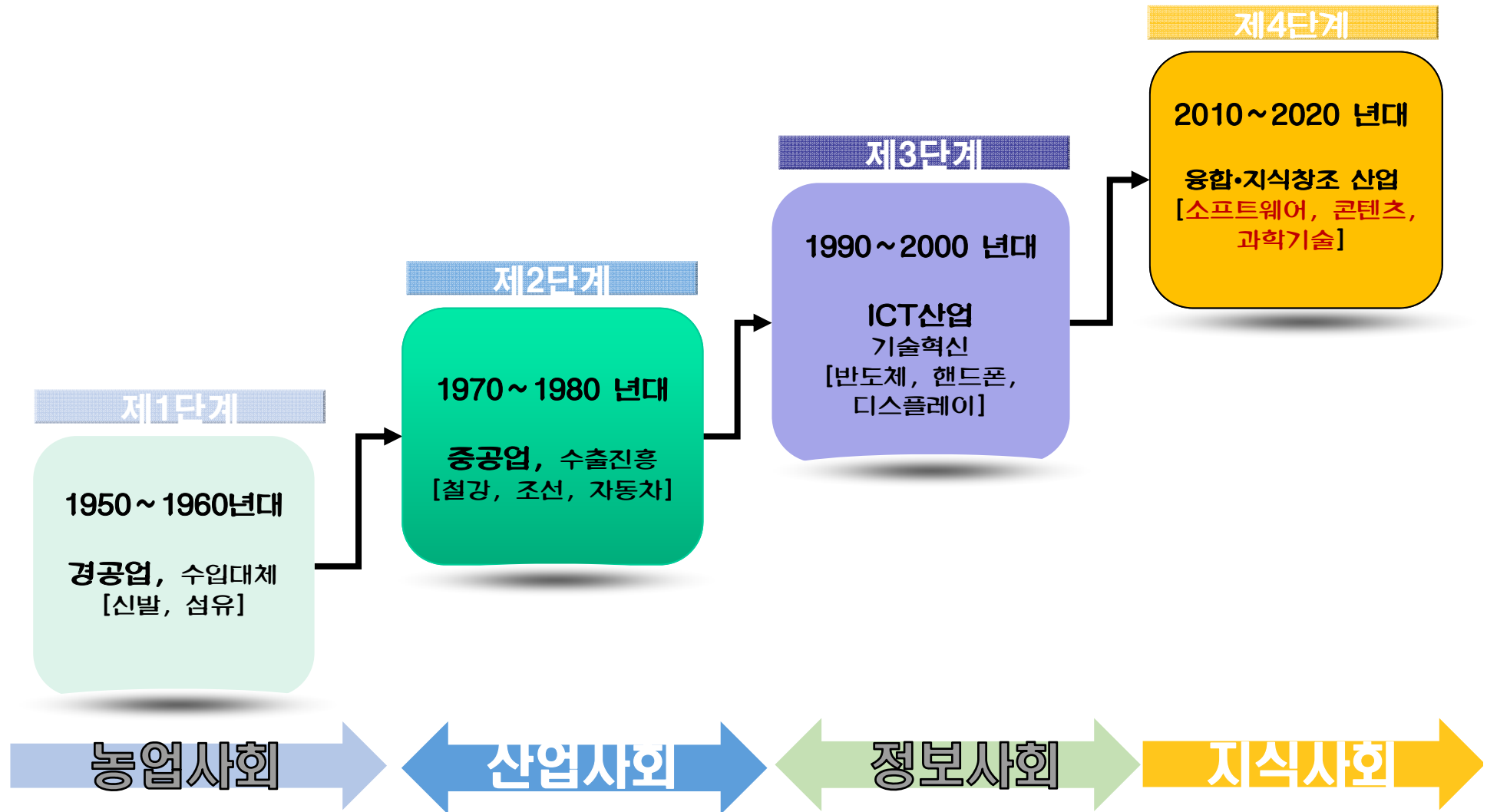
정보통신이란 ?

Telecommunication, Communication, C&C,
Information & Telecommunication(Technology), ICT

정보통신(ICT) 산업의 범위

- 서비스(역무)
 - 통신 : 기간/별정/부가 통신사업
 - 방송 (오디오/비디오) : 지상파/위성/CATV
 - 정보서비스 : IP/CP 등
- H/W 및 부품 : 통신/방송/정보/ IoT 기기 및 부품
- S/W : OS, AS(패키지·게임, 앱 등), 콘텐츠

성장 패러다임



시대별 우리나라 수출 상위 5위 품목 수출액

(단위 : 달러, 괄호 안은 비중)

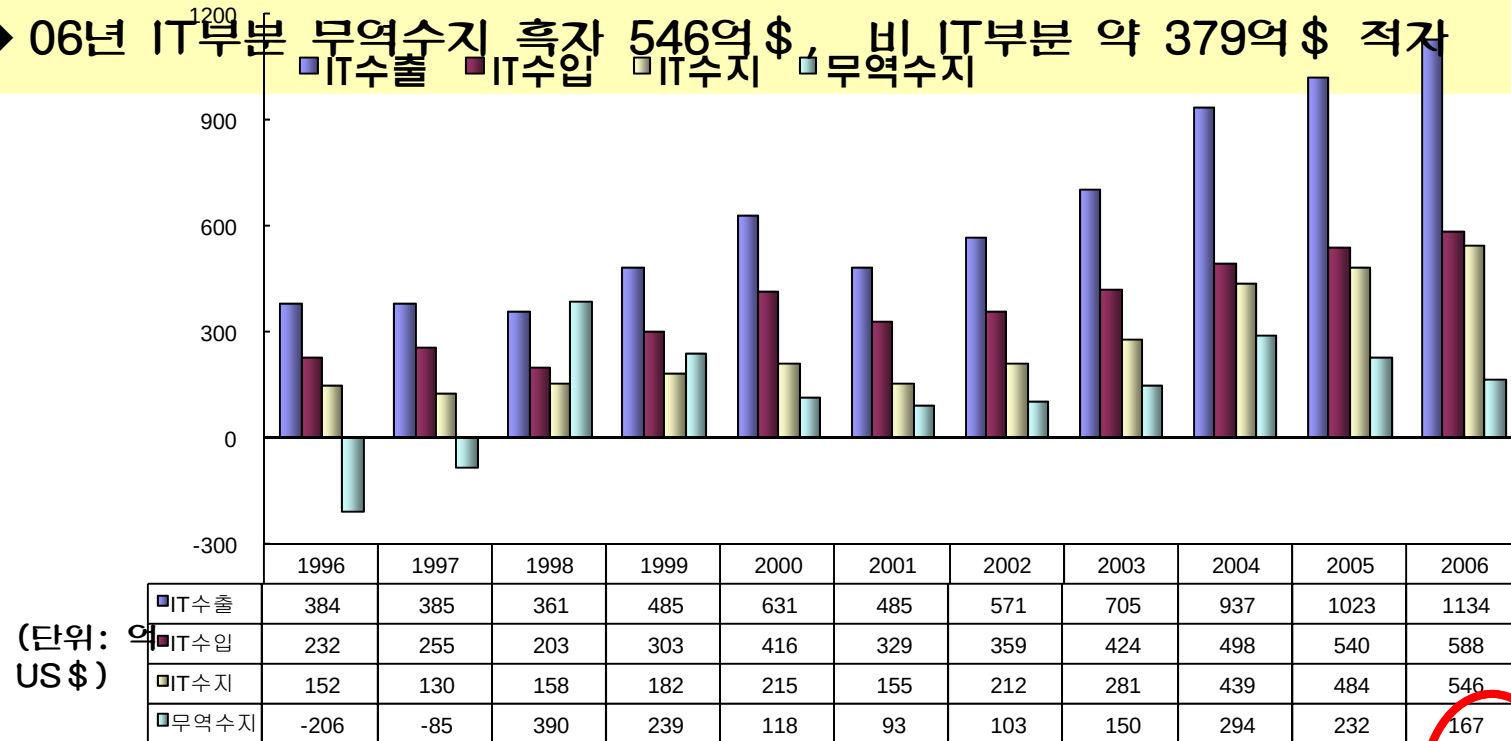
1967년	1980년	1995년	2005년	2015년
철광석 530만 (13.0%)	의류 27억 7800만 (16.0%)	반도체 176억 9500만 (14.1%)	반도체 299억 8600만 (10.5%)	반도체 629억 1600만 (11.9%)
중석 510만 (12.6%)	철강관 9억 4500만 (5.4%)	자동차 84억 3900만 (6.7%)	자동차 295억 600만 (10.4%)	자동차 457억 9400만 (8.7%)
생사 270만 (6.7%)	신발 9억 800만 (5.2%)	선박 56억 6900만 (4.5%)	무선 통신 기기 274억 9500만 (9.7%)	선박 해양 401억 700만 (7.6%)
무연탄 240만 (5.8%)	선박 6억 2000만 (3.6%)	인조 직물 53억 5300만 (4.3%)	선박 177억 2700만 (6.2%)	무선 통신 기기 325억 8700만 (6.2%)
오징어 230만 (5.5%)	음향 기기 5억 9300만 (3.4%)	영상 기기 48억 9500만 (3.9%)	식유 제품 153억 6600 만 (5.4%)	식유 제품 320억 200만 (6.1%)

출처 : 한국무역협회

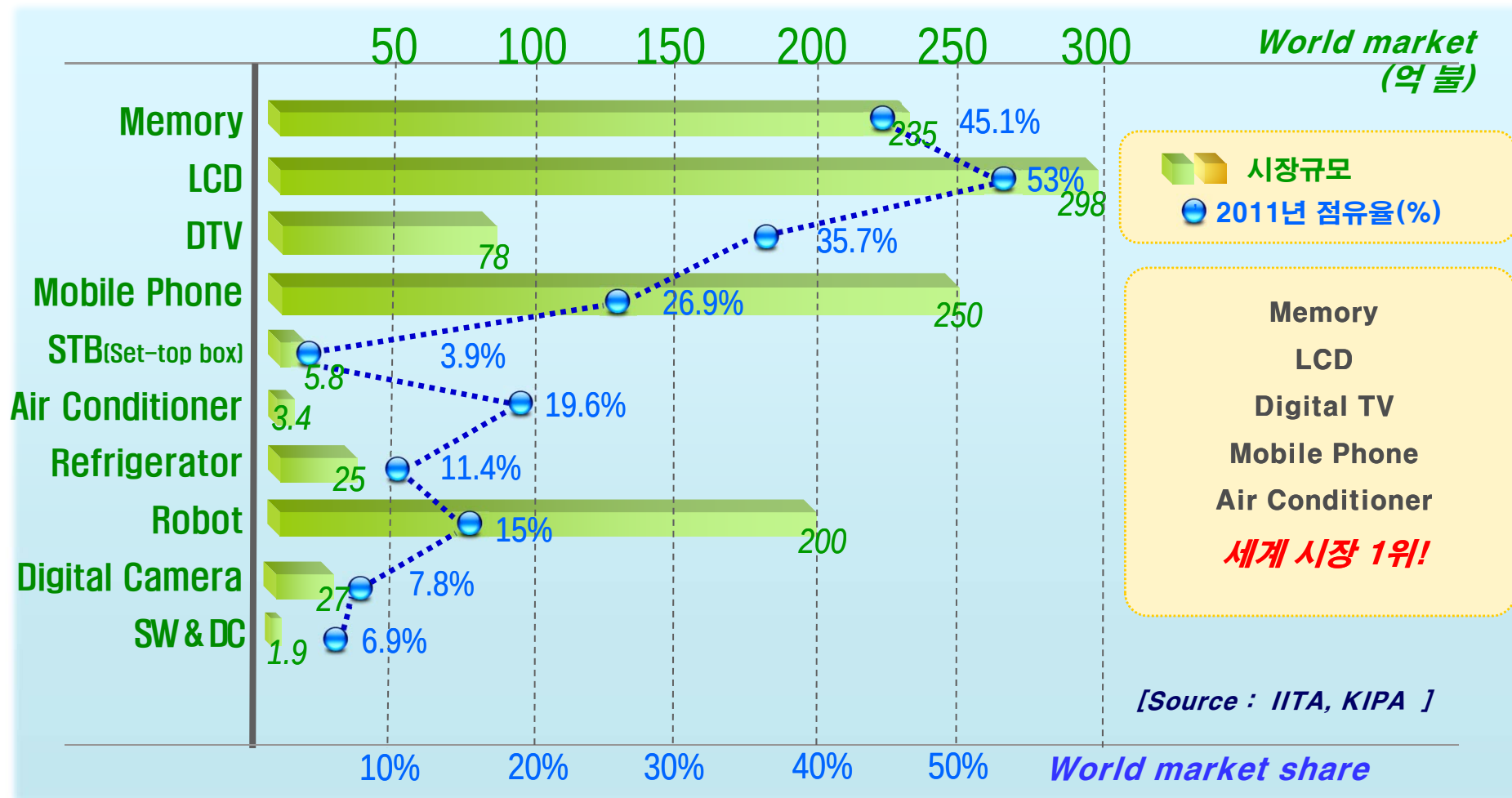
◆ IMF 구제금융 규모 583.5억\$ > 실제 IMF 도입 액 195억\$

※ IT무역수지 흑자 710억\$ ('98~'01)

◆ 06년 IT부분 무역수지 흑자 546억\$ 비 IT부분 약 379억\$ 적자



전세계 시장 점유율 - 한국의 IT제품



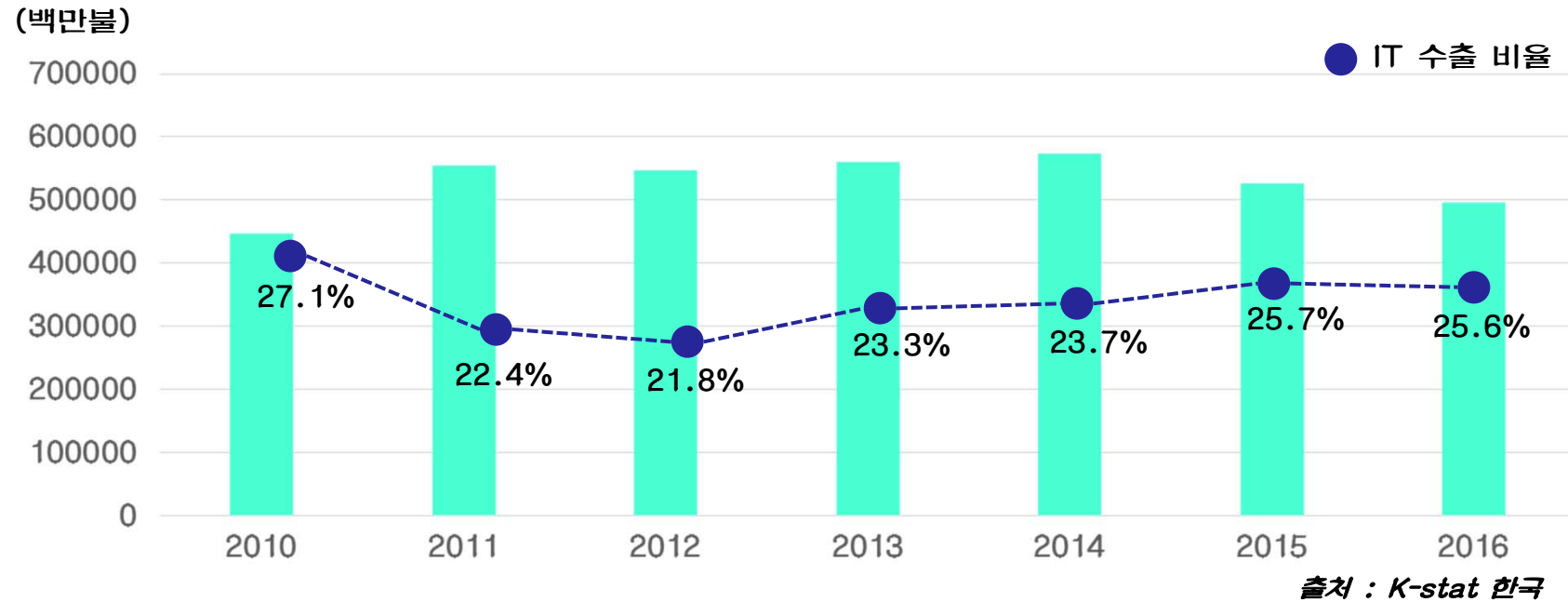
전체산업/ICT산업 연도별 수출입 실적

(출처 : 과학기술정보통신부)

(단위 : 억불, %)

구 분	수 출			수 입			무역수지	
	전체산업	ICT산업	증감률	전체산업	ICT산업	증감률	전체산업	ICT산업
2007년	3,714.9	1,301.0	9.2	3,568.5	697.3	7.8	146.4	603.7
2008년	4,220.1	1,311.6	0.8	4,352.7	735.2	5.4	-132.7	576.4
2009년	3,635.3	1,209.5	-7.8	3,230.8	620.2	-15.6	404.5	589.3
2010년	4,663.8	1,539.4	27.3	4,252.1	756.2	21.9	411.7	783.2
2011년	5,552.1	1,566.2	1.7	5,244.1	815.4	7.8	308.0	750.8
2012년	5,478.7	1,552.4	-0.9	5,195.8	779.5	-4.4	282.9	772.8
2013년	5,596.3	1,726.8	11.2	5,155.9	818.0	4.9	440.5	908.8
2014년	5,726.6	1,762.3	2.1	5,255.1	881.7	7.8	471.5	880.7
2015년	5,267.6	1,728.7	-1.9	4,365.0	913.3	3.6	902.6	815.4
2016년	4,954.3	1,624.6	-6.0	4,061.9	898.1	-1.7	892.3	726.5
2017년	5,737.7	1,976.2	21.6	4,780.9	1,020.6	13.6	956.8	955.6

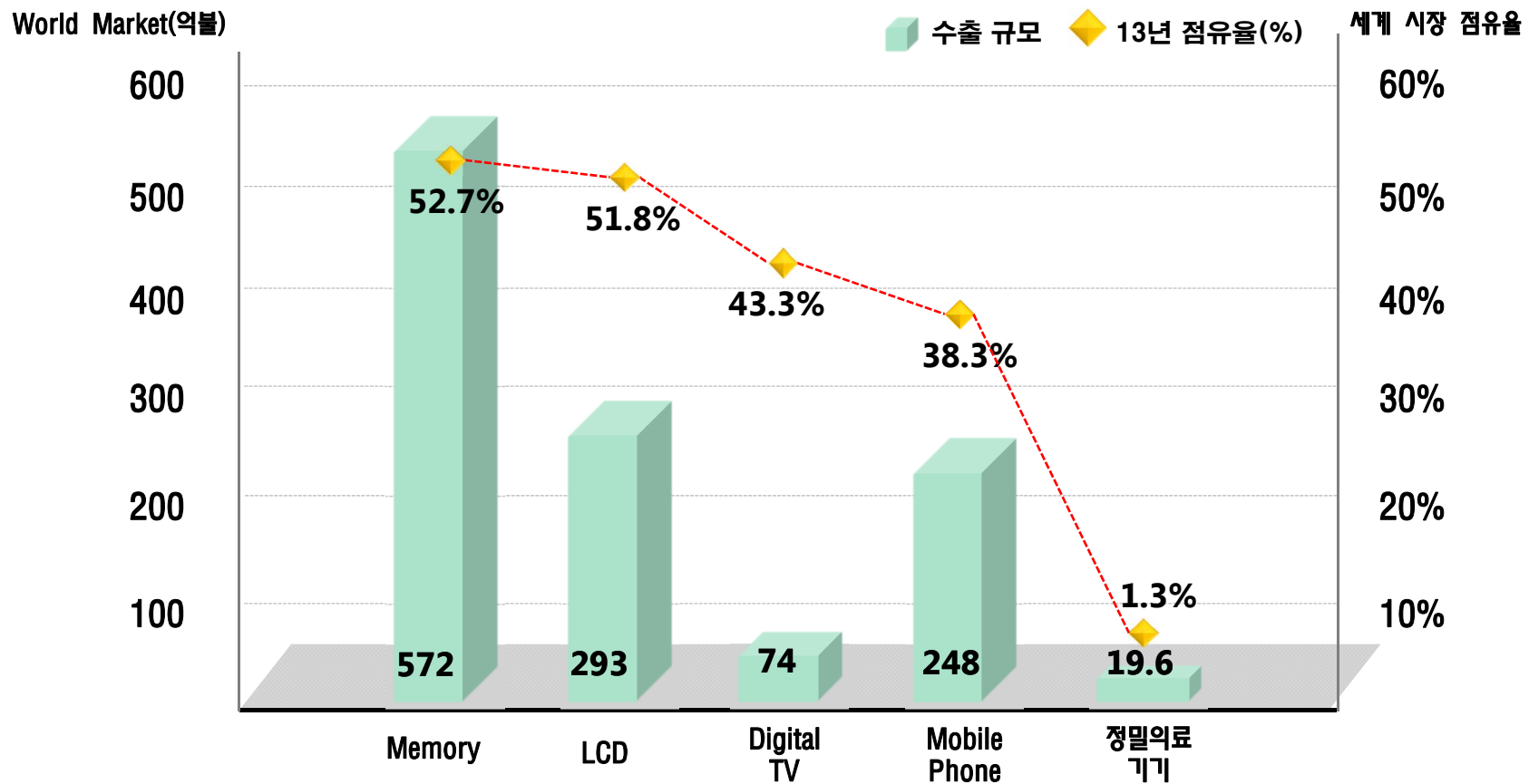
IT 수출 현황 & 5대 주요 수출 품목



2016년 기준(단위: 백만 불)

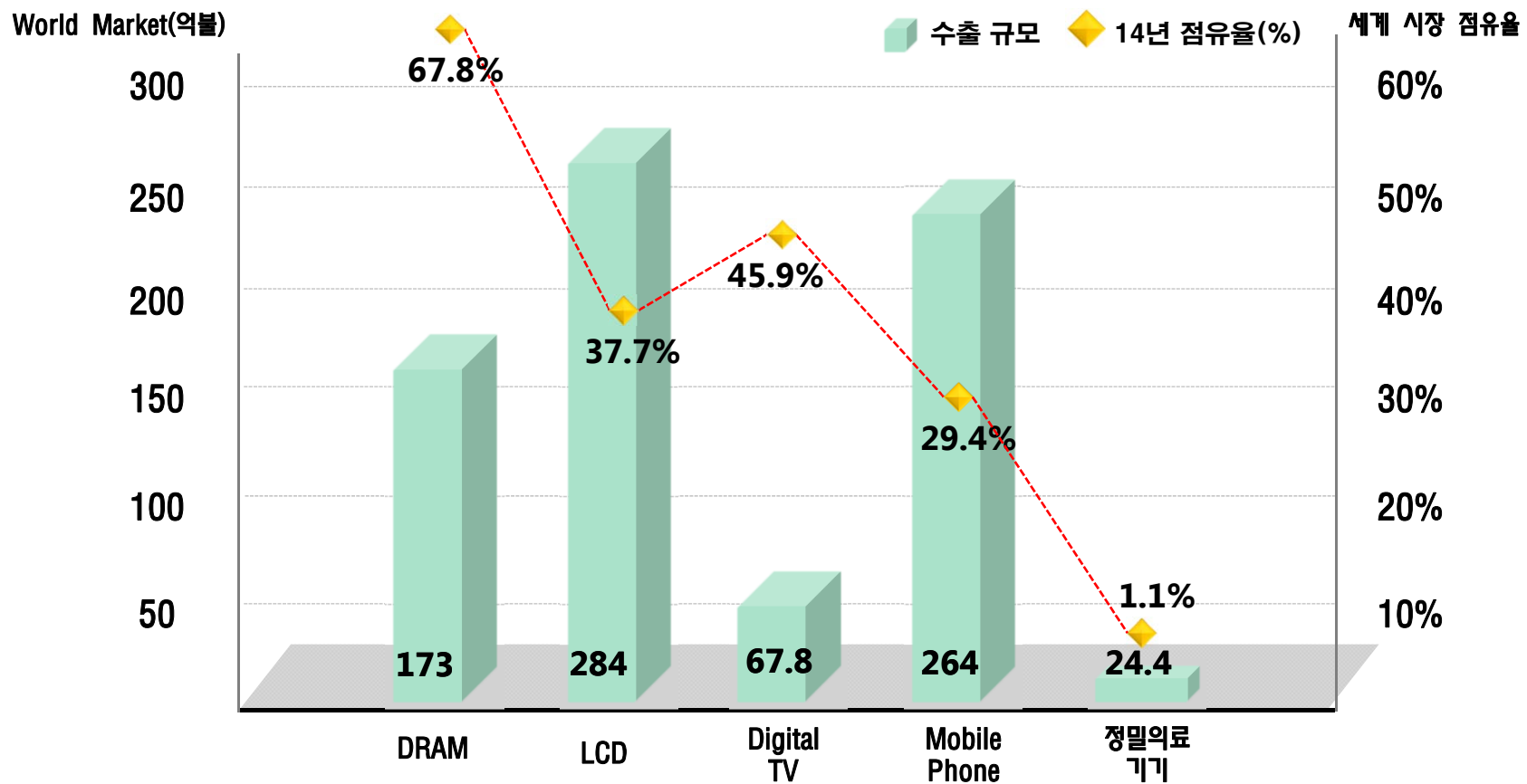
반도체	자동차	선박해양	무선통신기기	석유제품
62,288	40,637	34,268	29,664	26,472

❖ 국내 IT 제품의 세계 시장 점유율



[자료: NIPA, KEA 2013]

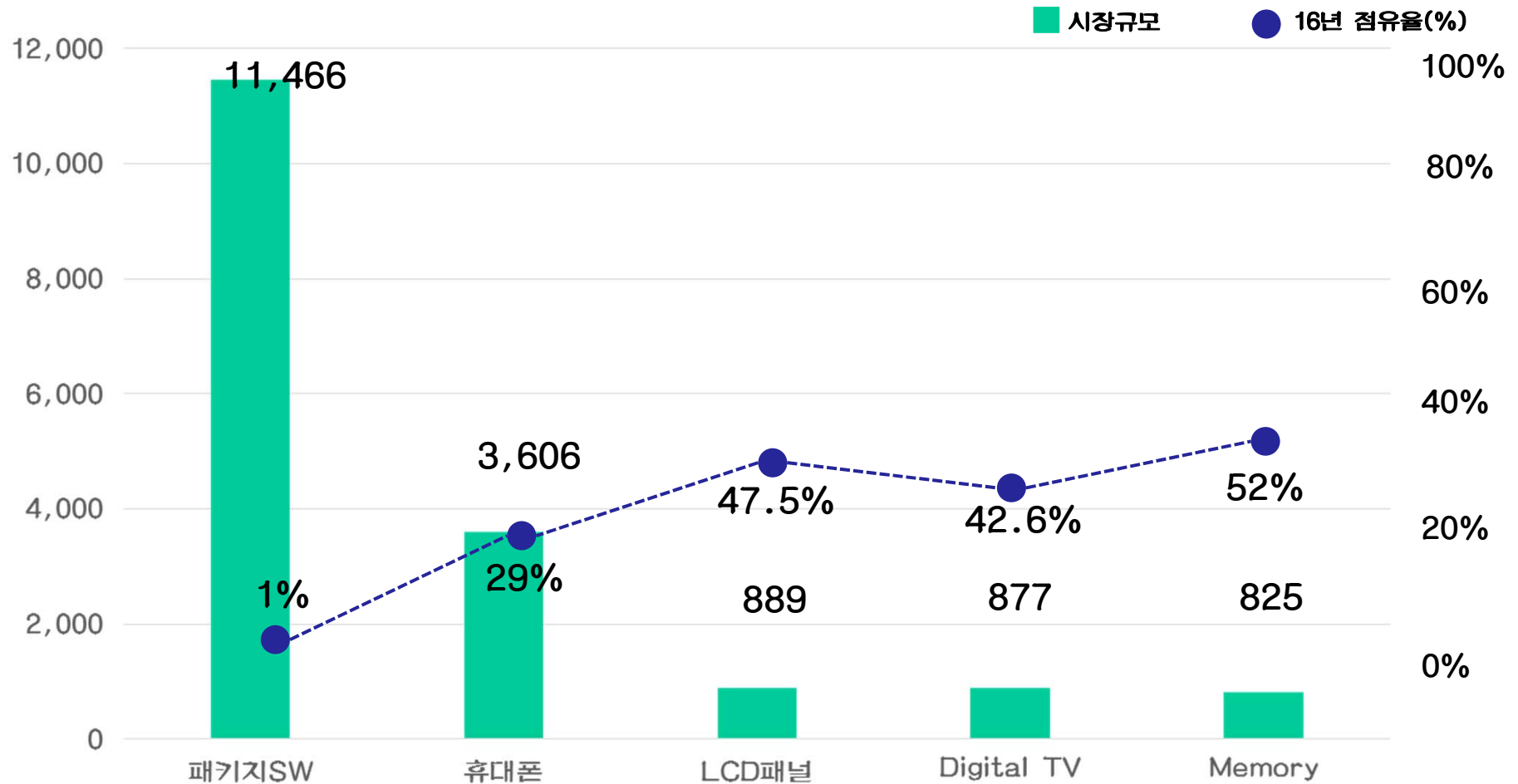
❖ 국내 IT 제품의 세계시장 점유율



[자료: 2015 산업통상자원부]

국내 IT 제품의 세계시장 점유율

World Market(억달러)



출처 : 소프트웨어정책연구소
출처 : 디스플레이산업협회

❖ 국내 ICT 개발의 미래

1980	1990	1996	2008	2012~
\$ 1,598	\$ 5,886	\$ 10,013	\$ 20,000	4차 산업혁명
TDX 1.5천억원  7조원 ('89~'04)	DRAM 4천억원  128조원 ('91~'04)	CDMA 1천억원  97조원 ('96~'04)	IT839 2.5조원  600조원 ('03~'07)	IT융합 자동차 건설 의료 국방 조선  
전화 모뎀 (2.4Kbps)	초고속 인터넷 망 (1.5~2Mbps)	광대역 통합망 (50~100Mbps)	(수 Kbps~수십 Gbps)	

세계 10대 기업(2017년)

	1 Rank 2017: 1 2016: 2 ↑ BV 2017: \$109,470m +24% BV 2016: \$88,173m Brand Rating: AAA+		6 Rank 2017: 6 2016: 7 ↑ BV 2017: \$ 66,219m +13% BV 2016: \$ 58,619m Brand Rating: AAA-
	2 Rank 2017: 2 2016: 1 ↓ BV 2017: \$107,141m -27% BV 2016: \$145,918m Brand Rating: AAA		7 Rank 2017: 7 2016: 5 ↓ BV 2017: \$ 65,875m +4% BV 2016: \$ 63,116m Brand Rating: AAA-
	3 Rank 2017: 3 2016: 3 → BV 2017: \$106,369m +53% BV 2016: \$69,642m Brand Rating: AAA-		8 Rank 2017: 8 2016: 8 → BV 2017: \$ 62,496m +16% BV 2016: \$ 53,657m Brand Rating: AA+
 AT&T	4 Rank 2017: 4 2016: 6 ↑ BV 2017: \$87,016m +45% BV 2016: \$59,904m Brand Rating: AAA		9 Rank 2017: 9 2016: 17 ↑ BV 2017: \$ 61,998m +82% BV 2016: \$ 34,002m Brand Rating: AAA
	5 Rank 2017: 5 2016: 4 ↓ BV 2017: \$76,265m +13% BV 2016: \$ 67,258m Brand Rating: AAA		10 Rank 2017: 10 2016: 13 ↑ BV 2017: \$ 47,832m +32% BV 2016: \$ 36,334m Brand Rating: AAA

SONY / Samsung / Apple

SONY	Samsung	Apple
글로벌 음향가전 시장의 지존	디지털 르네상스의 주역	융합시대의 아이콘
진공관 라디오 트랜지스터 라디오 흑백 TV 칼라 TV	Analog Digital 브라운관 TV LCD TV	Device -콘텐츠 융합 하드-소프트 융합
- CD (필립스와 공동 개발) - 컬럼비아 영화사 인수 - 글로벌 미디어·디바이스 기업	- D램, LCD, 휴대전화 100-10 클럽 가입(2009)	- 아이팟-아이튠즈 - 아이폰-앱스토어
네트워크 개념 부족 및 아날로그적인 사업 추진 (디지털 혁명 부족)	2010년 세계 최대 전자기업 등극 - 스피드 있는 디지털 Marketing 4선(先)원칙-선견, 선수, 선제, 선점	2010년 5월 시가총액 MS 초과 - 디자인과 기술을 융합한 창조성 확보
Walkman	보르도 TV	iPhone, iPad

2018 가트너 전략기술 트렌드 주요 키워드

□ 가트너(Gartner) 란?

- 미국 코네티컷주에 본사를 둔 IT 분야의 리서치 기업.
- 다국적 IT 기업 및 각국의 정부기관 등을 주 고객으로 하며 설문 조사 부분의 높은 신뢰도로 공신력이 크다.
- 2018년 전략 기술 3대 주요 키워드
 - 지능형(Intelligent), 디지털(Digital), 매쉬(Mesh)

Intelligent	Digital	Mesh
AI Foundation	Digital Twin	Blockchain
Intelligent Apps and Analytics	Cloud to the Edge	Event-Driven
Intelligent Things	Conversational Platforms	Continuous Adaptive Risk and Trust
	Immersive Experience	

매쉬(mesh) : 다양한 디지털 기기들이 더 촘촘하게 연결된 상태를 뜻함



Intelligent

인공지능 강화 시스템(AI Foundation)

- 인공지능은 의사결정의 정확성을 높이고 기존 비즈니스 모델과 생태계, 고객 경험을 재창조하여 2025년까지 기술 트렌드를 주도할 것으로 예측
- 여기서 인공지능은 공상과학영화에서 보던 인간 같은 로봇이 아니라 머신러닝 기술을 통해 특정 분야의 과업에 특화된 협의의 인공지능을 의미

지능형 앱 및 분석(Intelligent Apps and Analytics)

- 향후 몇 년 동안 모든 응용 프로그램, 응용 프로그램 서비스들은 일정 수준의 AI를 포함하게 될 것으로 예상
- 가상 비서와 같이 어플리케이션과 사람 사이에 새로운 지능형 중간 계층이 형성되어 업무 현장의 구조를 변화시킬 것으로 예상

지능형 사물(Intelligent Things)

- 인공지능과 머신러닝을 사용하여 사람 및 주변환경과 보다 지능적으로 상호작용을 할 수 있는 사물의 의미
- 카메라 센서를 포함한 컴퓨터 비전(Computer Vision) 기술이 더해진 로봇 청소기가 사람의 개입을 최소화해 잡을 스스로 탐색하고 청소를 완료하는 것이 이에 해당함
- 미래의 지능형 사물은 융통성 없는 프로그래밍 모델의 실행력을 넘어 AI를 통한 고급 기능을 선보이며 인간, 주변환경과 환층 자연스러운 상호 작용을 할 것임



Digital

디지털 트윈(Digital Twin)

- 디지털 트윈은 '현실 세계에 존재하는 대상이나 시스템의 디지털 버전'을 의미, 디지털 트윈을 통하여 생성된 정보는 사물의 관리와 작동을 최적화하여 많은 비용을 절감할 수 있게 해줌
- Ex : 도시계획자에서 시뮬레이션과 개선방향까지 제공, 의사에게 생체인식 및 의료 데이터 제공

클라우드에서 엣지로(Cloud to the Edge)

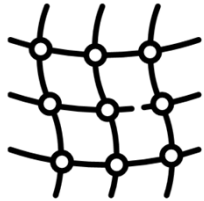
- 엣지 컴퓨팅(Edge Computing)은 정보처리와 콘텐츠 수집, 전송이 정보원(source)에 더 가까워지는 통신망 구성을 의미하며 중앙집중식의 기존 클라우드 컴퓨팅을 효과적으로 보완할 수 있음
- 통신대역폭을 줄이고 센서와 클라우드 사이의 대기 시간을 없애 차량, 무인항공기 등 방대한 정보를 실시간으로 빠르게 처리할 수 있음

대화형 플랫폼(Conversational Platforms)

- 컴퓨터가 의사소통에 대한 학습 없이 사용자의 자연 언어를 사용하여 의도를 전달
- 현재 수준으로는 날씨 알람이나 식당 예약 같은 간단한 상호작용에 머물고 있지만 향후에는 특정 범주에 대한 증언들을 바탕으로 용의자의 얼굴을 파악하는 등 보다 복잡한 업무에도 활용될 것으로 예측

몰입경험(Immersive Experience)

- 증강현실(AR), 가상현실(VR) 및 혼합현실은 사람들이 디지털세계를 인식하고 상호작용하는 방식을 변화시키고 있음
- 향후 5년간 현실세계 및 디지털세계와 상호작용하는 몰입경험은 스마트폰, 태블릿, 헤드마운티기기(HDM) 등에 폭넓게 적용될 것이고 어플리케이션 제조사, 시스템 소프트웨어 제조사, 플랫폼 기업 등이 치열하게 경쟁할 것으로 예상



Mesh

블록체인(Blockchain)

- 블록체인이란 각 노드에 분산 저장된 장부의 데이터를 지속 업데이트하는 알고리즘이며, 거래정보의 임의 변경이 불가능해 거래 신뢰성을 높이고 정보 추적을 용이하게 함
- 현재는 금융영역에 국한되어 기술발전이 진행되고 있으나, 헬스케어, 콘텐츠 유통, 개인간 상품 거래 등 다양한 영역에 적용될 것으로 보임

이벤트 기반 모델(Event-Driven)

- ‘주문이 완료된 순간’과 같은 상태의 변화를 신속하게 포착하고 활용하는 기술의 의미
- 인공지능과 사물인터넷 등 다양한 기술의 발전으로 기업들은 보다 신속하고 세세하게 기회 순간을 포착할 수 있게 됨

지속적으로 적응할 수 있는 위험 및 신뢰 평가(Continuous Adaptive Risk and Trust)

- 디지털 비즈니스에서는 복잡하면서도 지속적으로 진화하는 보안 환경이 필요함
- 디지털 비즈니스의 안정적 운영을 위해 지속적으로 적응 가능한 위험 및 신뢰평가법 개발이 필수임

4차 산업 혁명(1)

인류는 18세기 증기기관(1차 산업혁명), 19세기 전기(2차 산업혁명), 20세기 컴퓨터/인터넷(3차 산업혁명)이라는 기술 혁신으로 3차례의 혁명적 변화를 경험하였습니다. 4차 산업혁명은 정보통신기술을 바탕으로 한 3차 산업혁명의 연장선에 있지만 기존 산업혁명과는 확연히 구분됩니다. 1~3차 산업혁명이 인간의 손과 발을 기계가 대체하여 자동화를 이루고 연결성을 강화했다면 4차 산업은 인공지능을 통해 인간의 두뇌를 대체하게 될 것입니다.

역사로 보는 산업혁명



4차 산업혁명

인공 지능에 의해
자동화와 연결성 극대화

- 기존 공장 자동화에 투입된 기계, 로봇과 달리 기계가 능동적으로 판단해 작업 수행
- 기존 소품종 대량 생산의 속도에 맞춰 다품종 소량생산이 가능



3차 산업혁명

사람, 환경, 기계 간
연결성 강화

- 공작기계, 산업용 로봇을 이용한 공장 자동화로 생산성 혁명
- 전자장치와 ICT를 통하여 정보 처리 능력 급진적 발전



2차 산업혁명

작업 표준화를 통해 기업 간,
국가 간 노동 부문 연결성 강화

- 컨베이어벨트를 이용한 작업 표준화와 분업을 통해 대량 생산 체제에 진입
- 전기 에너지 활용



1차 산업혁명

증기 기관을 통한
국가 내의 연결성 증가

- 기계의 발명으로 자동화 시작
- 공장 생산체제 도입

18세기

20세기 초

1970년대 이후

2020년 이후 전망

- 증기기관을 활용하여 영국의 섬유산업이 성장하자 농촌의 노동자들이 도시의 공장 노동자로 취업하는 이촌향도 현상 발생
- 전신기를 활용하여 편지 대신 전신을 보낼 수 있게 됨
- 1830년에 최초의 여객/화물 전용 철도인 리버풀-맨체스터 간 철도가 개통되어 철도 시대 개막

- 에디슨이 발명한 백열전구를 통해 최초의 상업적인 전기 확산
- 석유왕 록펠러, 철강왕 카네기, 헨리포드 등이 모두 2차 산업혁명의 영웅

- 인터넷이 활성화되면서 소비자들이 온라인상으로 음악을 공유하게 되면서 LP와 CD 업계는 매출 급락과 사업 축소를 경험

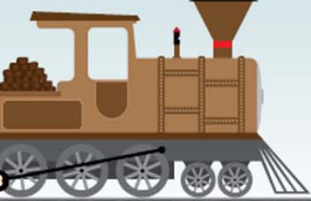
- 알파고 인공지능 컴퓨터 알파고(AlphaGo)가 3천만 건의 기보를 자가학습하고 1,200대의 컴퓨터를 인터넷으로 실시간 연결하여 이세돌과 바둑게임 진행
- 네트워크를 통하여 연결된 수많은 컴퓨터가 방대한 소스로부터 생성된 데이터를 스스로 학습하여 판단을 내리는 시대 도래



자료: EU(2016), "다보스포럼: 다가오는 4차 산업혁명에 대한 우리의 전략은"

KISTEP, "제4차 산업혁명의 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응방안 모색", 김형호(2016), "4차산업혁명, 미래형 혁명의 길", 마케팅, 50(2), 9-16.

R&D Kiosk 제40호 2017년 9월



4차 산업 혁명(2)

4차 산업혁명으로 인해 일어날 변화



체내삽입형 기기 대폭 확산

전자문식, 새로운 유형의 칩, 인체 삽입형 스마트폰 등



사물인터넷 사회

1조 개의 사물 센서가 인터넷에 연결



인공지능과 의사결정

기업과 정부 및 사회의 주요 의사결정에 인공지능 사용



누구나 무료 저장소

인구의 90%가 무한 용량 무료 저장소 보유



블록체인과 비트코인

전세계 GDP의 10%가 블록체인 기술에 저장



3D 프린팅과 제조업

3D 프린팅 제작 자동차 운행
3D 프린팅 제작 간 이식 가능



스마트시티

도시의 모든 것을 모니터링하고 대응, 5만 명 이상이 거주해도 신호등이 없는 도시 가능

커넥티드 홈

가정용 기기에 50% 이상의 인터넷 연결

주머니 속 슈퍼컴퓨터

인구의 90%가 스마트폰(5G) 사용

자율주행자동차

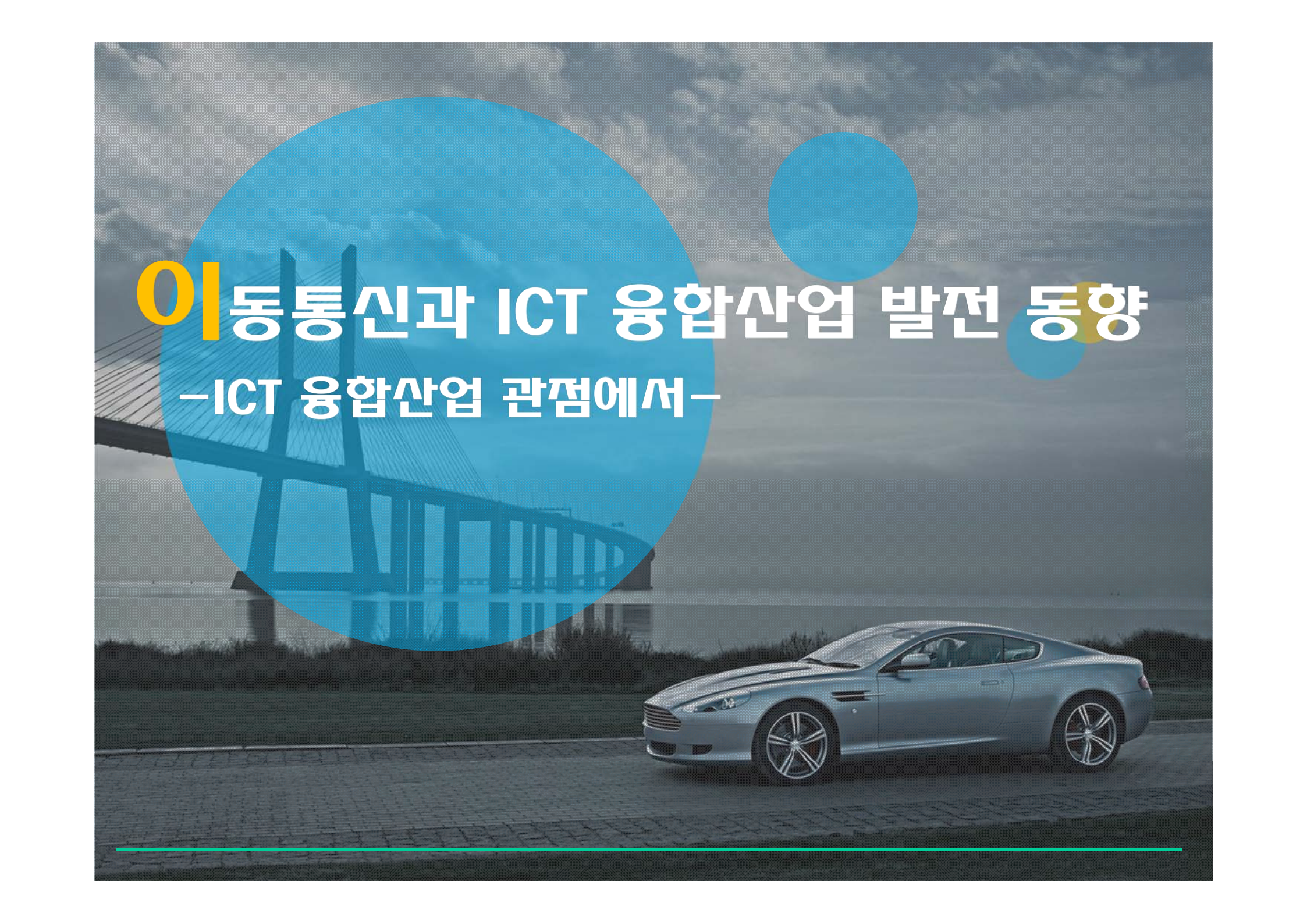
도로 위 주행하는 자동차 중 10%가 자율주행자동차



혁신성장동력 13대 분야

	빅데이터(D)	차세대통신(N)	인공지능(A)	
지능화 인프라	빅데이터 개방·활용 	5G, IoT 상용화 	AI 핵심기술 개발 	
스마트 이동체	자율주행차		드론(무인기)	
	레벨3 자율주행 		공공용·산업용 무인기 보급 	
융합 서비스	맞춤형 헬스케어	스마트시티	가상증강현실	지능형로봇
	개인맞춤 정밀의료 	도시문제 저감 	개별산업과 VR/AR 융합 	의료·안전용 서비스 로봇 
산업기반	지능형반도체	첨단소재	혁신신약	신재생에너지
	AI용 반도체 개발 	항공부품, 자동차 경량화 	후보물질 100개 개발 	재생에너지 발전비중 확대 (’17 7.0%→ ’22 10.5%→’30 20%) 

출처 : 과학기술정보통신부



이동통신과 ICT 융합산업 발전 동향

—ICT 융합산업 관점에서—



01 CONTENTS - ICT 융합산업

이동통신과 ICT 융합산업 발전 동향

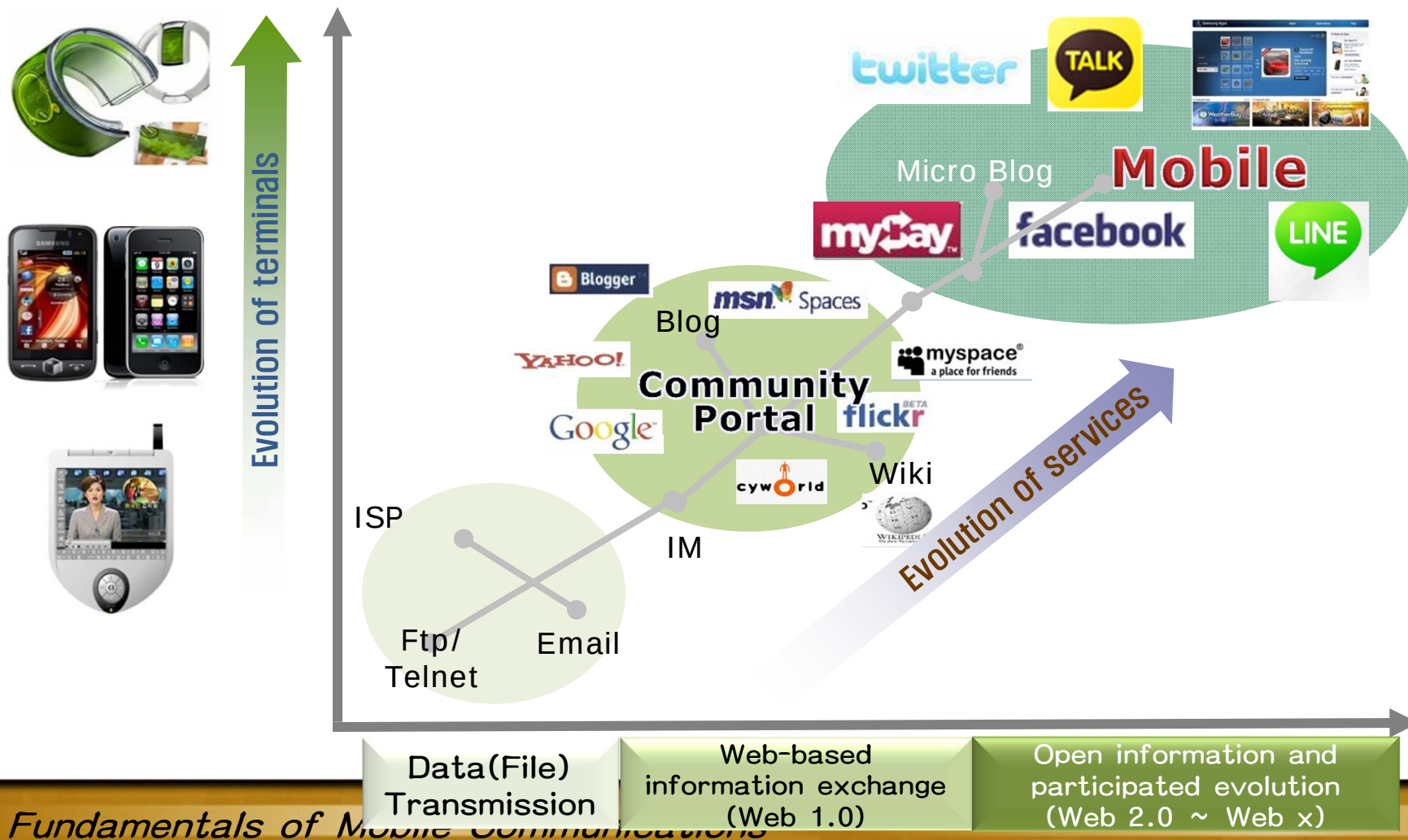
01 ICT 융합산업

❖ 패러다임(Paradigm)의 변화



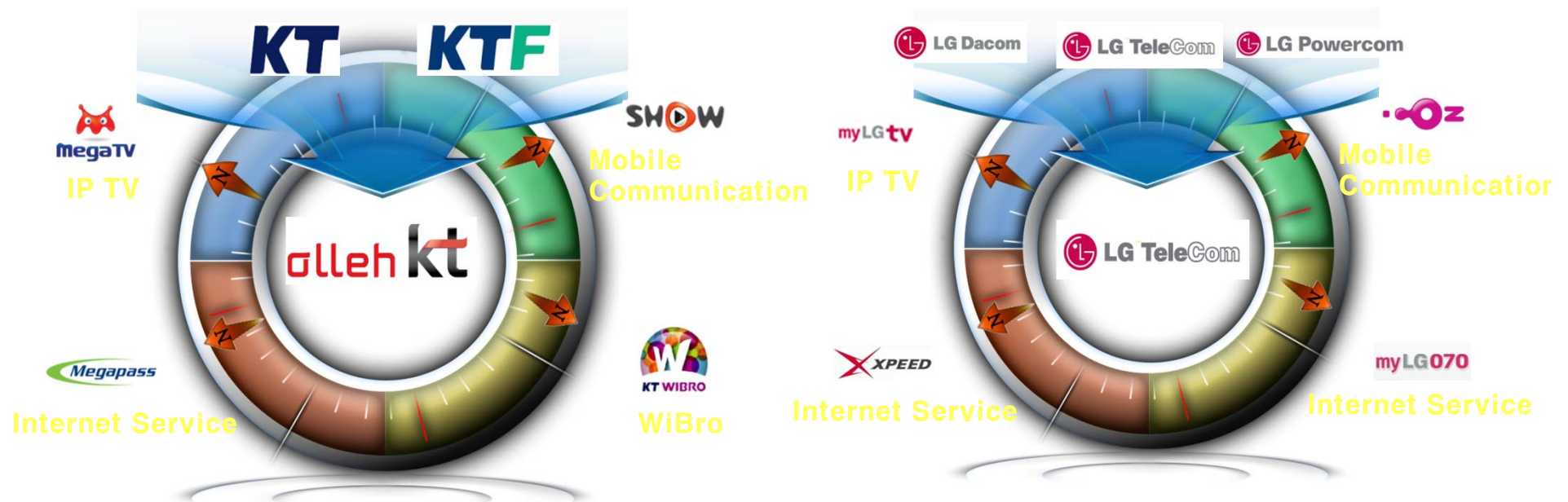
급변하는 스마트 시대의 트렌드

스마트폰과 관련 서비스 산업을 통한 새로운 가치 창출



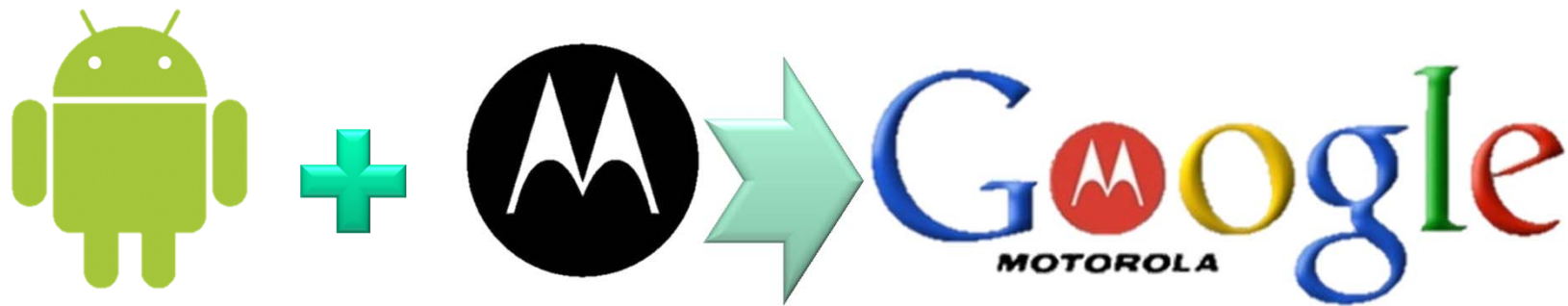
What Happened IT in Korea?

❖ Operator Convergence



01 ICT 융합산업

❖ 소프트웨어 기술과 하드웨어 기술의 인수합병?!



01 ICT 융합산업

❖ 스마트폰은...



01 ICT 융합산업



디지털카메라



MP3

Smart Phone



다이어리



현금



ID카드



관람 티켓



신용카드



멤버십카드



TV



네비게이션



게임기



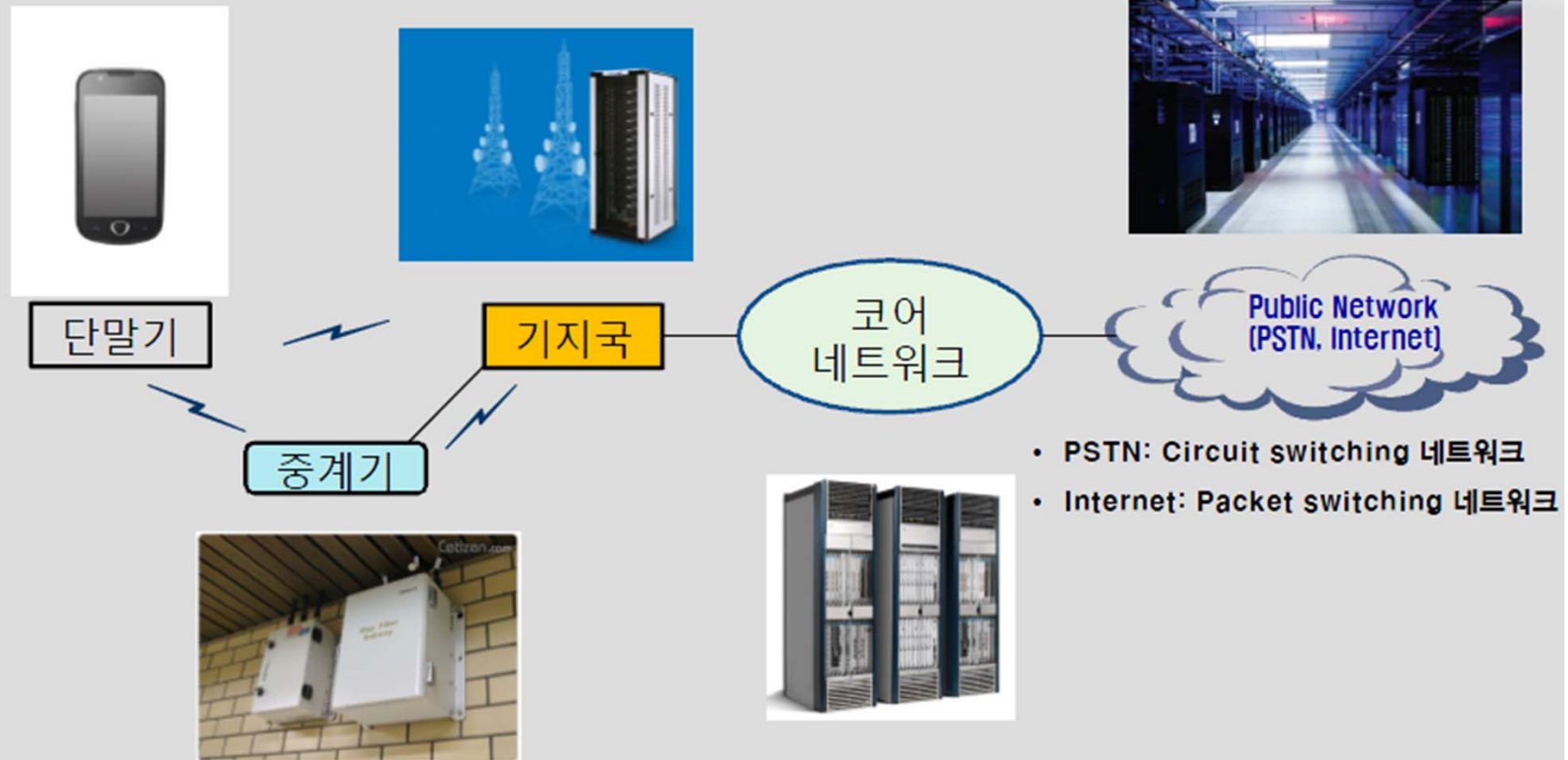
키



02 CONTENTS - 이동통신 현황

이동통신과 ICT 융합산업 발전 동향

02 이동통신 현황



- 이동통신 기술은 크게 단말기, (중계기), 기지국, 코어네트워크로 분류
- Public network(PSTN, Internet)과 연결되어 전화, 모바일인터넷 서비스를 제공

I. 무선 통신서비스 회선 현황

구 분		2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월	2017.9월
이동통신	이동전화	58,935,081	61,295,538	61,518,184	61,769,144	62,028,407	62,253,218	62,481,973	62,663,686	62,875,569	63,066,805	63,258,041
	Wibro	775,997	583,717	568,149	551,215	530,474	510,671	489,926	469,994	454,222	433,216	412,709
주파수공용통신		309,893	286,314	283,595	277,876	276,880	275,706	274,359	274,325	270,378	267,621	264,864
무선호출		32,653	34,829	34,829	34,829	34,829	34,829	34,829	34,829	34,829	34,814	34,799
무선데이터 통신		49,174	44,673	44,687	44,669	44,676	44,672	44,670	44,662	44,663	44,654	44,645
위성 휴대통신		19,872	16,695	16,402	16,102	15,951	15,818	15,049	14,881	14,836	14,597	14,358

* 이동전화의 경우, 터블릿 PC, 무선 데이터 모델, M2M 가입자 포함

II. 이동통신 기술방식별 회선 현황

구 분			2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월	2017.9월
이 동 전 화	CDMA	SKT	2,455,465	1,979,138	1,951,591	1,923,183	1,896,043	1,867,954	1,839,041	1,780,382	1,721,568	1,663,809	1,606,050
		KT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		LGU+	1,781,441	1,307,188	1,279,487	1,249,719	1,218,801	1,195,087	1,170,826	1,141,647	1,109,450	1,078,604	1,047,757
		MVNO	471,542	259,129	247,513	239,616	207,887	183,523	178,960	175,331	170,726	165,306	160,887
		소계	4,708,448	3,545,455	3,478,591	3,412,518	3,322,731	3,246,564	3,188,827	3,097,360	3,001,744	2,907,719	2,814,736
	WCDMA	SKT	4,924,822	4,024,559	3,937,154	3,848,096	3,748,802	3,682,713	3,611,066	3,577,666	3,524,592	3,464,847	3,405,102
		KT	3,033,836	2,361,827	2,340,690	2,324,073	2,322,768	2,315,440	2,313,633	2,310,731	2,308,040	2,306,418	2,304,796
		MVNO	4,577,974	5,053,435	5,080,834	5,092,245	5,112,721	5,147,191	5,164,475	5,182,064	5,182,012	5,192,045	5,202,078
		소계	12,536,632	11,439,821	11,358,678	11,264,414	11,184,291	11,145,344	11,089,174	11,070,461	11,014,644	10,963,310	10,910,076
	LTE	SKT	18,869,250	20,742,593	20,908,176	21,084,786	21,250,088	21,384,696	21,516,303	21,625,843	21,767,608	21,903,632	22,039,656
		KT	12,239,286	13,348,414	13,436,884	13,528,108	13,629,476	13,708,294	13,778,470	13,828,033	13,890,391	13,947,377	14,004,363
		LGU+	9,710,103	10,691,230	10,762,243	10,849,919	10,945,102	11,027,339	11,119,400	11,200,497	11,295,541	11,378,835	11,462,129
		MVNO	871,362	1,528,025	1,573,612	1,629,399	1,696,719	1,740,981	1,789,799	1,841,492	1,905,641	1,965,932	2,026,223
		소계	41,690,001	46,310,262	46,680,915	47,092,212	47,521,385	47,861,310	48,203,972	48,495,865	48,859,181	49,195,776	49,532,378
	합 계	SKT	26,249,537	26,746,290	26,796,921	26,856,065	26,894,933	26,935,363	26,966,410	26,983,891	27,013,768	27,032,288	27,050,808
		KT	15,273,122	15,710,241	15,777,574	15,852,181	15,952,244	16,023,734	16,092,103	16,138,764	16,198,431	16,253,795	16,309,159
		LGU+	11,491,544	11,998,418	12,041,730	12,099,638	12,163,903	12,222,426	12,290,226	12,342,144	12,404,991	12,457,439	12,510,887
		MVNO	5,920,878	6,840,589	6,901,959	6,961,260	7,017,327	7,071,695	7,133,234	7,198,887	7,258,379	7,323,283	7,388,187
		합계	58,935,081	61,295,538	61,518,184	61,769,144	62,028,407	62,253,218	62,481,973	62,663,686	62,875,569	63,066,805	63,258,041
	SKT	90,916	78,047	77,323	76,550	75,685	74,879	74,147	73,432	72,778	72,129	71,480	

III-2. 이동전화 가입유형별 가입자 수

구 분		2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월	2017.9월
신규가입	SKT	152,935	188,846	221,187	226,133	211,056	163,934	166,011	160,762	154,966	168,971	201,123
	KT	127,863	155,317	174,153	185,056	218,818	174,455	165,164	166,501	164,217	158,512	181,123
	LGU+	146,627	124,583	113,021	133,869	144,549	123,706	132,058	126,799	126,784	121,039	141,123
	MVNO	173,630	172,388	163,594	144,824	202,818	174,989	163,198	178,757	172,831	168,859	191,123
	소 계	601,055	641,134	671,955	689,882	777,241	637,084	626,431	632,819	618,798	617,381	714,123
번호이동	SKT	185,490	174,721	181,345	172,092	190,475	187,102	204,312	186,463	240,678	206,982	231,123
	KT	149,127	132,716	139,068	128,627	135,892	132,109	146,048	133,059	170,745	144,318	161,123
	LGU+	136,485	124,092	129,366	122,019	134,657	137,443	141,352	130,587	162,495	140,784	151,123
	MVNO	91,260	104,162	93,323	98,265	107,890	88,205	89,412	83,048	93,269	99,478	109,123
	소 계	562,362	535,691	543,102	521,003	568,914	544,859	581,124	533,157	667,187	591,562	652,123
기기변경	SKT	407,837	391,366	354,024	338,448	339,118	498,513	372,309	356,853	461,905	352,860	401,123
	KT	204,891	205,709	188,717	184,492	180,552	234,146	202,203	180,719	230,331	192,102	211,123
	LGU+	164,860	146,817	155,512	155,028	164,960	204,332	183,946	173,538	210,393	169,883	199,123
	MVNO	1,990	4,145	3,808	4,494	4,486	4,287	4,273	4,588	5,784	6,007	6,223
	소 계	779,578	748,037	702,061	682,462	689,116	941,278	762,731	715,698	908,413	720,852	818,123
합 계	SKT	746,262	754,933	756,556	736,673	740,649	849,549	742,632	704,078	857,549	728,813	833,123
	KT	481,881	493,742	501,938	498,175	535,262	540,710	513,415	480,279	565,293	494,932	572,123
	LGU+	447,972	395,492	397,899	410,916	444,166	465,481	457,356	430,924	499,672	431,706	502,123
	MVNO	266,880	280,695	260,725	247,583	315,194	267,481	256,883	266,393	271,884	274,344	277,123
	합 계	1,942,995	1,924,862	1,917,118	1,893,347	2,035,271	2,123,221	1,970,286	1,881,674	2,194,398	1,929,795	2,284,123

※ 사물인터넷 가입자 포함

III-3. 이동전화 휴대폰단말기 유형별 가입자 수

구 분		2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월	2017.9월
스마트폰	SKT	20,622,367	21,876,776	21,982,565	22,088,123	22,180,817	22,233,216	22,340,177	22,424,089	22,541,568	22,637,446	22,723,123
	KT	13,407,355	14,277,198	14,327,461	14,380,995	14,435,349	14,481,982	14,516,017	14,531,327	14,570,476	14,605,878	14,641,123
	LGU+	9,638,077	10,264,500	10,317,791	10,375,928	10,429,933	10,476,047	10,544,430	10,605,781	10,674,033	10,735,779	10,797,123
	합 계	43,667,799	46,418,474	46,627,817	46,845,046	47,046,099	47,191,245	47,400,624	47,561,197	47,786,077	47,979,103	48,161,123
피쳐폰	SKT	6,056,346	5,330,492	5,288,973	5,257,484	5,201,079	5,178,186	5,111,605	5,049,193	4,972,922	4,895,088	4,817,123
	KT	2,848,858	2,398,462	2,384,617	2,366,347	2,370,748	2,376,705	2,377,210	2,384,592	2,386,275	2,382,779	2,379,123
	LGU+	1,087,655	752,361	726,569	701,994	665,084	636,229	615,930	595,855	572,688	549,946	527,123
	합 계	9,992,859	8,481,315	8,400,159	8,325,825	8,236,911	8,191,120	8,104,745	8,029,640	7,931,885	7,827,813	7,723,123
합 계	SKT	26,678,713	27,207,268	27,271,538	27,345,607	27,381,896	27,411,402	27,451,782	27,473,282	27,514,490	27,532,534	27,540,123
	KT	16,256,213	16,675,660	16,712,078	16,747,342	16,806,097	16,858,687	16,893,227	16,915,919	16,956,751	16,988,657	17,020,123

유선 통신서비스 통계 현황 (2017년도)

I. 유선 통신서비스 가입자 현황

구분	2014.12월	2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월
시내전화	16,939,308	16,341,489	15,745,961	15,694,569	15,653,507	15,604,197	15,563,437	15,533,998	15,480,309	15,403,065	15,314,278
초고속인터넷	19,198,934	20,024,930	20,555,683	20,604,107	20,724,595	20,794,042	20,855,606	20,893,969	20,943,436	20,995,642	21,045,093
인터넷전화	12,453,932	12,458,208	12,215,859	12,206,296	12,193,711	12,220,352	12,201,483	12,182,539	12,171,794	12,109,340	12,012,762

II. 시내전화 가입자 수

구분	2014.12월	2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월
KT	13,712,765	13,149,712	12,691,098	12,650,123	12,613,684	12,581,141	12,554,143	12,517,717	12,478,669	12,414,127	12,333,866
SK브로드밴드	2,731,880	2,686,657	2,556,125	2,540,494	2,528,357	2,509,104	2,494,341	2,503,907	2,493,362	2,481,211	2,470,714
LGU+	494,663	505,120	498,738	503,952	511,466	513,952	514,953	512,374	508,278	507,727	509,698
합 계	16,939,308	16,341,489	15,745,961	15,694,569	15,653,507	15,604,197	15,563,437	15,533,998	15,480,309	15,403,065	15,314,278

- KT : 일반전화(사업용 비포함), 국내통신, ISDN을 합산한 수치임
- SK브로드밴드 : 일반전화(사업용 비포함), 국내통신, ISDN을 합산한 수치임
- LGU+
 - 일반실선(일반1회선, 일반2회선)
 - 중계선 : DID/DOD경용(채널수), DOD경용(채널수)
 - * DID경용 중계선은 가입자에서 제외함(KT, SKB, LGU+ 공통)

* 2017년 8월 LGU+ 시내전화 가입자수의 오류가 있어 수정 게시합니다.(당초 527,005명 → 정정후 509,698명)

III. 초고속인터넷 가입자 수

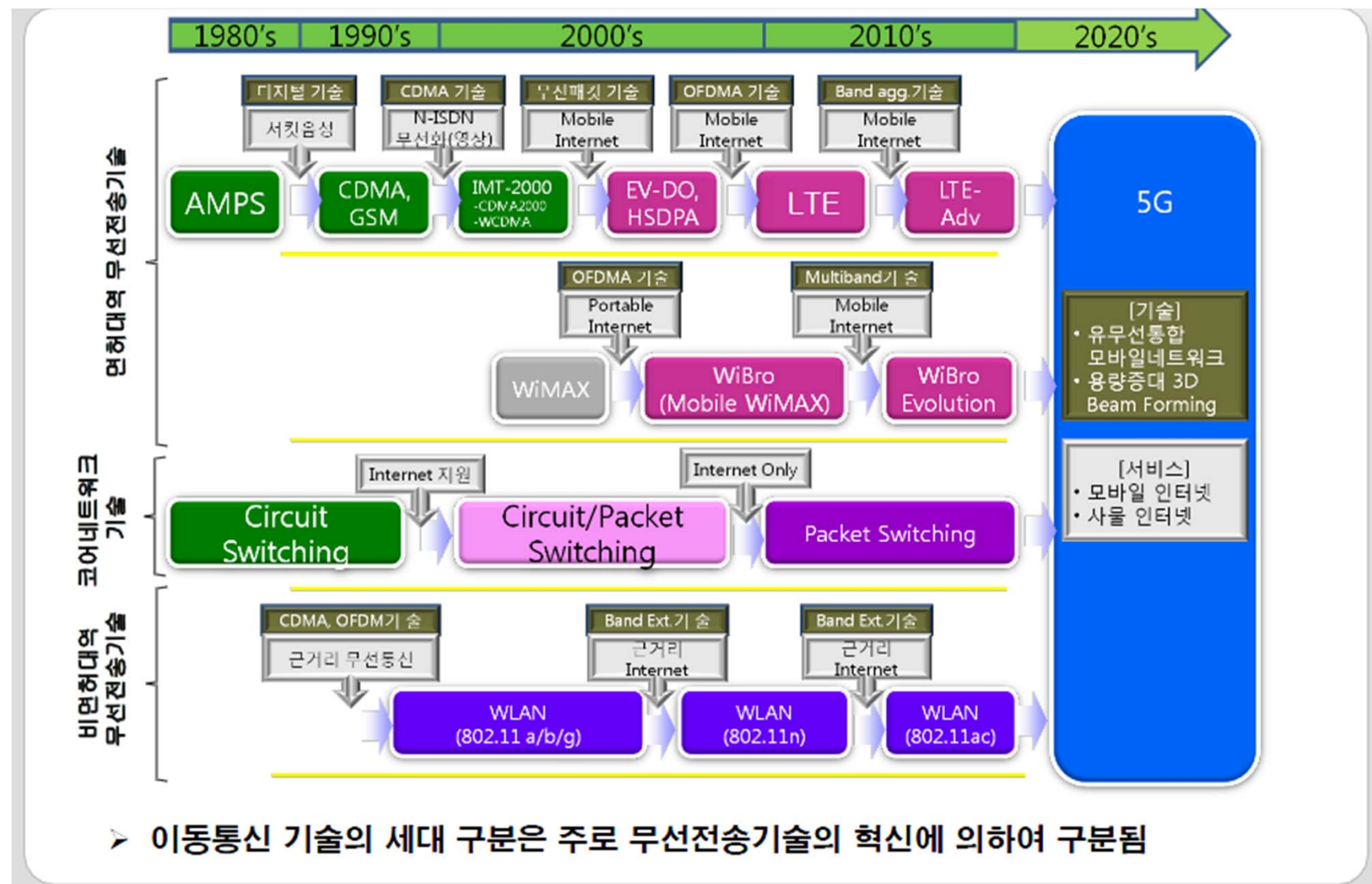
구분	2014.12월	2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월
KT	8,129,482	8,328,419	8,516,496	8,525,896	8,546,988	8,573,344	8,598,734	8,619,656	8,639,823	8,655,250	8,680,327
SK브로드밴드	2,749,600	2,691,735	2,672,905	2,670,779	2,733,820	2,736,449	2,739,967	2,737,175	2,738,991	2,743,380	2,746,043
SKT(재판매)	2,060,893	2,344,322	2,534,590	2,544,797	2,559,678	2,573,656	2,584,639	2,594,492	2,604,978	2,621,546	2,635,977
LG U+	3,014,196	3,483,244	3,611,199	3,631,386	3,652,584	3,672,016	3,690,247	3,701,956	3,719,236	3,736,106	3,747,991
종합 유선	3,157,512	3,110,211	3,160,330	3,171,175	3,177,358	3,184,820	3,188,491	3,187,453	3,187,559	3,186,687	3,184,202
기 타	87,251	66,488	60,163	60,074	54,167	53,757	53,528	53,237	52,849	52,673	50,553
합 계	19,198,934	20,024,419	20,555,683	20,604,107	20,724,595	20,794,042	20,855,606	20,893,969	20,943,436	20,995,642	21,045,093

IV. 초고속인터넷 기술방식별 가입자 수

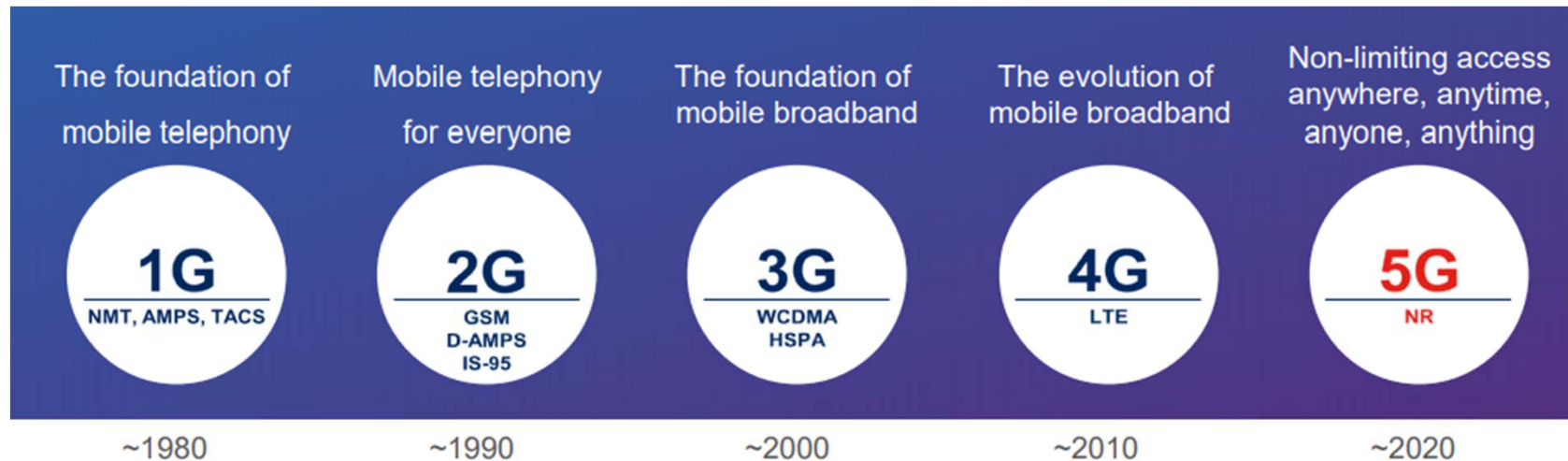
유선통신서비스통계현황(계속)

구분		2014.12월	2015.12월	2016.12월	2017.1월	2017.2월	2017.3월	2017.4월	2017.5월	2017.6월	2017.7월	2017.8월
KT	xDSL	1,259,405	1,067,764	834,421	818,819	802,959	783,199	766,782	751,800	736,903	723,631	711,436
	LAN	2,881,216	2,972,966	3,094,598	3,101,201	3,113,904	3,128,555	3,140,870	3,151,207	3,159,848	3,169,683	3,179,312
	HFC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTTH	3,988,521	4,287,408	4,587,339	4,605,749	4,630,000	4,661,469	4,690,963	4,716,546	4,742,984	4,761,899	4,789,553
	위성	340	281	138	127	125	121	119	103	88	37	26
SK브로드밴드	xDSL	183,619	167,646	147,595	145,051	142,063	138,845	135,677	132,992	130,386	127,807	125,373
	LAN	1,013,378	1,020,390	1,078,393	1,083,524	1,090,763	1,099,131	1,107,886	1,111,317	1,117,119	1,123,692	1,128,702
	HFC	775,723	700,818	629,516	623,024	611,702	605,643	601,655	597,340	594,077	591,684	588,533
	FTTH	776,880	802,881	817,401	819,180	889,292	892,830	894,749	895,526	897,409	900,197	903,435
	위성	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SKT(재판매)	xDSL	162,906	173,308	168,239	167,063	165,560	163,412	160,439	158,061	155,683	153,514	150,994
	LAN	895,550	1,037,981	1,173,476	1,182,733	1,194,788	1,207,743	1,219,255	1,228,944	1,238,223	1,250,775	1,261,701
	HFC	412,608	433,449	421,332	417,875	416,623	415,720	415,512	415,372	415,512	416,469	417,331
	FTTH	589,829	699,584	771,543	777,126	782,707	786,781	789,433	792,115	795,560	800,788	805,951
	위성	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LG U+	xDSL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LAN	1,779,035	1,841,488	1,883,177	1,892,685	1,901,009	1,908,615	1,916,711	1,921,255	1,928,610	1,936,446	1,940,898
	HFC	881,953	857,724	881,469	885,488	889,665	894,439	898,358	900,651	904,061	906,726	907,798
	FTTH	353,208	784,032	846,553	853,213	861,910	868,962	875,178	880,050	886,565	892,934	899,295
	위성	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
종합유선	xDSL	31,781	28,553	25,978	25,919	25,747	25,669	25,326	25,266	24,918	24,394	24,152
	LAN	688,672	756,405	847,694	857,703	864,523	879,134	887,112	889,712	897,108	904,681	909,531
	HFC	2,401,094	2,285,200	2,155,883	2,156,382	2,155,741	2,148,230	2,143,752	2,139,906	2,127,796	2,119,232	2,111,478
	FTTH	35,965	40,053	130,775	131,171	131,347	131,787	132,301	132,569	137,737	138,380	139,041
	위성	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
기타	xDSL	1,638	1,507	1,339	1,337	1,006	990	992	990	987	978	848
	LAN	45,633	26,589	24,019	23,918	23,933	23,776	23,598	23,457	23,241	23,149	21,634
	HFC	34,847	33,112	32,022	31,995	26,482	26,220	26,101	25,941	25,763	25,640	25,295
	FTTH	5,133	5,280	2,783	2,824	2,746	2,771	2,837	2,849	2,858	2,906	2,776
	위성	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	xDSL	1,639,349	1,438,778	1,177,572	1,158,189	1,137,335	1,112,115	1,089,216	1,069,109	1,048,877	1,030,324	1,012,803
	LAN	7,303,484	7,655,819	8,101,357	8,141,764	8,188,920	8,246,954	8,295,432	8,325,892	8,364,149	8,408,426	8,441,778

02 이동통신 현황



□ Wireless Access Generations



Industry leaders in the development and delivery of networking, mobile, and cloud
work together to create the networks of the future

Growth | Innovation | Speed

Service Provider Transformation



Enterprise Experience

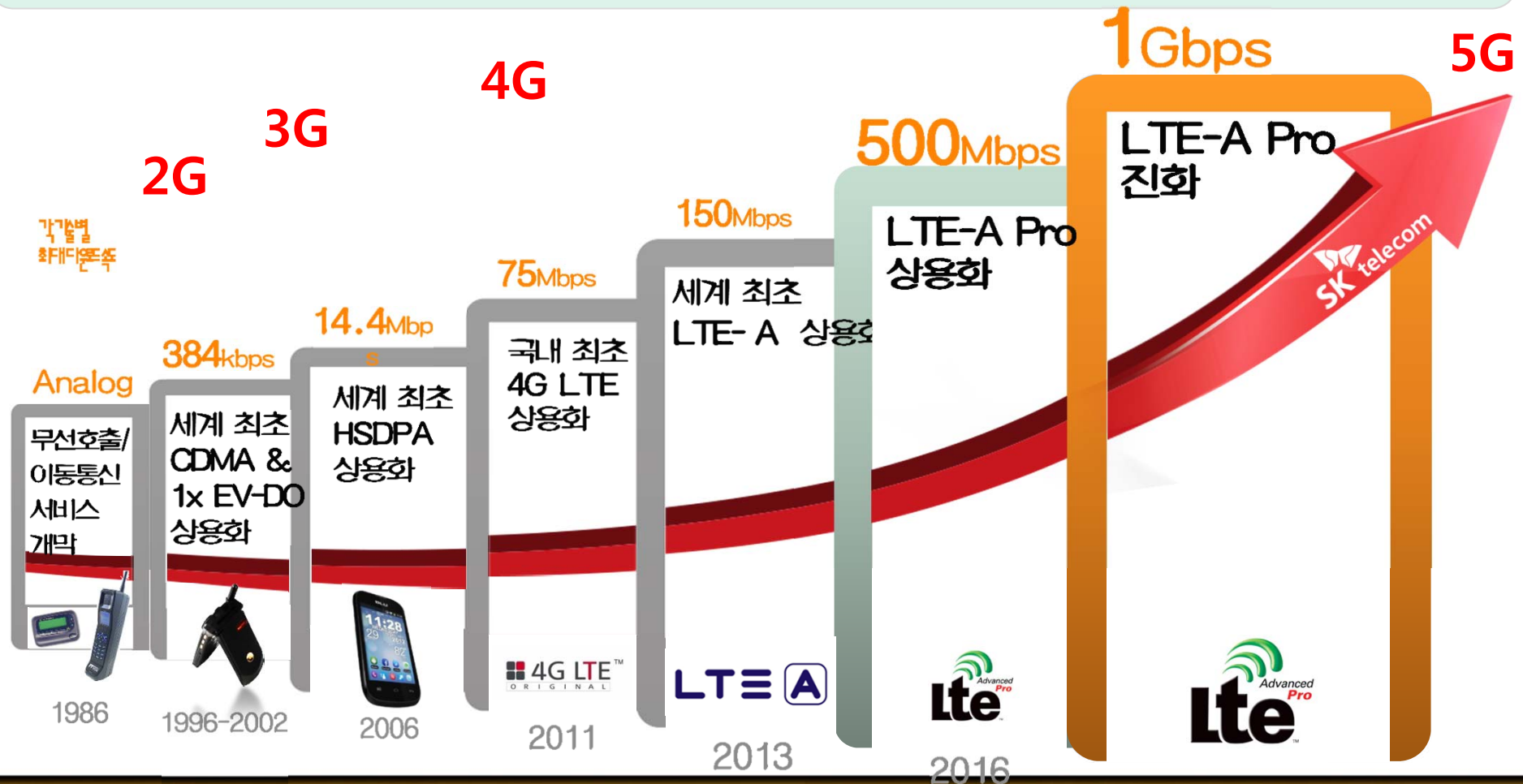


Realization of the Internet of Things



이동통신 시스템 진화

2G CDMA ('96, 14.4kbps), 3G EV-Do('02, 384kbps), HSDPA('06, 14.4Mbps), 4G LTE('11, 75Mbps), LTE-A('13, 150Mbps)를 거쳐 LTE-A Pro('16, 500Mbps) 서비스로 진화 중



4G vs 5G

	4G	5G
최대 전송속도	1 Gbps	20 Gbps
이용자 체감 전송속도	10 Mbps	100~1000 Mbps
주파수 효율성	-	4G대비 3배
고속 이동성	350 km/h	500 km/h
전송지연	10 ms	1 ms
최대 기기 연결수	$10^5 / km^2$	$10^6 / km^2$
에너지 효율성	-	4G대비 100배
면적당 데이터 처리	$0.1 Mbps/m^2$	$10 Mbps/m^2$

출처 : 미래창조과학부

02 이동통신 현황

- ICT를 중심으로 모든 사람, 기기, 산업, 국가가 연결되어

새로운 가치를 창출하는 등 초연결사회(Hyper-connected Society) 본격화



- 데이터 경제 시대의 새로운 성장 모멘텀인 IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일(ICBM)이 향후 ICT산업 성장을 견인할 것으로 기대

< ICT 유망 분야별 세계 시장 규모 및 성장률(억달러, %) >

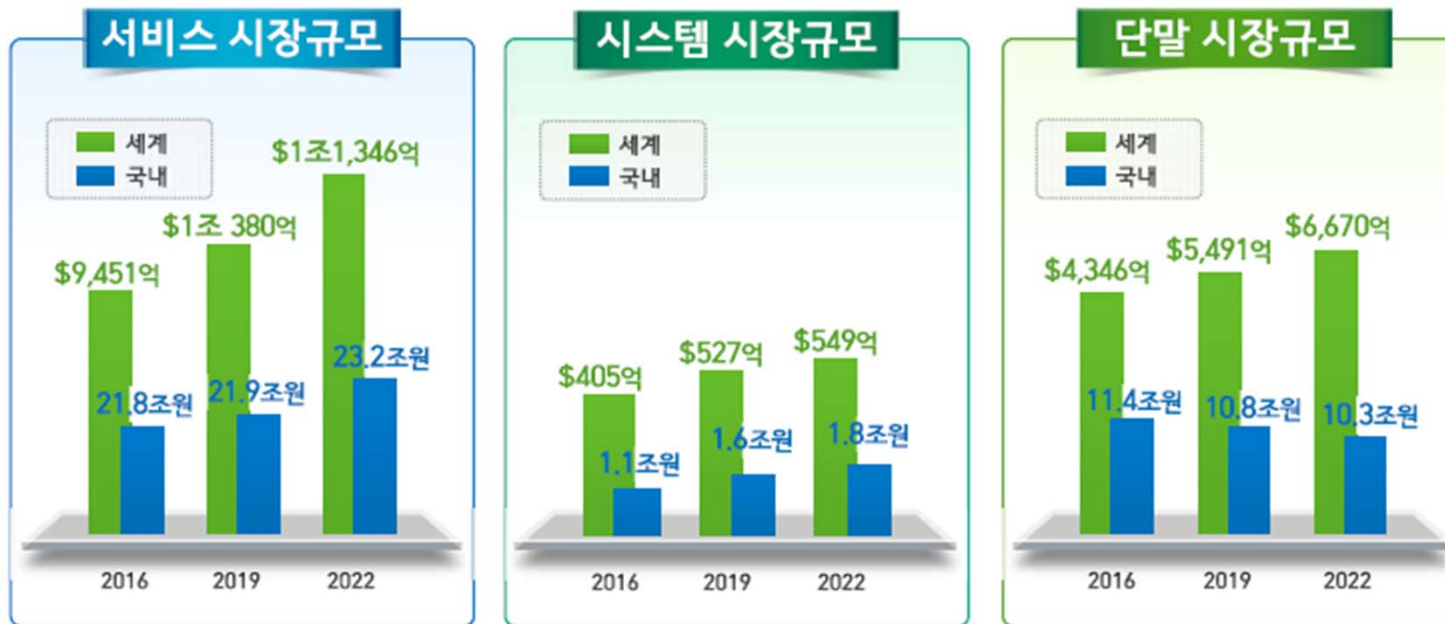


* CAGR(Compound Annual Growth Rate)

02 이동통신 현황

시장

- (세계) '16년 \$1조 4천억 규모에서 연평균 4.6% 성장률 보이며, '22년 \$1조 8,656억 규모 전망
- (국내) '16년 ~ '22년 동안 총 34 ~ 35조원 규모의 시장을 형성할 전망



[자료: ETRI 미래전략연구소]

02 이동통신 현황

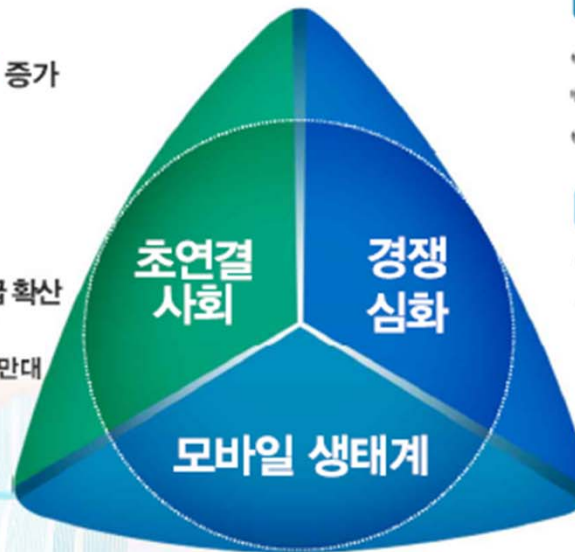
모바일 트래픽 급증 및 웨어러블 단말 보급

트래픽 폭증

- 국내 트래픽 최근 1년간 **66%** 증가
'20년 50~73배 증가 전망

디바이스 확산

- 신규 커넥티드 및 웨어러블 단말 보급 확산
세계 웨어러블기기 :
('14년) 2,790만대 → ('19년) 1억8,350만대



- PC에서 모바일로 주 이용매체가 변화
- 핀테크, O2O(Online to Offline), 증강현실 등
모바일 중심 서비스 생태계 가속화

글로벌 시장 선점을 위한 각국의 경쟁 심화

미래 절대 강자 ?

- '13년 MS사, Nokia 단말 인수
- '14년 레노버, 구글로부터 모토로라 인수
- '15년 노키아, 알카텔-루슨트 인수

중국 화웨이 부상

- 기지국장비/라우터 시장 : **세계 2위**
- 스마트폰 **세계 3위** (6.9%, 15.2Q)

국내 경쟁력

- 스마트폰 **세계 1위** (32% → 25%)
- 이동통신 **장비 세계 6위** (4.4%)

02 이동통신 현황

5G 이동통신은 '20년 상용서비스가 개시되어,
기존의 이동통신 시장을 점진적으로 대체하며 시장 확산 전망

세계 이동통신 및 5G 시장 전망



국내 이동통신 및 5G 시장 전망



[자료: ETRI 산업전략연구부]



03 CONTENTS - 5G 개요

이동통신과 ICT 융합산업 발전 동향

❖ ICT Megatrend



1 Explosion of Mobile Data Traffic

Advent of new bandwidth-consuming devices and services

2 Rapid Increase in Connected Devices

Connecting People, things, data and even processes

3 Everything on the Cloud

Accelerating transformation of legacy biz to cloud-based convergence services

4 Proliferation of Hyper-realistic Media Services

Hyper-realistic media such as UHD+ and 3D, Hologram

5 Knowledge as a Services through Big Data Analysis

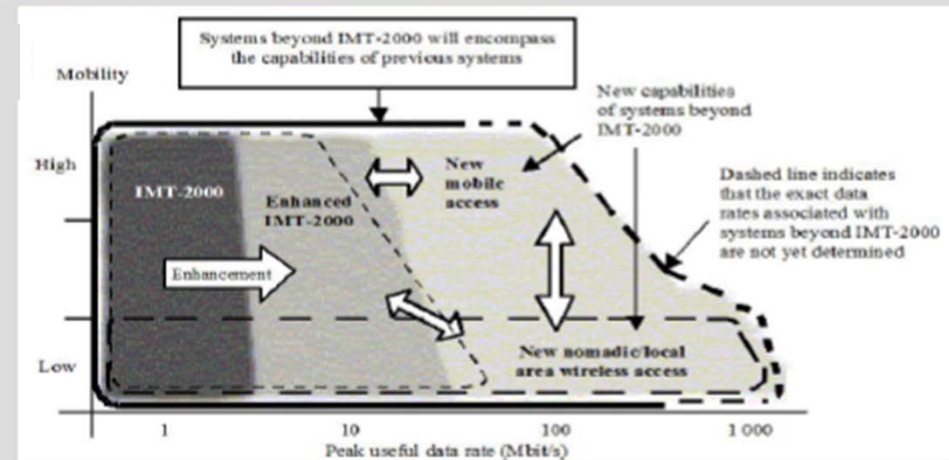
New value creation through context-aware capabilities

❖ ITU-R Key Capability

◆ Key capabilities of IMT-Advanced

- Peak data rate
- Mobility

→ Mobile Internet



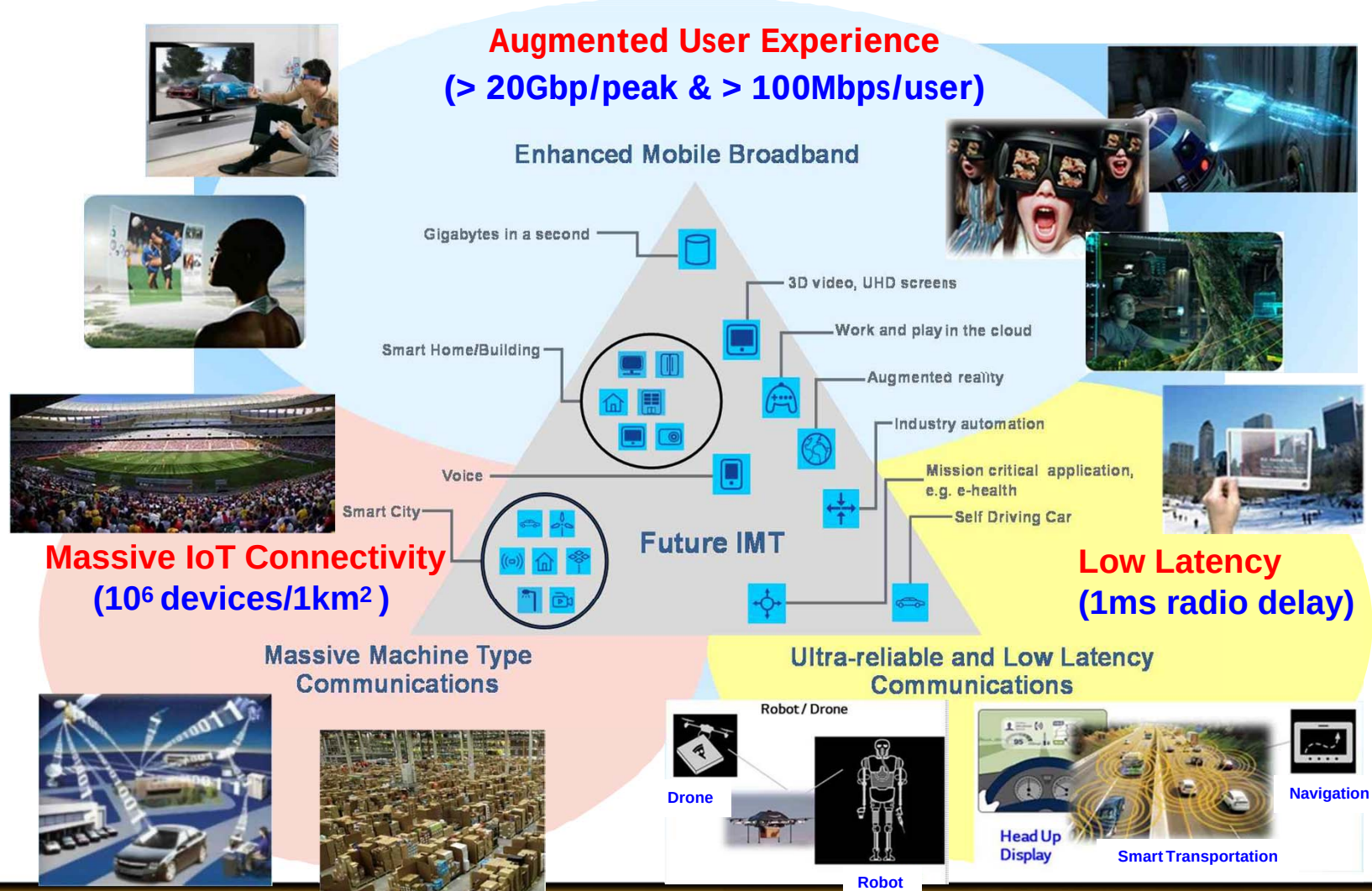
◆ Key capabilities of future IMT

Parameter	User experienced data rate	Peak data rate	Mobility	Latency	Connection density	Energy efficiency	Spectrum efficiency	Area traffic capacity
Value for future IMT	[100Mbit/s – 1Gbit/s] [100 Mbps (urban/suburban) for diagram with text on hotspots 1 Gbit/s?]	[20 Gbit/s]	500 km/h	1 ms (radio interface)	$10^8/\text{Km}^2$ (scenario needed)	100 times IMT-Advanced (for network)	[2/3/5 times IMT-Advanced] (scenario needed)	10 Mbps/m ²

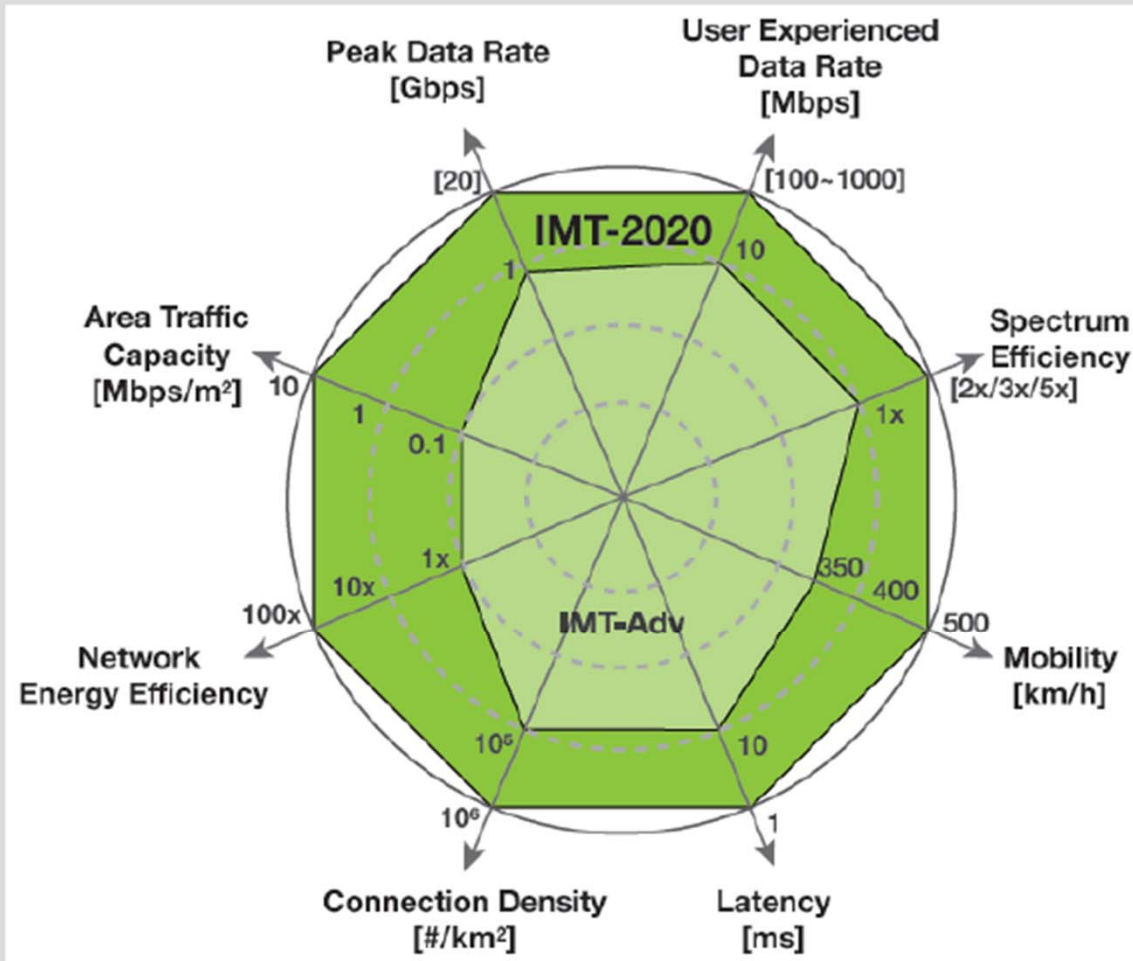
→ IoT(Internet of Things) Added

03 5G 개요

5G Usage Scenarios Embodied into Triangular Diagram in ITU-R WP5D



❖ Key Capability of LTE & 5G



03 5G 개요

5G 핵심 서비스 발굴 및 세계 최초 서비스 시연

Pre 5G 시연

'15.12월

이동 핫스팟 네트워크
(달리는 지하철 차량내에서
초고속 모바일 인터넷서비스)

초고속 이동무선백홀



시범서비스

'17.12월

초다시점 입체영상
(3D 입체 영상을 재현하는 단말을 통한
초다시점 입체영상 서비스)

초다시점 3D 영상



상용서비스

'20.12월

초실감 서비스
(기존 영상서비스 보다 현실감 있고
몰입감 있는 초실감 서비스)

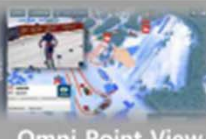
가상현실/증강현실, 홀로그램



03 5G 개요

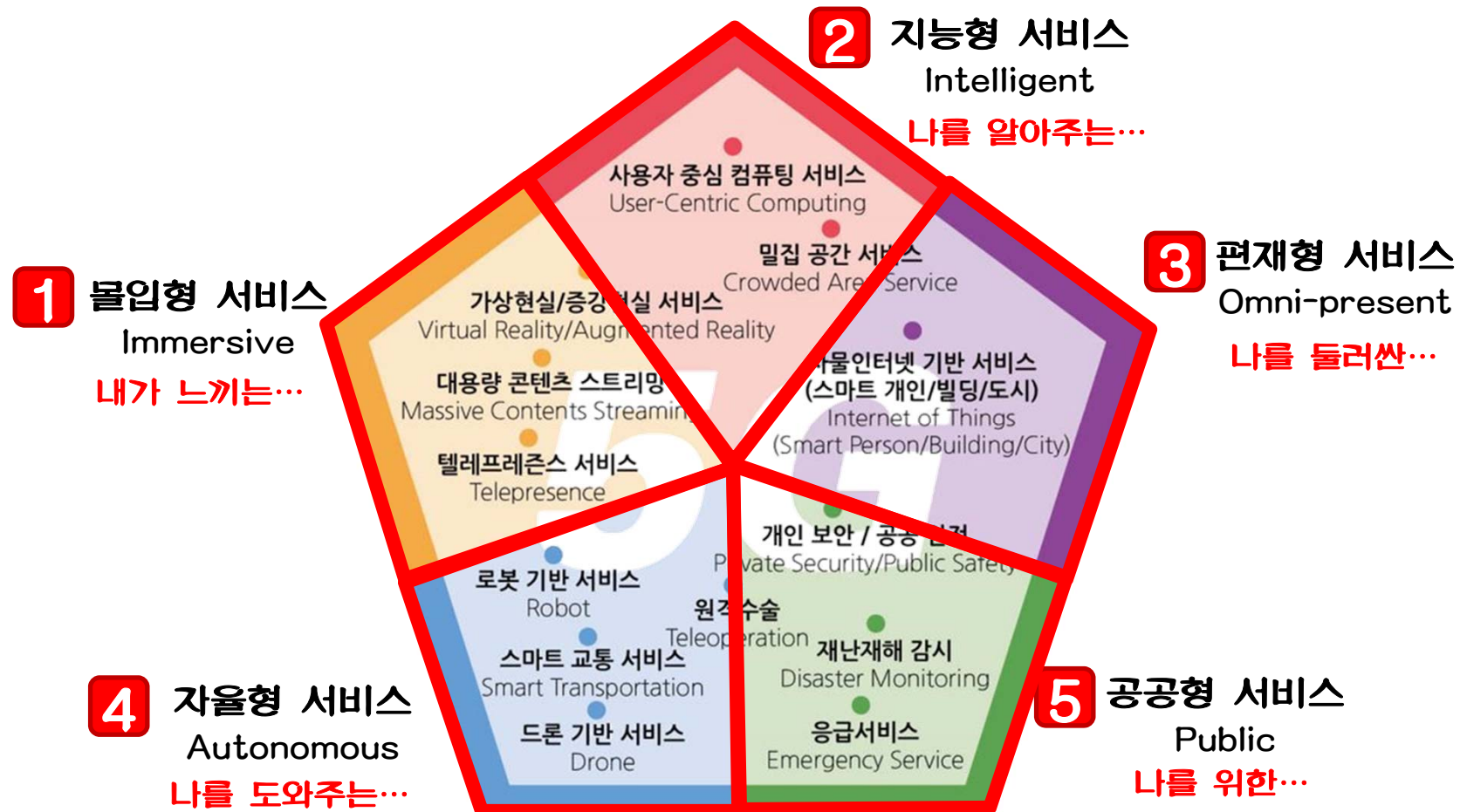
평창 5G 시범서비스

시범서비스 규격 확정('16.6월)

2015	2016	2017	2018	2020
5G Test Bed 구축 (kt 연구소, 우면동)	5G 시험망 구축 (강남-판교 클러스터)	5G 평창 시범망 구축	 평창 5G 서비스	5G 상용 서비스
 	1차 Test Event  Sync View  360° VR  Hologram Live  Time Slice	2차 Test Event  Sync View  Omni Point View  Interactive Multi View Omni View	 Massive 드론  5G (자율주행) 버스  Multi Site 홀로그램 Live	

03 5G 개요

❖ ICT Megatrend

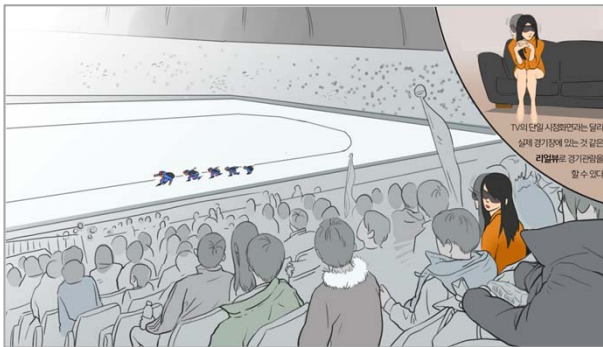


03 5G 개요

❖ ICT Megatrend

Use Cases

실시간 VR 서비스



운동 경기장, 공연장에 가지 않고
원격지에서 실제 현장과 동일한
체험 가능

실시간 AR 서비스



실제 환경에 가상 사물/정보를
실시간으로 합성
→ 교육, 커머스 등에 활용

실시간 모바일 홀로그램



홀로그램 기반 실시간 스트리밍,
홀로그램 문자 송수신 및 영상 통화

03 5G 개요

❖ ICT Megatrend

개념 / Use Cases

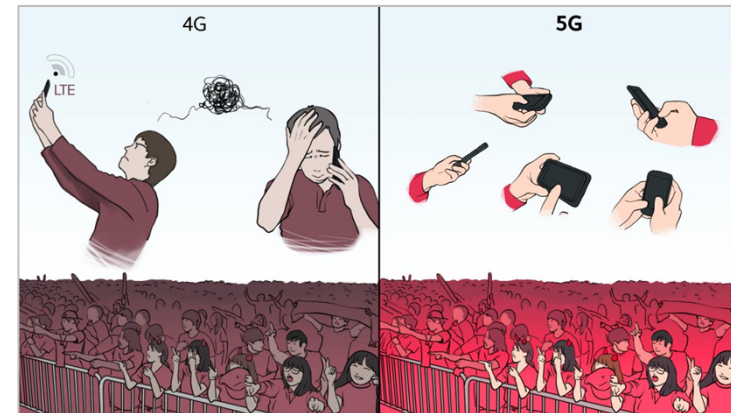
사용자 니즈 또는 환경 변화에 따라 적합한 네트워크 환경 및 서비스를 제공

User-centric Computing



다양한 센서들을 통해 수집된 빅데이터 기반 상황 정보를 인식/해석/추론하여 서비스 제공
→ 라이프코칭 서비스, 헬스케어, 재난재해 사전예방 등

Crowded Area Services



많은 사용자가 밀집된 특정 지역에서 사용자의 관심사를 파악하여 최적 서비스 제공
→ 지역 기반 SNS/광고 등

03 5G 개요

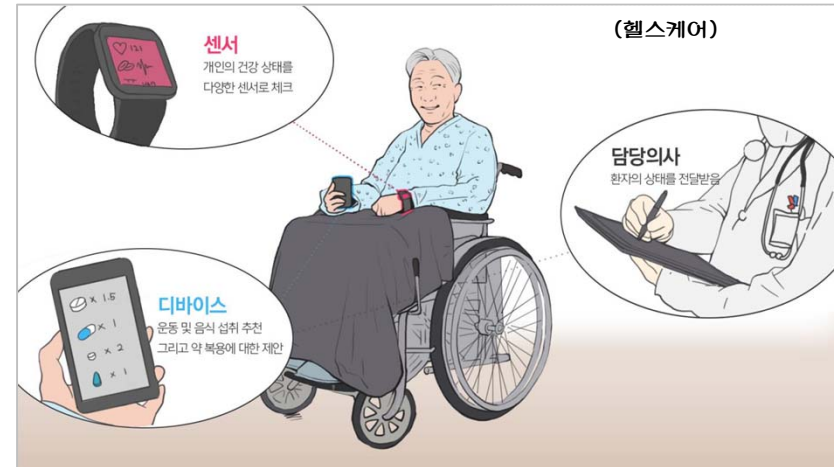
❖ ICT Megatrend

개념 / Use Cases

생활 공간 속의 다양한 사물들과 연결을 통한 생활 편의성 향상



- 스마트 개인 네트워크: 웨어러블 디바이스 기반 (인포테인먼트, 헬스케어, 모바일 컨시어지 등)
- 스마트 빌딩: 에너지, 방법
- 스마트 시티: 교통 관제, 에너지



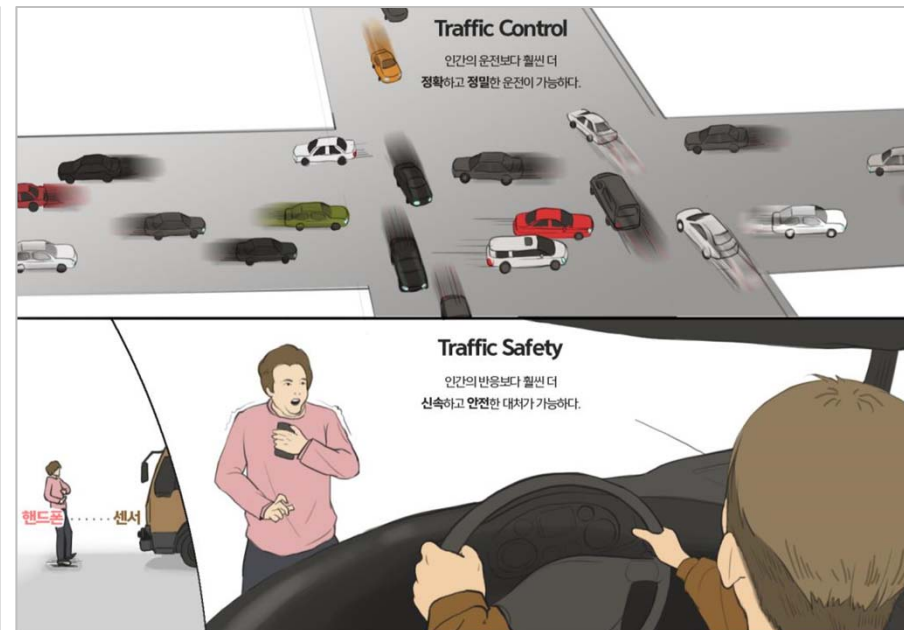
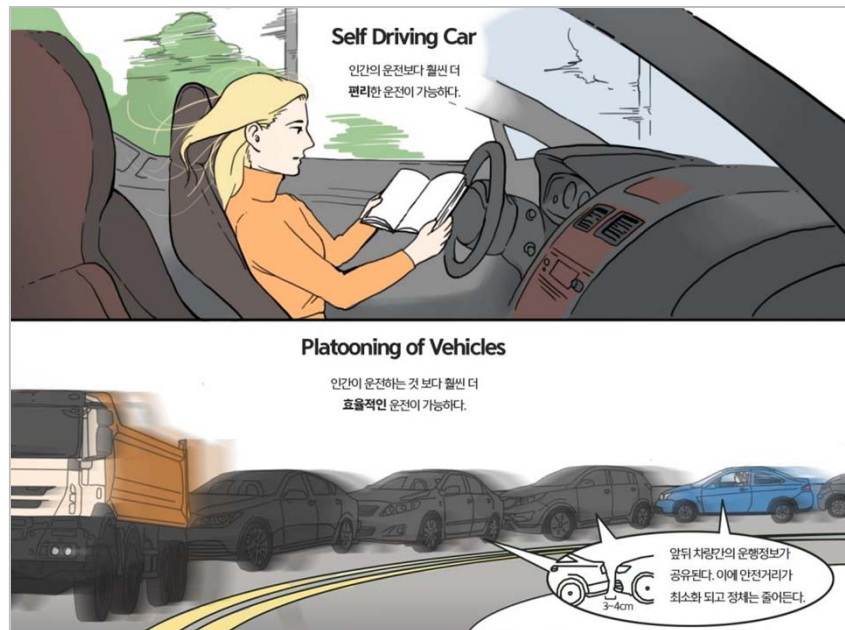
[헬스케어(예)]

개인 건강 상태 체크(혈당, 혈압, 심박수 등)
→ 운동/식단 추천, 건강 상태 진단,
담당 의사에게 정보 전달 등

❖ ICT Megatrend

개념 / Use Cases: Vehicle

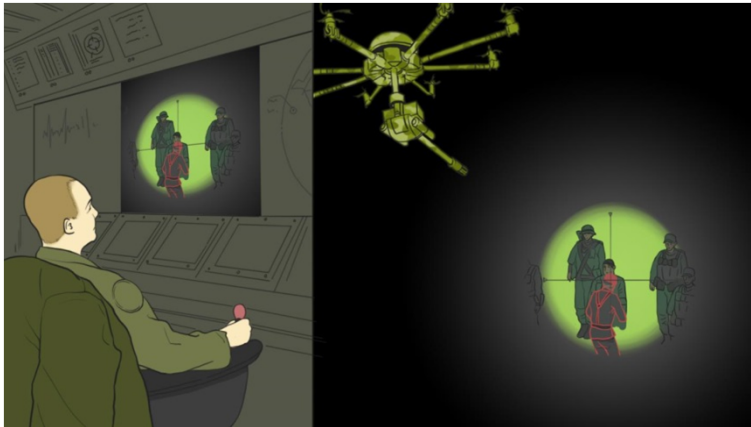
통신과 교통 수단과의 융합을 통해 편리하고 안전한 교통 서비스 제공



❖ ICT Megatrend

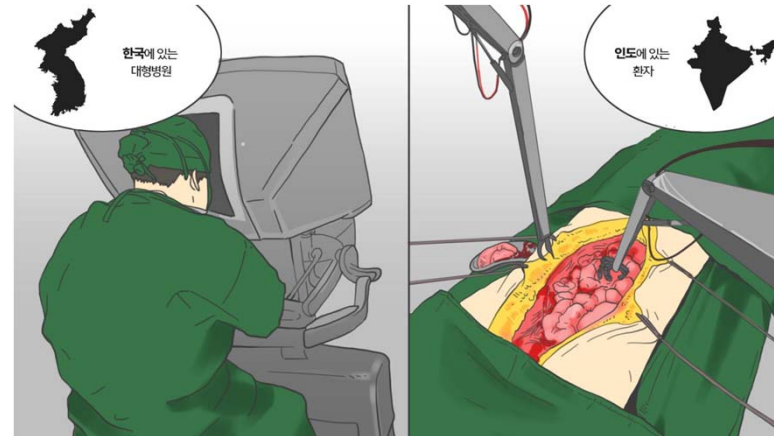
개념 / Use Cases: Drone & Robot

Drone



- Surveillance Network: 모바일 CCTV 역할 수행
- 재난 감시: 접근이 어려운 지역에서 재난 상황 점검, 구조 등
- 물류 배송 서비스
- 군사용: 적군 상태 감시, 작전 수행

Robot



로봇 제어 기반 서비스

- Tele-operation: 원격에서 로봇을 제어를 통한 수술, 탐사 기능 제공
- Smart Industrialization: 로봇 기반 산업 자동화 서비스

❖ ICT Megatrend

개념 / Use Cases

- Disaster Monitoring
 - 센서를 통한 재난 예측 및 상황 모니터링
- Public Safety/Private Security
 - 재난 상황에서 재난자/구조자에게 안정적인 네트워크 서비스 제공
 - CCTV, 센서 등을 통한 도심 안전 감시, 통합 방법 서비스 등
- Emergency Services
 - 응급 상황에 대한 대처 능력 향상 (산악/해상에서 응급 상황 발생시 원격 진료/수술 수행 등)

Public Safety

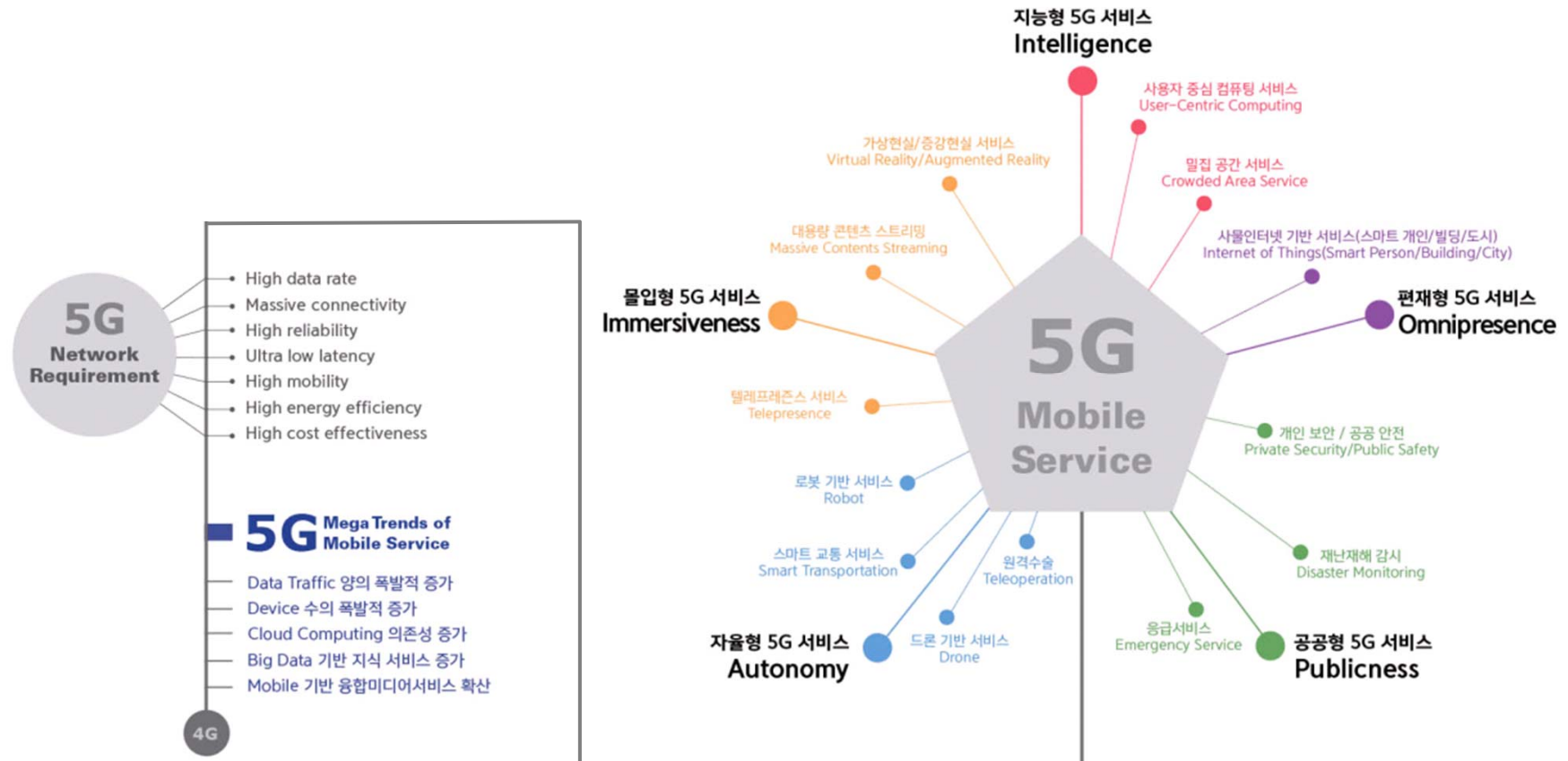


Emergency Services



03 5G 개요

❖ ICT Megatrend



IT Leader Korea

Service

- WiBro
- DMB
- Home Network
- Telematics
- RFID
- W-CDMA ,LTE
- DTV
- VoIP
- IoT

Product

Service

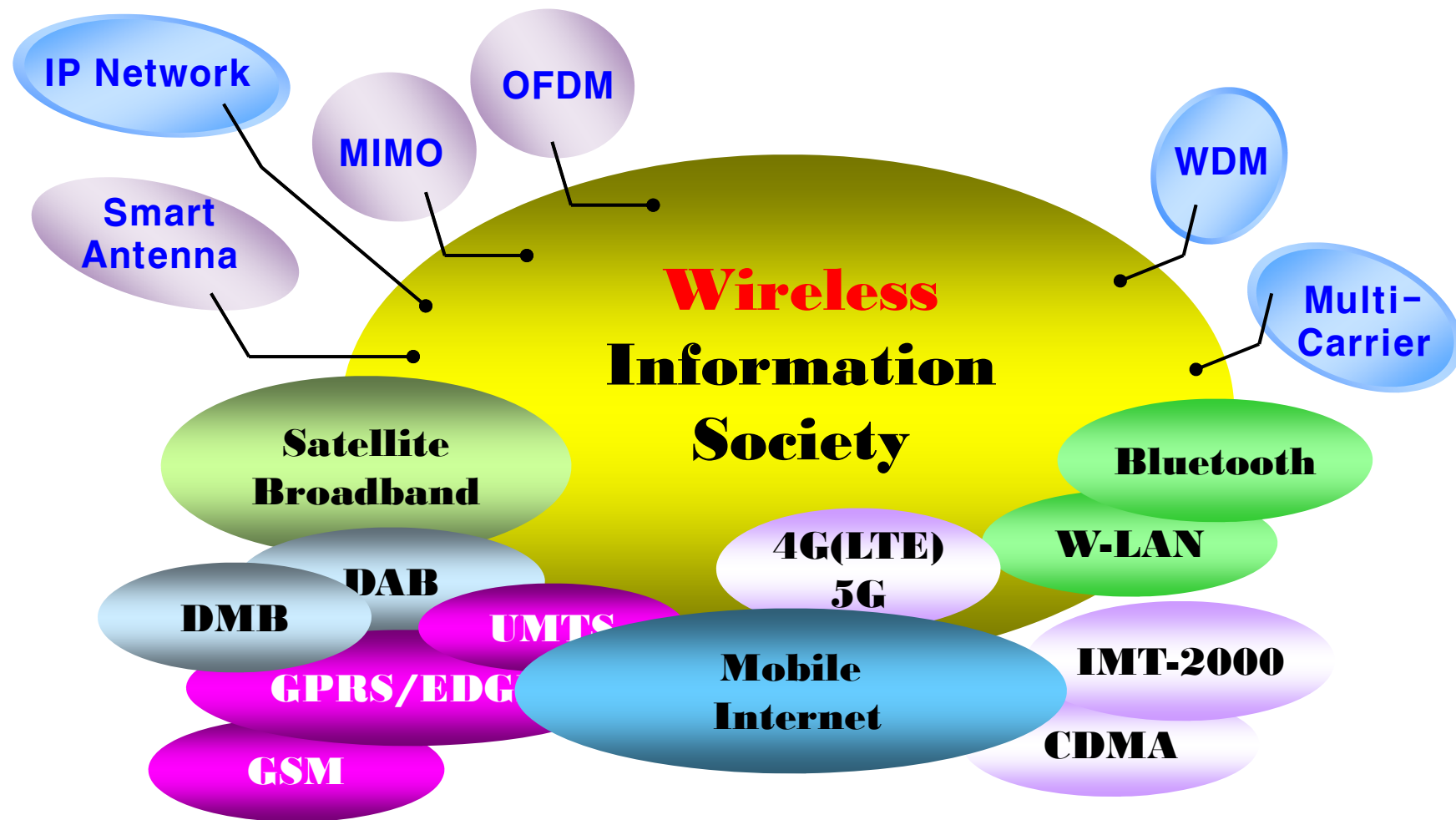
Infrastructure

- BcN (Broadband convergence Network)
- USN (Ubiquitous Sensor Network)
- IPv6 (Internet Protocol version 6)

Infrastructure

Product

- 5G Mobile Communication
- Digital TV
- Home Network
- IT SoC
- Next Generation PC
- Embedded SW
- Digital Contents and S/W Solution
- Telematics
- Ubiquitous Robotic Companion
- IoT



1.1 통신의 개념과 역사

□ 정보의 전달방식

- ◆ 소리(말, 음성)
- ◆ 모양(몸짓, 부호, 문자)

□ 정보전달 방법

- ◆ 북, 피리, 나팔, 전성관
- ◆ 파발마, 봉화, Lamp, 거울 등

□ 정보전달 전송 속도

- ◆ $3 \times 10^8 m / s$: 전기, 전자, 빛의 속도
- ◆ $340 m / sec$: 소리의 속도
- ◆ 가변적 : 말, 자동차 등

1.1 통신의 개념과 역사

□ 유.무선 통신의 역사

1800년대	1900년대	2000년대
1837. Morse 전신기 발명	1896. Marconi 무선전신기 발명 및 송수신 실험 성공	2010. 2020년 5G 상용화 예정 세계 최초 차세대 4G 모바일폰 발표(대만)
1876. Bell 전화 발명	1907. Forest 3극 진공관 발명	2008. 한국 2013년 LTE전국망 세계 첫 LTE 상용 서비스 시작(스웨덴)
1888. Hertz 전파의 존재 실증	1921. 미국 디트로이트 경찰국 순찰차 이동라디오 서비스	2006. WCDMA/Wibro 서비스 상용화
	1938. 상업 텔레비전 방송	2005. 최초의 DMB 방송 시작(한국)
	1943. 레이더 MICROWAVE 개발	1996. 세계 최초 CDMA 상용서비스 개시(한국)
	1957. 최초 위성통신	1991. 디지털 휴대전화서비스 시작
	1960. Bell 연구소 셀룰러 이동통신의 개념 개발	1983. 셀룰러 이동통신의 기술 상용화
	1965. 상업 위성통신	

1.2 신호의 표현

□ 정보(Information)

◆ 어떤 의미를 지니는 내용, Data에 실려질 의미

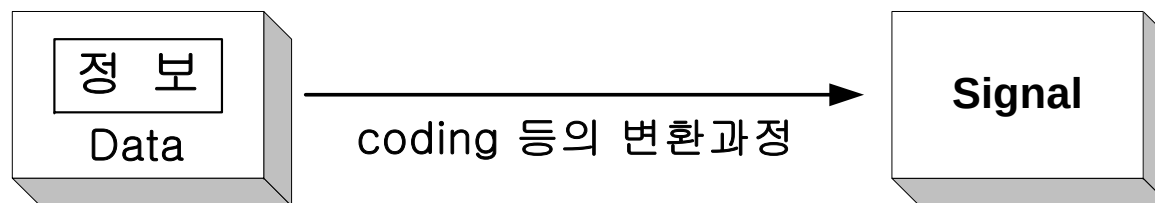
□ Data

◆ 정보가 어떠한 형식적이고 공식적으로 표현된 형태

□ Signal

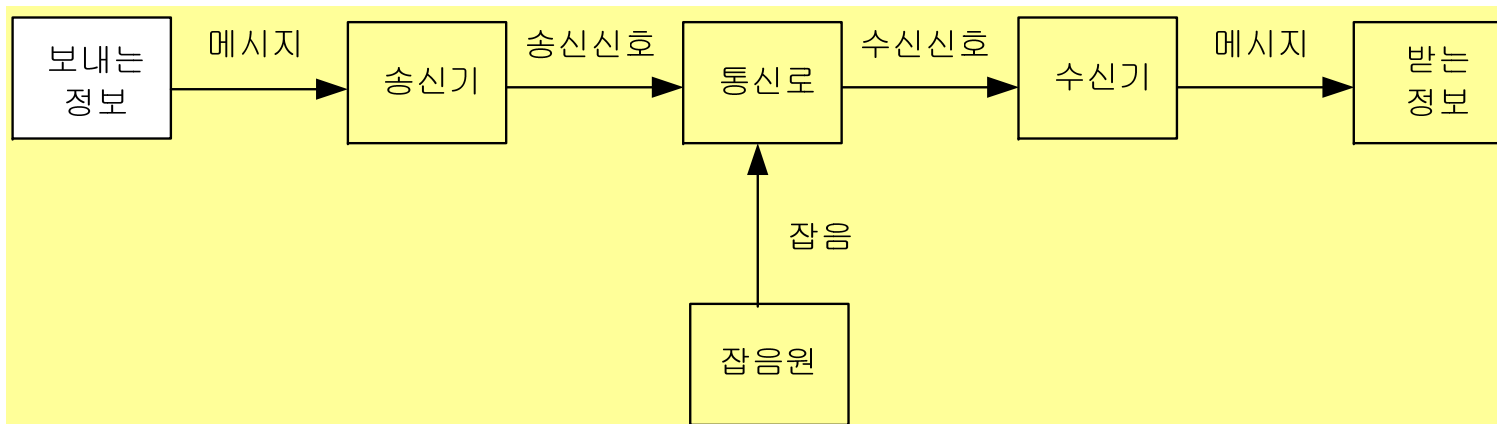
◆ 통신수단에 적합하도록 구현된 정보

(정보를 약속된 변환과정을 통해 전류나 전자기파 형태의 에너지의 흐름으로 변환시키는 것)

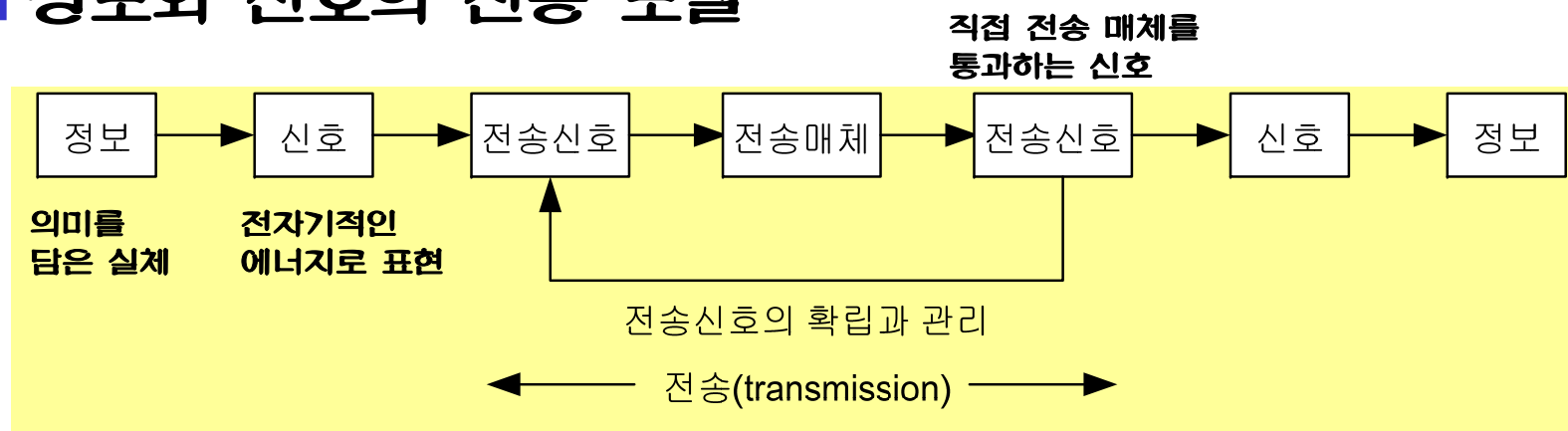


1.2 신호의 표현

□ 샤논의 통신 모델



□ 정보와 신호의 전송 모델



1.2 신호의 표현

□ Analog signal

- ◆ continuous의 의미(어원:analogous)
- ◆ 대다수의 자연현상에서 생기는 신호
- ◆ 음성, 동영상, 온도계, 압력계로부터 얻어지는 정보, 레코드음반

□ Digital signal

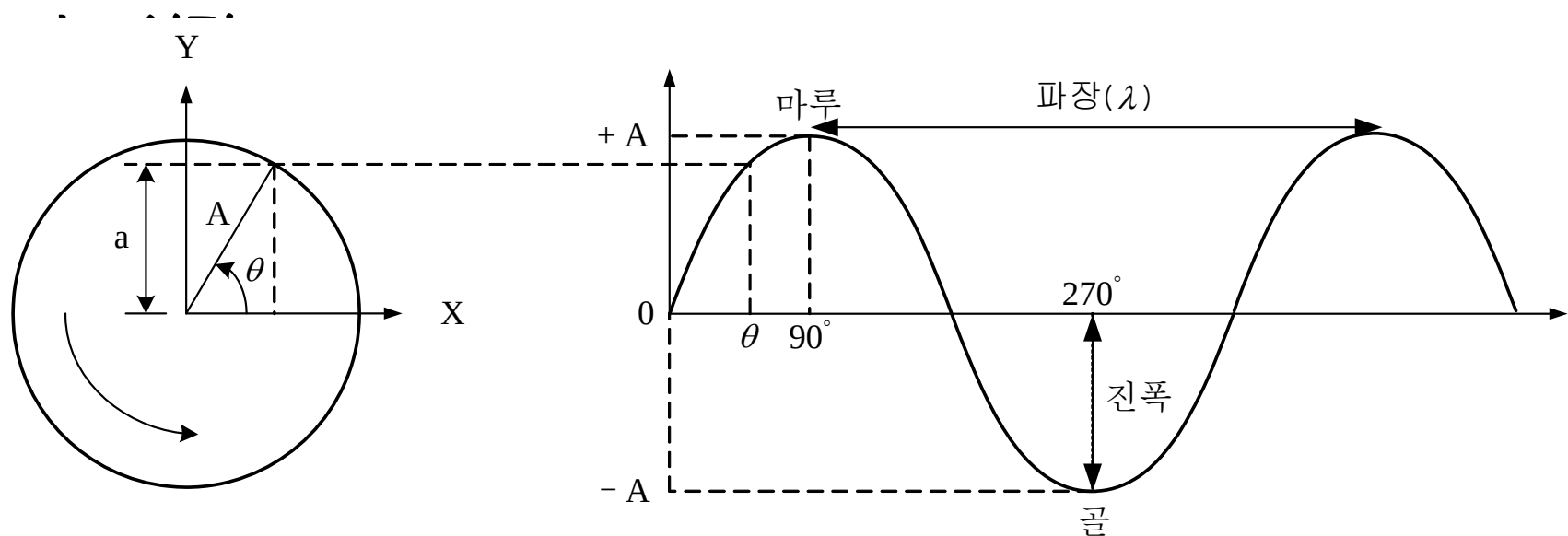
- ◆ discrete의 의미(어원:digit)
- ◆ 보다 인공적인(artificial)면을 가짐
- ◆ 문자, 정수형 변수, Compact Disk
- ◆ 단위 : bit, byte, etc....

1.2.1 아날로그 신호의 표현

□ 파동의 표현

- ◆ 마루 : 파동의 변위 중 최고점 → 골
- ◆ 파장 : 마루(골)에서 마루(골)까지의 거리
- ◆ 진폭 : 변위 0의 위치에서 마루(골)까지의 깊이
- ◆ 주기 : 한번의 진동에 소요되는 시간

즉 마루(골)에서 마루(골)까지 이르는데 소요되



1.2.1 아날로그 신호의 표현

□ 진폭(amplitude)

- ◆ 신호의 크기
- ◆ 마루(maximum amplitude) : 변화하는 위치가 가장 높은 곳
- ◆ 골(minimum amplitude) : 변화하는 위치가 가장 낮은 곳
- ◆ 진폭 단위(전기신호) : volts(전압), amperes(전류), watts(전력)

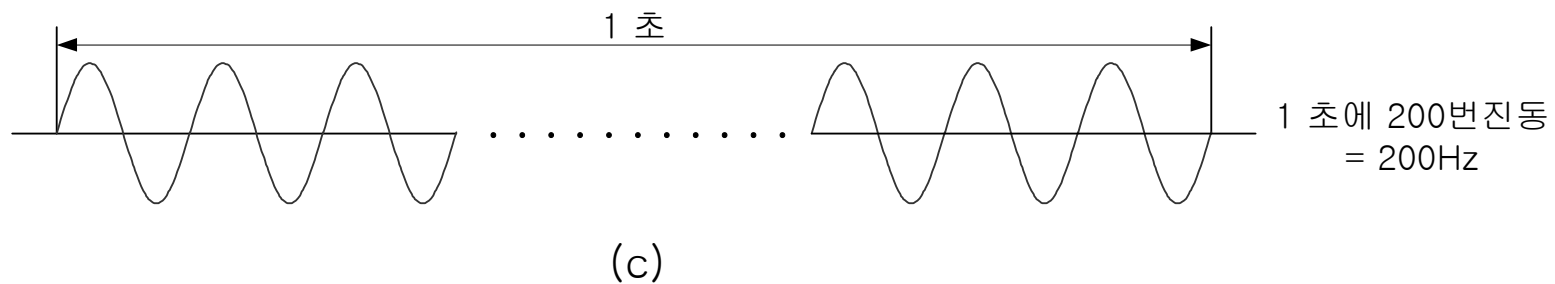
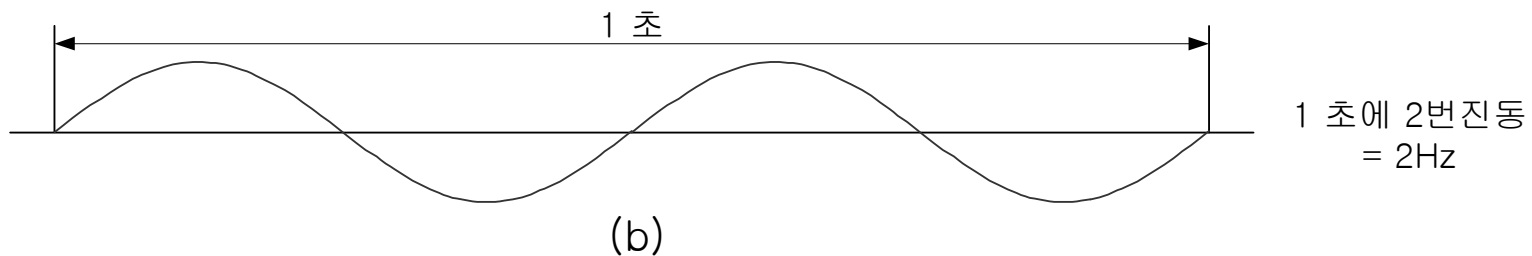
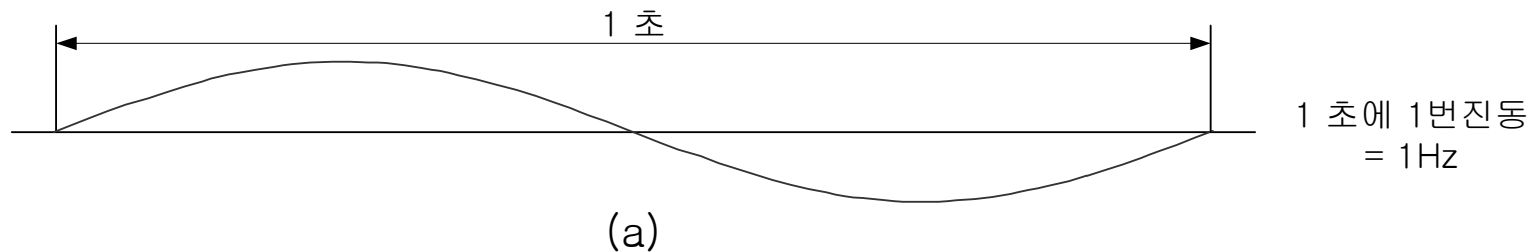
□ 주기(period)와 주파수(frequency)

- ◆ 주기 : 신호가 한 사이클을 완성하는데 걸리는 시간
- ◆ 단위 : second(s), millisecond($ms = 10^{-3}s$),
microsecond($\mu s = 10^{-6}s$), nanosecond($ns = 10^{-9}s$),
picosecond($ps = 10^{-12}s$)
- ◆ 주파수 : 1초 동안에 진동한 횟수
- ◆ 단위 : hertz(Hz), kilo-hertz($KHz = 10^3 Hz$),
mega-hertz($MHz = 10^6 Hz$), giga-hertz($GHz = 10^9 Hz$),
tera-hertz($THz = 10^{12} Hz$)

1.2.1 아날로그 신호의 표현

◆ 주파수와 주기의 표현

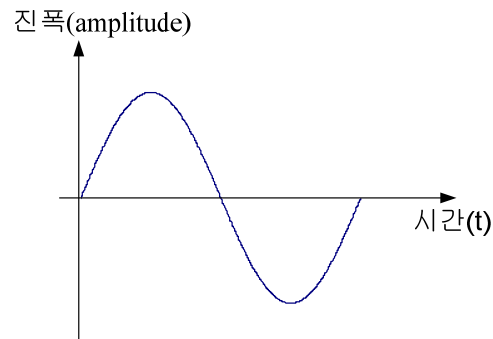
❖ 주파수 = $1/\text{주기}$, 주기 = $1/\text{주파수}$



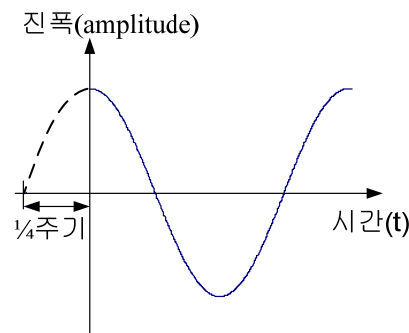
1.2.1 아날로그 신호의 표현

□ 위상(Phase)

- ◆ 시간 축이 0점에서 신호의 위치가 어느 곳인지 표현
- ◆ 단위 : 각도(degrees) 혹은 라디안(radians)

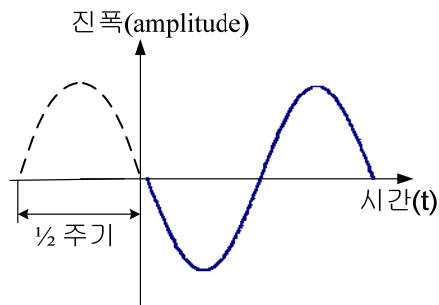


(a) 0°

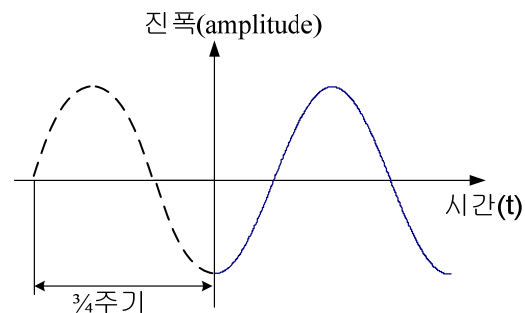


(b) 90°

$$\text{Radians} = \frac{\pi}{180} \times \text{degrees}$$



(c) 180°



(d) 270°

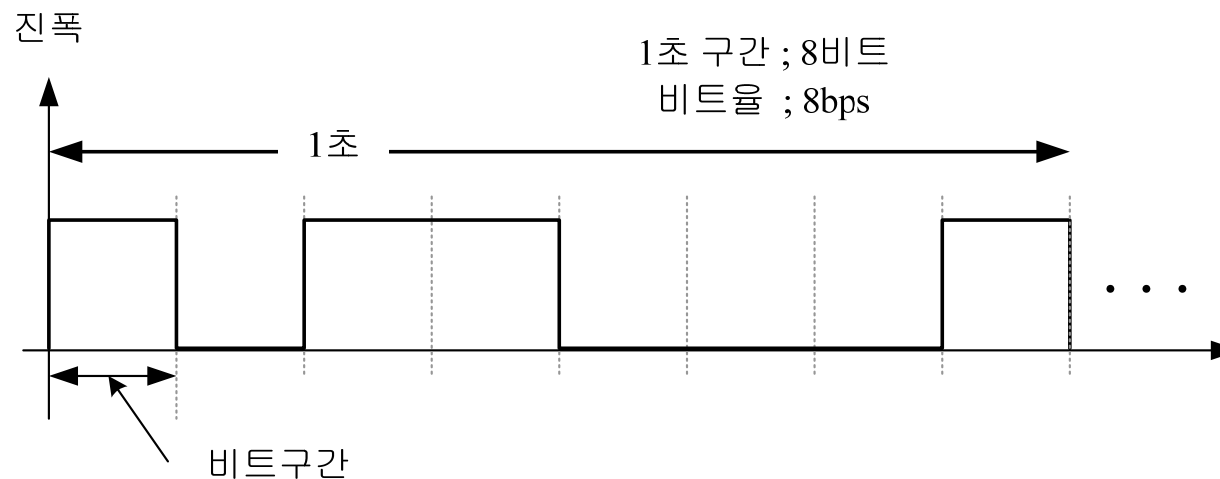
1.2.1 아날로그 신호의 표현

□ 파장(wavelength)

- ◆ 마루에서 마루까지의 거리나, 골에서 골까지의 거리
- ◆ 전송속도(propagation speed)와 신호의 주기로 표현
 - ❖ 파장 = 전송속도 × 주기
 - ❖
$$\text{파장 (m)} = \frac{\text{전파의 속도(m/s)}}{\text{주파수(1/s)}}$$
- ◆ 주파수가 높아질수록 파장이 짧아지고, 주파수가 낮아질수록 파장이 길어진다.
- ◆ 주파수는 음의 고저와 관계 - 음이 높을수록 고주파이다.
- ◆ 진폭은 음의 세기(크기)와 관련 - 큰소리일수록 고진폭이다.

1.2.2 디지털 신호의 표현

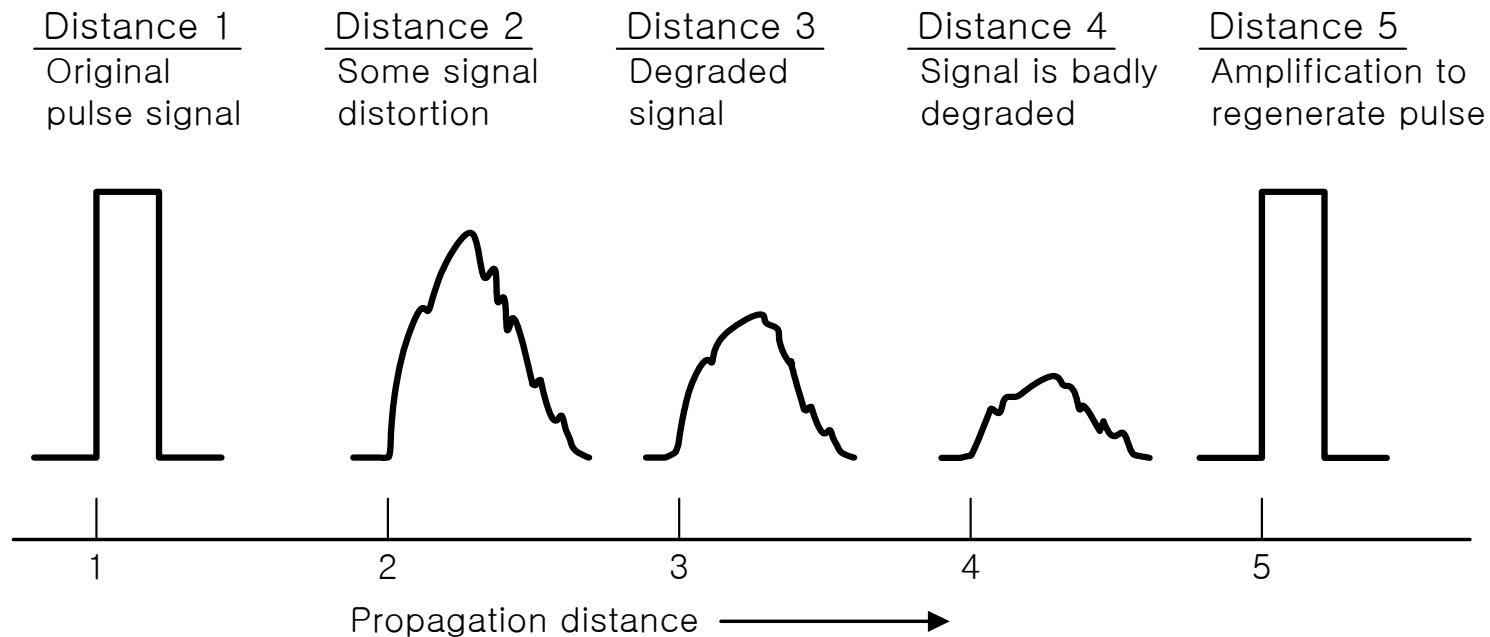
- 아날로그 신호 : 주기(period), 주파수(frequency)로 표현
- 디지털 신호 : 비트 구간(bit interval), 비트율(bit rate)로 표현
 - ◆ 비트 구간 : 하나의 비트를 보내기 위해 필요한 시간
 - ◆ 비트율 : 초당 보내어지는 비트의 숫자
 - ◆ 일반적으로 bps(bits per second)로 표현



1.2.2 디지털 신호의 표현

□ 디지털 신호의 장점

◆ 원래의 신호를 재생하는데 매우 용이하다.



◆ 신호의 왜곡이나 다른 신호로부터 받는 간섭에 대해 강하다.

◆ 아날로그 신호에 비해 높은 신호 충실도를 얻을 수 있다.

1.2.2 디지털 신호의 표현

□ 디지털 신호의 장점

- ◆ 디지털 회로가 보다 더 신뢰할 수 있고 저렴하며 하드웨어로 구현하는데 있어서 용이하다.
- ◆ Jamming에 강한 장점을 지니고 있다 .
 - ❖ jamming : 통신에 있어서 타인이 사용자의 신호에 의도적으로 들어오거나 사용자 신호에 방해하는 신호를 섞어 넣는 것
- ◆ 디지털 데이터의 처리 및 저장이 쉽다.

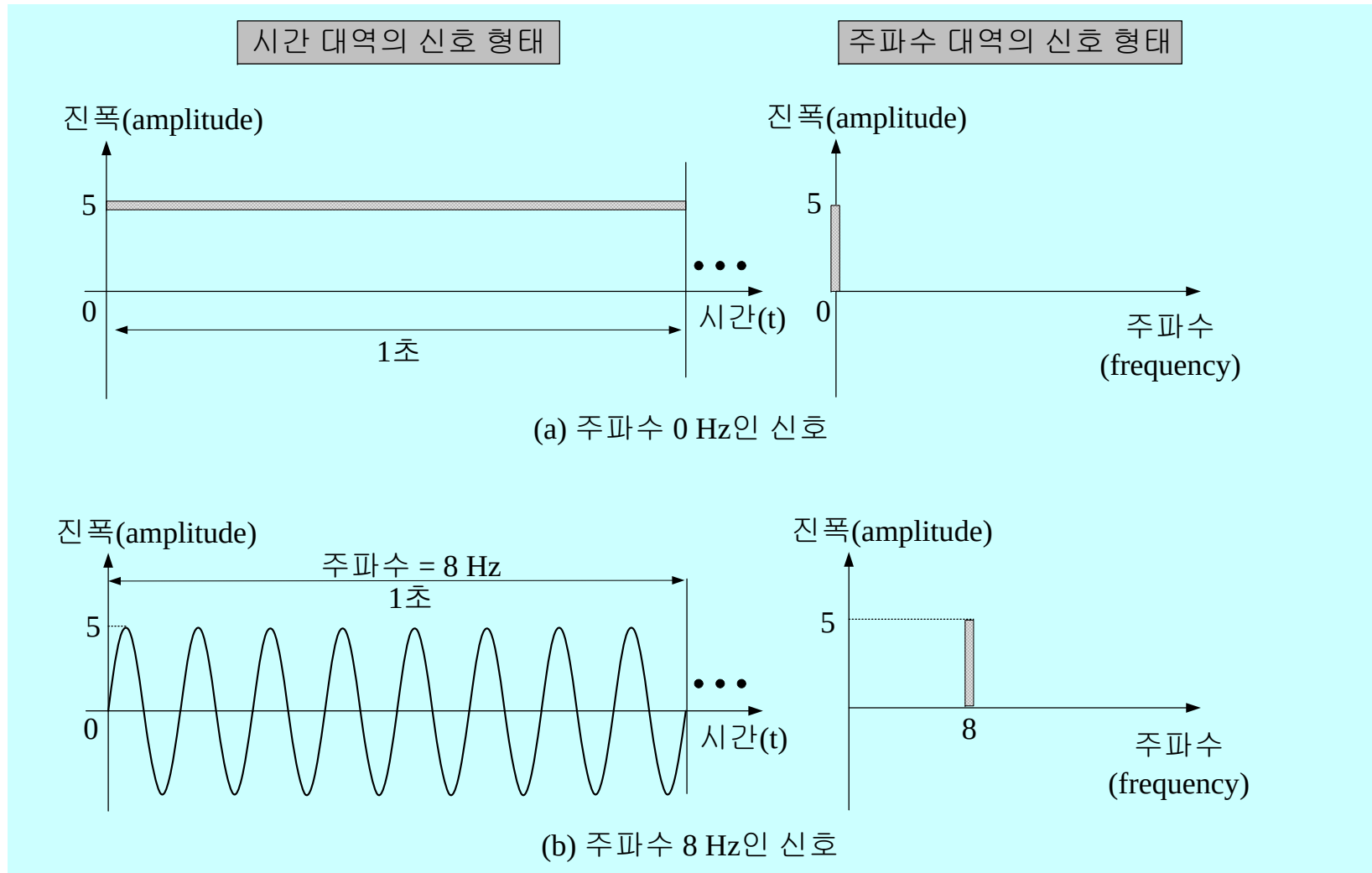
1.2.2 디지털 신호의 표현

□ 디지털 신호의 단점

- ◆ 디지털이 아날로그보다 기술적 복잡도가 더욱 크다.
- ◆ 디지털 신호를 처리하기 위해서는 부가적인 단계가 필요
ex) A/D Conversion, Sampling, etc.
- ◆ 동일한 정보를 가지는 신호에 있어서 아날로그 신호가 차지하는 대역폭보다 디지털 신호가 차지하는 대역폭이 더 크다.
- ◆ 디지털 통신의 신호 처리에는 동기화(synchronization) 과정이 꼭 필요하다.
 - ❖ 동기화 : 통신시스템에 있어 데이터의 시작점을 맞추는 과정

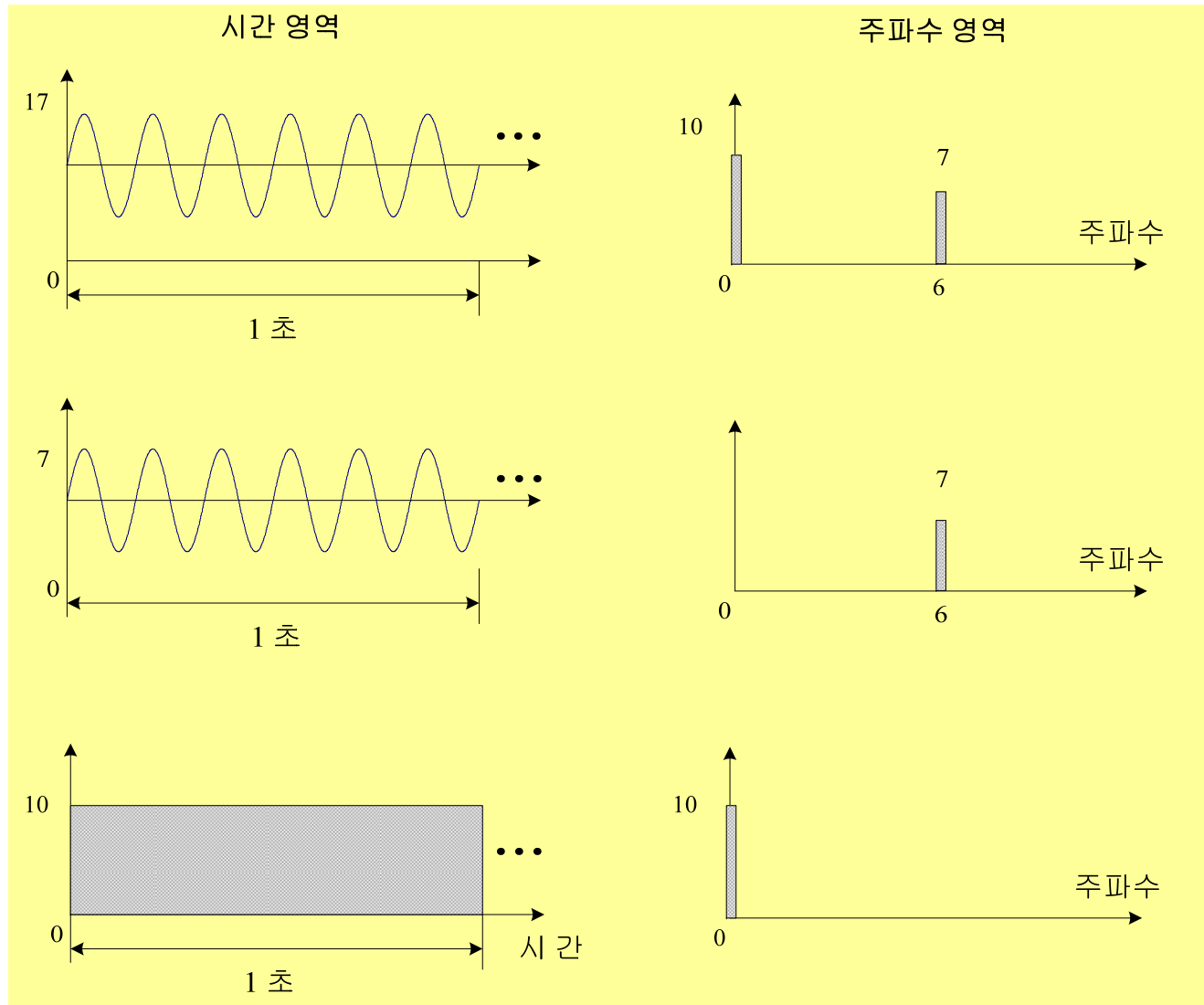
1.2.3 시간영역과 주파수영역

□ 시간 영역과 주파수 영역의 신호형태



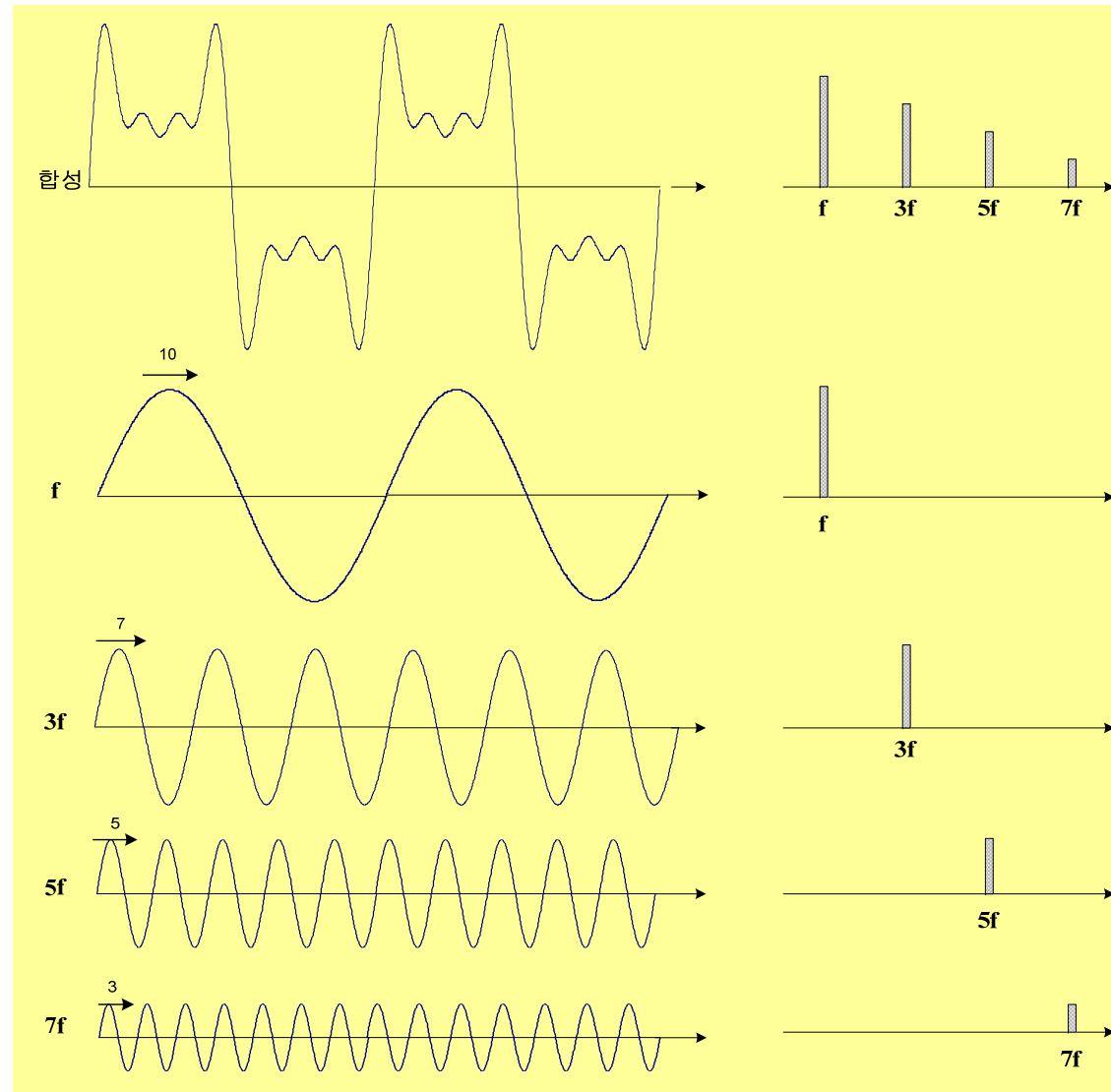
1.2.3 시간영역과 주파수영역

□ 신호의 합성



1.2.3 시간영역과 주파수영역

□ 신호의 합성



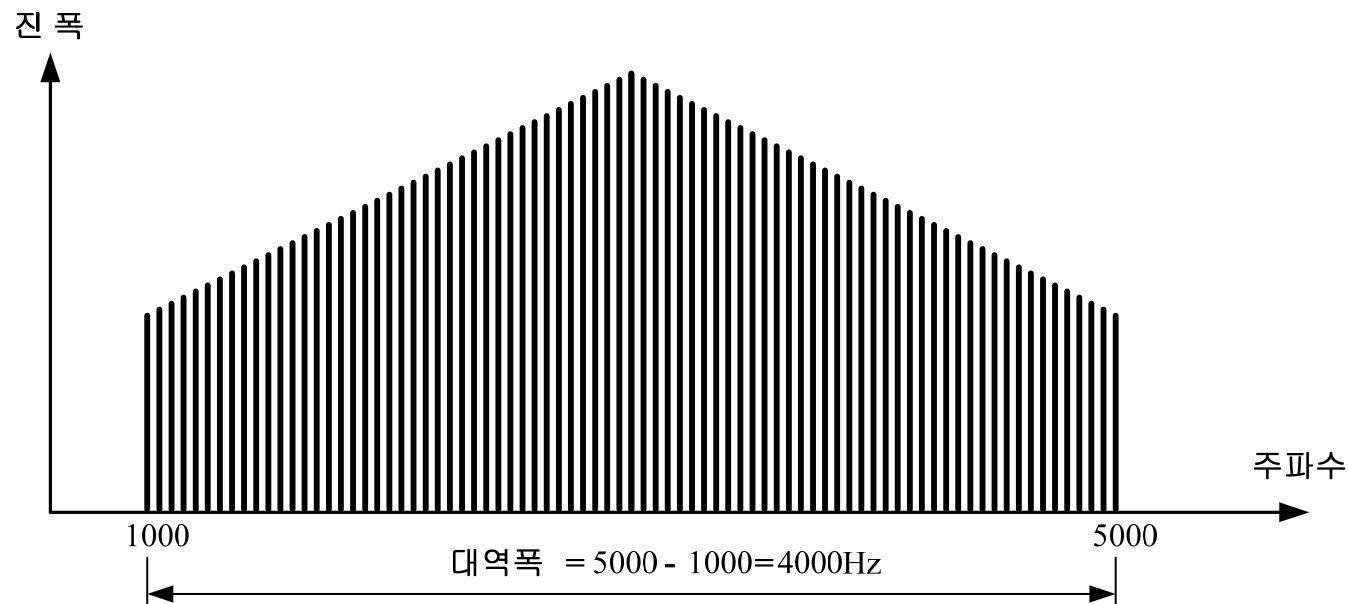
1.2.4 주파수 스펙트럼과 대역폭

□ 주파수 스펙트럼(spectrum)

◆ 주파수 영역(domain)에서 신호를 구성하는 주파수 성분

□ 신호의 대역폭(bandwidth) : 주파수 스펙트럼의 폭

◆ 대역폭 = 최고 주파수와 최저 주파수의 차로 표현



1.2.4 주파수 스펙트럼과 대역폭

□ 통신시스템의 주파수 영역

- ◆ AM Radio 방송 ; 530 - 1700 KHz
- ◆ FM radio 방송 ; 88 - 108MHz
- ◆ 셀룰러 이동통신 ; 824 - 894 MHz
 - ❖ 기지국:869-894 MHz / 이동국:824-849 MHz
- ◆ PCS 이동통신 ; 1850 - 1990 MHz (LTE 사용)
 - ❖ 기지국:1850-1910 MHz / 이동국:1930-1990 MHz
- ◆ IMT-2000 ; 1885~2025 MHz, 2110~2200 MHz



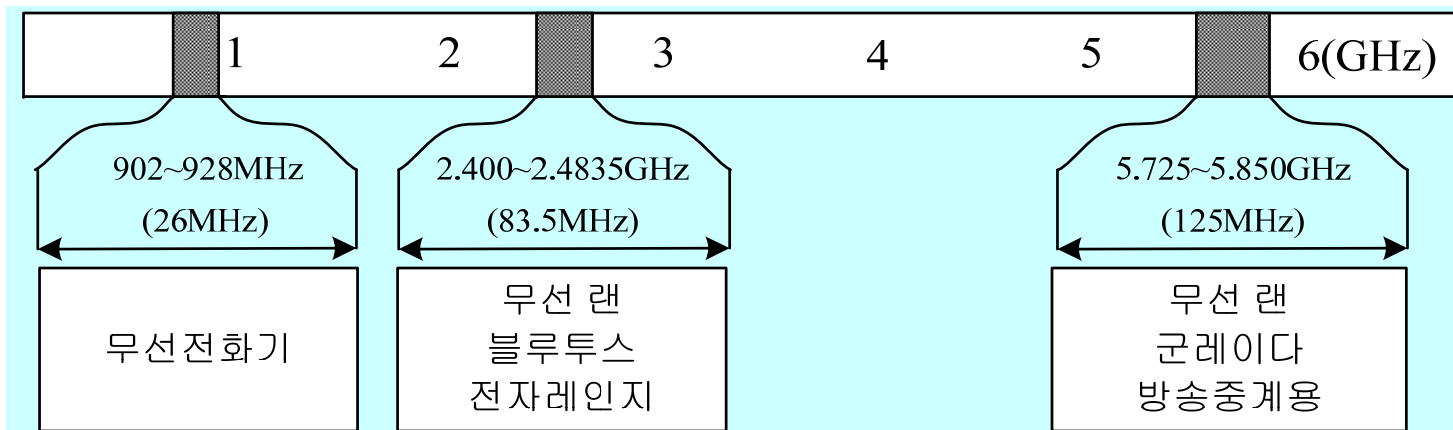
1.2.4 주파수 스펙트럼과 대역폭

□ 국내 TV Channel 대역 및 주파수 대역폭

대역	VHF					UHF	S-Band	
용도	TV			TV	FM	지상파 DMB	TV (CH 14~60)	위성DMB
	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6			
	↔ 6MHz							
주파수	54~72 MHz			76~88 MHz	88~108 MHz	174~216 MHz	470~740 MHz	2630~2655 MHz

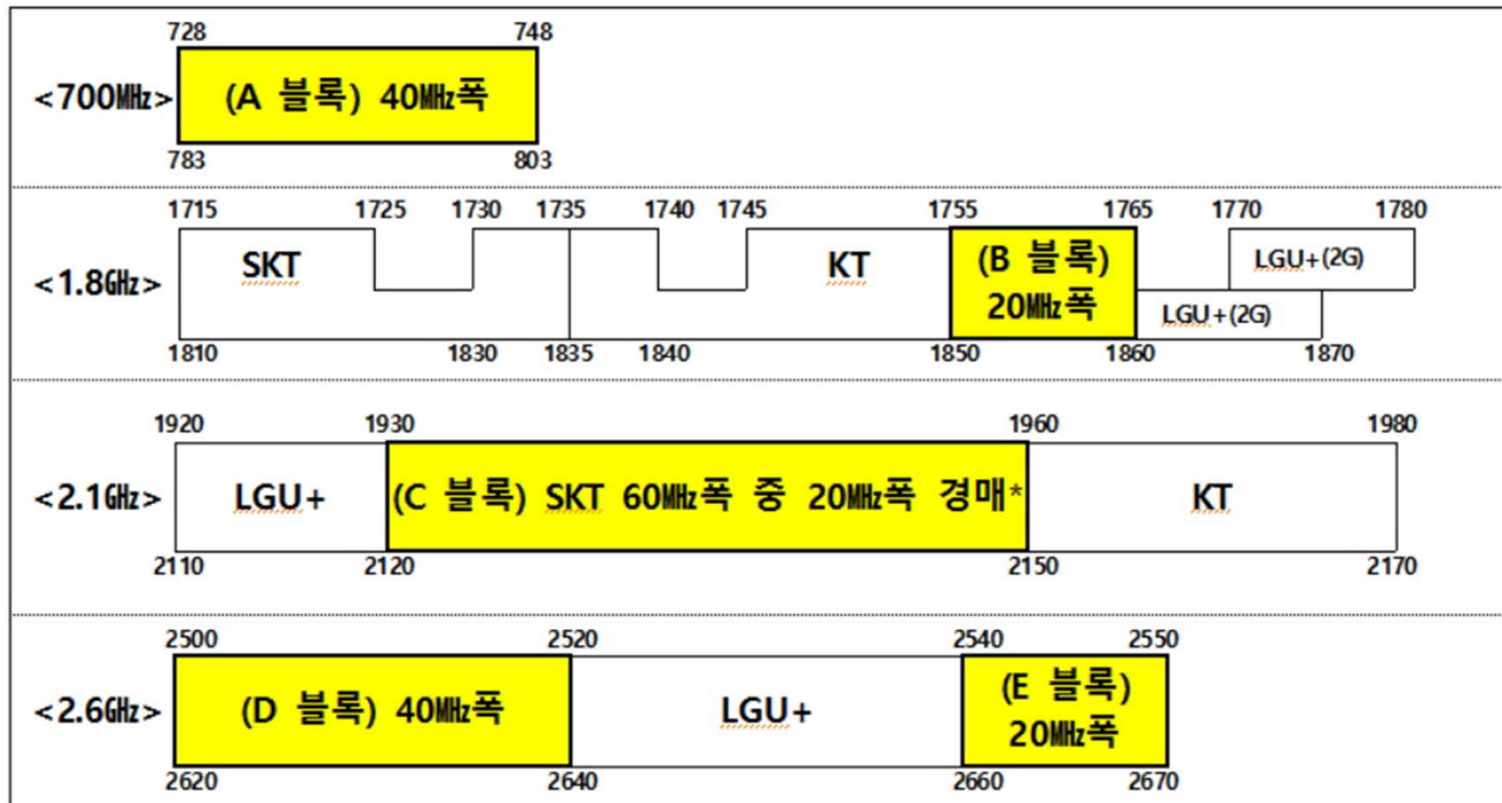
□ ISM (Industrial Scientific and Medical) Band

◆ 산업용, 과학용, 의학용으로 이용되는 주파수로 제한이 없다.



4세대 주파수 경매

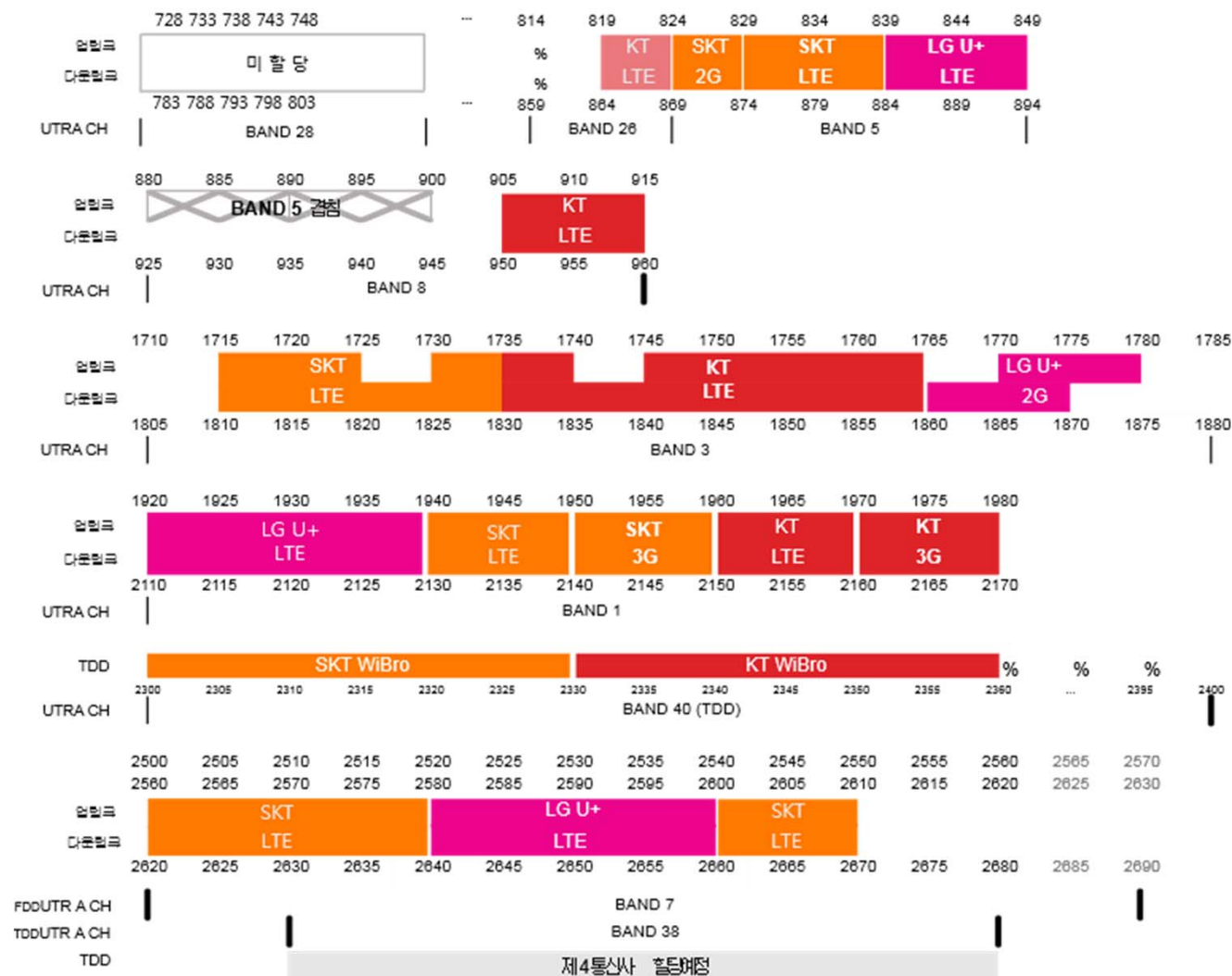
< 경매 대상 주파수 >



LTE주파수 총 2조 4천억 낙찰가

통신사별 주파수 할당표(2016년 12월)

본 도표의 발간을 제작자 김남준(namjun0101@naver.com)에 의해 발행권 도메인으로 보호되고 있습니다. 2016년 12월 수정판 800ms



※ 2.3GHz TDD Band 40 대역, 2327~2331.5MHz 와 2358.5~2363MHz는 통신 간섭을 막기 위한 가드 밴드 구역으로 설정이 되어 있으나, 관례적으로 반출입해 생략하는 경우가 많습니다.

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ 신호강도측정의 단위(dB)

◆ 비교되는 두 신호간의 상대적인 크기

◆ Decibel: $1dB = 10 \times \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$

❖ P : 신호의 에너지(강도)

◆ 대수에 비례하는 사람의 청각 반응을 표현

ex) 실제 10000배 커진 소리

→ 청각적으로는 40배 커진 소리로 인식

□ dB사용의 용이점

◆ 간단한 연산(대수함수의 성질 이용)

◆ 시스템의 특성 파악 용이(+, -로 표현)

1.2.5 신호의 강도(dB)

120 dB	고통스러운 수준	
110 dB	제트기 엔진소리	
100 dB	록 음악, 공사장 소음	
90 dB	시끄러운 교통상황, 지하철	
80 dB	정상적인 교통상황	
70 dB	꽤 시끄러운 사무실, 소리치는 대화	
60 dB	정상적인 대화(회의실)	
50 dB	조용한 교실	
40 dB	바닷가 파도소리	
30 dB	조용한대화	
20 dB	낙엽이 바람에 날리는 소리	
10 dB	속삭임	
0 dB	사람이 들을 수 있는 소리	

사람이 인지할 수 있는
소리들의 상대적인 크기

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ 신호의 상대적인 크기

◆ 신호 P_0 에 대한 신호 P_1 의 크기를 표기

$$❖ \text{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_0}$$

$$❖ \text{dB(for volts)} = 20 \log \frac{V_1}{V_0}$$

◆ 예시 1 $f(t) = 0.1\text{v} \longrightarrow \boxed{h(t)} \longrightarrow g(t) = 5\text{v}$

$$❖ 20 \log \frac{5}{0.1} = 34 \text{ dB}$$

◆ 예시 2 $f(t) = 5\text{v} \longrightarrow \boxed{h(t)} \longrightarrow g(t) = 0.1\text{v}$

$$❖ 20 \log \frac{0.1}{5} = -34 \text{ dB}$$

1.2.5 신호의 강도(dB)

- 신호의 dB값이 증폭 등으로 늘어날 경우
→ 양수(positive) 값으로 표현 : 이득
- 신호의 dB값이 감쇄 등으로 줄어듦 경우
→ 음수(negative) 값으로 표현 : 손실
- 두 신호의 값이 같은 크기를 가지고 있을 경우
→ 0 dB로 표현

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ 전력 값이 두 배가 되면

$$\diamond \text{ dB} = 10 \log \left(2 \times \frac{P_0}{P_0} \right) = 10 \log 2 = 3.01 \text{ dB}$$

◆ 3dB : 전력값이 2배

◆ -3dB : 전력값이 1/2(0.5)배

$$\frac{V_1^2}{V_0^2} = 2 \quad \frac{V_1}{V_0} = 1.414$$

$$\frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{1}{2} \quad \frac{V_1}{V_0} = 0.707$$

◆ 6dB : 전압값이 2배

◆ -6dB : 전압값이 1/2(0.5)배

◆ 예시) 3V 신호에 대해 전력이 1/2배이면 전압은 2.12V

전력이 2배이면 전압은 4.242V

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ dB 값으로부터 그 신호의 실제 값을 찾아 활용

◆ 전력의 경우

$$P_1 = P_0 \times 10^{\text{dB value} / 10} \quad P_0 = \frac{P_1}{10^{\text{dB value} / 10}}$$

◆ 전압의 경우

$$V_1 = V_0 \times 10^{\text{dB value} / 20} \quad V_0 = \frac{V_1}{10^{\text{dB value} / 20}}$$

❖ 예제 2) 신호가 13dB증폭이 되어 1.2W를 나타 내었다.
원래의 신호 값은 얼마인가?

❖ 예제 3) 0.2W 신호가 회로를 통과한 후 22dB의 이득을
가졌다면 최종 전력 값은 얼마인가?

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ 낮은 신호 레벨

◆ dBm 단위로 1mW에 대한 신호의 크기 표현

□ 높은 신호 레벨

◆ dBW 단위로 1W에 대한 신호의 크기 표현

□ 전압 : 1V에 대한 값으로 dBV가 사용

□ 신호의 절대 강도

◆ 신호의 절대적인 강도 측정

◆ 와트(Watt) 혹은 밀리와트(milliWatt)에 대한 dB로 표현

$$(a) \text{ dBm} = 10 \times \log \frac{\text{Power}}{1\text{mW}} \quad (b) \text{ dBW} = 10 \times \log \frac{\text{Power}}{1\text{W}}$$

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ 전력값의 dBm 변환표

Power in Watts	Power in dBm
0.1mW	-10dBm
1mW	0dBm
1watt	30dBm
1000watts	60dBm

□ dB사용의 예

◆ $1\text{mW} = 0\text{dBm} = -30\text{dBW}$, $1\text{W} = 0\text{dBW} = 30\text{dBm}$

❖ $(A \text{ dB}) \pm (B \text{ dB}) = (A \pm B) \text{ dB}$

❖ $(A \text{ dBm}) \pm (B \text{ dB}) = (A \pm B) \text{ dBm}$

❖ $(A \text{ dBm}) - (B \text{ dBm}) = (A - B) \text{ dB}$

1.2.5 신호의 강도(dB)

- 예제 4) 신호A가 40dBm, 신호B가 2dBW일때 신호B에 대한 신호 A의 강도는?
- 예제 5) 200mW를 dBm을 나타내면?
- 예제 6) 오디오 앰프의 출력이 7 dBW이면 그 전력값은?
- 예제 7) 신호 값이 8.2V 를 dBV로 나타내시오.

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ dB 단위 : 두 신호의 전력, 전압의 비를 빠르게 산출

□ 전력의 경우

◆ 10dB : 10배 증가 3dB : 2배 증가

-10dB : 1/10배 감소 -3dB : 1/2배 감소

❖ ex1) 13dB(10+3)의 이득

10dB(10배)와 3dB(2배), 즉 20배의 전력비를 나타낸다.

❖ ex2) 36dB(10+10+10+3+3)의 이득

10, 10, 10, 2, 2로 총 4000배의 전력 비

❖ ex3) 7dB(10-3)의 이득

10 과 (1/2)의 곱으로 5배의 전력비를 나타낸다.

1.2.5 신호의 강도(dB)

□ 전압의 경우

- ◆ 20dB : 10배 증가 6dB : 2배 증가
- 20dB : 1/10배 감소 -6dB : 1/2배 감소

❖ 46dB(20+20+6)

→ 이득 10배, 10배, 2배로 200배의 전압비

❖ 34dB(20+20-6)의 전압 이득

→ 10배, 10배, (1/2)배로 50의 전압 이득을 나타낸다.

1.3 정보의 표현과 전송

□ 정보 : 불확실성(uncertainty)의 개념

□ 정보량 : 어떠한 사건이 일어날 수 있는 확률의 역수

◆ 각 정보(X_j)가 발생할 확률이 $p(X_j) = p_j$ 일 때
자기정보량

$$I(X_j) = \log_2(1/p_j) = -\log_2 p_j \text{ bits}$$

◆ 평균자기정보량(Average self-information)

$$H(X) = E[I(X_j)] = \sum_{j=1}^N p_j \log_2(1/p_j) = -\sum_{j=1}^N p_j \log_2 p_j$$

◆ 엔트로피(Entropy) : 정보의 평균량

$$H = \sum_{j=1}^N p_j \log_2(1/p_j) = -\sum_{j=1}^N p_j \log_2 p_j$$

1.3.1 정보와 정보량

◆ 엔트로피

$$H = -(p \log_2 p + q \log_2 q)$$

❖ 26자로 구성되는 알파벳의 엔트로피는?

$$H = -\sum_{j=1}^{26} \frac{1}{26} \log_2 \left(\frac{1}{26} \right) = 4.7 \text{bits/character}$$

❖ 어느 영자신문에서 알파벳의 숫자를 조사하였더니 모두 같은 확률로 발생되지 않고 알파벳마다 차지하는 비율이 다르다고 한다. a, e, o, t는 0.1의 확률로 나타나고, h, i, n, r, s는 0.07, c, d, f, l, m p, u, y는 0.02, b, g, j, k, q v, w, x, z는 0.01의 확률로 나타난다고 한다. 이 경우 알파벳중 한 문자가 쓰여졌을 때 얻어지는 엔트로피는 얼마나 되는가?

1.3.1 정보와 정보량

◆ 8bit Gray scale 흑백 정지 영상의 정보량

❖ 해답) $512 \times 512 \times 8\text{bit} = 2 \times 10^6 = 2\text{Mbits}$

◆ color 정지 영상의 정보량

❖ 해답) $512 \times 512 \times 8\text{bit} \times 3 = 6 \times 10^6 = 6\text{Mbits}$

◆ HD TV의 정보량

❖ 해답) $1408 \times 960 \times 8 \times 3 \times 30 = 973,209,600\text{bits}$

◆ 해상도가 200dpi인 A4용지의 정보량

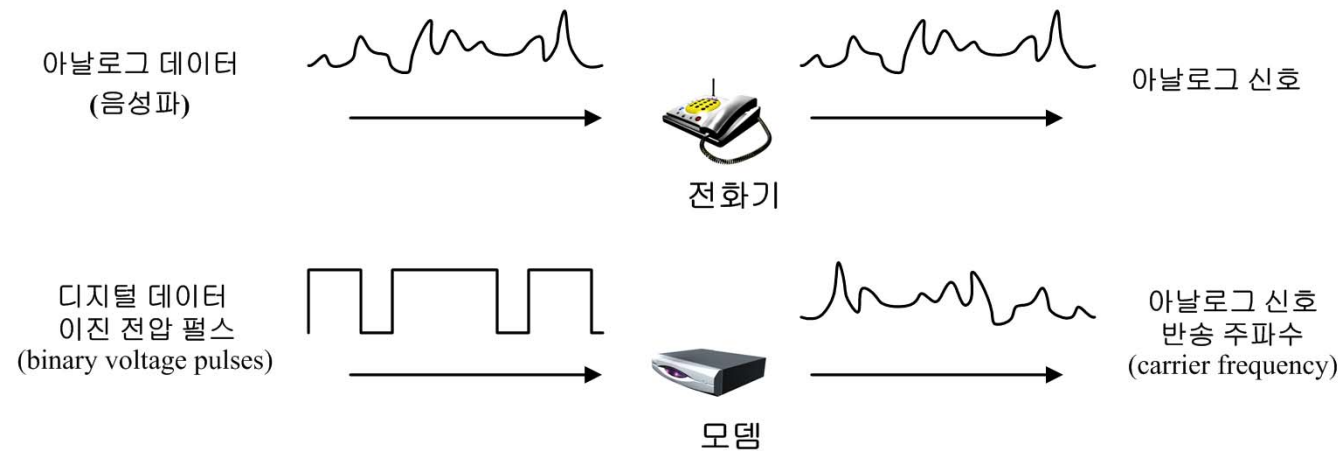
❖ 해답) $8.5\text{inch} \times 200 \times 11\text{inch} \times 200 = 3,740,000\text{bits}$

◆ 한글과 한문으로 이루어진 신문(40만자)의 정보량

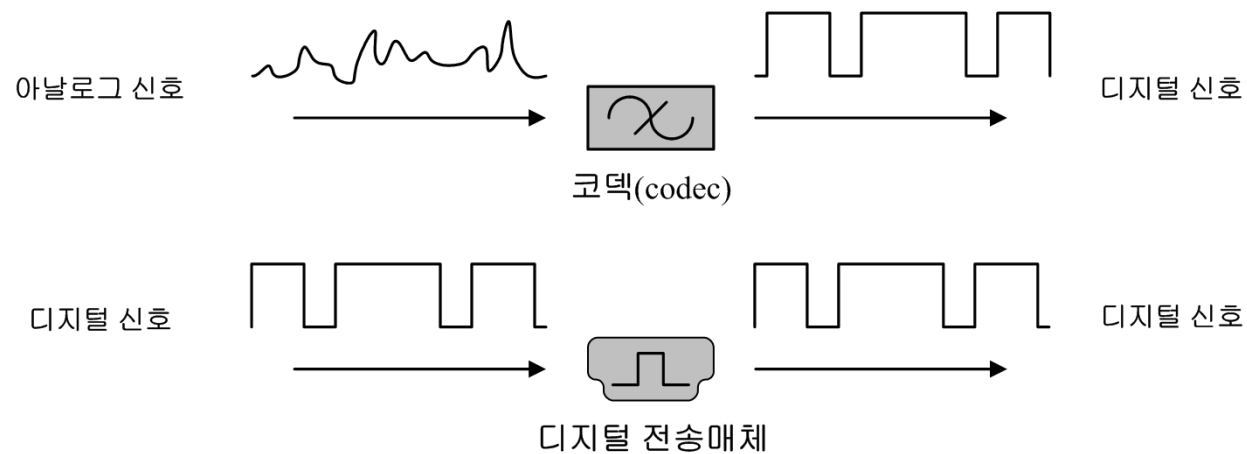
❖ 해답) $2\text{byte} \times 400,000 = 800\text{Kbyte}$

1.3.2 신호의 전송

아날로그 신호 : 연속적으로 변화하는 전자파를 나타낸 데이터



디지털 신호 : 전압 펄스의 순서를 나타낸 데이터



1.3.3 정보전송매체

□ 유선 매체

- ◆ 송신 신호가 물리적인 경로를 따라 수신기로 전달
- ◆ 사용되는 매체에 따라 전송률, 대역폭 등의 특성이 결정
- ◆ 초기 매체 설치 비용이 많이 든다.
- ◆ 매우 안정된 신호 전송이 가능

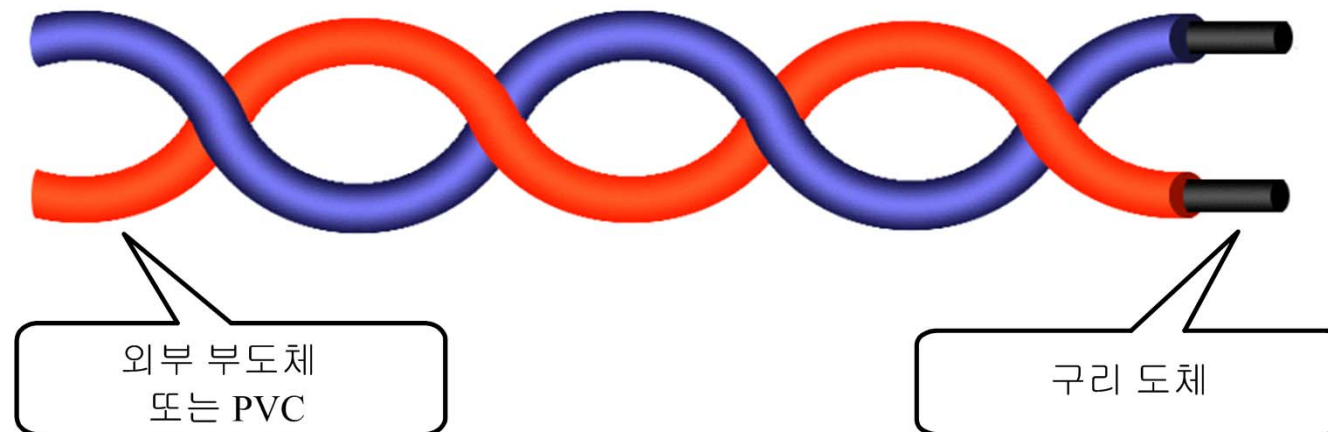
➡ 통신 시스템의 기본 송수신 인프라로 많이 구축

	최대전송률	대역폭	리피터간격
이중나선	622Mbps	250Mhz	2 ~ 6km
동축케이블	800Mbps	400Mhz	1 ~ 2km
광섬유	10Gbps/800Gbps	40Thz	80km

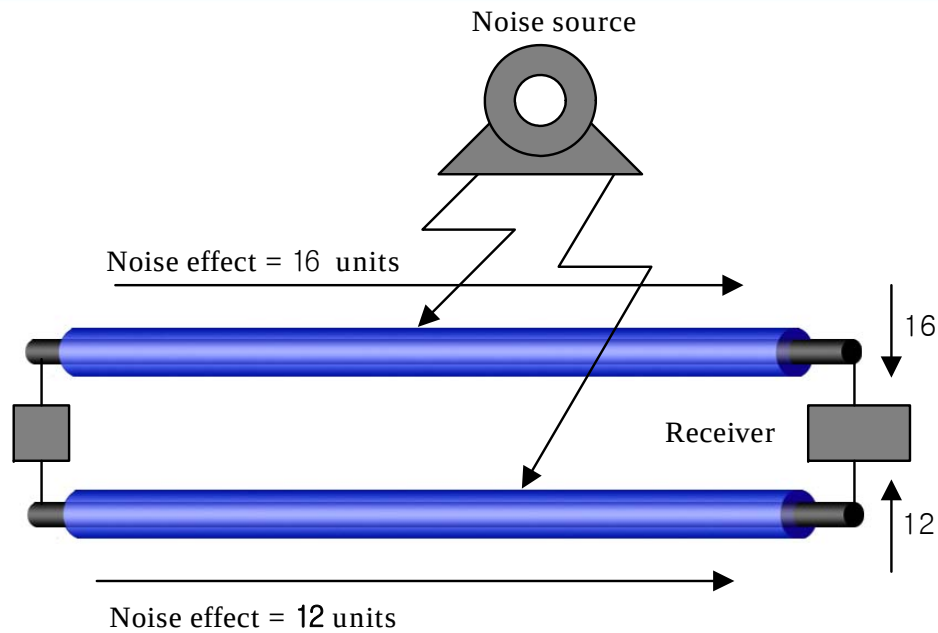
1.3.3 정보전송매체

◆ 이중 나선 (twisted pair)

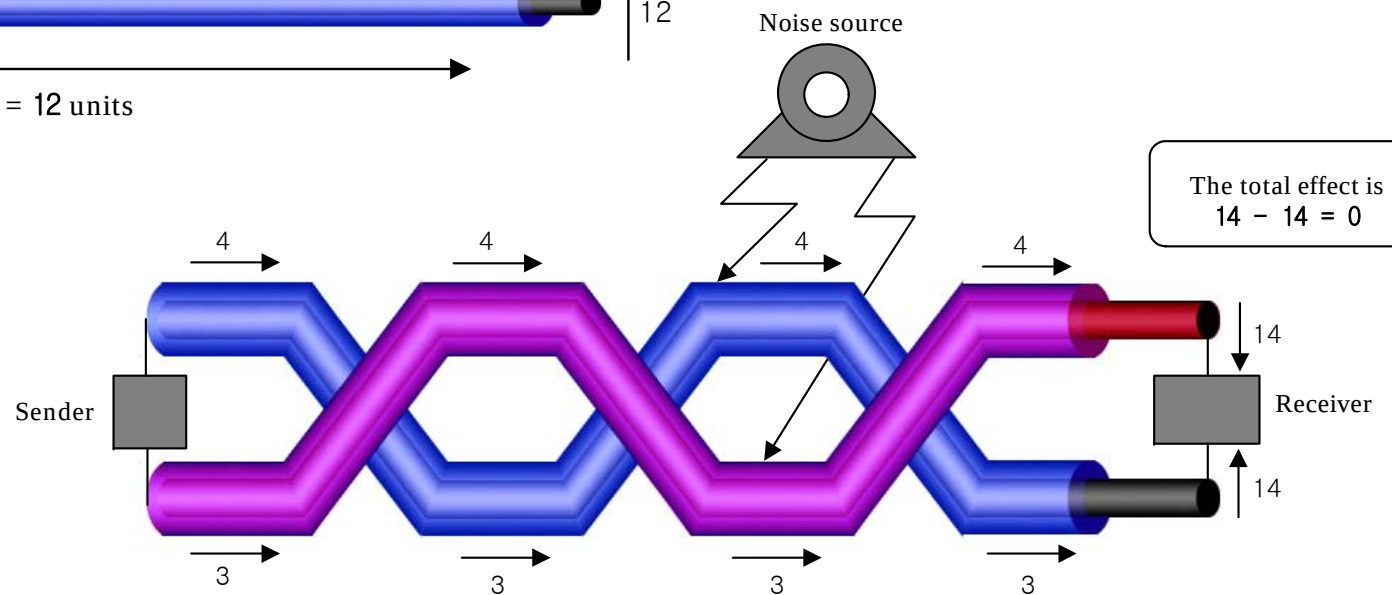
- ❖ 다른 유선 매체에 비해 가격이 저렴
- ❖ 유동성 및 처리의 용이성 때문에 통신 매체로 가장 많이 사용
- ❖ 두 개의 도체인 구리가 서로 꼬여 절연체내에 있는 구조



1.3.3 정보전송매체



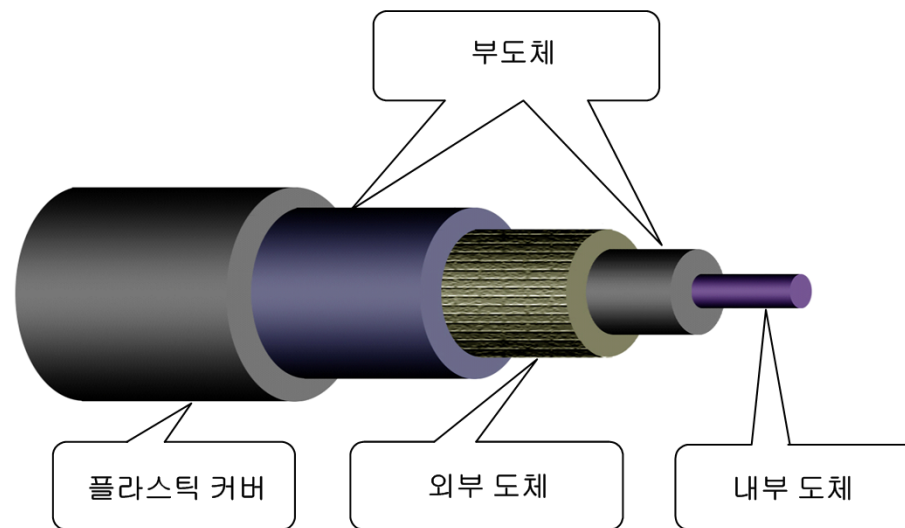
간섭원의 영향



1.3.3 정보전송매체

◆ 동축 케이블(coaxial cable)

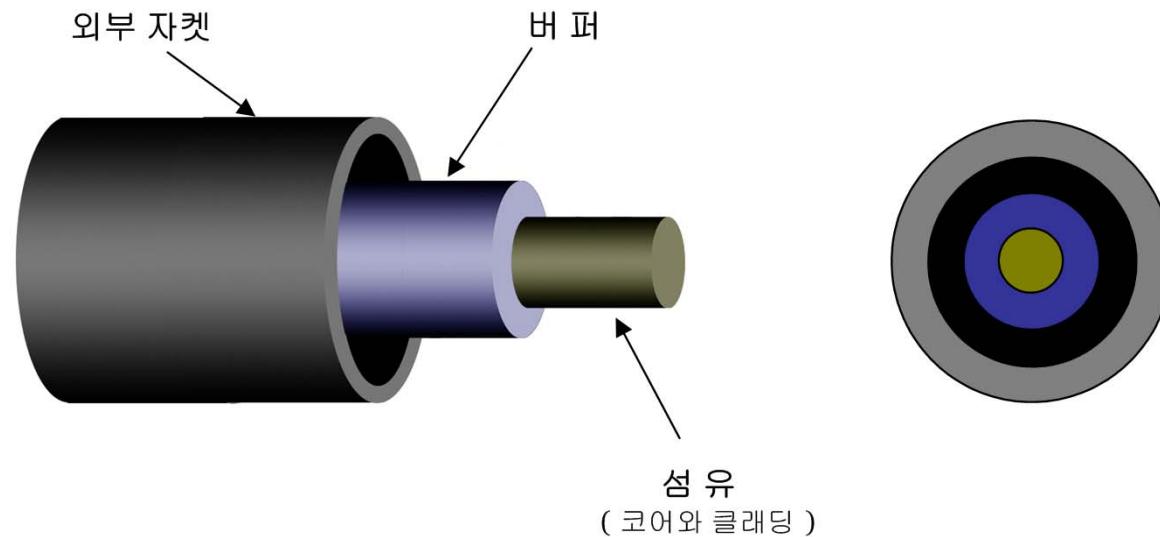
- ❖ 안쪽과 바깥쪽에 두 개의 전도체로 구성
- ❖ 실린더형의 바깥쪽 도선이 절연체를 사이에 두고 중심부에 있는 안쪽 도선을 감싼 형태로 구성



1.3.3 정보전송매체

◆ 광 섬유(fiber optics)

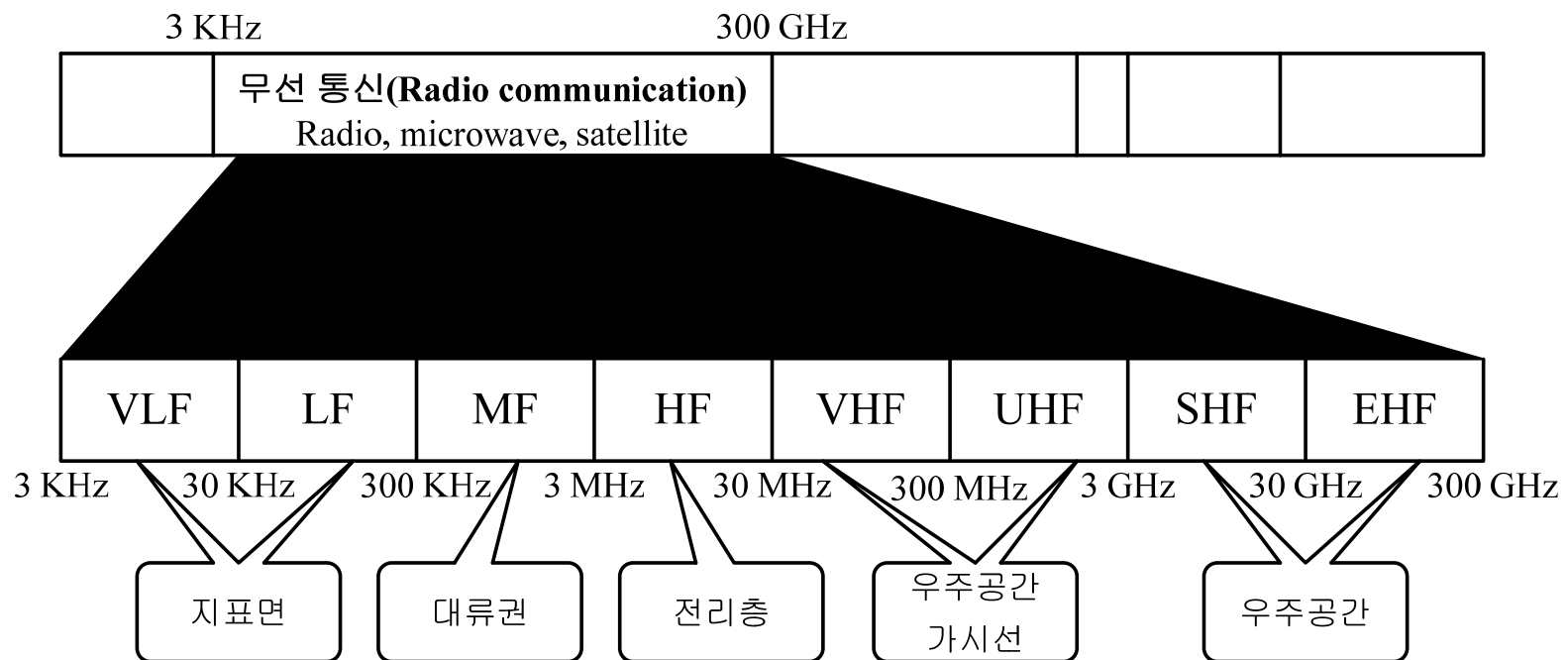
- ❖ 유리나 플라스틱으로 만들어져 빛의 형태로 신호를 전송
- ❖ 가늘고 유연한 광 섬유는 빛을 전달하는 코어와 이를 감싸는 굴절율이 다른 유리나 플라스틱으로 된 클래딩으로 구성
- ❖ 광섬유는 습기를 차단하기 위해 버퍼로 감싸져 있고, 외부는 절연체로 다시 감싸게 된다.



1.3.3 정보전송매체

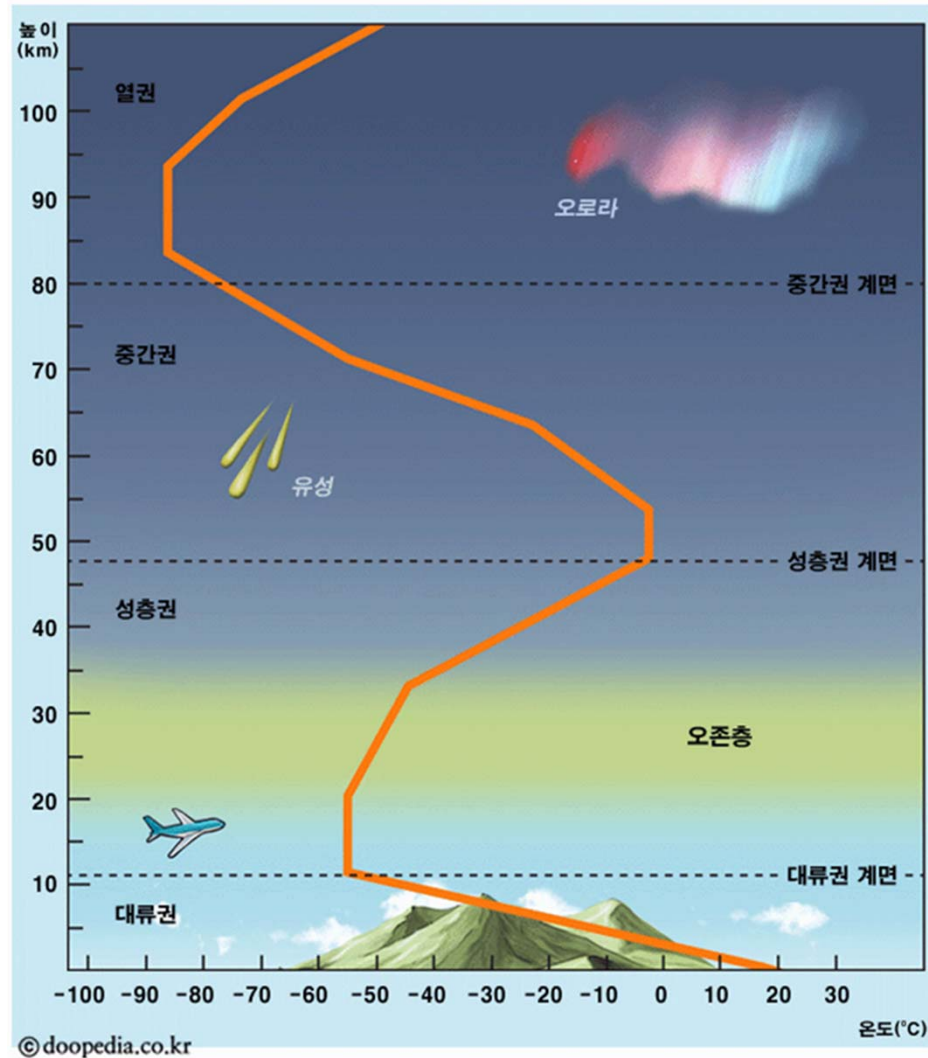
□ 무선매체 - 무선 대역에서 통신을 위한 전자기적 스펙트럼

VLF	Very low frequency	VHF	Very high frequency
LF	Low frequency	UHF	Ultra high frequency
MF	Middle frequency	SHF	Super high frequency
HF	High frequency	EHF	Extremely high frequency

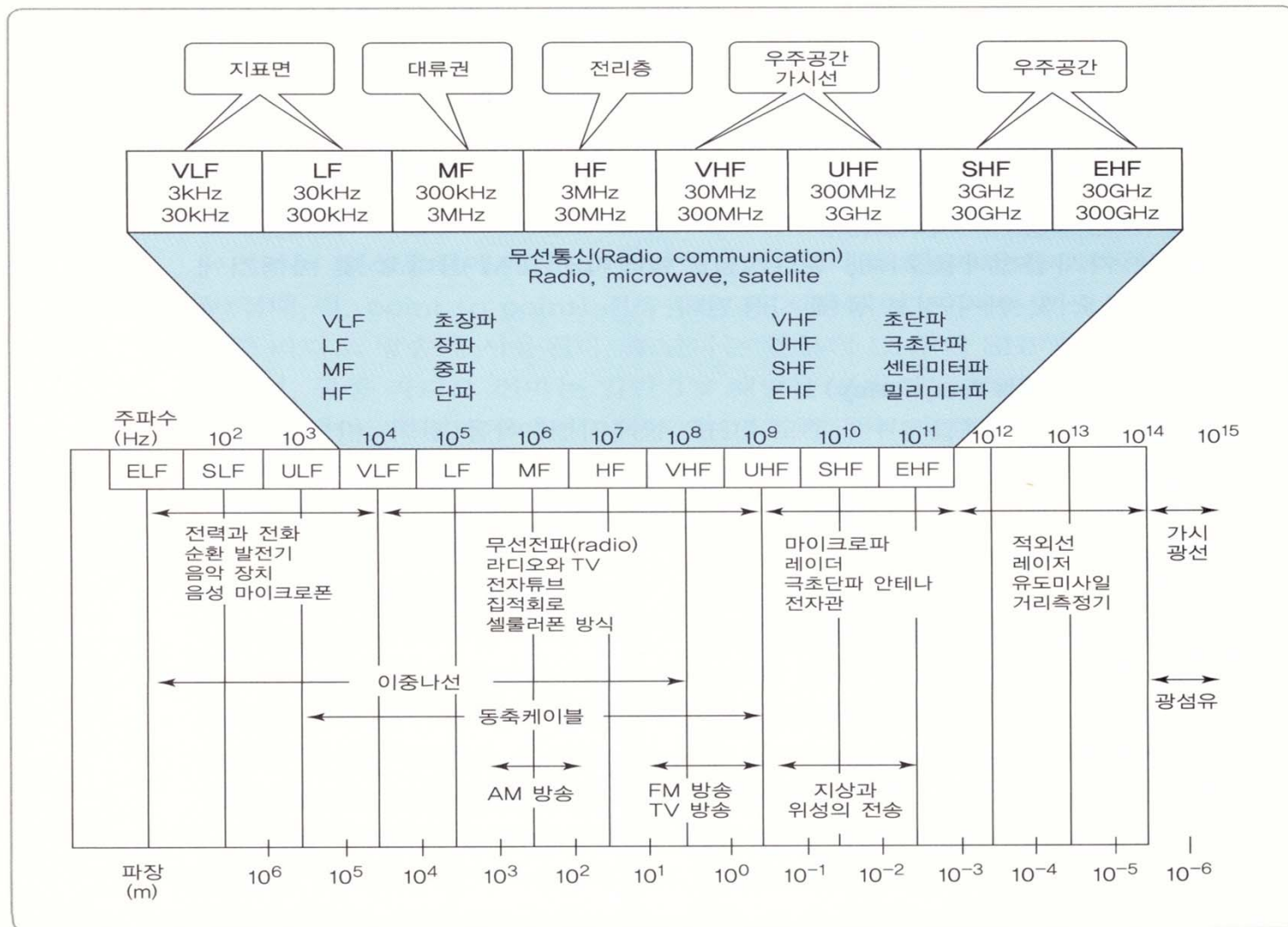


지구 대기권의 구성

대기권의 구성



1.3.3 정보전송매체



[그림 1-26] 무선대역에서 통신을 위한 전자기적 스펙트럼

1.3.3 정보전송매체

◆ VLF(very low frequency)

- ❖ 주로 공기나, 해수를 통해 지구 표면으로 전달
- ❖ 전송시 많은 감쇄는 없으나, 열이나 전기와 같은 대기 중의 잡음에 민감하게 반응
- ❖ 주로 장거리 라디오 네비게이션이나 해상 통신에 사용

◆ LF(low frequency)

- ❖ 주로 지구표면으로 전달
- ❖ 장거리 라디오 navigation이나 navigator locators 등에 사용
- ❖ 자연물에 의한 파의 흡수가 증가되는 낮 시간대에 감쇠 증가

1.3.3 정보전송매체

◆ MF(middle frequency)

- ❖ troposphere에서 전파, ionosphere에서 흡수
- ❖ 전송 거리는 troposphere(대류권:10Km 미만)에서 반사되는 각도에 의해 결정
- ❖ 낮에는 전파의 흡수가 많기 때문에 가시선으로 전송
- ❖ 주로 AM 라디오, 해양 라디오 및 비상용 주파수로 사용

◆ HF(high frequency)

- ❖ 전리층(ionosphere : 중간권과 열권에 속함)에서 전파
- ❖ 아마추어 라디오(햄 라디오), 개인용 주파수대(citizen's band), 국제적 방송(international broadcasting), 전화, 전신 등에 사용

1.3.3 정보전송매체

- ◆ VHF(very high frequency)

- ❖ VHF 텔레비전, FM 라디오 및 비행기에서의 AM 라디오 및 위치 정보 등에 사용

- ◆ UHF(ultra high frequency)

- ❖ UHF 텔레비전, 이동 전화, 마이크로 웨이브 링크 등에 사용

- ◆ SHF(super high frequency)

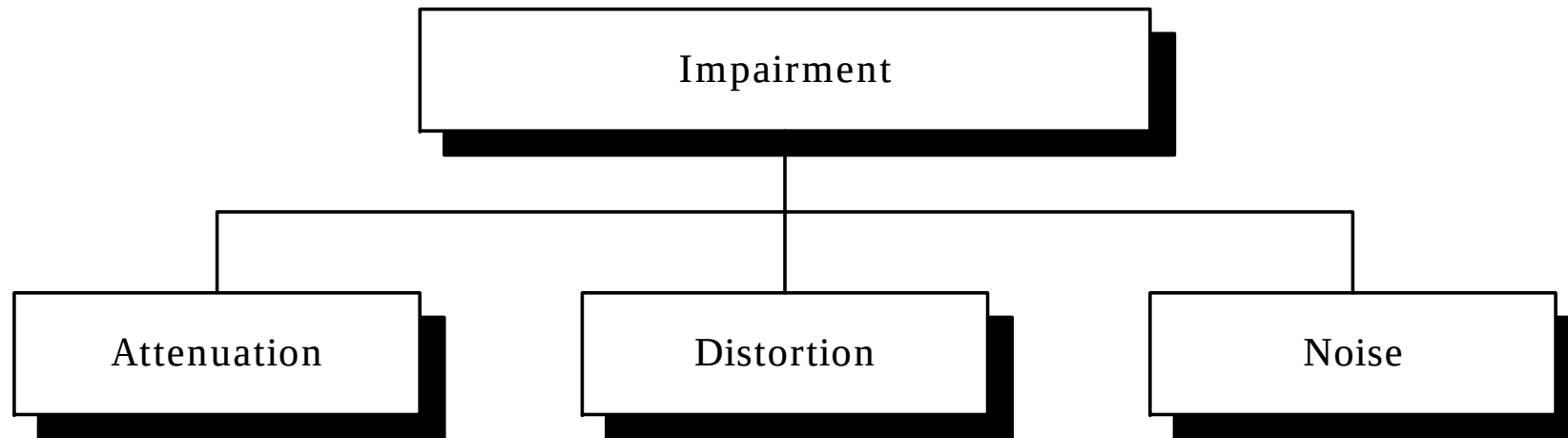
- ❖ 가시선 혹은 우주 공간의 전파로 사용
- ❖ 주로 위성 마이크로 웨이브 및 레이더 통신에 이용

- ◆ EHF(extremely high frequency)

- ❖ 우주 전파에 사용되어지며, 레이더, 위성 및 과학적/실험적 통신을 위해 사용

1.3.4 전송 손상과 신호의 성능

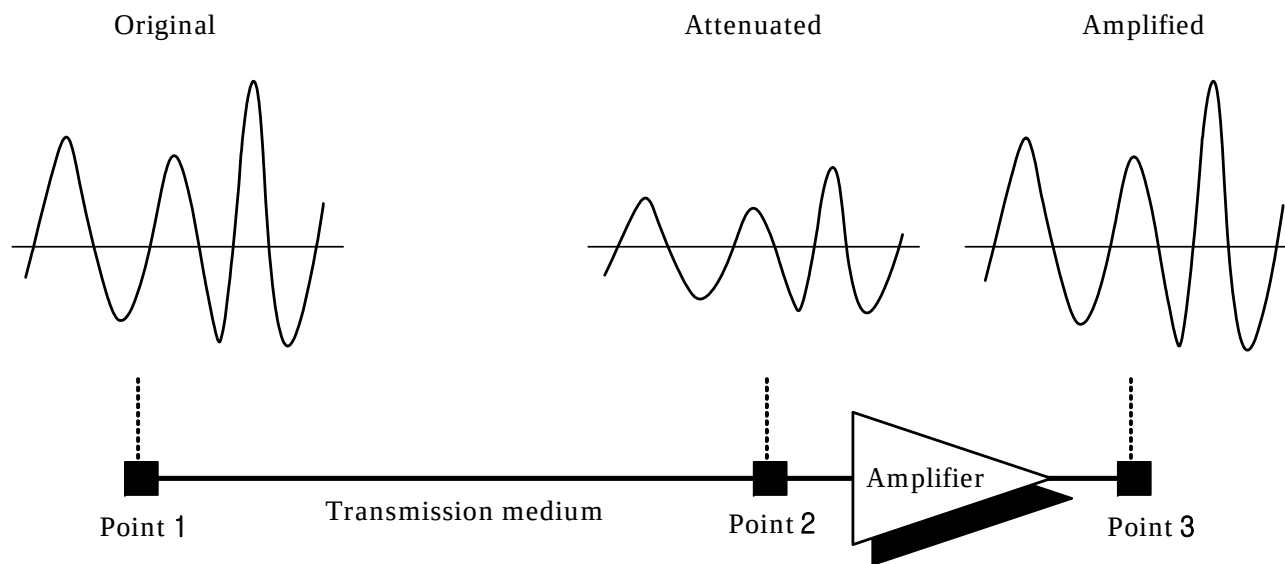
□ 전송손상(transmission impairment)



1.3.4.1 전송 손상

□ 감쇠(attenuation)

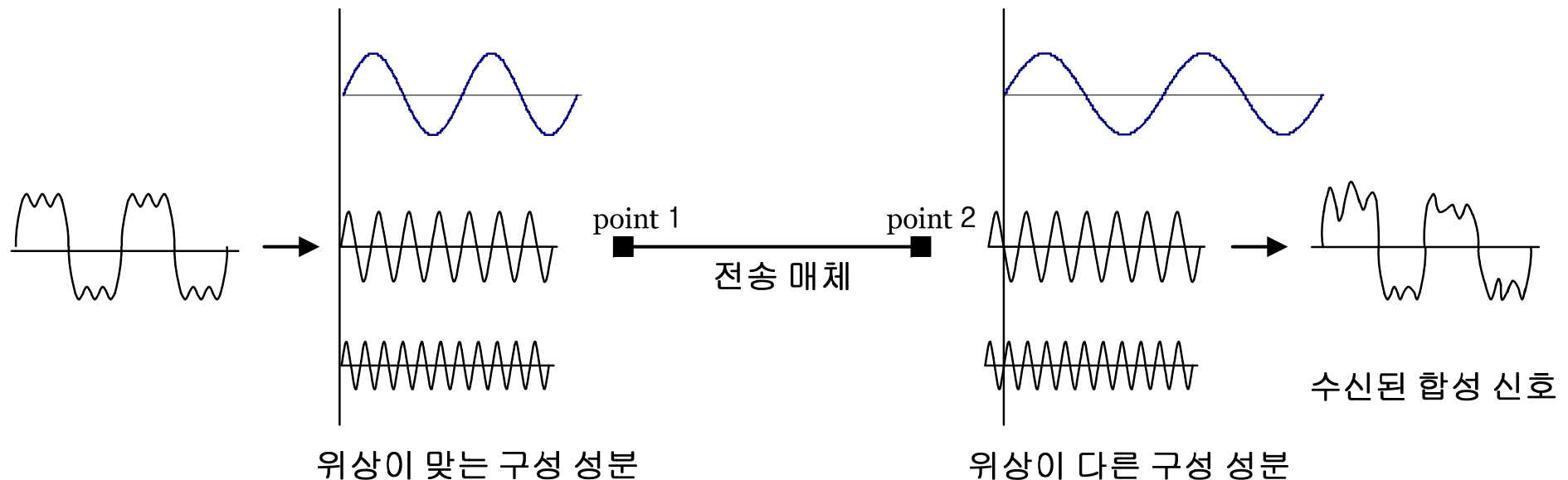
- ◆ 전송신호가 전송매체를 통해 전달되는 동안 일부의 신호가 열로 변하여 에너지를 손실하는 것을 의미
- ◆ 실제로 이중나선이나, 광섬유등의 유선매체를 이용할 때 전송길이에 따른 신호의 감쇄를 보정하기 위해 증폭기나 중계기(repeater)를 사용하여 감쇄를 보정



1.3.4.1 전송 손상

□ 왜곡(distortion)

- ◆ 다양한 주파수로 구성된 신호가 전송 매체를 통해 전달될 시 그 신호의 각각의 주파수 신호 성분들은 다른 전송 속도를 가지게 되어 도착 시간이 각각 다르게 되어 원 신호의 형태가 변하게 되는 현상



1.3.4.1 전송 손상

□ 잡음(noise)

- ◆ 모든 통신 시스템에는 송수신 사이에는 원하지 않는 잡음이 더해진다.
- ◆ 통신 성능을 저하시키는 주요한 요인
- ◆ 잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio)
 - 수신 신호로부터 신호를 추출 시 원신호에 대한 잡음의 상대적인 크기를 신호 대 잡음비 라고 한다.

1.3.4.1 전송 손상

◆ 열 잡음(Thermal noise)

- ❖ 분자들의 불규칙한 움직임에 의해 나타난다.
- ❖ 어떠한 형태의 전자장비와 매체에도 나타난다.
- ❖ 절대온도에 비례
- ❖ 전력은 모든 범위의 주파수 스펙트럼에 균일하게 분포
→ 흰색 잡음(white noise)

❖ 열잡음 : $N_0 = kT$

N_0 :잡음전력밀도(watts/Hz)

k :볼츠만 상수= $1.3803 \times 10^{-23} \text{ J / K}$

T :켈빈 온도(절대온도)=일반상온(degrees Celsius)+273

- ❖ 주파수 대역 BHz에서의 열 잡음 전력 $N = kTB = N_0 B$
- ❖ dB-watts로 표현 $N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B$
 $= -228.6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log B$

1.3.4.1 전송 손상

❖ 상온에서의 열 잡음 밀도 : $T=17^{\circ}\text{C}$ 라고 가정하면

$$\begin{aligned} N_0 &= kT = 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \\ &= 4.0 \times 10^{-21} \text{ (W/Hz)} \\ &= -204 \text{ dBW/Hz} \\ &= -174 \text{ dBm/Hz} \end{aligned}$$

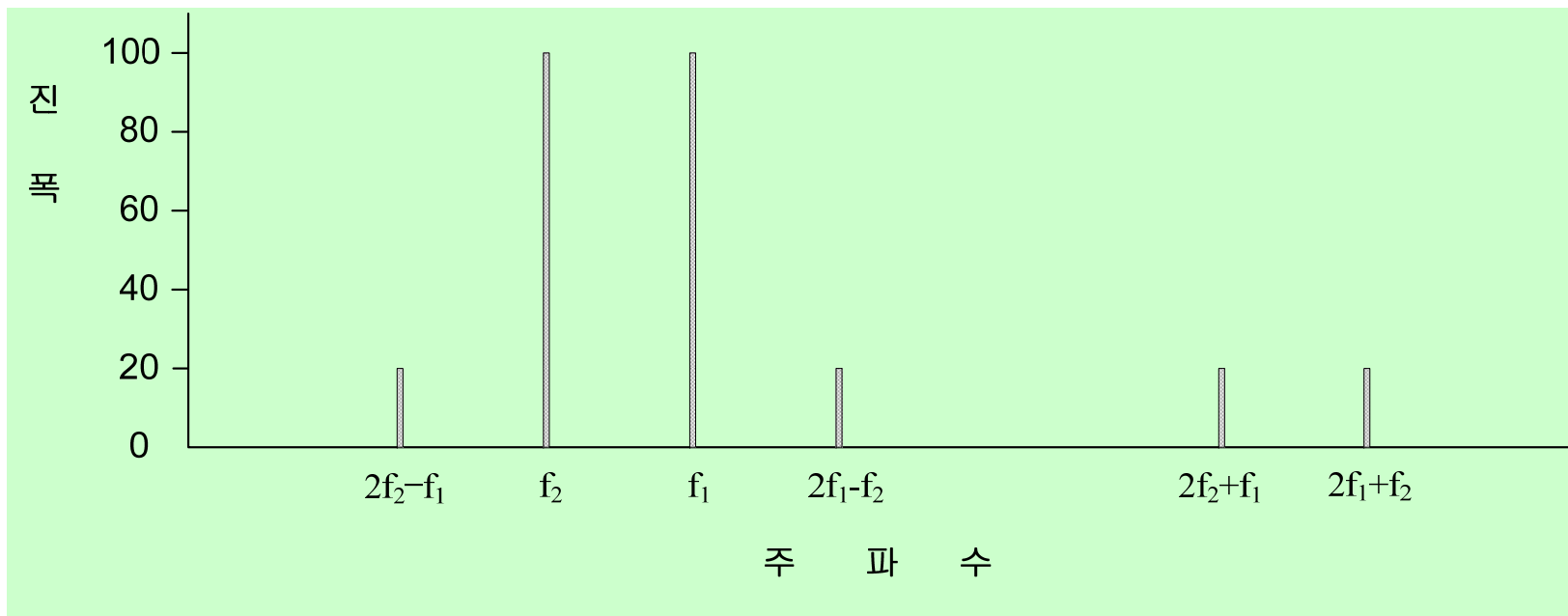
❖ 사용 주파수가 1.23MHz인 CDMA인 경우 총 열 잡음 전력

$$\begin{aligned} N &= -174 \text{ dBm/Hz} \times 1.23\text{MHz} \\ &= -174 + 10\log(1.23 \times 10^6) \\ &= -113\text{dBm/1.23 MHz} \end{aligned}$$

1.3.4.1 전송 손상

◆ 주파수간 상호간섭 잡음(inter-modulation noise)

- ❖ 서로 다른 주파수를 사용하는 신호들이 동일 전송 매체를 공유하게 되면 발생
- ❖ 사용된 주파수들의 합, 차, 또는 배수에 해당하는 새로운 주파수 요소를 발생시키는 잡음



1.3.4.1 전송 손상

◆ 누화(혼선, crosstalk)

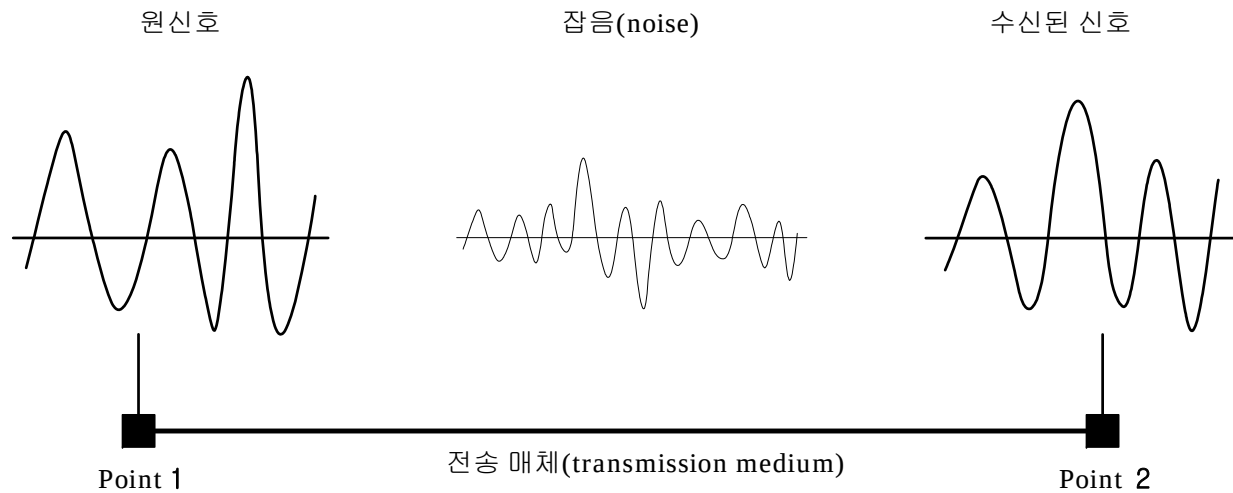
- ❖ 전화통화 중 다른 사람의 말이 들리는 혼선과 같은 현상
- ❖ 차폐가 안 된 동선 가닥이 인접해 있거나, 안테나로 신호 수신 시 반사된 신호가 같이 수신되는 경우 등에 발생
- ❖ ISM 대역에서는 누화 잡음이 많이 발생

◆ 돌발적 잡음(Impulsive noise)

- ❖ 예측할 수 없는 전자기적 방해 즉, 번개, 통신장비의 결함 등으로 발생하는 잡음

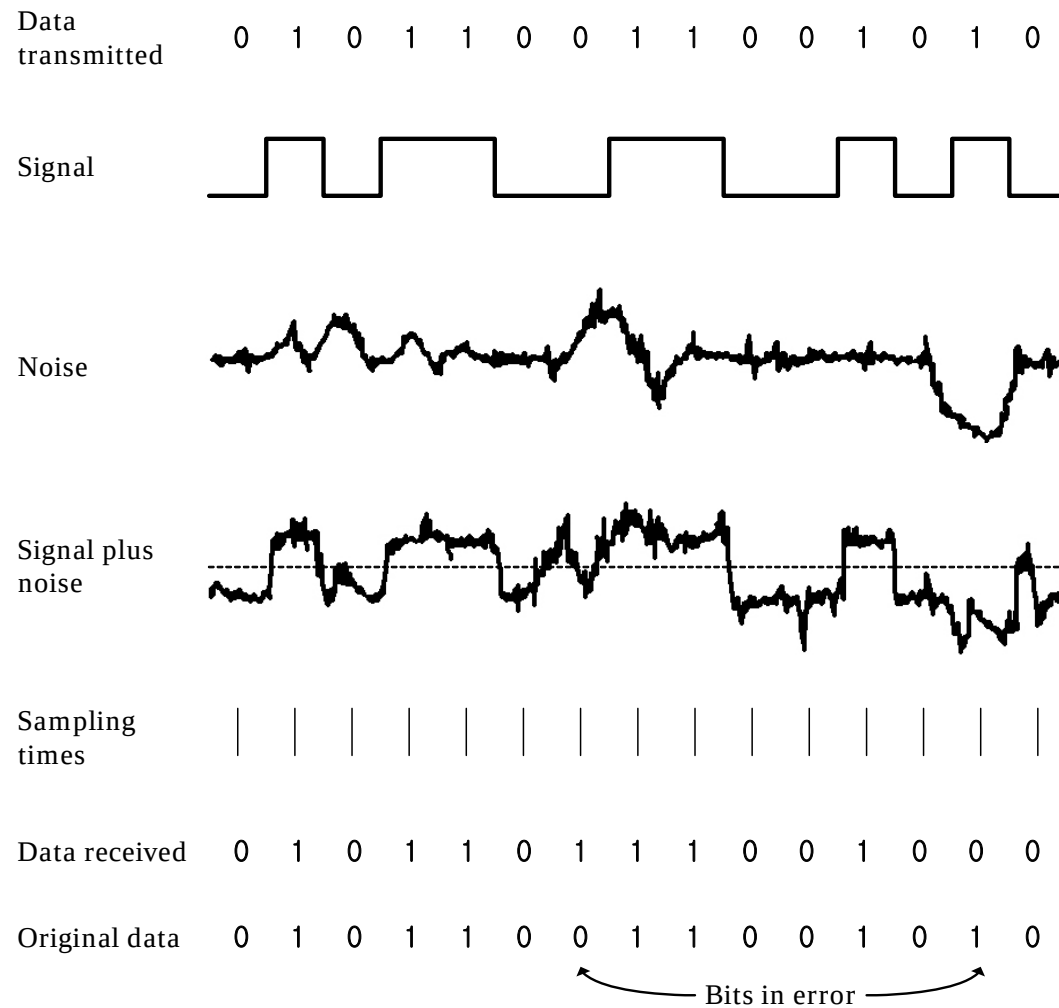
1.3.4.1 전송 손상

□ 아날로그 전송에서 노이즈의 영향



1.3.4.1 전송 손상

□ 디지털 전송에서 노이즈의 영향

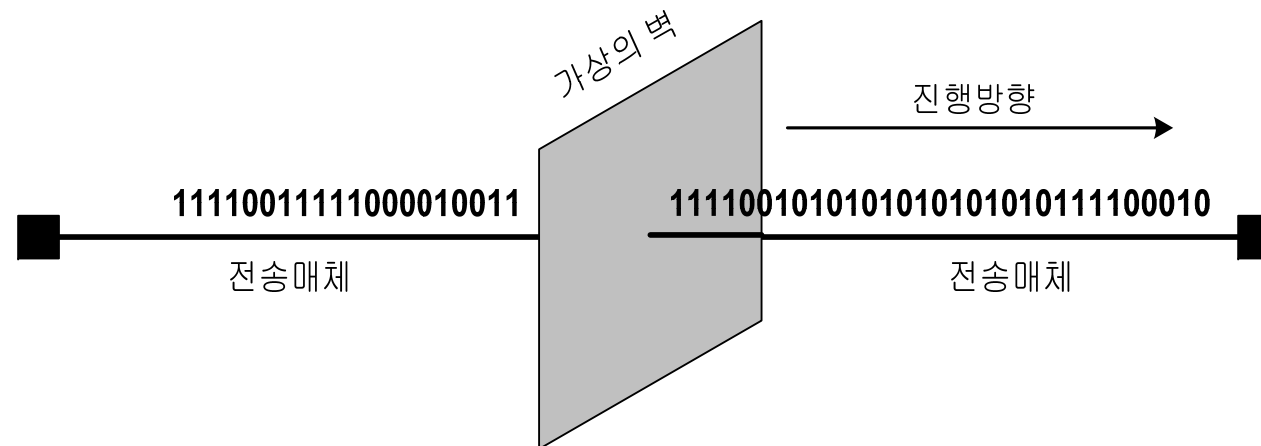


1.3.4.2 신호의 성능

□ 신호의 성능

◆ 전송률(throughput)

❖ 초당 전송 매체의 한 점을 지나가는 비트의 수



◆ 전송속도(propagation speed)

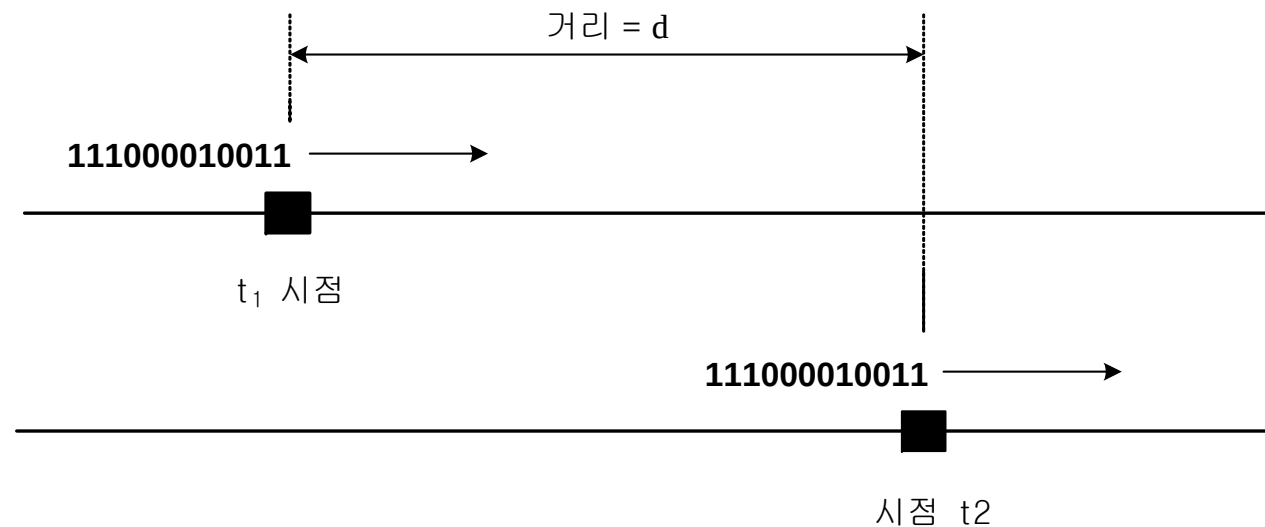
❖ 비트가 일초동안에 전송매체를 통과하는 거리의 척도

1.3.4.2 신호의 성능

◆ 전송시간(propagation time)

- ❖ 신호가 전송매체의 한 점에서 다른 점으로 이동 시 걸리는 시간
- ❖ 전송시간 = 거리 / 전송속도

$$\text{전송시간} = t_1 - t_2 = d / \text{전송속도}$$



1.3.4.3 채널 용량

□ 채널 용량(channel capacity)

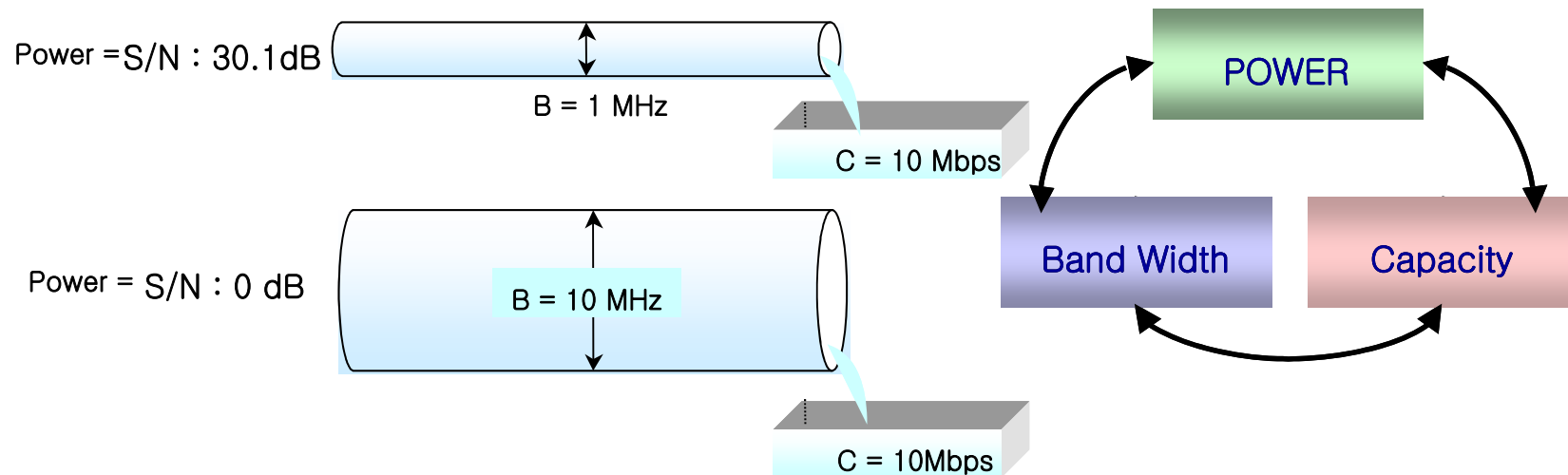
◆ Nyquist's formula(1920년대)

$$C = 2B \log_2 M \quad B : \text{Bandwidth} \quad M : \text{binary level}$$

❖ 신호대 잡음비에 의해 결정

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \quad S : \text{신호강도} \quad N : \text{잡음강도}$$

❖ 파이프 관과 샤논의 방식



1.3.4.3 채널 용량

◆ Signal to Noise Ratio : E_b / N_0 로 표현

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{ST_b}{N_0} = \frac{S}{R} \times \frac{1}{kT} = \frac{S}{N_0 R} \quad E_b = ST_b \quad T_b = \frac{1}{R} \quad N_0 = \frac{N}{B}$$

❖ 신호의 대역폭을 B 라 하면

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \times \frac{B}{R}$$

❖ 디지털 통신 시스템의 성능은 디지털 정보의 BER과의 관계

❖ 음성을 기반으로 하는 이동통신에서는 통화 품질을 보장해 주기 위한 BER은 10^{-3} 정도가 되어야 한다.

❖ CDMA 통신시스템에서는 E_b / N_0 가 5~6dB정도가 되도록 설계

❖ 멀티미디어 통신에서는 BER을 약 $10^{-5 \sim -6}$ 정도가 되도록 설계

1.3.4.3 채널 용량

◆ 주파수 효율(bandwidth efficiency)

→ 할당된 주파수 대역을 얼마나 효율적으로 사용하는지에 대한 지표

❖ 신호의 대역폭이 B 이고 데이터율이 R bps이면

$$\text{주파수 효율} \quad \eta_B = R / B \text{ bps/Hz}$$

❖ 샤논의 채널 용량식을 활용

$$\text{최대 주파수 효율} \quad \eta_{B \max} = C / B = \log_2(1 + S / N)$$

예제) 나이키스트와 샤논의 식을 만족하는 식을 생각해보자.

채널 대역은 3MHz에서 4MHz에 존재하고 $S/N=23\text{dB}$ 일때.

샤논의 식을 사용하면, 채널 용량은 얼마인가?

전송하기 위해 필요한 신호레벨이 얼마인지 나이키스트

식을 이용해 구해보자.

1.3.4.3 채널 용량

- 예제) 20kbps의 비트 전송률로 전화 통화 하려고 한다. 1번 전송방식은 300Hz ~ 3400Hz의 전송대역폭을 가지고 신호 대 잡음비는 40dB이다. 2번 전송방식은 600Hz ~ 2800Hz의 전송대역폭을 가지고 있으며 신호 대 잡음비는 30dB를 가지고 있다. 이 두 가지 전송방식 중 어느 전송방식이 더 경제적인지 알 수 있겠는가? 샤논의 공식을 활용해 설명해 보아라.

◆ 1번 전송방식

$$\text{Bandwidth} = 3400 - 300 = 3100\text{Hz}$$

$$\text{SNR} = 40\text{dB} = 10000$$

$$C = 3100 \log(10000 + 1) = 41.2\text{Kbps}$$

◆ 2번 전송방식

$$\text{Bandwidth} = 2800 - 600 = 2200\text{Hz}$$

$$\text{SNR} = 30\text{dB} = 1000$$

$$C = 2200 \log(1000 + 1) = 21.9\text{Kbps}$$

- ◆ 2번의 방식이 더 경제적인 전송방식임을 알 수 있다.