

미래통신망 연구개발 동향

Research Trends of Future Network

광대역통합망기술 특집

박종대 (J.D. Park)

BcN원천연구팀 선임연구원

김영부 (Y.B. Kim)

BcN원천연구팀 팀장

목 차

-
- I . 서론
 - II . 미래 네트워크 발전 전망
 - III . 국내외 연구 동향
 - IV . 결과

정보통신기기들의 융·복합화와 함께 미래 네트워크는 인간 중심적인 네트워크로 발전할 전망이다. 특히 현재 진행되고 있는 가입자 단말의 융합기술과 더불어 주변환경에 친화적인 인간 감성을 기반으로 하는 스마트 단말 및 스마트 네트워크 노드들이 주류를 이룰 것이다. 빠르게 진화하고 있는 정보통신 기술의 미래를 예측한다는 것은 상당히 어려운 일이나 본 논문에서는 현재 연구되고 있는 요소 기술들을 기반으로 향후 10년 이후의 미래 네트워크를 전망하고 국내외에서 일어나고 있는 연구 활동 등에 대해 기술하였다.

I. 서론

유비쿼터스(ubiquitous)는 정보혁명에 뒤이은 제 4의 혁명으로 일컬을 만큼 우리사회를 변혁시키는 또 하나의 물결로 1988년 미국 제록스사 팔로 알토 연구소의 Mark Weiser가 최초로 제창하였다[1]. 즉, 사용자가 네트워크나 컴퓨터를 의식하지 않고 장소에 상관없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 정보통신 환경으로 정의하였다. 초기에는 단순히 물리공간에 편재된 컴퓨팅과 네트워크를 상상했으나, 이후 디지털 컨버전스가 가속화되면서 모바일 컴퓨팅 개념이 추가되었다. 이로 인한 새로운 미래 상으로 유비쿼터스사회는 유무선 통합 인터넷, 모바일 컨버전스, RFID 등 유비쿼터스 IT와 결합되어 유비쿼터스는 새로운 미래 정보사회라는 의미로 확대할 수 있다. 즉, 대량생산의 획일적 ‘하드웨어드’ 사회에서 개인의 다양성에 적절하게 대응할 수 있는 ‘프로그래머블’ 사회로 전환되고 전자공간과 물리공간이 융합되어 정보가전은 물론 모든 사물이 지능화·정보화·네트워크화되는 단계가 될 것이다 ((그림 1) 참조).

이러한 유비쿼터스 환경에 적응하기 위한 미래의 네트워크 시스템은 사용자 또는 망 관리자의 수고스러운 관리 감독 없이 다양한 네트워크와 서비스에 자율적으로 적응하고, 스스로 관리하는 기능과 자기 보호(self-protection), self-heal, self-optimize 기능을 갖고 있어야 한다. 본 논문에서는 향후 10년

미래학자가 바라본 유비쿼터스 사회

- 앨빈 토플러
 - 사용성을 극대화하기 위한 사용자 중심의 중단없는 컴퓨팅 환경(2004. 6.)
 - 모든 기기가 지능을 갖추고, 당신을 위해 변할 수 있는 융통성을 가지게 되는 미래의 컴퓨팅 환경(2004. 10.)
- 니콜라스 네그로폰테(MIT대 교수 겸 미디어랩 소장)
 - 상식을 갖춘 컴퓨터가 도래하며, 통신은 통신인프라를 통하지 않고 기기간 직접 송수신하는 쪽으로 발전(2005. 5.)
- 티모시 맥(세계미래학회장)
 - 2015년쯤 초전도체가 상용화되어 갖가지 최첨단 기기가 등장, 속도가 상상을 초월할 만큼 빠르면서도 켄 커피 하나 정도 무게에 불과한 슈퍼컴퓨터, 개별적인 뇌세포를 측정하는 안전한 뇌정밀검사 기술 개발(2005. 7.)

(그림 1) 미래학자가 바라본 유비쿼터스 사회

이후의 네트워크 진화 방향, 발전전망 및 현재 국내외 연구 동향 등에 대해 기술하였다.

II. 미래 네트워크 발전 전망

미래 네트워크를 정확하게 예측하기란 불가능하지만 국내를 비롯한 외국에서도 다양한 기술 분야에서 도전하고 있다. 특히 미국 IBM은 2000년도에 autonomous computing이란 과제를 수행하여 자율 네트워크에 대한 기반기술 확보를 위해 노력하고 있다. 미래 네트워크는 주변환경에 친화적인 지능에 대한 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 커뮤니케이션 그리고 지능형 사용자 인터페이스 개념들을 융합한 새로운 개념을 도입한 연구 방향이 핵심이 될 것이다. 즉, 아래 4개 분야로 압축할 수 있다[2]-[4].

- 훨씬 커진 사용자 편의성(greater user - friendliness)
- 효율적인 서비스 지원성(more efficient service support)
- 사용자 능력의 증대성(user-empowerment)
- 인간 상호작용의 지원성(support for human interaction)

이러한 개념을 기반으로 하는 연구들이 현재 진행되고 있지만 아직까지 많은 문제점들이 산재해 있다. 이러한 네트워크 상의 문제점들은 미래 네트워크에서 풀어야 할 숙제로 남아 있다. 즉 아래와 같은 네트워크 환경의 붕괴 현상 및 문제점들로 인해 미래 네트워크는 이러한 사항들을 고려해 설계되어야 한다.

• 트래픽 패턴 변화

정보통신 인프라에서 트래픽 형식이 스트리밍에서 버스트 형태로 변화하고 있다. 따라서 미래 통신망의 형태도 이러한 환경을 잘 수용할 수 있도록 변화되어야 한다.

• 상/하향 링크 대칭성

WiFi 기능이 내장된 디지털 캠코더를 사용할 경

우 업링크에 대용량 트래픽이 집중될 가능성이 있다. 2008년까지 개인 비디오 트래픽 용량이 음성 트래픽에 근접할 것으로 예상됨에 따라 상/하향 링크 대칭성을 기반으로 하는 네트워크 설계가 이루어져야 한다.

• 트랜잭션 성향의 트래픽 출현

전자 태그 시장 적용과 기술 발전으로 대용량의 트랜잭션 성향 트래픽 출현으로 이러한 트래픽을 처리할 수 있는 분배망(distribution network)이 향후 10년 이내 급속도로 발전할 것으로 예상된다.

• 10,000배 이상 주파수 스펙트럼 증가

메시 네트워크, 무선 라우터, 자율시스템 등의 기술 발전으로 2020년 정도에는 아주 많은 무선 스펙트럼의 증가가 예상된다.

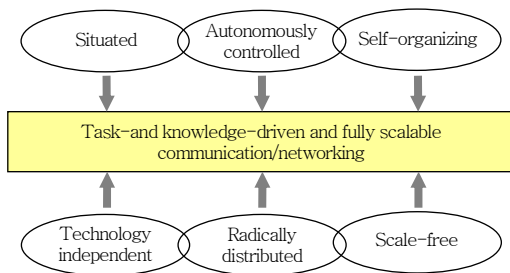
• 다양한 액세스 노드 증가

현재 인터넷 망은 원래 호스트 컴퓨터가 네트워크 에지측에 연결된 구조를 가정하여 구성되어 있기 때문에 다양한 에지 단말을 수용하기에는 부족하다. 따라서 유무선 통합 등 다양한 에지 노드들을 수용할 수 있는 구조로 바뀌어야 한다.

• 사용자 선택 고려

현재 인터넷은 상업적인 고려 없이 개발된 best-effort 패킷 전달 서비스로 개발되었지만, 미래 인터넷망은 경쟁과 경제적인 인센티브가 추가되어 설계되어야 한다.

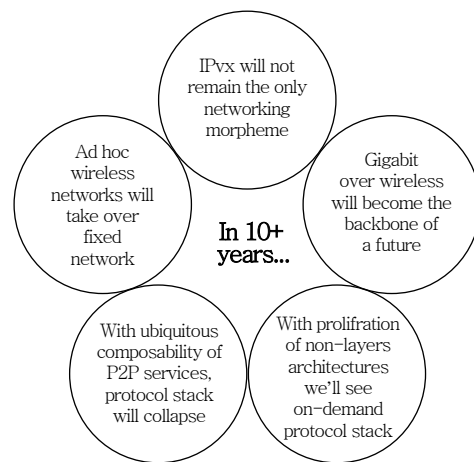
따라서 미래 네트워크 노드들은 위에서 언급된 현상들을 기반으로 하여 (그림 2)와 같이 상황 변화



(그림 2) 미래 네트워크 요구사항

(context change)에 자율적으로 적응하고, 자율적인 제어(autonomously controlled), 자기 조직화(self-organizing), 분배구조(radically distributed)와 기술에 무관하고 가변적인 네트워크의 패러다임으로의 변화가 예상된다. 따라서 미래 통신망은 task, knowledge-driven과 scale-free한 네트워크가 될 가능성이 많다.

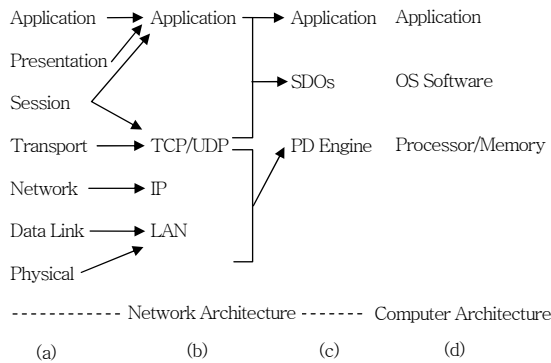
독일 FOKUS 연구소에는 (그림 3)과 같이 미래 네트워크의 발전 전망으로 5가지를 기술하고 있다. 첫번째로 IPvx가 더 이상 네트워크의 핵심 요소 기술로 사용되지 않을 것이라고 전망하였다. 그리고 무선에 대한 많은 언급이 되고 있다. 특히 유선 백본망이 기가비트 무선망과 Ad-hoc 무선으로 변화할 것으로 예상하고 있다. 마지막으로 사용자 중심의 on-demand 프로토콜 스택이 나타날 것으로 예상되며 peer to peer 서비스가 활성화될 것으로 예상하고 있다[5].



(그림 3) 10년 후 네트워크 요소 기술 전망

1. 하드웨어 발전 전망

컴퓨터 시스템 구조의 3가지 기본적인 요소들이 (그림 4d)에 나타나 있다. 즉, 프로세서와 메모리로 구성된 핵심 하드웨어, OS 소프트웨어 및 응용프로그램으로 구성되어 있다. 이와 같이 공통 플랫폼 위에 OS와 응용프로그램들의 업그레이드를 통해 계속해서 발전해 나가고 있다. 현재 네트워크 구조도 (그



(그림 4) 현재 네트워크의 계층별 발전 전망

림 4a)의 OSI 7 계층의 경계가 무너져 (그림 4c)와 같은 단순한 단계로 진화할 것으로 예상된다. 즉, 현재의 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층 및 트랜스포트 계층 등이 통합된 PD-engine과 QoS-provision이 최대의 난제인 PD 엔진을 기반으로 네트워크 응용이 가능한 SDOs로 변화할 것으로 예상된다. 따라서 현재의 네트워크 노드들의 하드웨어는 모두 네트워크 프로세서 기반의 하드웨어로 변화할 가능성이 크다고 볼 수 있다. 향후 NoC 기반의 시스템들이 가능할 것으로 예측할 수 있다.

2. 소프트웨어 발전 전망

소프트웨어 패러다임은 점점 복잡해지고 대형화 되어 왔으며 그 진화과정은 크게 4단계로 나누어 볼 수 있다. 메인 프레임 시대인 1단계는 1950~1970년의 시기로 컴퓨터 중심의 소프트웨어가 주요 패러다임이었다. 1970~1990년의 2단계는 PC 시대가 되어 네트워크화가 주요 패러다임이 되었다. 3단계는 1990~2000년으로 인터넷 중심의 네트워크화가 주요 관심사였다. 2000~2010년에는 4단계로 유비쿼터스 컴퓨팅을 지향함으로써 물리공간 속의 컴퓨터를 이식한다는 개념으로 소프트웨어를 개발하고 있다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅으로 발전하기 위한 소프트웨어 기술의 발전 방향을 6가지로 제시할 수 있다[6].

첫째, 전통산업의 소프트웨어 산업화로 핵심 기술 및 공정, 판매 조달을 소프트웨어화하는 방향이

다. 핵심 기술을 소프트웨어화함으로써 자동차 안에 교통정보 안내, 차량도난 감시 등을 위한 소프트웨어뿐만 아니라 차량의 성능을 높이기 위한 소프트웨어의 비중 증가가 예상된다.

둘째, 소프트웨어의 통합화 추세가 예상된다. 유선, 무선, 방송, 통신, PC, 영상, 음성, TV를 표준화하고 소프트웨어에 의하여 통합화됨으로써 디지털 컨버전스를 이룰 것이다. 휴대폰에 PDA, 디지털카메라, MP3, DMB, 무선인터넷 기능을 탑재한 스마트폰과 같은 가전, 정보기기, 통신기기의 기능을 통합한 신규제품이 등장하고 있어 방송, 통신, 정보 네트워크간 컨버전스가 진행됨으로써 인터넷 방송, ITV, 인터넷 전화 등이 탄생하고 있다.

셋째, 서비스 지향 아키텍처(SOA)를 통한 유연한 소프트웨어 설계로 컴포넌트 재사용을 통해 비용 및 개발 기간을 절감하는 소프트웨어 서비스화가 가속화될 것이다.

넷째, 소프트웨어가 정보자원의 뜻을 이해하고, 논리적 추론까지 할 수 있는 차세대 지능형 웹과 상황을 인지하여 사용자의 요구조건에 맞는 서비스를 제공하는 지능형 소프트웨어 개발과 같은 소프트웨어의 지능화가 네번째 발전 방향이 될 수 있다.

다섯째, 소프트웨어를 임베디드화하여 IT 뿐만 아니라 금융, 자동차 등 기존 전통산업의 경쟁력을 강화시킬 수 있는 다양한 서비스로 확대하는 것이 발전 방향이 될 수 있다.

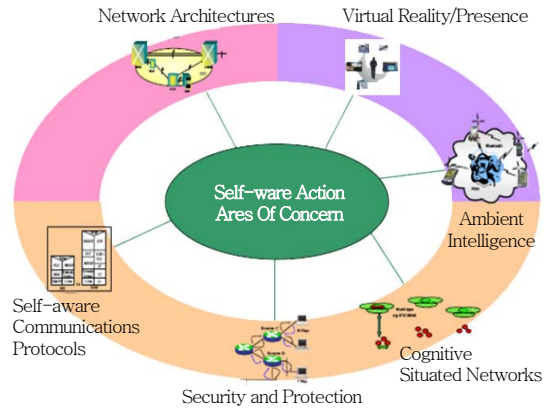
여섯째, 소프트웨어 발전 방향으로 컴퓨터에 직접 설치하지 않고 필요할 때마다 인터넷에 접속해 사용하는 주문형 소프트웨어 수요 증가에 대응할 수 있는 소프트웨어 온디맨드화를 실현할 것이다.

Ⅲ. 국내외 연구 동향

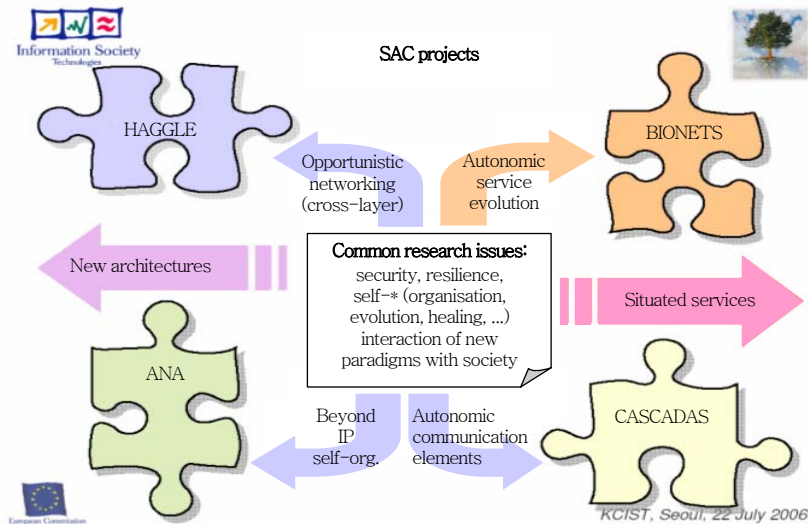
1. 유럽 동향

유럽의 과학기술 연구 활동 그룹인 IST는 유럽 기업들의 산업 경쟁력 강화 및 유럽인들의 삶의 질 향상을 위해 EU가 지원하여 과학기술 진흥에 힘쓰

고 있다. 특히 IST는 과학기술 보육 프로그램 및 미래 출현 기술 12가지 중에서 미래 네트워크 분야로 SAC를 중심으로 연구가 2006년부터 시작되고 있다. SAC의 핵심이 되는 self-ware 기술을 기반으로 네트워크 노드가 상황인지 기반 통신시스템 개발에 몰두하고 있다. 주된 연구는 (그림 5)와 같이 상위 네트워크 설계, self-ware 통신 프로토콜, 보안, 인지 네트워크, 가상현실 및 지적 환경인지 등을 핵심 연구 테마로 진행하고 있다. 2006년부터 시작된 관련 프로젝트는 (그림 6)에 나타난 것과 같이 네트워크 설계와 상황인지 서비스의 2분야로 나누어진



(그림 5) 유럽 자율통신 연구 Agenda



(그림 6) 2006년 유럽 자율통신 연구 개요

〈표 1〉 유럽 SAC 관련 프로젝트 리스트

Frame-work	Acronym	Project Homepage (when available)	Project No	Title	Key Action Line
FP6	ANA	http://www.csg.ethz.ch/research/projects/ANA	FP6-IST-27489	Autonomic Network Architectures	Situated and Autonomic Communications
FP6	BIONETS	http://www.create-net.org/create-net/bionets/index.html	FP6-IST-27748	BIologically-inspired Autonomic NETworks and Services	Situated and Autonomic Communications
FP6	CASCADAS	http://netmob.unitn.it/cascadas/index.html	FP6-IST-27807	Componentware for Autonomic, Situation-aware Communications and Dynamically Adaptable Services	Situated and Autonomic Communications
FP6	HAGGLE	http://www.cambridge.intel-research.net/haggle/du/	FP6-IST-27918	An Innovative Paradigm for Autonomic Opportunistic Communication	Situated and Autonomic Communications

다. 네트워크 설계분야는 HAGGLE과 ANA 연구 과제가 수행되고 있고, 서비스 분야에서는 BIONETS과 CASCADAS에서 수행하고 있다. 그리고 <표 1>에는 2006년부터 수행중인 SAC 과제가 나타나 있다[5].

2. 미국 동향

미국과학재단(NSF)이 현재 인터넷의 최대 문제점으로 지적되는 완전 개방형 인터넷의 보안성, 품질 보장형 서비스(QoS), 트래픽 문제와 부족한 용량 문제를 해결하기 위한 인터넷 리엔지니어링 프로젝트에 착수하고 있다. 즉, GENI로 명명된 프로젝트는 너무나 비대해진 인터넷망을 뿌리부터 고치기 위한 연구계획이다. GENI의 출범배경은 생활 곳곳에 IT 기술이 스며들어 퍼베이시브 컴퓨팅이 가시화됨에 따라 기존 인터넷을 뛰어넘는 새로운 통신아키텍처에 대한 요구가 강해졌기 때문이다. 따라서 새로운 네트워크는 모든 사람에게 충분한 보안성과 가까운 미래의 트래픽 폭증을 감당할 능력을 제공할 수 있다. 많은 컴퓨터과학자들은 향후 10년 뒤 휴대폰

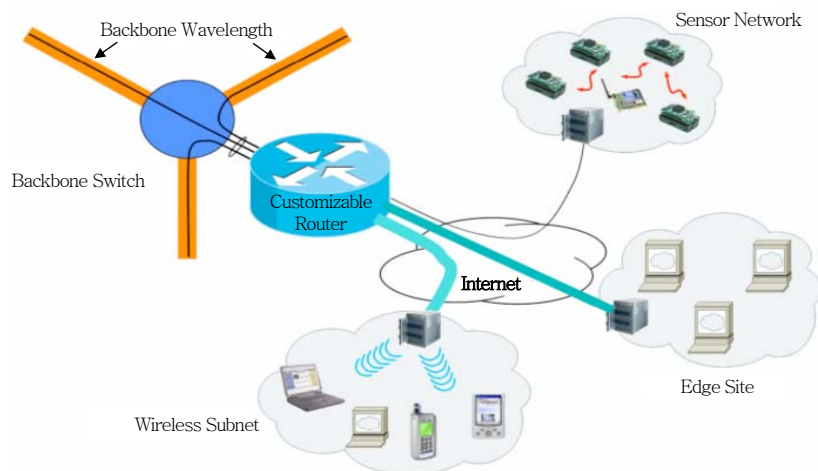
과 무선기기, 센서네트워크의 확산으로 현재 인터넷이 감당할 수 없는 과부하 혹은 무질서 상태에 놓일 것으로 우려하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 차세대 기술로 인터넷2와 IPv6 등이 진행중이지만 기존 인터넷 틀에서 부분적인 개선만 시도한다는 점에서 한계가 있다. 지난 1970년대 인터넷이 처음 구상될 당시 기술자들은 이것이 전세계 인구를 대상으로 하는 통신망이 될 것이라고는 생각하지 못했다. 또 보안문제도 초기 인터넷에서 중요한 요소가 아니었다. 초기 인터넷은 보안기술 대신 상호신뢰에 기반하는 독특한 문화에서 성장했기 때문이다. 현재 미국에서는 <표 2>와 같이 2013년까지 GENI 관련된 연구 예산은 확정된 상태이다[7].

(그림 7)에는 GENI에서 고려되고 있는 단일 백본의 PoP를 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 백본은 WDM 기술을 사용하여 customized router에 접속되어 있다. 이 라우터는 유무선 센서 네트워크 등 여러 가지 가입자 장비를 연결할 수 있고, 유선인 경우 MPLS 회선과 현재 인터넷의 터널 등 회선교환 개념의 구조로 되어 있다.

<표 2> GENI 프로젝트 예산

(단위: 달러)

Total	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
367,411k	85,460k	69,655k	66,372k	74,342k	71,582k



(그림 7) 단일 백본 PoP 예

3. 국내 동향

향후 10~20년 이후의 새로운 인터넷 기술체계를 논의하기 위한 미래인터넷 연구개발 활동이 국내에서도 본격화되고 있다. 2006년 9월 초 학계, 연구기관 등을 중심으로 미래인터넷포럼(FIF)이 정식 발족된 것을 계기로 국내에서도 차세대 인터넷 기술체계에 대한 연구활동이 본격화 될 전망이다. 미래인터넷포럼은 미래인터넷 연구기반 조성을 위한 작업반을 구성, 연구개발 활동에 필요한 예산을 확보하고 2007년부터 본격적으로 미래인터넷 연구개발 작업에 돌입한다는 전략이다. 포럼에서는 기존 인터넷 구조를 수정, 보완하는 개념과 기존 인터넷 구조를 전면 전환하는 형태로 각각 연구개발 프로젝트를 이원화한다는 구상이다. 특히, 현재 개방형 BcN(광대역통합망) 테스트베드로 활용중인 KOREN-2를 미래인터넷 시험망으로 활용하고 USN, 와이브로 등 세계적으로 선도기술에 해당하는 기술력을 앞세워 미래 네트워크 모델을 제시할 예정이다.

것은 상당히 어려운 일이지만 현재 진행되고 있는 연구들을 기반으로 예측이 조금이나마 가능하다. 현재 진행되고 있는 이슈들을 보면 유비쿼터스를 기반으로 하는 인간과 네트워크 노드들 간의 통신은 사용자 중심으로 모든 패러다임이 변할 것으로 예상된다. 따라서 누구든지 언제 어디서나 원하는 서비스를 편리하게 이용할 수 있는 유비쿼터스 네트워크 사회로 발전하며 유비쿼터스 네트워크 환경은 다양한 정보를 끊임 없이 소통시킬 수 있는 기반 위에서 첨단 멀티미디어 서비스를 제공받을 수 있을 것이다. 이러한 환경을 제공하기 위해서는 네트워크 장비가 지능을 가지고 융통성있는 네트워킹이 될 것으로 전망할 수 있다. 네트워크 노드들의 구조는 컴퓨터 구조와 비슷한 개념으로 발전할 것으로 예상되고 있고, 네트워크 노드의 지능화는 상황 변화에 자율적으로 적응하고, 자율적인 제어, 자기 조직화, 분배 구조와 기술에 무관한 가변적인 네트워크의 패러다임으로의 변화가 예상된다. 따라서 미래통신망은 task, knowledge-driven과 scale-free한 네트워크가 될 가능성이 많다.

IV. 결론

향후 10년 이후의 미래 네트워크를 전망한다는

● 용어해설 ●

자율통신(autonomous communication): 통신 시스템들이 스스로의 상태를 인식해 인간의 관여 없이(또는 최소한의 관여로) 스스로를 복구, 재구성, 보호 및 자원 재할당을 할 수 있다는 개념. 우리 신체의 모든 기관이 자율적으로 반응하고 작동 및 통제되고 있기 때문에 모든 인체 기능이 정상적으로 작동하는 것처럼 통신기기(컴퓨터)도 그렇게 작동시키겠다고 하는 IBM의 마케팅 개념으로, 관련 시스템들이 서로 협력하여 전반적인 자율 컴퓨팅 기능을 수행하는 시스템의 집합적 행동을 말한다.

상황인지 컴퓨팅(context-aware computing): 현실 공간과 가상 공간을 연결하여 가상 공간에서 현실의 상황을 정보화하고 이를 활용하여 사용자 중심의 지능화된 서비스를 제공하는 기술로 현실 세계의 모든 상황을 표현하는 기술적 수단을 제시하며, 이를 기반으로 상황 인식, 상황의 특징 추출, 학습, 추론 등의 지능화된 기법을 적용하여 인간 중심의 자율적인 서비스를 가능하게 하는 기술

약어정리

ANA	Autonomic Network Architecture
BcN	Broadband convergence Network
BIONETS	BIOlogically-inspired autonomic NETworks and Services
CASCADAS	Componentware for Autonomic, Situation-aware Communications and Dynamically Adaptable Services
FIF	Future Internet Forum
GENI	Global Environment for Networking Innovations
IST	Information Society Technologies
ITV	Interactive TV
KOREN	KOrea advanced REsearch Network
MPLS	Multi Protocol Label Switching
NoC	Network on Chip
NSF	National Science Foundation
PD-engine	Packet-Delivery engine
PoP	Point of Presence

QoS	Quality of Service
RFID	Radio Frequency IDentification
SAC	Situated and Autonomous Communications
SDOs	Service Delivery Overlays
SOA	Service Oriented Architecture
USN	Ubiquitous Sensor Network

참 고 문 헌

- [1] Mark Weiser, "The Computer of the 21st Century,"
Scientific American, Sep. 1991.
- [2] AMSD, A Dependability Roadmap for the Information Society in Europe: Part 2 – Appraisal of Related IST Roadmaps, 2003.
- [3] AMSD, A Dependability Roadmap for the Information Society in Europe: Part 3 – Towards a Dependability Roadmap, 2003.
- [4] ISTAG Advisory Group, Ambient Intelligence: from vision to reality, Draft Report, 2003.
- [5] <http://cordis.europa.eu/ist/fet/comms.htm>
- [6] 이동하, "소프트웨어 산업 동향과 기술발전 방향," 주간 기술동향, Vol.1263, 2006. 9. 13.
- [7] <http://www.geni.net>, GENI: Conceptual Design Project Execution Plan, Jan. 2006.