

Diversity & Inclusion : Networking the Future

**新世代ネットワーク技術戦略
中間報告書**

2009 年 3 月

独立行政法人 情報通信研究機構

新世代ネットワーク研究開発戦略本部/著

Copyright © 2009 NICT

検討・執筆メンバー

村田 正幸、衛藤 将史、大槻 一博、川西 哲也、川村 龍太郎、桐葉 佳明、
小嶋 寛明、鈴木 敏明、宗宮 利夫、寺井 弘高、中内 清秀、成瀬 誠、西永 望、
村上 誉、山田 俊樹

目次：

1. はじめに.....	1
2. ビジョンから新世代ネットワークターゲット策定へ.....	3
2.1. 新世代ネットワーク技術領域.....	3
2.2. 注力ターゲットネットワーク.....	6
3. 新世代ネットワークターゲットを実現する研究開発戦略.....	9
3.1. 価値を創造するネットワーク研究開発戦略.....	9
3.1.1. 価値を創造するネットワーク課題と解決シナリオ.....	9
3.1.2. サービス創造ネットワーク技術とロードマップ.....	10
3.1.3. メディア創造ネットワーク技術とロードマップ.....	11
3.1.4. 諸外国の動向.....	13
3.1.5. 価値を創造するネットワーク研究開発推進方策.....	14
3.2. トラスタブルネットワーク研究開発戦略.....	15
3.2.1. トラスタブルネットワーク課題と解決シナリオ.....	15
3.2.2. トラスタブルネットワーク社会基盤技術とロードマップ.....	15
3.2.3. 人と社会が信用できるネットワーク技術とロードマップ.....	18
3.2.4. 諸外国の動向.....	20
3.2.5. トラスタブルネットワーク研究開発推進方策.....	21
3.3. 生活環境を支えるネットワーク研究開発戦略.....	22
3.3.1. 生活環境を支えるネットワーク課題と解決シナリオ.....	22
3.3.2. 量的爆発を支えるネットワーク技術とロードマップ.....	22
3.3.3. 見守ってくれるネットワーク技術とロードマップ.....	24
3.3.4. 諸外国の動向.....	26
3.3.5. 生活環境を支えるネットワーク研究開発推進方策.....	26
3.4. ユーザが制約を意識しないネットワーク研究開発戦略.....	28
3.4.1. ユーザが制約を意識しないネットワーク課題と解決シナリオ.....	28
3.4.2. 多様性を収容するネットワーク技術とロードマップ.....	28
3.4.3. ネットワークユニフィケーション技術とロードマップ.....	30
3.4.4. “OMOTENASHI”ネットワーク技術とロードマップ.....	31
3.4.5. 諸外国の動向.....	33
3.4.6. ユーザが制約を意識しないネットワーク研究開発推進方策.....	33

3.5.	地球にやさしいネットワーク研究開発戦略	35
3.5.1.	地球にやさしいネットワーク課題と解決シナリオ	35
3.5.2.	グリーンネットワーク技術とロードマップ	35
3.5.3.	周波数資源活用技術とロードマップ	38
3.5.4.	諸外国の動向	40
3.5.5.	地球にやさしいネットワーク研究開発推進方策	41
3.6.	新世代ネットワークファンダメンタルズ研究開発戦略	42
3.6.1.	新世代ネットワークファンダメンタルズ課題と解決シナリオ	42
3.6.2.	ネットワーク・アーキテクチャ・ファンダメンタルとロードマップ	43
3.6.3.	知識社会ネットワークファンダメンタルとロードマップ	44
3.6.4.	ネットワーク物理アーキテクチャファンダメンタルとロードマップ	45
3.6.5.	諸外国の動向	46
3.6.6.	新世代ネットワークファンダメンタルズ研究開発推進方策	46
4.	まとめ	49
付録	新世代ネットワークの技術ロードマップ	50

1. はじめに

独立行政法人 情報通信研究機構（以下、NICT）では、新世代ネットワークに関する研究開発を戦略的に推進するため、平成 19 年 10 月 1 日に新世代ネットワーク研究開発戦略本部（以下、戦略本部）を発足させた。戦略本部は、(1)新世代ネットワークに関する中長期的な研究開発戦略を策定すること、(2)国際的な連携・競争の中で先導的・主導的役割を果たすこと、(3)長期的・国際的視野を有する ICT 関係の研究開発人材を育成すること、などを目的とするものである。本組織は理事長を本部長とし、既存組織に閉じることなく、複数の研究センターや連携研究部門をまたがった部門横断的なものとしたところに特徴がある。それによって、NICT における研究開発方策の整合性・効率性を包括的に確保するとともに、NICT が進める研究開発に対して戦略的な指針を与えることを可能としている。

戦略本部は、平成 19 年度半ばの発足以来、産学官の連携による推進体制の整備や今後の国際連携のための関係構築を行ってきた。また、戦略本部の設置に続いて、戦略ワーキンググループ（以下、戦略 WG）を設置した。戦略 WG には、企業から第一級の人材を得るとともに、NICT 内からも精鋭の研究者を集め、集中的に今後の ICT 分野における研究開発戦略を検討してきた。戦略 WG においては、平成 20 年 4 月から、新世代ネットワークによる社会問題解決の方向性とそのための技術要件、および、新世代ネットワークによる将来社会ビジョンとそれを実現する技術要件をまず集中的に討論し、平成 20 年 10 月に「Diversity & Inclusion: Networking the Future 新世代ネットワークにおけるビジョンと技術要件」としてまとめた。また、その改訂版を平成 21 年 2 月に発表した。

その後、上述の報告書に示した社会問題解決、さらには、将来ビジョン実現のために必要なさまざまな技術要件を串刺しにして、五つのネットワークターゲットとしてまとめた。「価値を創造するネットワーク」、「トラスタブルネットワーク」、「生活環境を支えるネットワーク」、「ユーザが制約を意識しないネットワーク」、「地球にやさしいネットワーク」である。本報告書では、これらのネットワークの研究開発戦略、すなわち、技術的にどう実現していくべきか、重要な諸技術とそのロードマップを示している。また、これらの技術の実現を支えるネットワーク科学に関する研究開発戦略として「新世代ネットワークファンダメンタルズ」を示している。

本報告書は、社会的経済的将来ビジョンの策定、それを実現する重要技術の設定、さらに技術ロードマップの策定、の一連の作業を戦略 WG において産官学の叡智を結集して行った結果であり、ICT 分野において従来類を見ないものと自負している。

また、本報告書には示していないが、これら技術的研究開発戦略を支えるテストベッド戦略／技術移転戦略、研究開発資金戦略、標準化戦略／国際化戦略、人材育成戦略、イノベーション戦略についても策定を開始しており、これらの包括的戦略によって我が国における新世代ネットワークの発展に資するものと確信している。

以下、第 2 章にて、先に示した NICT 新世代ネットワークビジョンからネットワークターゲット策定への展開を説明し、第 3 章では五つのネットワークターゲットの研究開発戦

略、および、ネットワークファンダメンタルズ研究開発戦略、および、技術ロードマップの概略について説明する。最後に、第 4 章にて本報告書をまとめている。

2. ビジョンから新世代ネットワークターゲット策定へ

2.1. 新世代ネットワーク技術領域

顕在化する社会問題の解決、新しい価値観の創造、多様性を許容する新たな社会へ、という三つの視点から構成される新世代ネットワークビジョンに基づき、20項目に渡る社会課題および未来社会展望を分析し、新世代ネットワークの機能要件を抽出した。更に、抽出された技術要件を、既存ネットワークから大きく変革を遂げるとの観点から、革新的研究の大きな方向性として技術チャレンジとして表現した。本報告書においては、この新世代ネットワークビジョンを具現化するための技術ロードマップの策定ならびに推進戦略の検討結果を3章以降で報告していく。

本節では、新世代ネットワークとしてイノベーションを創出する革新的ネットワークターゲットの導出にあたっての基本的な検討プロセスについて言及をしておく。図2.1.1がその検討プロセスを示したものであり、①新世代ネットワークビジョンと技術要件、②技術チャレンジ、および③技術シーズを用い、広範な領域の技術トレンドの全体像を俯瞰しながら、利用者視点での分かり易さと新世代としての変革インパクトの大きさを考慮し、新世代ネットワーク研究開発の技術戦略ソリューションとしてパッケージした五つの革新的ネットワークターゲットの抽出を行った。また、技術ロードマップおよび推進戦略の詳細化を行った。①のビジョンおよび技術要件におけるニーズ・ウォンツと③の技術シーズとを、②のチャレンジ性の視点から精査を行い、ネットワークターゲットの抽出と新世代ネットワークの技術ロードマップ(図2.1.2)の策定を行った。

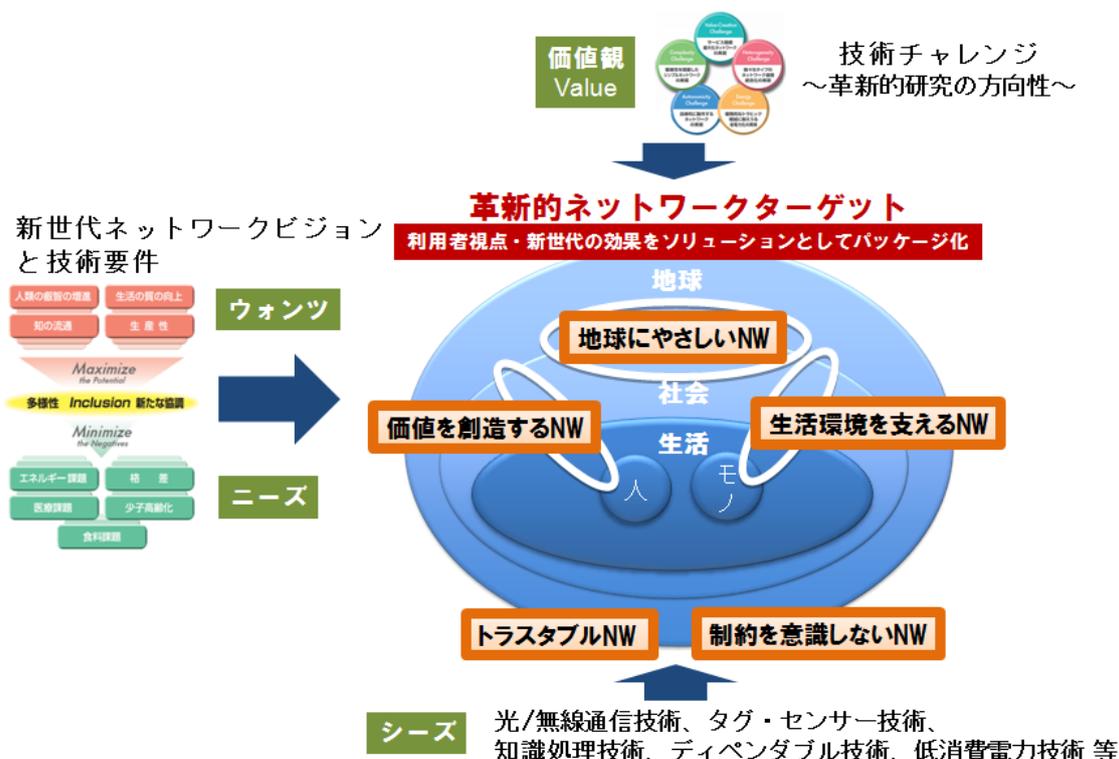


図 2.1.1 新世代ネットワークビジョン・技術チャレンジ・ターゲットの関係

本ロードマップは、既存資料として公開されている、「ICT 成長力懇談会最終報告書 “xICT” ビジョン」、「我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略（情報通信審議会答申）」、「次世代放送技術に関する研究会報告書」、「経済産業省 技術ロードマップ 2008」の資料に基づいて、新世代ネットワークとしての広範な技術領域における技術開発課題を網羅的に列挙したものである。これらに記載されている要素技術を、バックボーン（光・ワイヤレス）、アクセス、ワイヤレスアクセス、衛星通信、ホーム、センサーネットワーク、ネットワーク機器用デバイス、端末、ミドルウェア（サービス&運用管理）、L3/L4 技術、ネットワークアーキテクチャ、ネットワーク制御管理、セキュリティ、等の領域に再分類し、我々の検討した注力ターゲットネットワークにおける技術ロードマップを加筆した形で取り纏めている。本ロードマップは、この新世代ネットワークの技術領域と 3 章以降で詳細化するネットワークターゲットのロードマップおよび関連する技術のロードマップの一部を示したものである。ロードマップを策定する上で、着目した技術トレンドについて以降で、報告しておく。

まず、新世代ネットワークにおいては、量・質ともに大きな変革が起こるであろうとの仮定から、各技術領域において理論研究の強化が重要と考えている。特に、これまでの既存エンジニアリングの延長では、問題解決を行うことが困難になってくると考えている。具体的には、超分散システム設計・最適化手法、マルチレイヤ・クロスレイヤプロトコル評価手法、トラヒックモデリング・解析理論、セキュリティ・トラスト評価手法、等々の新しいネットワーク理論の構築をサイエンスとして研究開発することが、日本の技術競争力強化につながるものと考えている。

アプリケーション（ミドルウェア）領域の重要課題は、サービスプラットフォームとネットワーク資源の運用管理であると考えている。特にサービスシステム自体が超分散化していくなかでのサービス支援ソフトウェアの制御方式や仮想化等の新技术により複雑多様化・膨大化するシステム資源の効率的かつリアルタイムな管理技術が重要と考える。

アーキテクチャ領域の課題として、自律性、スケーラビリティ、ディペンダビリティ、省電力、等を挙げている。多種多様なネットワーク機器からネットワークサービス制御に跨り上記を実現する、領域横断型の研究開発推進を強化することが必須となる。

プロトコル領域では、特にワイヤレス・モバイルネットワークと固定ネットワークが真に融合する環境下においても、ネットワーク資源利用効率を最大化するモビリティを如何に実現するか、等のマルチメトリック型経路制御・資源最適化技術が重要となると考えている。トラヒック領域においては、トラヒックパターンの変革に追従可能な自律制御型の新方式の研究開発が、また、セキュリティ領域においてはトラストの視点からシステム全体を評価・制御することを可能とする新技术の研究開発が期待されると考えている。

光ネットワーク領域においては、これまでの量的拡大（広帯域・高速化）の進展のみならず、同時に省電力化を実現していくことが必須であり、光パケットスイッチング技術やディープ・スリープ・ラピッド・ウェイクアップを可能とする EWB(Extreme Wideband)

技術が重要と考えている。また、モバイルネットワーク領域においては、LTE や IMT Advanced 等の 4G に向けた着実なる技術開発に加え、周波数資源利用効率向上の観点からのコグニティブ無線およびソフトウェア無線技術や光無線融合の新技术開発が期待される。

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			それ以降																																																																																																										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017																																																																																																											
バックボーン(光・ワイヤレス)	<table border="1"> <tr> <td>地球にやさしいNW</td> <td>低消費電力フォトニックネットワーク 光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※</td> <td>方式検討、シミュレーション評価</td> <td>試作検証、標準化、プロトタイプ開発</td> <td colspan="3">テストベッド試験、商用システム開発</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>光波長ユニティリティ(高効率・高品質・大容量リンク、光3R技術、大規模光ネットワーク制御管理)技術</td> <td>100Gbps超級の高速長距離光リンク技術及び光3R技術、1000ノード以上の大規模光ネットワーク制御管理技術を確立</td> <td>基礎</td> <td colspan="3">技術開発</td> <td colspan="4">テストベッド試験、商用システム開発</td> </tr> <tr> <td></td> <td>全光ネットワーク基盤技術(光RAM技術)</td> <td>入出力4bitの光RAMプロトタイプを作成</td> <td colspan="3">全光ルータ実現のための技術の確立</td> <td colspan="2">基礎</td> <td colspan="3">開発</td> </tr> <tr> <td></td> <td>次世代光無線システム</td> <td>フル光無線システムを高度化し、大容量及び長距離化を実現</td> <td colspan="3">開発</td> <td colspan="2">実用</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>ユニバーサルリンク接続の研究開発</td> <td>複数波長を用いた、100GbE規格が制約</td> <td colspan="3">基礎</td> <td colspan="2">開発</td> <td colspan="3">実用</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">制約を認識しないNW</td> <td>適切なリソースを利用した新規/一時的機能の動的起動(アダプティブ・カスタムネットワーク)技術</td> <td></td> <td>新規/一時的機能の動的起動技術</td> <td colspan="3">適切なリソースによる動的機能起動技術</td> <td colspan="4">状況に応じた自律的新サービス提供技術</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="3">基本技術開発</td> <td colspan="2">運用技術開発</td> <td colspan="3">実用化技術開発</td> </tr> <tr> <td>分散型バックボーン構築技術</td> <td>高信頼・高品質な分散型バックボーンを構築する技術の開発</td> <td colspan="3">バックボーン設備構成、相互接続点の検討へ適用、また障害時の迅速な対応、パス最適・設定業務の効率化、およびそれら機能を提供するネットワークノード等の実現</td> <td colspan="2">実用</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>非常時通信網構築技術</td> <td>大規模災害時の輻輳や基地局破壊等がある環境下でも、残存の様々な通信資源を有効活用し多くの携帯電話が使えらるための、共通基盤制御技術を確立・基地局を用いないアドホックネットワークによる人対人の通信並びに遠隔制御を実現</td> <td colspan="3">非常時通信の共通基盤技術に基づく下記の通信設備ならびに端末を開発 ・携帯電話を初めとする各種モバイル機器での非常用通信基盤対応端末を開発 ・無線LANや近距離無線による管理不要のアドホック通信基地局設備の開発 ・無線LAN、近距離無線、WMAXなど複数の通信手段を具備したDTN中継局設備の開発</td> <td colspan="2">開発</td> <td colspan="3">実用</td> </tr> <tr> <td></td> <td>情報ライフライン高度化技術</td> <td>NGN環境における送受信制御システムとのセキュリティ検証が可能に</td> <td>携帯受信機における連続視聴時間が半日程に 地下鉄・トンネル内などでも地上デジタル放送の受信が可能に 緊急警報や緊急地震速報が携帯受信機を絡む全ての受信端末で受信</td> <td>路車間通信(DSRC)を利用した放送通信コンテンツ表示が可能に</td> <td colspan="2">実用第1フェーズ</td> <td colspan="3">実用第2フェーズ</td> </tr> </table>										地球にやさしいNW	低消費電力フォトニックネットワーク 光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価	試作検証、標準化、プロトタイプ開発	テストベッド試験、商用システム開発								光波長ユニティリティ(高効率・高品質・大容量リンク、光3R技術、大規模光ネットワーク制御管理)技術	100Gbps超級の高速長距離光リンク技術及び光3R技術、1000ノード以上の大規模光ネットワーク制御管理技術を確立	基礎	技術開発			テストベッド試験、商用システム開発					全光ネットワーク基盤技術(光RAM技術)	入出力4bitの光RAMプロトタイプを作成	全光ルータ実現のための技術の確立			基礎		開発				次世代光無線システム	フル光無線システムを高度化し、大容量及び長距離化を実現	開発			実用						ユニバーサルリンク接続の研究開発	複数波長を用いた、100GbE規格が制約	基礎			開発		実用			制約を認識しないNW	適切なリソースを利用した新規/一時的機能の動的起動(アダプティブ・カスタムネットワーク)技術		新規/一時的機能の動的起動技術	適切なリソースによる動的機能起動技術			状況に応じた自律的新サービス提供技術						基本技術開発			運用技術開発		実用化技術開発			分散型バックボーン構築技術	高信頼・高品質な分散型バックボーンを構築する技術の開発	バックボーン設備構成、相互接続点の検討へ適用、また障害時の迅速な対応、パス最適・設定業務の効率化、およびそれら機能を提供するネットワークノード等の実現			実用					非常時通信網構築技術	大規模災害時の輻輳や基地局破壊等がある環境下でも、残存の様々な通信資源を有効活用し多くの携帯電話が使えらるための、共通基盤制御技術を確立・基地局を用いないアドホックネットワークによる人対人の通信並びに遠隔制御を実現	非常時通信の共通基盤技術に基づく下記の通信設備ならびに端末を開発 ・携帯電話を初めとする各種モバイル機器での非常用通信基盤対応端末を開発 ・無線LANや近距離無線による管理不要のアドホック通信基地局設備の開発 ・無線LAN、近距離無線、WMAXなど複数の通信手段を具備したDTN中継局設備の開発			開発		実用				情報ライフライン高度化技術	NGN環境における送受信制御システムとのセキュリティ検証が可能に	携帯受信機における連続視聴時間が半日程に 地下鉄・トンネル内などでも地上デジタル放送の受信が可能に 緊急警報や緊急地震速報が携帯受信機を絡む全ての受信端末で受信	路車間通信(DSRC)を利用した放送通信コンテンツ表示が可能に	実用第1フェーズ		実用第2フェーズ		
地球にやさしいNW	低消費電力フォトニックネットワーク 光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価	試作検証、標準化、プロトタイプ開発	テストベッド試験、商用システム開発																																																																																																																
	光波長ユニティリティ(高効率・高品質・大容量リンク、光3R技術、大規模光ネットワーク制御管理)技術	100Gbps超級の高速長距離光リンク技術及び光3R技術、1000ノード以上の大規模光ネットワーク制御管理技術を確立	基礎	技術開発			テストベッド試験、商用システム開発																																																																																																													
	全光ネットワーク基盤技術(光RAM技術)	入出力4bitの光RAMプロトタイプを作成	全光ルータ実現のための技術の確立			基礎		開発																																																																																																												
	次世代光無線システム	フル光無線システムを高度化し、大容量及び長距離化を実現	開発			実用																																																																																																														
	ユニバーサルリンク接続の研究開発	複数波長を用いた、100GbE規格が制約	基礎			開発		実用																																																																																																												
制約を認識しないNW	適切なリソースを利用した新規/一時的機能の動的起動(アダプティブ・カスタムネットワーク)技術		新規/一時的機能の動的起動技術	適切なリソースによる動的機能起動技術			状況に応じた自律的新サービス提供技術																																																																																																													
			基本技術開発			運用技術開発		実用化技術開発																																																																																																												
	分散型バックボーン構築技術	高信頼・高品質な分散型バックボーンを構築する技術の開発	バックボーン設備構成、相互接続点の検討へ適用、また障害時の迅速な対応、パス最適・設定業務の効率化、およびそれら機能を提供するネットワークノード等の実現			実用																																																																																																														
	非常時通信網構築技術	大規模災害時の輻輳や基地局破壊等がある環境下でも、残存の様々な通信資源を有効活用し多くの携帯電話が使えらるための、共通基盤制御技術を確立・基地局を用いないアドホックネットワークによる人対人の通信並びに遠隔制御を実現	非常時通信の共通基盤技術に基づく下記の通信設備ならびに端末を開発 ・携帯電話を初めとする各種モバイル機器での非常用通信基盤対応端末を開発 ・無線LANや近距離無線による管理不要のアドホック通信基地局設備の開発 ・無線LAN、近距離無線、WMAXなど複数の通信手段を具備したDTN中継局設備の開発			開発		実用																																																																																																												
	情報ライフライン高度化技術	NGN環境における送受信制御システムとのセキュリティ検証が可能に	携帯受信機における連続視聴時間が半日程に 地下鉄・トンネル内などでも地上デジタル放送の受信が可能に 緊急警報や緊急地震速報が携帯受信機を絡む全ての受信端末で受信	路車間通信(DSRC)を利用した放送通信コンテンツ表示が可能に	実用第1フェーズ		実用第2フェーズ																																																																																																													
アクセス	<table border="1"> <tr> <td rowspan="4">制約を認識しないNW</td> <td>マイクロメディア流通環境技術(有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術)※</td> <td>複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発</td> <td>有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発</td> <td>有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発</td> <td colspan="6">信頼性・安定性検証</td> </tr> <tr> <td>(モバイル網、固定網を認識させない)サービスシームレスハンドオーバー技術</td> <td colspan="3">技術開発</td> <td colspan="6">技術統合&テストベッド検証</td> </tr> <tr> <td></td> <td>異種ネットワーク間でのQoSの制御・管理やトラフィックエンジニアリング管理などを実現する技術を開発</td> <td colspan="3">基礎</td> <td colspan="2">開発</td> <td colspan="3">実用</td> </tr> <tr> <td>無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術※</td> <td>複数無線リソースを活用したデータ伝送及び高密度無線統合基本技術</td> <td>仮想化と連動した無線統合ネットワーク構築・運用技術</td> <td colspan="3">無線/有線統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術</td> <td colspan="4">実用化技術開発</td> </tr> <tr> <td></td> <td>大容量アクセス収容技術</td> <td>固定・移動通信網融合や、接続の異なるネットワークを自律的に構成し、最適な相互接続や品質管理の可能なネットワーク構築技術の開発</td> <td colspan="3">開発</td> <td colspan="4">実用</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(モバイル網、固定網など広帯域から小電力に渡る様々な)異種アクセス網インタフェース技術</td> <td>フェムトセル/高機能アプライアンス等による、各種モバイル網と固定網とのインタフェースの標準化や制度改正など</td> <td colspan="3">基礎</td> <td colspan="2">開発</td> <td colspan="3">実用</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">地球にやさしいNW</td> <td>低消費電力フォトニックネットワーク 光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※</td> <td>方式検討、シミュレーション評価</td> <td>試作検証、標準化、プロトタイプ開発</td> <td colspan="3">テストベッド試験、商用システム開発</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>光波長アクセス(波長多重シームレスアクセス、フレーム多重超高速アクセス)技術</td> <td>100Gbps級の光アクセス基本技術を開発し、国際標準の提案</td> <td colspan="3">次世代のテラビットLAN国際標準技術の獲得</td> <td colspan="2">基礎</td> <td colspan="3">開発</td> </tr> <tr> <td>光アクセスネットワーク技術の効率化・高機能化・長距離化の技術</td> <td>10Gアクセスシステムの構成技術を開発し、FTTH長距離化を達成(〜100km)</td> <td colspan="3">アクティブネットワーク技術の確立等により、アクセス網の長距離化</td> <td colspan="2">基礎</td> <td colspan="3">開発</td> </tr> </table>										制約を認識しないNW	マイクロメディア流通環境技術(有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術)※	複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発	有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発	有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発	信頼性・安定性検証						(モバイル網、固定網を認識させない)サービスシームレスハンドオーバー技術	技術開発			技術統合&テストベッド検証							異種ネットワーク間でのQoSの制御・管理やトラフィックエンジニアリング管理などを実現する技術を開発	基礎			開発		実用			無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術※	複数無線リソースを活用したデータ伝送及び高密度無線統合基本技術	仮想化と連動した無線統合ネットワーク構築・運用技術	無線/有線統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術			実用化技術開発					大容量アクセス収容技術	固定・移動通信網融合や、接続の異なるネットワークを自律的に構成し、最適な相互接続や品質管理の可能なネットワーク構築技術の開発	開発			実用					(モバイル網、固定網など広帯域から小電力に渡る様々な)異種アクセス網インタフェース技術	フェムトセル/高機能アプライアンス等による、各種モバイル網と固定網とのインタフェースの標準化や制度改正など	基礎			開発		実用			地球にやさしいNW	低消費電力フォトニックネットワーク 光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価	試作検証、標準化、プロトタイプ開発	テストベッド試験、商用システム開発							光波長アクセス(波長多重シームレスアクセス、フレーム多重超高速アクセス)技術	100Gbps級の光アクセス基本技術を開発し、国際標準の提案	次世代のテラビットLAN国際標準技術の獲得			基礎		開発			光アクセスネットワーク技術の効率化・高機能化・長距離化の技術	10Gアクセスシステムの構成技術を開発し、FTTH長距離化を達成(〜100km)	アクティブネットワーク技術の確立等により、アクセス網の長距離化			基礎		開発															
制約を認識しないNW	マイクロメディア流通環境技術(有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術)※	複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発	有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発	有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発	信頼性・安定性検証																																																																																																															
	(モバイル網、固定網を認識させない)サービスシームレスハンドオーバー技術	技術開発			技術統合&テストベッド検証																																																																																																															
		異種ネットワーク間でのQoSの制御・管理やトラフィックエンジニアリング管理などを実現する技術を開発	基礎			開発		実用																																																																																																												
	無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術※	複数無線リソースを活用したデータ伝送及び高密度無線統合基本技術	仮想化と連動した無線統合ネットワーク構築・運用技術	無線/有線統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術			実用化技術開発																																																																																																													
	大容量アクセス収容技術	固定・移動通信網融合や、接続の異なるネットワークを自律的に構成し、最適な相互接続や品質管理の可能なネットワーク構築技術の開発	開発			実用																																																																																																														
	(モバイル網、固定網など広帯域から小電力に渡る様々な)異種アクセス網インタフェース技術	フェムトセル/高機能アプライアンス等による、各種モバイル網と固定網とのインタフェースの標準化や制度改正など	基礎			開発		実用																																																																																																												
地球にやさしいNW	低消費電力フォトニックネットワーク 光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価	試作検証、標準化、プロトタイプ開発	テストベッド試験、商用システム開発																																																																																																																
	光波長アクセス(波長多重シームレスアクセス、フレーム多重超高速アクセス)技術	100Gbps級の光アクセス基本技術を開発し、国際標準の提案	次世代のテラビットLAN国際標準技術の獲得			基礎		開発																																																																																																												
	光アクセスネットワーク技術の効率化・高機能化・長距離化の技術	10Gアクセスシステムの構成技術を開発し、FTTH長距離化を達成(〜100km)	アクティブネットワーク技術の確立等により、アクセス網の長距離化			基礎		開発																																																																																																												

図 2.1.2 新世代ネットワークの技術ロードマップ (抜粋、付録参照)

我々が検討・策定した新世代ネットワークの技術ロードマップは、既存ロードマップとの整合性を担保しつつ、新世代ネットワークとして、革新的・創造的な技術開発項目を修

正・加筆したものという位置づけと考えている。特に、我々の検討過程においては、網羅性チェックの視点から上述の既存の成果を活用させて頂き、各ターゲットネットワーク課題における大きな記載漏れを防止できたもの、と考えている。

2.2. 注力ターゲットネットワーク

我々は新世代ネットワークビジョンに基づき、20項目に渡る社会課題および未来社会展望を分析し、新世代ネットワークの技術要件を列挙した。これと同時に、既存のインターネットや次世代ネットワーク(NGN)では実現できないネットワークが持つべき技術要件を検討した。その結果、新世代ネットワークが具備する技術要件を100以上抽出し、これらの技術要件をいくつかの抽象的なカテゴリに分類した。分類に際しては、ネットワークと地球上のすべてのものと人とのつながり、地球と持続可能な社会との関係、人とネットワーク社会と信頼、支援関係等を念頭に置いた。その結果、五つの目指すべきネットワーク像を絞り込んだ(図 2.1.1)。このネットワーク像がネットワークターゲットであり、ビジョンの実現のために新世代ネットワークが目指すべき方向を示している。五つのネットワークターゲットはそれぞれの技術開発要素が、社会課題解決や未来社会展望に資する技術要件として紐付けされている。(図 2.1.3)

五つのネットワークターゲットの詳細は、第3章に記述されるが、ここではこれらのネットワークターゲットに関して概説する。「**価値を創造するネットワーク**」は、情報化社会から知識社会への変革による新しい価値を創造するための基盤である。これらは従来、ネットワークを用いたアプリケーションプラットフォームと呼ばれ、ネットワークの研究開発とは一線を画していた。しかし、新世代ネットワークにおいては従来のような伝送技術だけに着目して研究開発をするのではなく、ユーザの一手手前までがネットワークであり、サービスの創成、イノベーションの創出までを含めて提供すべきという考え方に基づいている。「**トラスタブルネットワーク**」はこれまでのディペンダブルを一步先に進め、人と社会が信用できるネットワークを構築することを目標としている。新世代ネットワーク時代においては、巨大で複雑なネットワーク基盤が人間の生活を支えることになるが、これらの要素の一部が不完全であっても、持続的に動作が可能な柔らかなシステムが必要となり、このネットワーク基盤が社会的に信用されるものでなければならない。ここでは社会基盤システムとして信用され、動作するネットワークを目指す。「**生活環境を支えるネットワーク**」は地球上のすべての人とのものの接続を実現するためのネットワークであり、実態は地球規模でスケール可能なセンサー・アクチュエータ・ネットワークである。このネットワークによって、細胞レベルの情報から、惑星宇宙レベルの情報までがネットワークで流通記録され、これらの膨大な情報を用いた新しいサービスが期待できる。「**制約を意識しないネットワーク**」はこれまでユーザが多く経験してきた、ネットワークの設定の煩わしさや、サービスエリア外での通信断を解決し、ユーザがネットワークを意識することなく、ネットワークが使える環境を提供することをターゲットとしている。「**地球に優しいネットワー**

ク」はネットワーク自体の持続発展可能性と、ネットワークを使用することによる地球の持続可能性との両立を意図し、エネルギー問題と周波数資源の二つの限りある資源の最大有用を目指したものである。これら五つのネットワークターゲットは共通した基盤領域としての「**新世代ネットワークファンダメンタルズ**」を持つ。新世代ネットワークファンダメンタルズは、これらすべてのネットワークターゲットに特に共通した、持続発展可能なネットワーク基盤のためのネットワーク科学分野の研究や、先端デバイス開発等があげられる。

以降 3 章では、各ターゲットネットワークにおいて最重要課題であると抽出された技術内容に関して報告するが、今後、多くの有識者の方々からのコメントを頂戴したうえで、活発な議論をとおして改版につとめていく所存である。

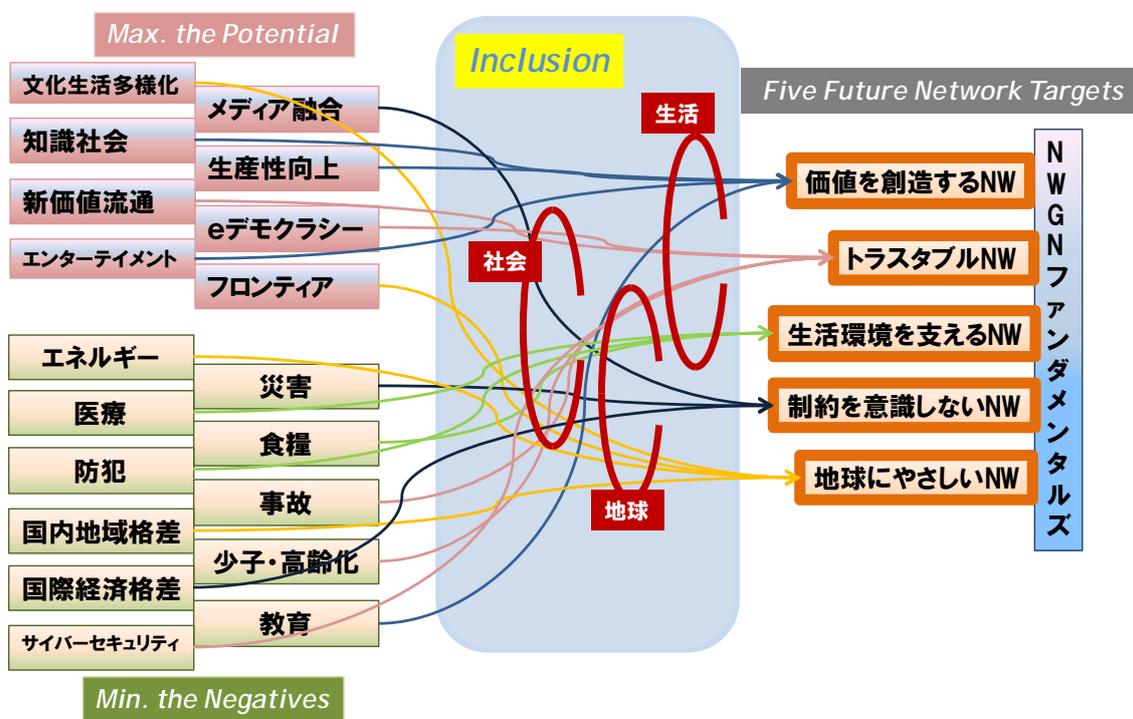


図 2.1.3 新世代ネットワーク技術要件と五つのネットワークターゲット

参考文献：

- [2-1-1] 総務省, ICT 成長力懇談会 最終報告書 “xICT” ビジョン, 平成 20 年 7 月
http://www.soumu.go.jp/s-news/2008/080703_6.html
- [2-1-2] 総務省, 情報通信審議会答申 “我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略”, 平成 20 年 6 月
http://www.soumu.go.jp/s-news/2008/080627_6.html
- [2-1-3] 総務省, 次世代放送技術に関する研究会報告書, 平成 19 年 6 月
http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/070627_3.html
- [2-1-4] 経済産業省, 技術ロードマップ 2008, 平成 20 年 4 月
http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008.html

3. 新世代ネットワークターゲットを実現する研究開発戦略

3.1. 価値を創造するネットワーク研究開発戦略

3.1.1. 価値を創造するネットワーク課題と解決シナリオ

● 課題

単にコネクションを提供するだけのサービス提供から脱却し、新たなサービスイノベーションをネットワークに起こすことを目的とする。ユーザ視点に立ったサービスを提供するための新たなバリューチェーンの創出、ユーザニーズ多様化とサービス実現のための機能の共通化の両立が課題である。さらに将来的には、ネットワーク中を流れるサービス情報を収集し蓄積すると共に、ビジネスや人間系の知識を融合させ、これまでにない新たなサービスを生成する基盤の構築を目指し、サービスの生産性に寄与する。

● シナリオ

(a) ネットワークが新たな価値を創造する基盤となるためには、まずはネットワーク自体がそのサービス機能をモジュール化させ、様々なユーザニーズに対応できるようにすると共に、オープン化を進めないと行けない(ステップ 1)。さらにはネットワークを介して提供されるサービスプロセスの可視化を実現し(ステップ 2)、最終的には暗黙知といった人の知識を融合させたネットワーク基盤の構築を目指す(ステップ 3)。

(b) また、ネットワークの機能だけではなく、使用するユーザをも巻き込んださらなるイノベーションを起こす必要がある。ユーザの情報発信環境を整え(ステップ 1)、情報の収集・解析技術で信頼性を判定し(ステップ 2)、ネットワークが既存のメディアでは提供できない各個人発の新たな価値をもった情報を提供可能とすることで、新たな価値を創造する情報コミュニケーション環境の基盤となることを目指す(ステップ 3)。

● ゴール

情報配信から知識配信への変革による新たな価値を創出する基盤を構築すると共に、サービス品質の Made in Japan ブランド化を目指す。

① サービス創造ネットワーク

ネットワーク自体がサービスイノベーションを起こすための基盤となることを目指す。
ステップ 1: ネットワークサービス機能のモジュール化を推進し、ユーザ自身がネットワークサービスをカスタマイズ可能とする「あなただけのネットワーク」を実現
ステップ 2: 人びとの中に蓄積されている膨大な知識を配信し、流通させる仕組みの実現
ステップ 3: サービスプロセス可視化機能など、サービスを支える基本機能のネットワークへのビルトイン、及びネットワークを介して得られた集合知、暗黙知などの人間系知識、ビジネス知識などの DB 化を実現し、真のサービスイノベーションを起こす基盤の構築

② メディア創造ネットワーク

ネットワーク自体が新しいメディアのイノベーションを起こすため情報コミュニケーションの基盤となることを目指す。

ステップ1: ユーザがいつでもどこでもだれでも情報発信が可能となる情報流通環境の実現

ステップ2: 発信された情報を収集・解析しデータベースを構築する技術の実現

ステップ3: 蓄えられた情報からユーザのニーズに合った情報を生成する技術の実現

3.1.2. サービス創造ネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

情報配信から知識配信への変革による新たな価値を創出する基盤の構築を目指し、それを支える技術の開発を行う。

ネットワーク自体がサービスを創出できる基盤となるには、サービス状況やその意味解析、それらを支えるリファレンス DB が必要となる。また将来のネットワーク中には単なるサービス情報だけでなく、暗黙知や集合知といった人びとの知識が配信・流通されると予想される。それら知識情報を用い、ユーザ行動に応じたサービスをシステムと調和しながら自律的に制御・提供し、高いサービス品質を実現する。

● 目標達成の意義

これまでネットワーク産業では旧来型のサービスしか提供しておらず、サービスイノベーションを起こしにくい環境であった。ネットワーク自体を Web サービスのように誰もが使え、カスタマイズ可能にすることにより、これまで思いも付かなかったサービスがユーザ主導で出現することが期待できる。これは新たなサービス市場を開拓することとなり、キャリアの収入源となることも期待できる。

また現在の Web サービスはネットワーク無しには提供不可能であり、ネットワークが重要なインフラとなっている。これまで各企業やユーザに閉じたサービスを提供するまでのプロセス可視化はなされてきたが、サービス自体が企業外にアウトソースされるにしたがい、ネットワーク自体が巨大なサービス提供基盤となりつつある。

したがって、ネットワークにおいてサービスプロセスの可視化や、集合知や暗黙知と言ったサービス生成につながる情報を収集できるようになり、それらを DB 化し用いることで、サービスイノベーションをネットワーク主導で起こし、新たなサービスを提供できるようになる。

● 目標実現技術とロードマップ

① キャリア間で使用できるネットワークサービスのモジュール化／プラットフォーム化技術

② 大規模知識配信・流通実現技術(知識収集技術、知識配信技術、知識データ分析技術、知

識データマイニング技術)

- ③ ネットワークにビルトインされたサービスプロセス可視化技術(ユーザ状況、解析、設計ツール、サービス検証環境)、大規模分散サービス知識データベース構築技術 (人間系知識、ビジネス知識などの蓄積)

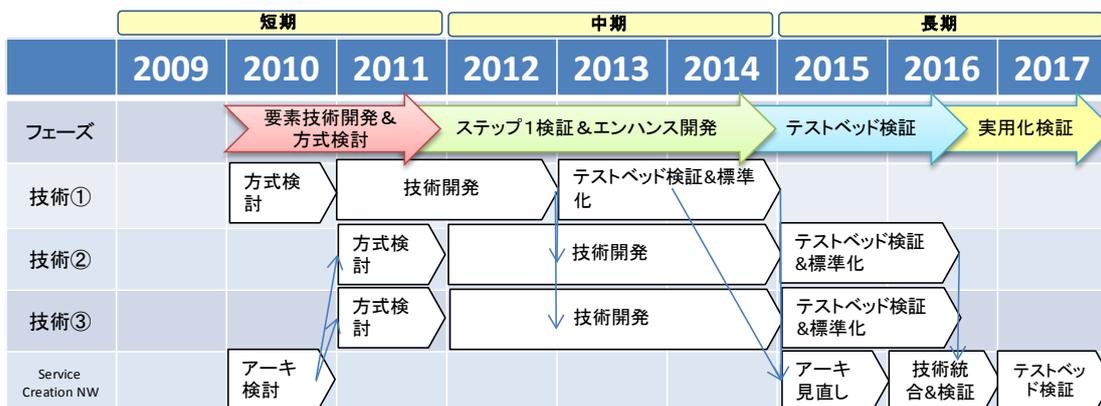


図 3.1.1 サービス創造ネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

Web アプリケーションに見られるように既に Web 上では提供するサービス機能をモジュール化し、その組み合わせの自由度により柔軟なサービス提供を実現している。また NGN においては、サービス機能を提供する Service Stratum と呼ぶアーキテクチャを策定し、その中で Application Support Function and Service Support Function にて各種サービスを提供することが述べられている。さらに一時期、SOA の概念を発展させ SDP(Service Delivery Platform)と呼ぶプラットフォームを構築し、ネットワーク固有の機能であるプレゼンス機能や課金機能などをサービスモジュール化する試みも見られた。

サービス創造ネットワークにおいてはそれらを否定するものではなく、さらにこれからサービスのモジュール化が進められると考える。今後 Web システムとネットワークシステムの境目がますます不明確になり、渾然一体となりサービスが提供されるものと予想される。サービス創造ネットワークは、前述したように情報社会から知識社会への変革による価値を創造する基盤の構築を目指すものであり、既存ネットワークのサービス基盤をより発展させる以上に、将来の知識配信を可能とする基盤である点、人間行動とシステム動作の調和を自律制御しサービスを提供できるようになる点等、が大きな相違点と考える。

3.1.3. メディア創造ネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

個人のレベルで容易に情報発信できる通信プラットフォームを整え、ネットワークが既存のメディアでは提供できない各個人発の新たな価値を持った情報を提供可能とし、放送

局や新聞社などマスメディアが作り発信するリッチなコンテンツと、個人一人一人が発信するマイクロメディアが作るニッチなコンテンツを区別なく扱うことで、信頼がおけて使いやすい形でユーザが本当に必要な情報を提供できるような、ネットワーク自体が新しいメディアのイノベーションを起こすための情報コミュニケーション環境の基盤となることを目指す。

● 目標達成の意義

個人一人一人がマイクロメディアとして容易に情報発信でき、それら多くの情報が集約され新たなメディアとして機能させることで、マスメディアが発信する情報だけでなく、より多岐に渡り新たな価値を持った様々な情報を多くの人に提供することが可能となる。

また、マスメディアが作り出すコンテンツはその出所（放送局や新聞社など）によってコンテンツの信頼性が確保され、個人に関しては、これまでの行動（発信内容）の履歴などによってその個人の信頼性が判断されている現状に加え、コンテンツ自身の内容に応じてその情報の信頼性の判断ができるようになれば、マスメディアや個人の区別をすることがなくなり、様々な情報を統一的に扱うことが可能となる。

究極的には、その発信元がマスメディアからか個人からかなどを区別することなく、信頼性が担保された形で情報が提供され、利用するユーザも安心して自分に必要な情報を適切に入手することが可能となり、さらに自分自身も情報提供者となることで、ネットワーク上に大きな情報コミュニケーション環境を構築することが可能となる。

● 目標実現技術とロードマップ

マスメディア&マイクロメディア融合の新方式の確立

①マイクロメディア流通環境技術（有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術）

マイクロメディアからの情報を収集するためには、個人一人一人からの情報発信が容易に行われる必要がある。そのための前提となる技術として、いつでもどこでもだれでも簡単に情報発信できる有線無線統合伝送技術および対応端末技術は必須であり、そのような情報流通環境を整える必要がある。

②情報信頼性判定技術（コンテンツの各種解析処理およびデータベース構築技術）

マイクロメディアからの情報を有効利用するためには、玉石混合な多数の情報の中からいかに正確で有意義な情報を選択するかが非常に重要な要素となる。そのための情報解析技術ならびにデータベース構築技術は非常に重要で不可欠な技術である。

③ユーザ適応ニューメディア生成技術（ユーザ状況把握技術とユーザニーズ対応技術）

最終的にユーザに情報を提供する際に、いかに既存のメディアでは提供不可能な新たな価値を持つ情報であるかは極めて重要である。そのためのユーザ状況の把握とそのニーズに合わせた情報の生成という技術は欠かすことのできない重点技術である。

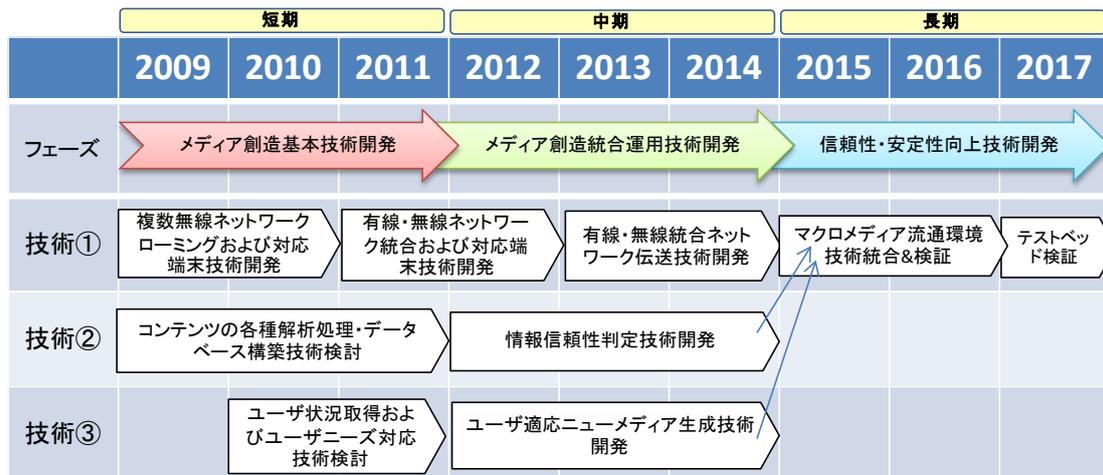


図 3.1.2 メディア創造ネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

Web アプリケーションにおける SNS、特にブログや動画共有サイトに代表されるような個人が情報を発信しその情報を通じたコミュニケーションの場を提供しているサービスは既に数多く存在している。一方で、情報の信頼性や信憑性がきちんと確保されたものではないこと、全てのネットワークユーザが気兼ねなく安心して簡単に発信しているわけではないことも事実である。

メディア創造ネットワークにおいては、情報の信頼性やネットワークコミュニケーションの安心感を確保した上で、情報発信の敷居を下げることにより、多様な情報を収集でき、ネットワークユーザー一人一人に応じて新たな価値を持つ情報を提供できる点が既存ネットワークとの大きな相違点と考える。

3.1.4. 諸外国の動向

米国は 1990 年代にサービス業が大きく成長し、大きな雇用を獲得する産業となった。米国のサービス産業の生産性向上の理由として、(a)ICT を生産する側よりも ICT を活用する側にあるサービス産業の生産性が向上している。(b)ICT への投資が多い「ICT 活用国」の生産性が高い傾向を示している。(c)ICT ユーザであるサービス分野の企業が、ICT を有効活用することで ICT の潜在力を引き出すことに成功したと考えられる。

米国の ICT を活用したサービス産業は、その後 Google や Amazon といったサービス・イノベーション・リーダーを出現させ現在に至っている。特に SNS は、Facebook や MySpace が多くの会員を持ち、ブログサイトは多くの一般読者から強い支持を得ており、世論形成など大きな影響力を持ってメディアとしての地位を確立しつつある。また Youtube を筆頭に動画共有サイト、さらに Twitter のような新たなコミュニケーションサービスなど、個人が情報発信するサービスにおいてもやはり米国がイノベーションリーダーとな

っている。

欧州はサービス産業では日本と同じく米国を追いかけている状態ではあるが、FP7において、NESSI(Network European Software & Service Initiative)や PARADISO プロジェクトにおいて、サービスを創出する研究開発を推進している。

3.1.5. 価値を創造するネットワーク研究開発推進方策

以下にその方策を示す。

- ・ サービス系研究の促進とその応用技術の推進
- ・ 社会経済学・人間行動学等の融合研究を促進
- ・ 卓越ソフトウェア人材の育成とアイデア発掘
- ・ サービスイノベーション PF でのノウハウ蓄積
- ・ サービスベンチャ起業支援の強化

【参考文献】

- [3-1-1] 総務省, “ICT による生産性向上戦略,” 平成 19 年度
- [3-1-2] 総務省, “我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略,” 平成 19 年度
- [3-1-3] 富士通総研, サービスイノベーションワークショップ, 2006 年 7 月
- [3-1-4] サービスコンピューティングシンポジウム 2009, 2009 年 3 月
- [3-1-5] 総務省, “次世代放送技術に関する研究会報告書,” 平成 19 年 6 月

3.2. トラスタブルネットワーク研究開発戦略

3.2.1. トラスタブルネットワーク課題と解決シナリオ

情報通信ネットワークは個人や組織のあらゆる社会的活動において必要不可欠なものであり、継続的なネットワーク機能の維持のためには、ネットワーク自体の安定性（スタビリティ）および信頼性（トラスタビリティ）が重要である。ここでは、高度な耐障害性および障害からの速やかな復旧、人為的なミスやサイバー攻撃の発生時にも安定的な運用を実現するサービス保証、安全性と信用が確保されたネットワーク利用環境、全社会規模のネットワークのトラスト新基盤の実現が課題となる。

実際には、サイバー攻撃に代表される脅威の存在に加えて、システムの大規模化に伴う人為的なミスも含めた障害発生は不可避であり、このような脆弱性を前提としつつも、持続可能で安定したネットワークの実現が重要となる。また、利用者の立場からは、ネットワーク化された生活環境や全社会規模でのネットワーク環境における、各種サービスに対する信頼性の向上が求められる一方で、プライバシー保護などの安全性と利便性の高さを両立したネットワーク利用環境が必要とされている。

これらに対応したトラスタブルネットワークを実現に向けて、大きく分けて以下の二つの課題が挙げられる。

①ネットワーク自体の安定性および信頼性の確保

継続的で安定したネットワーク機能を提供するために、ユーザ端末からネットワークインフラ・オンラインサービスまでに至る、一貫したディペンダブルネットワーク技術が求められている。ここでは、高度な耐障害性および障害からの速やかな復旧機能や、サイバー攻撃または人為的なミスといった脆弱性を前提としつつも、安定的なネットワーク運用を実現する機能が必要となる。このような、ネットワーク自体のサバイバビリティ（生存可能性）に加え、災害などの非常時において、生活者に対してサバイバビリティを提供するための社会基盤の整備もまた重要である。

②サービスやネットワークエンティティに対する信頼性の確保

オンラインでの公共サービスや銀行業務といった、社会環境まで広がるネットワークにおいては、取引相手の個人や企業といったネットワークエンティティに対する信頼性が保証されたサービス利用環境が求められている。ここでは、来るべきユビキタス環境を見据えた高度なセキュリティ基盤技術、個人認証技術、プライバシー保護技術、アイデンティティ管理技術、サービス信頼性技術といった、トラスト新基盤技術の確立が必要となる。

3.2.2. トラスタブルネットワーク社会基盤技術とロードマップ

● 実現目標

悪意のユーザによるサイバー攻撃や、ネットワーク運用における人為的なミスなどの脅威

に対する耐障害性や速やかな復旧機能に代表されるディペンダビリティをネットワークの端末からインフラに至る各階層で実現し、人と社会を支える情報通信ネットワークの根幹を支える。

● 目標達成の意義

情報通信ネットワークはいまや個人の社会活動におけるライフラインであり、その持続的で安定的な稼働は極めて重要である。これを実現するためには、サイバー攻撃への耐性、持続的で安定し、かつ障害発生時にも速やかに復旧可能なネットワーク機能の実現が必要不可欠である。また、システムの誤動作や人為的ミスなどの脆弱性を前提としてもシステム全体の致命的な障害が回避されるアシュアランスの実現も重要となる。このような持続的かつ安定したネットワークに関わる多様な属性を、端末からインフラにいたる各階層で実現することが、人と社会を支える情報通信ネットワークの根幹を支えることになる。

● 目標実現技術とロードマップ

① トラスタブルな端末・インフラ・サービスアプリケーション

ネットワーク上の端末からインフラ・サービスにいたる各階層においてトラスタビリティ機能を実現する必要がある。

特にネットワーク端末側では、

- ・バッファオーバーフロー攻撃検知・回避機能
- ・不正プログラム検知・除去機能
- ・より高度なネットワーク輻輳制御機能
- ・ファイルおよびメモリ領域のアクセス制御機能

等を備えるセキュアなオペレーティングシステム技術が必要となる。

また、ネットワークインフラ側では

- ・自律的な経路制御・ネットワーク再構成および輻輳制御機能
- ・高度な冗長性管理機能
- ・自動的な不正トラフィックの検知・排除機能
- ・固定ノードに対する負荷分散機能
- ・仮想ネットワーク管理機能

等の実現が求められる。

さらに、個々のサービスアプリケーションにおいては

- ・不正なサービス利用の検知・回避機能

が必要となる。

② トラスタブルなアプリケーション開発・検証環境

既存のネットワークにおいては、個々のサービスアプリケーションの開発者が脆弱性を

はらんだプログラムを作成することによって、多くのセキュリティインシデントが発生している。この問題を解決するには、サービスアプリケーションの開発段階から脆弱性を検知し除去することが重要である。具体的には、

- ・バッファオーバーフロー脆弱性の検知機能
- ・各種変数へのアクセス監視機能
- ・プログラムロジック検証機能

等を有するプログラミング支援技術が必要となる。またそれと同時にこれらの検知・検証機能を有するセキュアなコンパイラの開発も必要である。

③トラスタブルネットワーク管理・運用技術

既存のネットワーク運用では、ネットワーク管理者の負担が大きいことからさまざまな人為的ミスが引き起こされている。これを回避するには、トラフィック中継装置がより高度な自律性を持つとともに、管理者の運用作業を最低限に抑制するための支援機構が必要となる。具体的には、

- ・ネットワーク管理エージェント機能
- ・ネットワーク運用支援機構
- ・設定検証用シミュレーション機能

等の実現が求められる。

④サバイバブルネットワーク

これまでに述べたネットワーク自体のトラスタビリティ・サバイバビリティとは対照的に、自然災害等の非常時におけるネットワーク利用者自身のサバイバビリティを確保するための通信技術が必要である。具体的には、

- ・災害情報管理技術
- ・安否情報収集技術
- ・携帯端末による非常時ネットワーク構成技術

等の整備が必要となる。



図 3.2.1 トラスタブルネットワーク社会基盤技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

既存のネットワークでは、人為的なミスによるネットワークの停止が頻繁に発生している。具体的には、インターネットサービスプロバイダの管理者が経路情報の設定を誤ったために、インターネット全体が数時間にわたりその機能を停止した事例がある。また、ボットネットに代表されるマルウェアの蔓延とそれによってもたらされる DDoS 攻撃、迷惑メールといった現象は今日、組織化された犯罪者集団によって引き起こされており、深刻な社会問題となっている。

このような現状をふまえ、新世代ネットワークでは、ユーザ端末からネットワークインフラにいたるまでの包括的な対策を講じ、人為的ミスおよび組織的犯罪によってもたらされる悪影響への耐性を備える必要がある。

3.2.3. 人と社会が信用できるネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

ネットワーク利用者にとって、安全性の確保と利用環境の信用確保は基本的に重要であり、また、ネットワーク化された生活環境や社会環境における安全性や信用確保も新たな重要要件となる。これらを支える基盤技術を開発する。具体的には、ネットワークエンティティ（サーバ等の通信機器）レベルのみならず、通信の主体（個人や組織）レベルで通信相手を認証し、「自分が今、誰と取引をしているか」を確実に証明することが必要である。さらに、サイバー犯罪を抑制するため、通信の主体を客観的に評価する第三者機関を設けることで、ネットワーク利用者が安心してサービスを楽しむことができる機構を構築することが必要となる。

● 目標達成の意義

ネットワーク利用者にとって、サイバー犯罪やプライバシー情報の漏洩などの脅威のな

いセキュアなネットワーク環境や、オンラインサービスの信頼性を向上することが非常に重要である。一方で、セキュリティ上の脅威およびその対策をネットワーク利用者が意識することなくサービスを享受できるという利便性もまた求められている。ユビキタス社会の到来により、ネットワーク端末はより一層多様化かつ増加することから、ネットワーク化された生活環境における安全性と信頼性の確保が求められる。

これらの要求を実現することにより、ネットワーク利用犯罪や不正アクセスといった、サイバー犯罪に類する行為を撲滅するとともに、プライバシー・機密情報の漏洩を極小化することが可能となる。結果として、ネットワーク利用者の情報通信ネットワークへの心理的不安要因が排除され、ネットワークの利活用がより一層促進されることとなる。

● 目標実現技術とロードマップ

① ネットワークエンティティ認証基盤技術

既存のネットワークでは、一般的にサービス提供ノードが利用者の意図する正規のサーバであることを証明する場合や、サービス提供者側が正規のクライアントノードを識別するために、サーバ・クライアント認証技術が用いられてきた。これは、従来の認証基盤技術がサーバ・クライアント型通信を前提として設計されてきたためであるが、エンドユーザ端末の高機能化が進む将来のネットワークにおいては、P2P型通信がより一層一般的になることが予想される。そのため、従来とは異なる、P2P型ネットワークを意識した認証基盤技術が必要となる。また、不特定多数との通信が頻繁に行われることを前提として、認証設定が容易に行えるような工夫も求められる。具体的には、

- ・ P2P型通信を意識した認証基盤技術
- ・ オペレーティングシステム(下位レイヤ)に組み込まれた認証技術
- ・ 簡易な認証設定機能

等の実現が必要となる。

② 通信主体の認証基盤技術

既存のネットワークでは、サーバ・クライアントといったネットワークエンティティの認証が主な課題とされてきた。しかし、実際の個人あるいは組織が信頼に足る通信相手であることが証明されない限り、利用者の不安を解消することは難しい。よって、通信相手のアイデンティティを明確に管理するとともに、その信頼性を客観的に評価するための機構が必要となる。そこで、

- ・ アイデンティティ管理技術
- ・ 第三者による通信主体の評価基盤

が必要となる。

③高度情報管理技術

これまでに述べたトラスタビリティ実現のための技術が構築されたと仮定した場合も、悪意のユーザによる不正な情報取得は十分に起こりうる应考虑すべきである。また、近年ではクラウドコンピューティングの実現により、サービス利用者に関する膨大な情報が、特定のサービス提供者側に集中することが想定される。そのため、個人のプライバシー情報や組織の機密情報を情報の一次作成者がその意思をもって一元的に管理するための技術が必要となる。具体的には、

- ・ プライバシー情報および機密情報の保護技術
- ・ 情報の一元管理技術
- ・ データ改ざん防止技術

が必要となる。

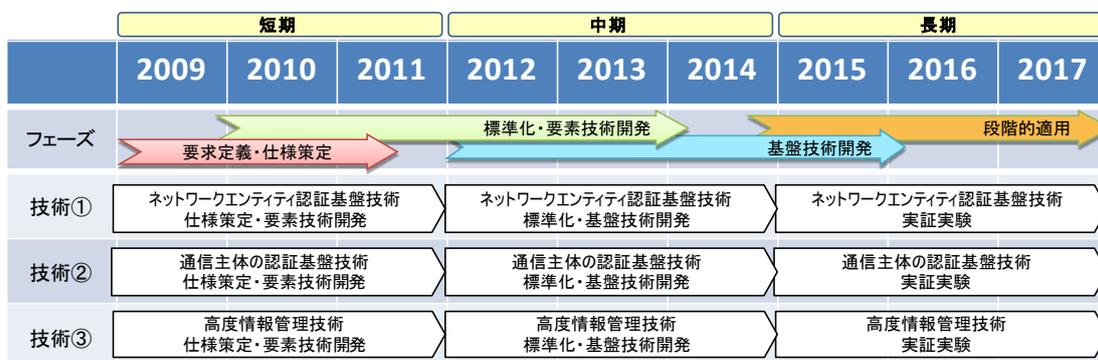


図 3.2.2 人と社会が信用できるネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

現在、オンラインでの公共サービスや銀行業務などのネットワークサービスはごく一般的となっているが、その利用者数にはいまだ拡大の余地がある。この背景には、ネットワーク利用犯罪や、フィッシング詐欺、なりすまし、プライバシー情報や機密情報の漏洩といった、既存のネットワークが抱える多くの問題がもたらす、ネットワーク利用への漠然とした不安感がある。

これに対し新世代ネットワークでは、ネットワークエンティティおよび通信主体の認証技術、また高度な情報管理技術によりネットワーク利用者を確実に保護し、より安全なネットワークサービスを実現することが可能となる。

3.2.4. 諸外国の動向

欧州 FP7(4WARD)の In-Network Management では、すべてのトラフィック中継装置に配置された管理エージェントにより、自律的に運用されるネットワークを提案している。ここでは、ネットワーク運用者は最低限の要求をエージェントに伝えるだけで済むため、

ネットワークの運用コストや人為的なミスへの低減が期待される。このほか、GENIでは、新世代ネットワークのセキュリティ機能を "Built in Security" として定義している。また、NGN においては、アイデンティティ管理技術や Web サービスでのトラスト基盤技術が提言されている。

3.2.5. トラスタブルネットワーク研究開発推進方策

- ・先導研究の推進と持続的発展の両立
- ・異分野融合、人材交流による研究開発活性化
- ・アセスメント検討との連携による啓蒙活動強化

3.3. 生活環境を支えるネットワーク研究開発戦略

3.3.1. 生活環境を支えるネットワーク課題と解決シナリオ

新世代ネットワーク時代に予見される人類の社会生活に密接に関係する社会的問題として、環境問題、食料問題、高齢化問題などが挙げられる。そのような環境において、人が人らしく生活できる社会、高い QoL(Quality of Life)の実現のためには、あらゆる生活シーンにおいて ICT による生活者支援が必要となる。特に環境問題、食料問題においては流通の国際化や国際協調が進んでいるため、地球規模の広い範囲において、人、物、生活環境が生成するセンサー情報を感知、追跡し、必要に応じて収集・処理、あるいはアクチュエータを駆動することが可能となれば、国境をまたいだ食材の流通管理や環境モニタリング、ネットワークを用いた交通事故防止、高齢者に対する遠隔からのヘルスケアアドバイス、ネットワークロボットによる生活者支援等が実現可能となり、上記の社会的課題の解決にむけて新世代ネットワーク技術が役立つと考えられる。これらを実現するためには、地球規模での環境感知システム、すなわち生活環境に存在するセンサー・アクチュエータをあまねく接続、管理するグローバル・センサー・アクチュエータ・クラウド・インフラと、クラウド上で適応的かつ柔軟にデータハンドリングするためのミドルウェアが必要となる。

存在する全ての人、物、を含んだ生活環境が生成するセンサー情報を感知、追跡し、必要に応じて収集・処理を行い、判断を伝達しアクチュエータを駆動することのできる、生活環境を支えるネットワークを実現する。生活環境に存在するセンサー・アクチュエータをあまねく接続するグローバルなセンサー・アクチュエータ・クラウド、スケーラブルで大規模なセンサー・アクチュエータ・クラウドを実現する管理技術、柔軟性の高いデータ処理が可能なセンサー・アクチュエータ・ミドルウェアの確立を目指す。生活環境を支えるネットワークの実現にむけての主要な課題として、以下の二つを設定する。

①量的爆発を支えるネットワーク

存在する全ての人、物、生活環境が生成する情報を感知追跡駆動可能なグローバル・センサー・アクチュエータ・クラウドの構成・制御・管理技術を確立する。

②見守ってくれるネットワーク

状態変化や多様な要求に対して、柔軟に感知、追跡、データ収集、データ処理、データ復元、駆動が可能な、環境適応センサー・アクチュエータのミドルウェア基盤技術を確立する。

3.3.2. 量的爆発を支えるネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

存在する全ての人、物、生活環境が生成するセンサー情報を感知、追跡し、必要に応じて収集・処理を行い、判断を伝達しアクチュエータを駆動することのできるグローバル・

センサー・アクチュエータ・クラウドを構成するための基盤技術の確立である。

● 目標達成の意義

全地球規模、10兆個/年レベルの物の流れに対応できるセンサー・アクチュエータ・クラウドを構成することができれば、食卓に上るすべての食材を追跡でき、食料資源の流通管理や食の安全保障が実現できる。また、これらのシステムを体内細胞レベルで実現し、健康管理に応用すれば、常に体内にあるセンサーと医療機関がネットワークで接続され、体内で起きている事象は医療機関に配信、蓄積することが可能となり、異常の検知や対策の報知、体内マイクロマシンによる処置等が可能となる。これらの技術は国民すべてが完全な健康を入手できるとは限らず、何らかの病を抱えつつ長い時間を過ごす将来の高齢化社会を考えた場合、最小限の通院によって、QoLの高い社会生活を少ない医療費によって実現できる。ネットワーク仮想化技術によって、複数の異なるキャリアをまたがるセンサー・アクチュエータをクラウド化することにより、地球規模の面的広がり及び爆発的なノード数をもつ超大規模グローバル・クラウド・ネットワークの構築が可能となる。

● 目標実現技術とロードマップ

①センサー・アクチュエータ・ノード技術

センサー・アクチュエータ・ノードのハードウェアに必要な機能性能は、存在環境が多岐にわたるため様々である。たとえば体内に取り込まれるセンサーに付随するノードはインプラントタイプであり、その他環境によって、省電力、高精度、軽量等様々である。これら極限的な状況に置かれるノードに必要な技術の研究開発を行う。

②センサー・アクチュエータ・クラウド構成・制御技術

体内に送り込まれたマイクロマシンレベルから地球、宇宙までの広大な空間を管理的に管理するためのネットワークはスケーラブルなアーキテクチャが必須となる。また、実証実験を通じて本技術を確立する必要がある。

End-to-Endの経路が多岐に渡り、それらの経路のいくつかは、時間的に接続性が保証されない場合、効率的なデータ転送とそこを通るデータ安全性の確立を両立させるためには、これまでの固定化された単一コネクションでのセキュリティ技術とは異なる技術を用いる必要がある。

③クラウド自己組織化技術

定点観測とそれに伴う作用のためのセンサー・アクチュエータは固定的に設置され、それらのつなぐためのネットワークは明示的に与えられることが多いが、センサー・アクチュエータが移動する場合、それらが存在する環境においてコネクションを確立するためには、まず接続可能なネットワークをセンシングする必要がある。移動するノードとネット

ワークとの接続には一般的に無線が使われるため、接続可能な無線ネットワークリソースの検出および接続の確立が重要な課題である。

移動するセンサー・アクチュエータは、接続可能なネットワークを自律的に検出し接続するが、時として完全にネットワークから遮断され、接続性が保証できないことがある。一方で、接続再開時には複数のネットワークアクセスが可能になる場合がある(たとえばトンネルから出た瞬間に、多くのネットワークにアクセス可能になる)。この場合、マルチホームかつDTN(Delay Tolerant Network)な環境となる。このような場合での、データ転送の効率化が課題である。

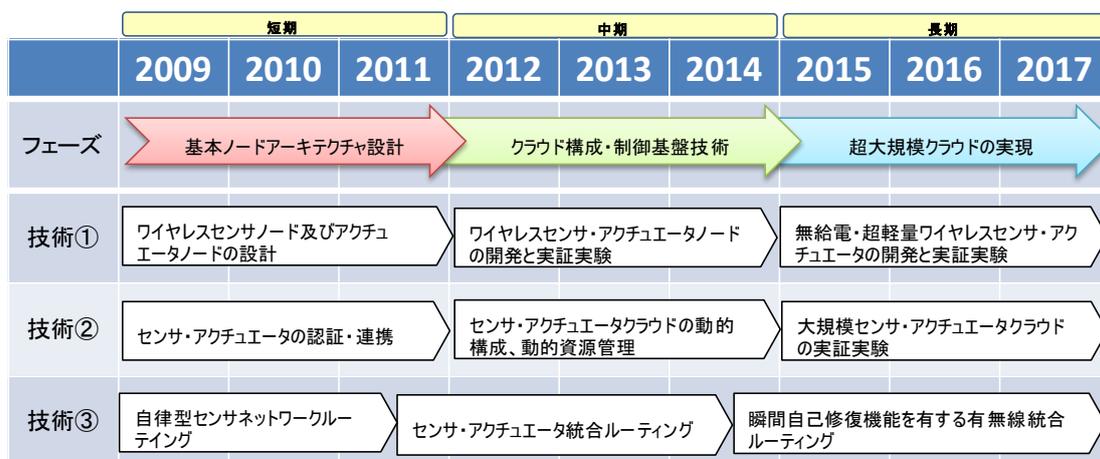


図 3.3.1 量的爆発を支えるネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

既存技術との相違点は下記の点である。

- ・ 圧倒的な数量のセンサーとアクチュエータを構成要素とするグローバルスケールのエンベッドシステムクラウド構成
- ・ センサーとアクチュエータの統合制御
- ・ アクチュエータを活用したユーザへのフィードバック、及びユーザやユーザ環境への直接的な作用
- ・ アクチュエータまで含めたネットワーク自己組織化技術
- ・ センサー・アクチュエータ・クラウド内のマルチホーム DTN ルーティング技術

3.3.3. 見守ってくれるネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

実現目標は、多様な種類のセンサー、アクチュエータを収容し、人、モノ、生活空間・環境の状態変化や属性情報を適切な精度かつリアルタイムで感知、追跡、データ収集、データ処理、データ復元、駆動することが可能な環境適応センサー・アクチュエータ・ミド

ルウェア基盤技術の確立である。

● 目標達成の意義

- ・ 人、モノ、生活空間・環境の三者間の有機的相互作用を支援、促進することにより、安心・安全（食の安全、危険・異常検出）、コンテクストアウェアな社会、及び環境保全を実現する。
- ・ 10 兆個/年の食材流通の追跡データ、1000 万人規模のユーザの生体モニタリング情報、交通量の多い交差点における車載センサー情報などの膨大な量の 1 次データに対し、ネットワーク経由でリアルタイム収集し、環境変化や知識の抽出のためのデータ処理を行うことが可能となる。
- ・ 分析結果（危険や異常）を必要に応じて適切なアクチュエータやユーザにリアルタイムで通知することが可能となる。
- ・ 多様な感知・追跡対象やその変化に対して感知精度や駆動精度を個別に設定したり、多様な要求条件（端末性能、個人のコンテクスト、プライバシー、趣向）に対してセンサーやアクチュエータに手動で特別なチューニングを施したりすることが不要になる。
- ・ 収集した 1 次データから知識やアノマリーを抽出することが容易となる。

● 目標実現技術とロードマップ

①環境適応センシング技術

環境変化や危険度増幅の瞬時の検出、感知精度及び駆動精度の自動設定を可能とする。具体的には、収集した 1 次センサーデータに対するデータマイニングを行って環境やユーザ個人のプロファイルやコンテクストを自動学習し、それに基づいてセンサーやアクチュエータの自動設定を行う。さらに、インネットワークプロセッシングのためのコンテクスト情報の提供やアクチュエータを用いたコンテクストに基づく実世界インタラクションを実現する。

②インネットワークプロセッシング技術

センサーデータに高い柔軟性と拡張性、動的データ構造を持たせ、自己証明性を具備するデータオリエンテッドネットワーク技術を活用することにより、リアルタイムで柔軟性の高い可逆集約型インネットワークプロセッシングを可能とする。大規模センサー・アクチュエータ・クラウド上での実証実験を行う。

③ネットワーク仮想化技術

目的や用途、個人のコンテクストに応じて複数の個別のセキュア仮想ネットワークをオンデマンドベースで動的に構築し、各仮想ネットワークにおいてデータ処理方式を自由に定義することを可能とする。さらには、組込みデバイス対応の軽量ネットワーク仮想化や

1000 万人規模のユーザに対する個別のセキュア仮想ネットワーク提供のための超並列ネットワーク仮想化を実現する。

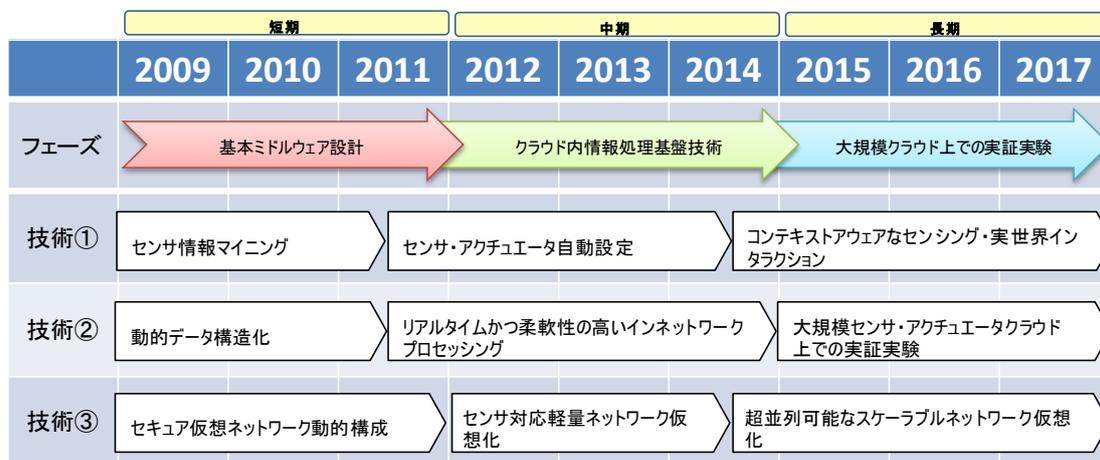


図 3.3.2 見守ってくれるネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワーク／技術との相違点

- ・ センサー・アクチュエータの環境適応型自動設定技術
- ・ 膨大な量の 1 次センサー情報に対する有無線統合ネットワーク内データ処理技術
- ・ データセマンティクスに基づくデータオリエンテッドネットワーク技術
- ・ 大量のセキュアプライベートネットワークの瞬間構築・制御技術

3.3.4. 諸外国の動向

センサーネットワーク研究開発における大局的な欧米動向は下記の通りである。

- ・ ユビキタスネットワーク技術全体としては欧州と日本が先行している。
- ・ ワイヤレス・センサー・ネットワークのプラットフォーム開発では米国 TinyOS/Mote が先行している。
- ・ センサーネットワークを含む有無線統合テストベッドの研究開発は、米国では GENI が、欧州 FP7 では FIRE や SENSEI プロジェクトがそれぞれ先行している。欧州では標準化も視野に入っている。
- ・ ワイヤレス・センサー・ネットワーク、有無線統合が今後の競争領域である。

3.3.5. 生活環境を支えるネットワーク研究開発推進方策

生活環境を支えるネットワークを開発するためには、まず要素技術レベルの確立を行い、それと並行して大規模かつ一般的な環境に近い、複数のユーザが混在している環境での有無線統合センサー・アクチュエータテストベッドを早期に構築し、開発、実証、検証の一連のチェーンを確立することが重要である。また、ここで検証されたセンサー・アクチュ

エータ API をデファクトスタンダードとして確立する必要がある。推進方策としては、できる限り早い時期に産業界と連携しノウハウ蓄積するとともに、アプリケーションあるいはサービスを立ち上げながら、イノベーション促進施策連携による R&D を加速することが重要である。

3.4. ユーザが制約を意識しないネットワーク研究開発戦略

3.4.1. ユーザが制約を意識しないネットワーク課題と解決シナリオ

近年、Web や電子メールといったデータ伝送のみならず、音声や映像といったストリーミングデータやセンサーデータの伝送にもネットワークが活用され始めている。また、PaaS(Platform as a Service)といったように、ネットワークを介したアプリケーションやプラットフォームの提供といったように、サービスの多様化が急速に進んでいる。一方、それに伴い、サービス等が要求する条件も多様化してきているが十分に対応しきれておらず、将来的には顕著な課題となることが予想される。そこで、サービス等が要求する条件に柔軟に対応でき、且つ誰もが負担なく利用できるネットワークを実現する。

ネットワークの制約から解放された人及びサービス中心のネットワーク社会を実現するため、以下の三つの主要機能を有する新世代ネットワークを実現する。

①多様性を収容するネットワーク

様々なタイプのサービスに同時にネットワークが対応するように動作するため、ネットワークの利用目的の多様な要求条件に対応し、複数タイプのネットワークを同時に運用可能なネットワークを実現する。

②ネットワークユニフィケーション

ネットワークサービスが要求する様々な条件を満たすため、ネットワークを意識せずに最良の環境でサービスの享受が可能な光／電気、無線／有線、及びパス／パケット統合ネットワークを実現する。

③“OMOTENASHI” ネットワーク

だれもが負担なく容易にネットワークサービスを享受できるようにするため、使い勝手の良いシンプル且つ扱い易いネットワークを実現する。

3.4.2. 多様性を収容するネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

複雑な物理リソースを意識せず多様なネットワークを同時運用可能であり、必要とするネットワーク及び条件（接続構成やトラフィック等）の変化に最適なネットワーク環境を提供し、且つ日々進歩するネットワーク技術を自由度高く導入可能である適応性の高いネットワークの実現

● 目標達成の意義

- ・ネットワークの仮想化により、物理ネットワーク上に複数の異なるタイプの仮想化ネットワークが構築可能となり、要求されたネットワークの特性に合わせた最適なネットワー

ク環境の提供ができる。例えば、品質保証のあるネットワークと無いネットワークや、Processing 機能を有するネットワークの同時運用といった、多様なネットワークの共存ができる。

- ・複雑な物理リソースの直接制御を削減し、仮想的なネットワークの制御・管理を中心とすることで、ネットワークの設計、運用、管理の負荷を削減できる。
- ・非常時等においてのみ必要な機能やサービスを、適切な場所に、その時だけ起動し活用することが可能となり、要求条件の動的変化に合わせたネットワーク環境の提供ができる。
- ・ネットワークサービス運用中においても、異なる仮想化ネットワークにおいて新たなネットワーク機能の検証が可能であり、検証後の新機能を有する新たなネットワークへの移行をスムーズに行える。

● 目標実現技術とロードマップ

①仮想化ネットワーク実現のためのネットワーク及びノードリソース仮想化技術

仮想化ネットワークを実現するためのネットワーク及びノードリソースの仮想化基本技術を開発し、その後、マルチレイヤでの仮想化実現技術、及び仮想化ノードの信頼性・安定性向上技術を開発

②物理ネットワーク上での仮想化ネットワーク構築技術

物理ネットワーク上への仮想化ネットワーク構築及び管理基本技術を開発し、その後、複数の仮想化ネットワーク構築技術、及び大規模な仮想化ヘテロネットワークにおける信頼性・安定性向上技術を開発

③適切なリソースを利用した新規、或いは一時的機能の動的起動技術

新サービス導入のための新機能やネットワーク条件の変化に一時的に対応するための機能等を動的に起動する技術を開発し、その後、適切なリソースの活用技術や自律的なサービス生成と起動といった技術を開発

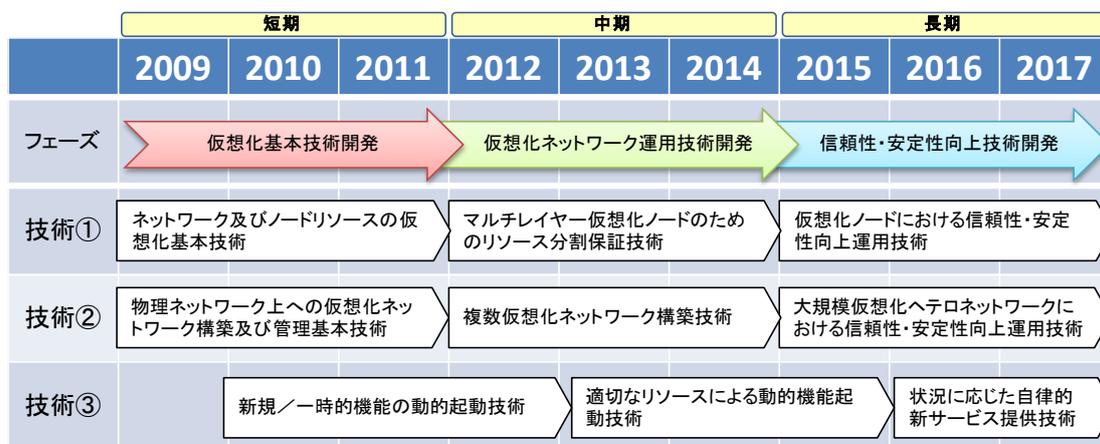


図 3.4.1 多様性を収容するネットワーク技術開発ロードマップ

- **既存ネットワークとの相違点**

これまでのネットワークでは、IP パケットを中心とした画一的なデータ伝送が行われてきた。一方、多様性を収容する新世代ネットワークでは、サービスやアプリケーションの特徴、或いは、サービス提供者やユーザが所望する仕様に基づき、カスタマイズしたネットワーク環境の提供が可能であり、本特徴が既存ネットワークと異なる点である。具体的な相違点の例としては、ユーザ毎に異なる伝送アルゴリズムに基づいた伝送がある。

3.4.3. ネットワークユニフィケーション技術とロードマップ

- **実現目標**

光、無線、電気によるデータ伝送において、パスネットワーク（コネクション型）及びパケットネットワーク（コネクションレス型）によるデータ伝送を統合したアーキテクチャの実現、及びリソースの動的配置制御を実現し、提供サービスやデータフローに最適な伝送ができる統合ネットワークの実現

- **目標達成の意義**

- ・統合ネットワークの実現により、コンテンツ伝送時において、アプリケーションの要求に合う最適なデータ伝送が自動的に行われる。例えば、高精細映像には、パケット欠損のないパス方式にてデータ伝送を行い、Web 等のデータ伝送では、他ユーザと回線を共有するパケット交換方式にて自動的にデータ伝送する。
- ・QoS 保障の必要なトラフィックをパス方式で伝送することにより、必要以上のトラフィック・エンジニアリングを行う必要がなくなり、ネットワーク利用効率向上と運用管理負荷軽減のバランスがとられ、ネットワークの運用管理負荷が軽減される。
- ・衛星や飛行船による無線通信を含めて広域な統合ネットワークを実現することにより、大規模な障害発生時においても自律的なリソースの再配置により、ネットワークサービスの提供ができる。

- **目標実現技術とロードマップ**

- ① **パス/パケット統合ネットワークにおけるデータ伝送技術**

単体レベルでの光パス/パケット統合データ伝送に関する概念検証技術を開発し、その後、ネットワークレベルでのデータ伝送技術開発、及び信頼性・安定性向上技術を開発

- ② **無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術**

複数無線リソースを統合したデータ伝送技術及び高密度なアクセスポイントを有する無線ネットワークでのデータ伝送技術を開発し、その後、仮想化との連動技術を開発、及び信頼性・安定性向上技術を開発

- ③ **光/電気/無線&パス/パケットのマルチ統合ネットワーク構築・運用技術**

無線/有線統合ネットワーク構築・運用技術を開発し、その後、光/電気/無線&パス/パケ

ットをマルチ統合したネットワーク構築・運用技術開発、及びマルチ統合ネットワークの信頼性・安定性向上技術を開発

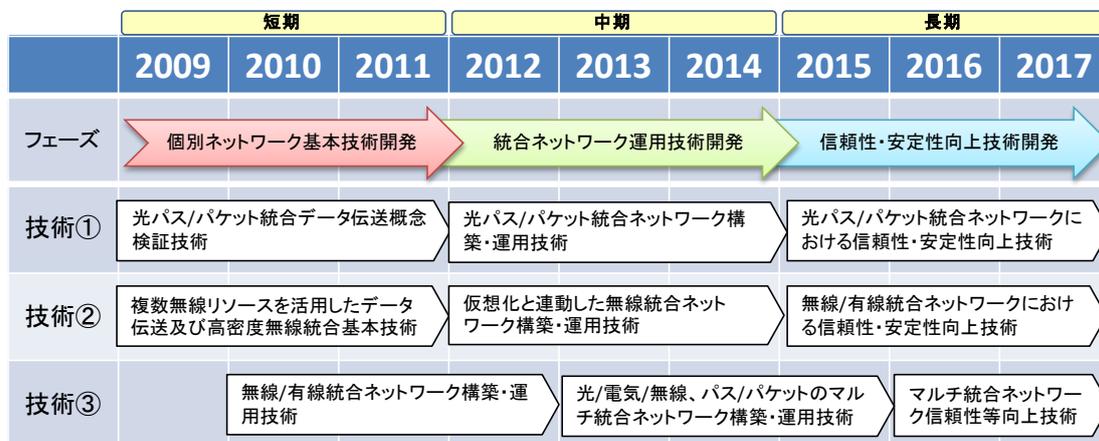


図 3.4.2 ネットワークユニフィケーション技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

これまでのネットワークでは、パス/パケット、光/電気、有/無線といった全ての要素を考慮した統一ネットワークが実現されていなかった。一方、ユニフィケーションが実現される新世代ネットワークでは、それらの要素をすべて考慮した統一ネットワークが実現され、本特徴が既存ネットワークと異なる点である。具体的な相違点の例としては、伝送するデータの特徴に合わせて、光パス、或いは光パケットといった伝送形態が自動的に選択される点がある。

3.4.4. “OMOTENASHI” ネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

ネットワークサービス利用において、端末やネットワークにおける複雑な設定や管理を行う必要があり、容易にはネットワークサービスの恩恵を十分に享受することができなかった。そこで、新世代ネットワークの研究開発では、誰もがネットワークサービスの享受が可能なネットワークを実現する。

● 目標達成の意義

- ・ ネットワークサービス利用者のリテラシーに応じた、自動でのネットワーク設定機能を実現することにより、複雑なネットワーク設定の負荷から解放され、老若男女を問わず誰もがネットワークサービスを享受できるようになる。
- ・ キーボード等以外の様々な I/F によるネットワーク利用者の意図を認識し、自動でネットワーク制御に反映する機能を実現することにより、より多くの人々がネットワークサービ

スを享受できる。

- ・問題が発生した場合、どんな問題が発生しているか、またどのように解決したかを容易に把握できるように可視化することにより、サービス利用者のリテラシー向上と共に、より良いネットワークサービス提供と享受ができる。さらに、利用者の意図を認識した問題解決実行機能を実現することにより、利用者の意図に沿う問題解決ができる。
- ・ネットワーク上に拡散した利用者関連データの制御を実現することにより、利用者の意思によらない関連データの拡散防止、及び削除といった制御が可能となる。

● 目標実現技術とロードマップ

①自動ネットワークコンフィギュレーション技術

個別ネットワークでの自動でのネットワーク容易利用技術を開発し、その後、無線/有線統合ネットワークにおける容易利用技術、及びマルチ統合ネットワークでの容易利用技術を開発

②ネットワーク状況可視化と自律型ネットワーク技術

様々なネットワーク問題を検出・認識する技術を開発し、その後、問題解決プロセスを可視化と手動による問題解決技術、及び利用者の解決意図に応じた自動での問題解決技術を開発

③ユーザデータ制御ネットワーク技術

ネットワーク利用者のデータを発見且つ管理するアーキテクチャを開発し、その後、ネットワーク上の関連データの手動での制御、及び最終的には自動での関連データ制御技術を開発

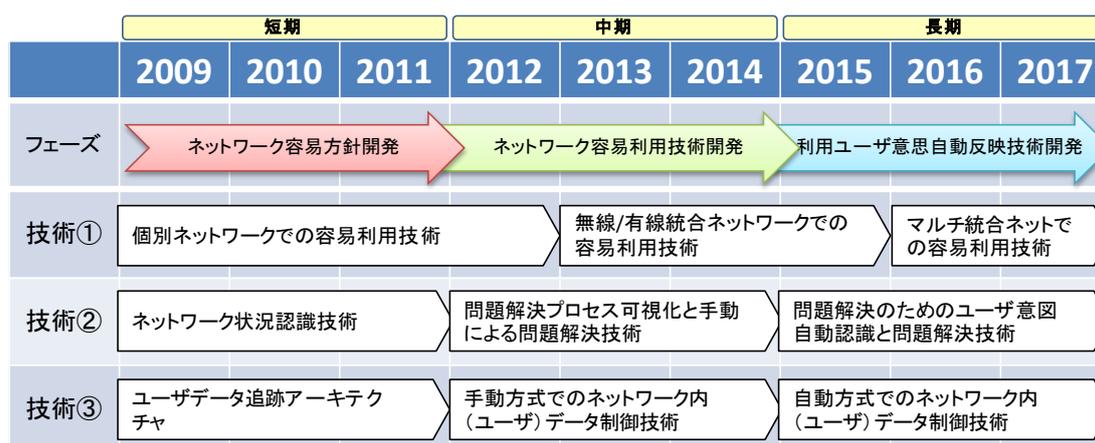


図 3.4.3 “OMOTENASHI”ネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違点

これまでのネットワークでは、ネットワークサービスを利用するための複雑な設定が必要であった。一方、“OMOTENASHI”を提供できる新世代ネットワークでは、蛇口をひねることで水道が利用できる、或いはコンセントにプラグを差し込むことにより電気が利用できるといった容易さでネットワークサービスが利用できるようになり、本特徴が既存ネットワークと異なる点である。

3.4.5. 諸外国の動向

- ・**仮想化ネットワークの研究では、欧米が先行**：米国では、PlanetLab(An open platform for developing, deploying, and accessing planetary-scale services)や GENI(Global Environment for Network Innovations)等において、仮想ネットワーク関連の研究が、大規模に進められている。また欧州では、PlanetLab Europe、OneLab2(An Open Federated Laboratory Supporting Network Research for the Future Internet)、及び FEDERICA(Federated e-Infrastructure dedicated to European researches innovating in computing network architectures)等において、仮想ネットワーク関連の研究が積極的に進められている。
- ・**フェデレーションネットワーク研究は、欧州 (FP7) が注力**：欧州国家 PJ である PII(Pan-European Laboratory Infrastructure Implementation)では、衛星系ネットワークを組み込んだ大規模なフェデレーションネットワークの研究を推進している。
- ・**新世代ネットワークアーキテクチャ研究は、米国 (FIND) が注力**：NSF(National Science Foundation)の研究ファンドプログラムである FIND(Future Internet Design)にて、様々な新しいネットワークが研究されている。
- ・**ユニファイドネットワークの構築は、今後の競争領域**：欧米においても、光／電気、無線／有線、及びパス／パケット全てを統合したネットワーク技術に関しては、今後の研究競争領域である。

3.4.6. ユーザが制約を意識しないネットワーク研究開発推進方策

- ・**競争力のある光／無線技術をベースに開発強化**：ネットワーク関連において、我が国が強みとする光技術、及び無線技術を核に新世代のネットワーク研究開発を推進することにより、開発期間の短縮や技術力の更なる強化を図る。
- ・**ユニファイドネットワークテストベッドの早期構築で競争力を強化**：ユニファイドネットワークの構築は今後の競争領域であり、大規模な統一的ネットワーク運用を実験できる

Tesdbed を早期に構築し、課題の発見と対策を先行的に行い、競争力のある新世代ネットワークを実現する。

- **フェデレーションテストベッドを活用した擦り合わせ技術向上を促進し差別化強化**：様々な仕様のネットワーク統合管理において、我が国が強みとする擦り合わせ技術をさらに向上することにより、差別化できる新世代ネットワーク機能を実現する。
- **テストベッドを活用した運用管理者の育成によりネットワーク運用技術の強化**：先進のネットワーク技術を採用したテストベッドを早期に構築・運用することにより、運用管理者の育成を行い、運用管理の面での競争力を強化する。

3.5. 地球にやさしいネットワーク研究開発戦略

3.5.1. 地球にやさしいネットワーク課題と解決シナリオ

携帯電話、インターネット、電子メール、検索エンジン等々の情報通信は近代社会において既にインフラとして無くてはならない物となっている。この情報通信は光ファイバに代表される超大容量（高速）の通信技術、インターネット技術、携帯電話に代表される移動体通信技術、CPU やメモリなどコンピュータ技術などを中心としたブレークスルーと呼ぶべき革新技術の相乗効果によって実現された物である。しかし一方ではその革新・普及速度が極めて大きいため、現在幾つかの領域において地球の容量限界と呼べる問題に直面し、それらの問題が情報通信の更なる発展の制約となりつつ有る。従って新世代ネットワークではこのような情報通信ネットワークを取り巻く地球規模の問題に対し解決法を見いだし、ネットワーク社会持続可能性と更なる発展を実現する必要があるその代表的な課題は以下の2点である。

①エネルギー問題

ICT が使用する電力消費量は既に日本全体の総消費量比で約 5.8%をも占めており、更に増加傾向に有る。この原因は利用者増と1利用者当たりの利用増の双方によって起こっている通信トラヒックの増加に起因している。この通信トラヒックは近年急増の一途をたどっており、近年の調査から推定すると新世代ネットワークが実現される15年後には現在比の1000~10万倍程度に達すると予測されている。従って現在の通信ネットワーク技術をそのまま利用すれば更に大きな電力使用量増が起ることは避けられない。

近年のエネルギー問題（炭酸ガス排出量削減）の国際的動向を考慮すれば、情報通信の継続的な発展及び途上国を含めた利用者の増加を実現する為には情報通信ネットワークにおけるエネルギー問題の抜本的な対策が必須となっている。

②周波数資源問題

携帯電話を代表とする無線通信利用人口の急増、及び通信速度の高速化によって無線周波数資源は限界に達し枯渇に瀕している。ユーザからの通信速度向上の要求と、ユビキタス通信やセンサーネットワークなど新しい用途による無線通信容量(キャパシティ)の要求を考慮すると、新世代ネットワークでは、無線周波数資源の枯渇に対し大きな技術的ブレークスルーによる解決が必須である。

3.5.2. グリーンネットワーク技術とロードマップ

● 実現目標

通信ネットワークが利用するエネルギー量増加に対応し、環境負荷を抑制する事によって持続可能な情報通信基盤を構築するため、情報転送のエネルギー効率の飛躍的向上（目

標設定値：1000 倍) を実現する。

現在のネットワークアーキテクチャを前提とした通信装置単体の省エネルギー化に留まらず、アーキテクチャの再設計までを考慮しネットワーク/ICT 全体での大きなエネルギー効率向上を目指す。

● 目標達成の意義

新世代ネットワークの実用化の機会を捉え、(1)既存の情報通信網の枠を超えた「低消費電力指向ネットワークアーキテクチャ」の創出、(2)ICT 全体を制御対象とした低消費電力情報流通技術、(3)エネルギー消費の明確化（見える化）を中心とした抜本的な技術開発によって、予想される大きな通信トラフィック増加に対して、ネットワークの消費エネルギー量を現在レベル、更には現在以下に低減し、持続可能な情報化社会を実現する。

● 目標実現技術とロードマップ

情報通信網の省エネルギー対策は、既にルータなど通信装置単体での低消費電力化の取り組みが開始されている。これらの取り組みはいずれも現在のネットワークアーキテクチャをそのまま踏襲する前提で、各ネットワーク機器単位で内部構成や使用デバイス、方式等を改善する方法によって消費電力量削減が行われている。しかし、現在の予想ではその削減量はエネルギー効率が凡そ 10 倍程度を上限とする傾向を報告する検討結果もあり、その効率は上記の新世代ネットワーク時代の目標値には大きく及ばない。従って、現在のネットワークアーキテクチャの範囲内で各通信機器の使用電力削減を行う方法を越えた対応が今後必要となると考えられる。

図 3.5.1 にエネルギー消費に着目したマルチレイヤの技術領域を示す。最下位のレイヤは装置レベル、低位プロトコルレベルのレイヤである。このレイヤでは各装置機能の構成法やデバイス技術の革新による使用電力量低減と、待機時のスリープや低速通信時のクロック低減などによる使用電力量低減が主になる。また、IP ネットワークで問題視されているルータの使用電力を、フォトリックネットワーク技術を用いて低減するなどの、ネットワークアーキテクチャの革新により基幹網における電力消費量の低減効果も大きく期待できる。ネットワークプロトコルは現在のレイヤ 3、4 相当のプロトコル層を想定している。このプロトコルレベルでは、下位層においてスリープや通信装置の電力制御による通信速度変化や一時的な通信断が発生することを考慮した通信方式が必要となる。コンテンツ流通プラットフォームは、エネルギー最適化を目標関数として情報流通を行うミドルウェア層である。例えば現在の CDN(Content Delivery Platform) は使用エネルギーを考慮した方式は取られていないが、ネットワークやサーバ装置トータルの使用電力最小化を目標関数としたコンテンツの配信方式は十分考えられる。最後は AP アーキテクチャである。トラフィック送受を行うのは AP であり、その方式次第ではトラフィック量削減による使用電力量削減も可能であろう。コンテンツの圧縮や検索エ

エンジン+WEB を含めた現在-将来にわたる主要なネットワークアプリケーションのアーキテクチャを ICT 全体のエネルギーを考慮して再設計する事などもこの領域に含まれるであろう。



図 3.5.1 エネルギー消費に着目したマルチレイヤの技術領域

上記の研究領域において特に重点的な研究開発が必要と考えられる研究領域と各々の研究開発ロードマップを以下に示す。

- ①低消費電力指向ネットワークアーキテクチャ構成技術
- ②ICT 総体での低消費電力情報流通技術（データ配置の最適化）
- ③低消費電力フォトニックネットワーク、光アクセス、ワイヤレスアクセス（省電力デバイスを含む）
- ④ホームネットワークの低消費電力化
- ⑤低消費電力ネットワーク用通信プロトコル
- ⑥ネットワーク、アプリアンスにおける電力使用算定の方式、リアルタイム計測とその情報流通

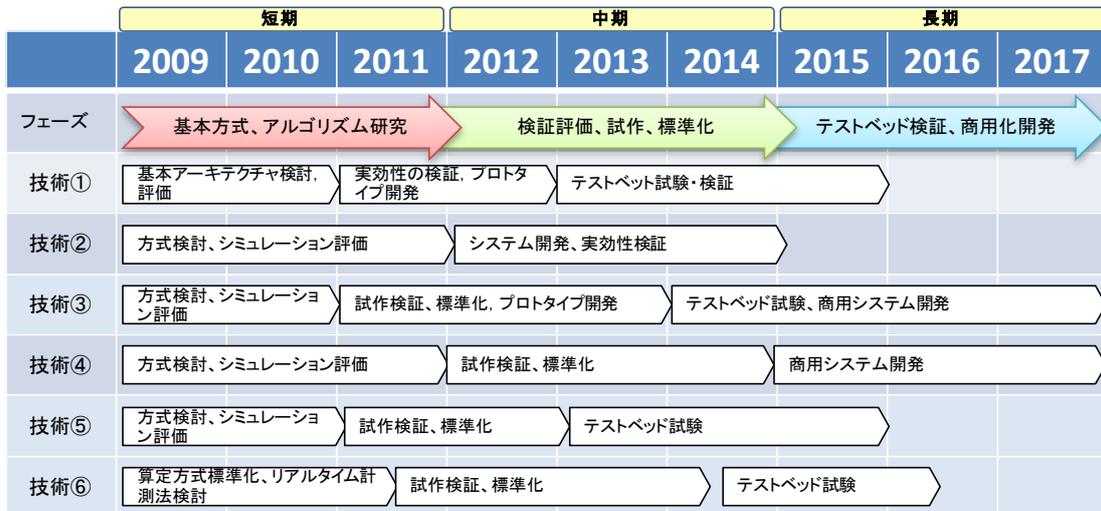


図 3.5.2 グリーンネットワーク技術開発ロードマップ

● 既存ネットワークとの相違

上記の通り、現在ルータなどの通信装置単体毎の低消費電力化の努力は始まっている。しかしその効果はエネルギー効率向上が現在比 10 倍程度が限界と試算されている。従ってこのアプローチではトラフィック量が 1000～10 万倍程に増加すると予想されている新世代ネットワーク時代のトラフィックの情報通信を実現しようとすれば、更に深刻な使用電力増加を引き起こすと考えられる。

従って新世代ネットワークでは増加するトラフィックに対し、ネットワーク全体で少なくとも現在と同レベル望むらくは現在より低消費電力で情報通信を実現する必要がある。その為には、現在のアプローチを超え、消費エネルギー量の低減を考慮したネットワークアーキテクチャの創出、またエネルギー量を最少化するコンテンツ流通方式など抜本的な方式変更によるアプローチによってエネルギー効率を 1000～10 万倍程に向上させる必要がある。

3.5.3. 周波数資源活用技術とロードマップ

● 実現目標

現状と比較して、エンドユーザにおける無線通信キャパシティを 100 倍以上に高めることを可能とする種々の無線利用技術を開発する。

● 目標達成の意義

無線通信を利用するユーザの増加、利便性の観点から現在有線で接続される機器の無線への置き換え、新たなアプリケーションやデバイスの出現による無線通信需要の増加など、無線通信へのニーズが爆発的に高まることが予想される。新世代ネットワークに

おける、新たなユースケースの実現やアプリケーションのイノベーションを支えるには、ユーザが意識せずにネットワークにつながる環境が提供される必要がある。その観点から、ユーザ(エンドノード)がネットワークにつながるはじめの1ホップが無線接続になることは必然である。

新世代ネットワークが扱うトラフィック量が現在の1000倍となるならば、無線通信が扱うべきトラフィックもそれと同等、もしくはそれ以上となることが予想される。この増大し続ける通信ニーズを満たす無線利用環境が提供されなくてはならない。

● 目標実現技術とロードマップ

増大を続ける通信需要(キャパシティ)と高速通信への要求の双方を満たすために、(1)ミリ波～テラヘルツ波帯などの未使用周波数帯の利用技術の開発、(2)既利用周波数帯における周波数利用効率の改善、(3)用途に応じた周波数リソースの動的再配分技術を実現する。

(1)の未使用周波数帯の利用技術においては、まだ使用されていない周波数帯を利用可能としなくてはならない。ミリ波帯やテラヘルツ帯を利用するためのデバイス技術と、見通し以外の通信が難しい帯域の有効な使い方を合わせて示す必要がある。(2)の周波数利用効率の改善では、コグニティブ無線技術等の周波数共用技術の研究開発を進めることで、ユーザの移動通信に対するニーズを満たしつつ、周波数利用効率(例えば、1Hzあたり、単位面積当たりの情報伝送量[bit/Hz/km²])を増大させる。

一般に周波数の利用効率を高めるには、より効率のよい変調方式の利用、指向性アンテナを利用した空間多重、セルサイズの縮小による繰り返し利用距離の短縮などが対策として考えられるが、いずれも移動通信への適応が難しくなるといった問題があり、万能ではない。そこで、(3)のリソースの動的再配分では、用途(高効率、移動対応、低消費電力など)に応じ、移動を伴わないユーザには高い周波数帯を割り当てるなど、最適な方式に切り換えて利用することで、相反する2つのニーズをバランスさせる必要がある。この判断においては、無線である必要がない部分は、有線に「逃がす」判断も選択肢となるだろう。それゆえ、有無線あわせて現在の1000倍の通信ニーズがあったとしても、有線と無線の利用を連携や各種の利用効率改善技術を適用することで、無線使用率の増大をある程度抑制できると考えている。

これらの各研究領域における研究開発ロードマップを以下に示す。

①新周波数資源開拓(ミリ波・テラヘルツ波)

②コグニティブ無線技術(周波数利用状況センシング、周波数共用技術)

③システム変更なども考慮に入れたモビリティ提供プロトコルとシステム間ハンドオーバ



図 3.5.3 周波数資源活用技術開発ロードマップ

● 既存技術との相違

各国によって事情は異なるが、一般に無線を使った通信を行う場合には、これまでは周波数の利用を管理する機関(日本では総務省)が用途ごとに周波数を固定的に割り当て、定められた通信方式や出力等の条件を満たす者に使用する権利を与えることで、異なるシステム間やユーザ間で干渉が発生して通信が妨害されることがないように運用されてきた。この方式ではシステムごとの使用状況の違いを吸収できないことや、周波数割り当てが一度なされるとその変更が難しく、ニーズの変化や新技術の登場による帯域の回収や追加割り当てが難しいといった状況が発生してきている。なお、これは電波の管理手法のみに起因するわけではなく、ハードウェアやシステムの改修が必要になるなど、コストや技術面の制約によるところも大きい。

情機技術が利用可能になると、まず高周波数帯の実用化により利用できる帯域幅の絶対量が上がるとともに、通信方式や信号処理技術の進化により同じ周波数を利用したときに送信ができる情報量が向上し、結果として無線通信で操縦できる情報量が飛躍的に大きくなる。また、サービスや状況に応じて周波数リソースを動的に再配分利用することが可能となり、ユーザのニーズや状況に応じて適した周波数や通信方式を選択することが可能となる点が大きく異なる。

3.5.4. 諸外国の動向

①エネルギー問題

- (1) 欧州によるグリーンネットワークの重点的取組み
- (2) 米国新政権のグリーン技術戦略(グリーンニューディール戦略)の立ち上がり
- (3) ITUにおける「地球環境とICTに関するFocus Group」の立ち上がりと検討本格化

②周波数資源問題

- (1) 同一周波数の再利用(ホワイトスペースの活用)を想定したコグニティブ無線技術の標準化・実用化競争
- (2) 周波数共用を考慮した電波管理手法の再検討

3.5.5. 地球にやさしいネットワーク研究開発推進方策

①エネルギー問題

- (1) 低消費電力技術の R&D、及び資金投入の重点化
- (2) 産業、CRM も考慮した国際標準化戦略

②周波数資源問題

- (1) 特区などを活用した周波数共用技術検証の推進
- (2) 周波数効率向上技術の開発推進と、それと連動しエンド-エンドの品質保証が可能な FMC 技術開発の加速

3.6. 新世代ネットワークファンダメンタルズ研究開発戦略

3.6.1. 新世代ネットワークファンダメンタルズ課題と解決シナリオ

前節までの「五つのターゲット」のそれぞれは、新世代ネットワークに要請され、そして新世代ネットワークを特徴づける重要領域を指し示していた。本節で議論する「新世代ネットワークファンダメンタルズ」領域も、新世代において直面する本質的課題に対応するとともに、新世代ネットワークを特徴づける意義があるが、本領域は個別の具体的な技術的達成要件を議論するよりも、新世代に向かう時代の本質的潮流に適応し、中長期の競争力強化、基盤的領域の強化、新領域開拓などをむしろ主たる目的としている。また、「五つのターゲット」には、複数のターゲットにおいて共通して重要となる基盤的課題が存在しており、それらをより明確に特徴づけることも本領域の意義のひとつである。そこで本節では、「新世代ネットワークファンダメンタルズ」領域の背景や位置づけを三つの視点から導入する。

第1の背景は、新世代ネットワークにおける技術チャレンジが、量的にも質的にも従前の伝統的なネットワーク分野では想定されていなかった規模と性質を有するという事態である。ネットワークの大規模複雑化、多様化などが一層進展するとともに、期待される機能・性能も複雑に高度化している。古典的な学理的基礎として位置づけられていたネットワークの基礎理論、例えば待ち行列の理論などでは、既に全く対処不可能な状況となっており、新世代に対応したネットワークの基盤、いわばネットワーク・アーキテクチャ・ファンダメンタルが確立されなければならない。

第2は、新世代ネットワークの利用環境の広がりやネットワークの効用の拡大への対応である。新世代ネットワークは、人やモノの間の通信路を提供するという単なる通信路提供に留まるものでは全くなく、様々な価値の実現を提供することが期待される。この背景のひとつに、知識主導型の社会（知識社会）への社会構造・産業構造の変化という強力な時代潮流がある。とりわけ先進国では産業競争力や付加価値の源泉がここ（知識）に存在する可能性が高い。高度で抽象的な知識や価値という属性が、ネットワークに深く関与することになる。これは、従来のネットワーク基盤技術の範疇外と考えられてきた、例えば人文科学的、経済学的、脳科学的視点も含んだ基礎付け、いわば、知識社会ネットワークファンダメンタルの強化が不可欠な状況を示唆している。

第3に、ネットワークの物理的側面に関わる流れがある。例えば、「五つのターゲット」の「地球にやさしいネットワーク」で示されているように、省エネルギー化は新世代において最も重要な要件のひとつであり、ここでは、エネルギーという物理的属性がネットワークにおいて真正面から問題になる。エネルギー以外にも、通信周波数帯域の拡大技術、トラスタブルネットワークの実現技術としての革新的物理層技術、ネットワークユニフィケーションにおける革新的物理層技術など、物理レベルでの大きなチャレンジが存在している。また、センサーネットワークの状況に典型的に見られるように、実世界で生起する現象の多様性、すなわち物理世界の不確実性に端を発した効用が、ネットワークの価値の

源泉にもなっている。また他方で、電子技術、光技術、材料技術などの最先端の技術革新は目覚ましく、これをネットワークの新しい前提条件、あるいはネットワーク機能を実現する原理として取り込む必要もある。これらをまとめれば、新世代ネットワークの機能的諸要件と物理の双方を基礎とした基盤領域、いわば、ネットワーク物理アーキテクチャファンダメンタルの強化が重要である。

3.6.2. ネットワーク・アーキテクチャ・ファンダメンタルとロードマップ

● 実現目標

新世代ネットワークの時代における情報環境を特徴づける典型的属性の一例として、ネットワークの超大規模化・複雑化が挙げられるが、その規模や複雑さの量的基軸に対しても、解決すべき問題の質的な基軸に対しても、さらにはそれに対処するための個々の技術においても、従来の伝統的な情報通信の手法の有効性は失効しており、新しい方法論が要請されている。すなわち、待ち行列などに代表される古典的方法論を脱し、新世代ネットワークにおける多様で新規な状況と要求に対応できる、新しい基盤が必須である。

超大規模化、複雑化、多様化などに代表される新世代ネットワークの属性や状況に対応し、また、新世代においてネットワークに期待される多様な性能指標に対応した、ネットワークアーキテクチャの基盤を確立する。

● 目標達成の意義

- ・ 新世代におけるネットワークを基礎づける理論基盤がはじめて整備されることになる。新世代ネットワークの属性や状況を一般的に特徴づけ、ネットワークを普遍的に取り扱う理論基盤が提供される。
- ・ ネットワークの大規模複雑性への対処には、例えば自律分散的機構や自己組織的機構など新しい制御原理が不可欠であり、その基礎が普遍的な形で整備される。また、不完全機能要素を含むネットワークにおける安定動作の基礎理論などが整備される。
- ・ ネットワークを特徴づける新しい性能評価基盤を整備し、複雑で多様な要求条件を評価可能な理論基盤が整備される。

● 目標実現技術とロードマップ

① ネットワーク基礎理論

② ネットワーク性能評価基盤

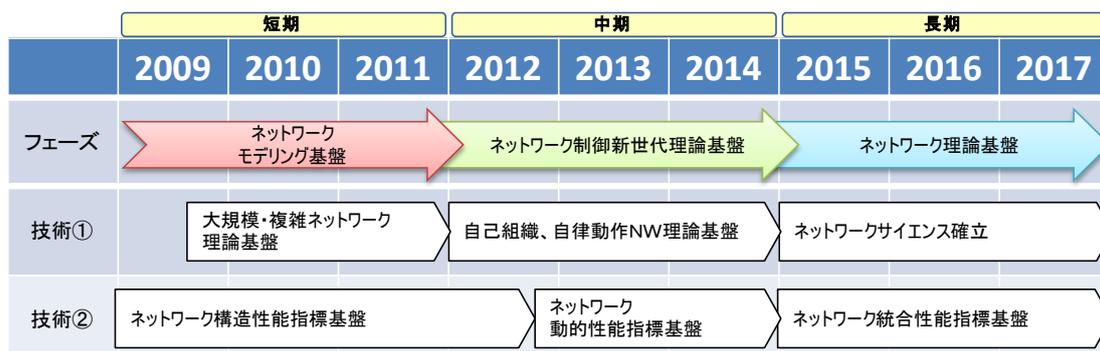


図 3.6.1 ネットワーク・アーキテクチャ・ファンダメンタル技術開発ロードマップ

3.6.3. 知識社会ネットワークファンダメンタルとロードマップ

● 実現目標

新世代ネットワークでは、人や社会の価値創発が重要であり、これは「五つのターゲット」における「価値を創造するネットワーク」や「生活環境を支えるネットワーク」などでも繰り返し強調されている。これらの実現に向けては、人の創造性や社会としての創造性など、極めて抽象的で高度な価値基準に関わる要件が議論の対象に入ってくる。すなわち、ネットワークには、人やモノを情報として結びつけるという従来の意味での通信の役割だけでなく、人や環境、社会に潜在している知識を取り込み、時代状況や環境条件のなかで期待される効果までをも、議論の射程に入れる必要が生じる。そのため、人の行動や情動、環境や社会に潜在する暗黙知などを取り扱う人文科学的、人間科学的、経済学的、さらには脳科学的視点とネットワークが不可分な関係となる。ここにおいて新たな基盤を獲得していく。

● 目標達成の意義

- ・ 価値創発、知識社会への貢献
- ・ サービス・サイエンスから高度サービス提供の基盤
- ・ 地域性、歴史、文化などを反映させた新しい付加価値の創造とそのための基盤

● 目標実現技術とロードマップ

- ①知識社会ネットワーク連携基盤
- ②人間理解ネットワーク連携基盤

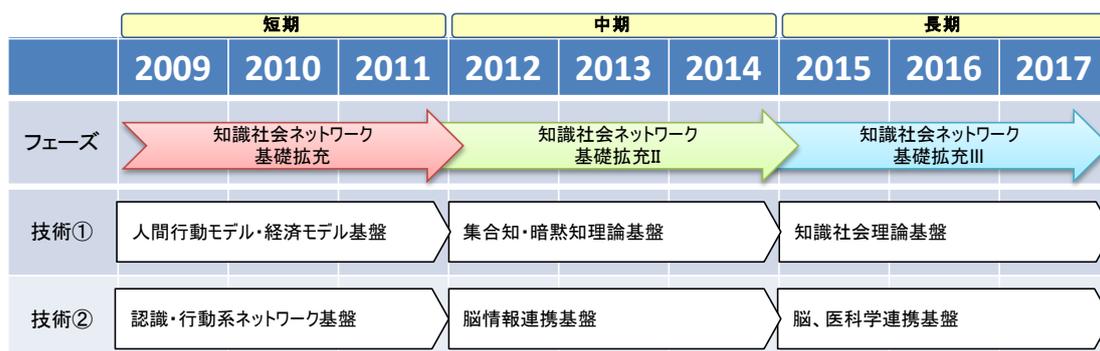


図 3.6.2 知識社会ネットワークファンダメンタル技術開発ロードマップ

3.6.4. ネットワーク物理アーキテクチャファンダメンタルとロードマップ

● 実現目標

新世代ネットワークでは、「五つのターゲット」のひとつである「地球にやさしいネットワーク」におけるネットワーク機器の低消費電力化に典型的に見られるように、物理的制約への挑戦を含む重要テーマがある。周波数資源の開拓、トラスト実現の基礎技術、ネットワークユニフィケーションなどにおいても、物理的視点あるいは物理層での実現技術の革新が不可欠である重要技術チャレンジが存在している。言い換えれば、新世代ネットワークの物理的視点からの革新が求められる。また、日本の技術開発における一般論として、材料・素材レベルでの非常に強い競争力が指摘される一方で、システムレベルにおける競争力の低さが指摘されている。先鋭的な物理層技術における優位性を、機能システムとして結実させる能力を高めることは、戦略的にも非常に重要になる。また、新世代ネットワークの時代に至るまでに、先端領域の電子技術、光技術、ナノテクノロジーなどの物理層実現技術において、どのような技術革新が起きるか予想は困難であるものの、ネットワークの視点からは、先端領域の技術革新を前提としてこれを利活用するという展開が戦略的に重要である。

● 目標達成の意義

- ・ 物理レイヤと機能レイヤの擦り合わせによる競争力確保
- ・ 物理層におけるイノベーションの取り込みとネットワークへの展開
- ・ 価値の源泉としての物理世界の不確実性に対応する基盤技術獲得

● 目標実現技術とロードマップ

①ネットワーク物理システム

②ネットワーク新原理

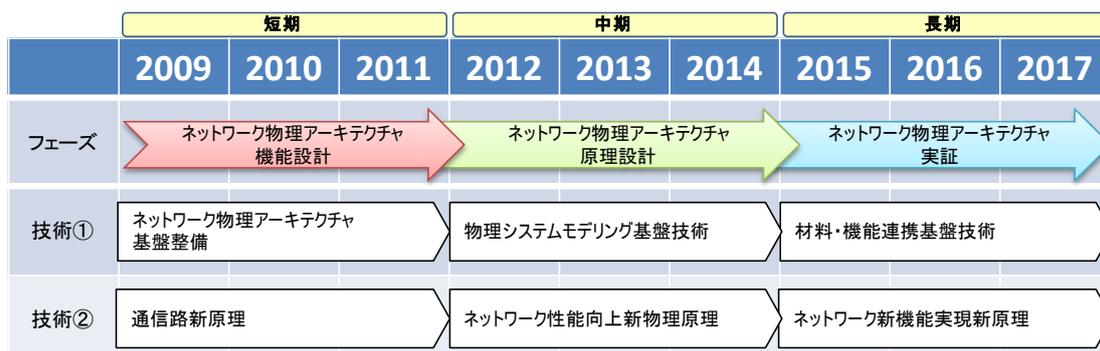


図 3.6.3 ネットワーク物理アーキテクチャファンダメンタル技術開発ロードマップ

3.6.5. 諸外国の動向

まず、ネットワークアーキテクチャの基礎領域に関しては、大規模複雑化への対応、自己組織化、自律動作などは欧米において重要研究領域として広く認識されており、新しい手法が次々に提案されている。また、ネットワークサイエンスとも呼ばれる、ネットワーク自体が創発する属性自体も熱心に探求されているのも近年の特徴のひとつである。ネットワークと周辺領域の学際的動きも活発であり、例えば NetSci [3-6-1]などの国際会議も起きている。

知識社会化関連の基盤領域では、IBM(International Business Machines Corp.)のビジネスモデルの転換やサービス・サイエンスと呼ばれる潮流に典型的に見られるように価値創発に向けた研究開発競争は激しく進んでいる。社会経済的、人文科学的、人間科学的見地からの検討については、欧州 FP7 プロジェクトの一つである PARADISO が有名であり、全世界から幅広い分野からの知見を取り込もうとしている[3-6-2]。

物理アーキテクチャについては、現代の電子情報技術を取り巻く世界の戦略的動きや、先端領域の激しい技術革新と不可分の関係がある。例えばマイクロプロセッサやネットワーク基幹装置などにおける一社独占的状况には、最先端デバイス内部のブラックボックス化や基幹プロトコルの影響力の独占などを手当した上で、外部インターフェイスをオープン標準化するというグローバル戦略の進行が背景として存在している[3-6-3]。材料から社会までの一連の流れのなかで、付加価値を獲得するための重要技術領域を押さえる必要がある。電子技術、光技術、材料技術などの最先端は著しく進歩しており、これをシステムとして、あるいはアーキテクチャとして取り込み、掘り下げる動きは欧米では伝統的に活発である[3-6-4, 3-6-5]。

3.6.6. 新世代ネットワークファンダメンタルズ研究開発推進方策

(1) ネットワーク基盤アーキテクト人材育成と世界への訴求

ネットワークファンダメンタル領域の強化は、基礎的アーキテクチャの議論を高度に実践できる、優秀な人材の獲得と育成が非常に重要である。新世代ネットワークは、既に諸

外国に席捲されている基盤アーキテクチャ領域において、日本が挽回可能な極めて希有なチャンスであり、優秀な人材を育成し、その研究の存在感を世界に対して訴求していくことが重要である。

具体的方策については、今後の検討課題であるが、本領域においては、①より多くのアイデア創発を促進しグローバル競争のなかでアイデアを良質化する、②研究初期の段階からグローバル協調を志向し連携体制により競争力を強化する、③上記の研究開発を牽引するグローバル人材をプロジェクトベースで育成する、等を具体化していく必要があると考えている。

(2) 異分野連携研究推進スキーム

知識社会ネットワークファンダメンタルやネットワーク物理アーキテクチャファンダメンタルの推進は、本質的に異分野連携、分野間の協調が求められる。そのためのリエゾン機能や研究者・開発者が協調・連携できる環境整備が重要である。

大学を中心とした CoE(Center of Excellence)にも上述したフレームワークに基づく研究開発が行われ始めてきている。これらの動向を分析した上で、具体的な異分野連携研究テーマ立案を行う事は、今後の課題である。さらに、コンピュータ&ソフトウェア分野を中心に、サービスコンピューティングと呼ばれる新しい学術領域が活性化してきている。ネットワーク・通信分野のみならず、様々な技術領域において異分野連携の動きが活性化してきており、まずはネットワーク・通信分野とサービスコンピューティング分野との融合を図りつつ、社会科学・人間科学・経済学などの研究分野との融合を推進していきたい。

(3) ファンダメンタル領域の戦略性強化

特に、ネットワーク物理アーキテクチャファンダメンタルでは、システム内部の高度な擦り合わせを必須とする領域に当該製品やサービスの競争力の源泉が潜む可能性があるという、現代のオープン標準化時代の認識がとりわけ重要であると考えられる。このことは、先端的な物理層実現技術をネットワークにおける付加価値として具現化する際の極めて重要なポイントであるとともに、先端領域の実現技術の展開の方向性の指針としても重要になる。

簡単には模倣することが困難な基盤技術を競争力の糧として、周辺技術を含めたシステムの実用化・製品化、競合プレイヤーが広く活用するためのオープンビジネス環境構築への仕掛け、囲い込み・ユーザロックインに基づく技術・市場競争の主導権の獲得・維持、等の技術ライフサイクル全般を見据えた戦略具体化を進めていきたい。

【参考文献】

- [3-6-1] International Workshop and Conference on Network Science
<http://www.ifr.ac.uk/netsci08/>
- [3-6-2] PARADISO
<http://www.paradiso-fp7.eu/>
- [3-6-3] 小川紘一, “新・日本型イノベーションとしての標準化・事業戦略” O plus E,
2008年4月号
- [3-6-4] Nanoelectronic Devices for Defence & Security Conference
<http://www.nano-dds.com/>
- [3-6-5] International Nanotechnology Conference on Communications and
Cooperation
<http://www.inc-conf.net/>

4. まとめ

本報告書では、これまでに提示した三つのビジョンから導き出される様々な新世代ネットワークへの技術要件を整理し、五つのネットワークターゲットとその共通的な技術基盤である新世代ネットワークファンダメンタルズを定義した。また同時に、我々の考える新世代ネットワークの技術領域を定義し、新世代ネットワークの技術ロードマップを策定した。さらにネットワークターゲットと技術基盤それぞれに対して、これらを構成する要素技術を抽出し、それぞれの技術に対して、開発項目を洗い出し、ロードマップとして提示した。これらの要素技術ならびにロードマップに関しては、今後、多くの有識者の方々から意見を頂戴し、活発な議論を通して、適宜改版していく予定である。

本報告書は技術戦略を示したものであり、15年から20年後に必要となる革新的なネットワークを定義し、その研究開発の実施を提言することに目的があるが、この戦略を実行していくためには、テストベッド戦略／技術移転戦略、研究開発資金戦略、標準化戦略／国際化戦略、人材育成戦略、技術イノベーション戦略等の戦略策定と実行が必須であり、すでに我々はその策定に着手している。特に新しい時代のネットワーク技術の研究開発には、机上での検討とテストベッドによる実証の両輪が必須であり、テストベッド戦略の構築に向けてその検討を進めている。これらの戦略は2009年度中頃には中間報告として提示する予定である。

付録 新世代ネットワークの技術ロードマップ

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)		短期		中期			長期			説明
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
地球にやさしいNW	バックボーン(光・ワイヤレス)	方式検討、シミュレーション評価		試作検証、標準化、プロトタイプ開発			テストベッド試験、商用システム開発			3.5.2の③参照
	低消費電力フォトニックネットワーク、光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	基礎検討		技術開発			テストベッド試験、商用システム開発			
	光波長ユニティリティ(高効率・高品質・大容量リンク、光3R技術、大規模光ネットワーク制御管理)技術	100Gbps超級の高効率長距離光リンク技術及び光3R技術、100ノード以上の大規模光ネットワーク制御管理技術を確立		高効率・高品質・大容量リンク、光3R技術、大規模光ネットワーク制御管理システムを実用化						広域ネットワーク内の100ギガビット超級リンクおよび大規模光ネットワーク制御管理技術等の確立
	全光ネットワーク基盤技術(光RAM技術)	入力4bitの光RAMプロトタイプを作成		全光ルータ実現のための技術の確立			全光ルータを実用化(～2020)			光RAM技術の確立
制約を意識しないNW	次世代光無線システム	フル光無線システムを高度化し、大容量及び長距離化を実現		開発			開発			世界最先端の国産技術である光無線通信を活用し、超高速ブロードバンド環境を実現
	ユニバーサルリンク接続の研究開発	複数波長を用いた、100GbE規格が制定		単一波長を用いた、広域100Gbps級伝送規格が制定			開発			国際標準獲得を目指した100ギガビットイーサネット構成技術等の確立
	適切なリソースを利用した新規/一時的機能的動的起動(アダプティブ・カスタムネットワーク)技術	新規/一時的機能的動的起動技術		適切なリソースによる動的機能起動技術			状況に応じた自律的新サービス提供技術			3.4.2の③参照
分散型バックボーン構築技術	分散型バックボーン構築技術	高信頼・高品質な分散型バックボーンを構築する技術の開発		バックボーン設備構成、相互接続点の検討へ適用、また障害時の迅速な対応、パス開通・設定業務の効率化、およびそれら機能を具備するネットワークノード等の実現			運用技術開発			トラフィック交換地点の分散化により通信設備への負荷を軽減するとともに、瞬発的なトラフィックの急増等に対応する高信頼・高品質な分散型バックボーンを構築する技術を実現
		開発		実用			実用化技術開発			
	非常時通信網構築技術	・大規模災害時の輻輳や基地局損壊等がある環境下でも、残存の様々な通信資源を有効活用し多くの携帯電話が使えるための、共通基盤制御技術を確立 ・基地局を用いないアドホックネットワークによる人対人の通信並びに遠隔制御を実現		非常時通信の共通基盤技術に基づく下記の通信設備ならびに端末を開発 ・携帯電話を初めとする各種モバイル機器での非常用通信基盤対応端末を開発 ・無線LANや近距離無線による管理不要のアドホック通信基地局設備の開発 ・無線LAN、近距離無線、WiMAXなど複数の通信手段を具備したDTN中継局設備の開発			実用			災害時に、被災者救出・支援や状況把握に必要な情報を収集・配信可能とする防災・減災技術の確立(2025以降)
情報ライフライン高度化技術	情報ライフライン高度化技術	NGN環境における送受信制御システムのセキュリティ検証が可能に		携帯受信機における連続視聴時間が半日程度に 地下鉄・トンネル内などでも地上デジタル放送の受信が可能に 緊急警報や緊急地震速報が携帯受信機を含む全ての受信端末で受信可能に			携帯型BSデジタル放送直接受信端末が利用可能に 電波の堅牢性を高めた次世代変調方式が利用可能に			いつでもどこでも確実な情報を得られるように情報ライフラインを確保する。放送ネットワーク網の拡充、受信機性能の向上、緊急警報放送受信の拡充、緊急地震速報による受信機自動機能、被災地向け可変ビーム衛星放送などの実現
		基礎		開発			実用			
		実用第1フェーズ					実用第2フェーズ			

要素技術(※は複数のカテゴリーにまたがる)	短期			中期			長期			説明		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降	
アクセス												
価値を創造するNW	マイクロメディア流通環境技術(有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術)※	複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発			有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発			有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発			信頼性・安定性検証	3.1.3の①参照
	(モバイル網、固定網を意識させない)サービスシームレスハンドオーバー技術	異種ネットワーク間でのQoSの制御・管理やトラフィックエンジニアリング管理などを実現する技術の確立									信頼性・安定性検証	ネットワークを意識しないQoSシームレスハンドオーバー環境、サービスシームレスハンドオーバー環境の実現(~2018)
制約を意識しないNW	無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術※	複数無線リソースを活用したデータ伝送及び高密度無線統合基本技術			仮想化と連動した無線統合ネットワーク構築・運用技術			無線/有線統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術			3.4.3の②参照	
	大容量アクセス収容技術	固定・移動通信網融合や、速度の異なるネットワークを自律的に構成し、最適な相互接続や品質管理の可能なネットワーク構築技術の開発			運用技術開発			実用化技術開発			様々なローカルネットワークをシームレスに接続すること等により超高速アクセス環境を実現	
地球にやさしいNW	(モバイル網、固定網など広帯域から小電力に渡る様々な)異種アクセス網インタフェース技術	フェムトセル/高機能アプライアンス等による、各種モバイル網と固定網とのインタフェースの標準化や制度改正など						コグニティブ無線技術などを利用し、異種ネットワークが混在する中、ユーザは、一台の高機能アプライアンスにより、様々な場面で必要なコンテンツを常に最適な状態で享受できる環境を実現			モバイル網、固定網など広帯域から小電力に渡るさまざまなアクセス網とのシームレスなインタフェース技術の確立	
	低消費電力フォトニックネットワーク、光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価		試作検証、標準化、プロトタイプ開発			テストベッド試験、商用システム開発			3.5.2の③参照		
地球にやさしいNW	光波長アクセス(波長多重シームレスアクセス、フレーム多重超高速アクセス)技術	100Gbps級の光アクセス基本技術を確認、国際標準の提案			次世代のテラビットLAN国際標準技術の獲得						波長多重シームレスアクセス技術、フレーム多重超高速アクセス技術の確立	
	光アクセスネットワーク技術の効率化・高機能化・長距離化の技術	10Gアクセスシステムの構成技術を確認、FTTH長距離化を達成(~100km)			アクティブネットワーク技術の確立等により、アクセス網の長距離化						10ギガビット級のユーザアクセスを低価格・高効率で実現	

ワイヤレスアクセス

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降
無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術※	複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発			有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発			有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発			信頼性・安定性検証	
	技術開発						技術統合&テストベッド検証			3.1.3の①参照	
	複数無線リソースを活用したデータ伝送及び高密度無線統合基本技術			仮想化と連動した無線統合ネットワーク構築・運用技術			無線/有線統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術			3.4.3の②参照	
	基本技術開発			運用技術開発			実用化技術開発				
低消費電力フォトニックネットワーク、光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価		試作検証、標準化、プロトタイプ開発			テストベッド試験、商用システム開発			3.5.2の③参照		
	基礎検討		技術開発			テストベッド試験、商用システム開発					
新周波数資源開拓(ミリ波(上段)・テラヘルツ波(下段))	ミリ波標準化、実用化									3.5.3の①参照	
	標準化・実用化										
	テラヘルツ波デバイス開発、ユースケース開発			プロトタイプ開発、NwGN連節評価、標準化			テストベッド試験・検証				
基礎検討			技術開発			テストベッド試験・検証					
テラヘルツ波通信技術				数十Gbpsの無線技術の開発			数十Gbpsの無線技術の実用化(～2020)			テラヘルツ帯の高度な利用技術の開発、光ファイバ通信技術(有線)と無線(THz)の融合を実現(～2025)	ミリ波では帯域が不足する超高速・大容量通信の実現を目指した基盤技術開発
基礎 開発 実用											
未利用周波数帯への移行促進技術	・65nmプロセスによるSiCMOS技術の実用化		未利用周波数帯の利用を促進する機器の小型化、省電力化、低電力化等に資する基盤技術の確立		・Si Ge回路技術の確立		低コストで使い勝手の良いミリ波帯無線デバイスを製造・利用できる環境の実現				高い周波数帯への移行や、未利用周波数帯の利用を促進する機器の小型化、省電力化、低電力化等に資する基盤技術ならびに新たなブロードバンドアクセス制御技術の確立
	基礎		開発		開発		実用				
コグニティブ無線技術(周波数利用状況センシング、周波数共用技術)	基礎(単独技術)検討、試作検証、単体性能評価			NwGN連節評価、技術標準(機器認定)技術、プロトタイプ開発			テストベッド試験・検証			3.5.3の②参照	
	基礎検討			技術開発			テストベッド試験・検証				
周波数利用の最大化のための周波数共用システム向け電波管理手法											
技術検討											
周波数利用効率向上技術・周波数共同利用技術	・空間多重アダプティブアンテナ技術の確立		周囲の電波利用環境に自律的に適応するコグニティブ無線など高度な電波の共同利用のための技術の確立		チューナブルフィルタ、CMOSワンチップ等RF回路構成技術の確立		ユーザが意識することなく、電波資源を有効に利用するシステムの実現			周囲の電波利用環境に自律的に適応するコグニティブ無線など高度な電波の共同利用のための技術の確立	
	基礎		開発		開発		実用				
周波数利用効率向上技術	端末による電波利用環境の認知技術、端末・基地局による無線リソースの自律的最適制御技術の開発			電波暗室にて、電波環境認知型無線端末の動作実証実験等を実施、移動通信システムへの実装技術の確立						電波環境に応じて使用する周波数や通信方式を選択することで周波数の利用効率を向上させる技術の確立	
	基礎			開発			実用				

ワイヤレスアクセス

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降
同一周波RAN間協制御技術	単一ネットワークオペレータ内で複数無線システム間のロードバランスやスムーズなマイグレーションを行う技術の確立									複数オペレータ間でリソースの共有制御を行う技術の確立(〜2018)	同一無線周波数帯を利用する複数無線システム(3.5G→3.9G→4Gなど)共存化でのシームレス接続を実現する技術の確立
	基礎			開発			実用				
異周波RAN間協制御技術	端末主導で複数無線システムをシームレスに切り替えて使用する技術の確立						コグニティブ無線技術を利用して使用可能周波数帯を検出し、最適な無線アクセスを自由に利用することにより、周波数資源の有効利用を図る技術の実現			異無線周波数帯を利用する複数無線システム(セルラー、WIMAX、WLANなど)共存化でのシームレス接続を実現する技術の確立	
	基礎			開発			実用				
無線干渉(活用周波数利用率拡大技術)	MIMO技術応用時空間周波数多重アクセス技術の開発			超マルチアンテナ干渉活用型信号処理技術の開発						干渉を活用することで、周波数利用率を拡大する技術の開発	
	開発			実用							
ソフトウェアによる受信機能の更改	リコンフィギュラブルプロセッサやマルチコアプロセッサの出現及びコンパイラ技術の発達により、多様な映像音声のコーデックがプログラムの変更で対応可能に			リコンフィギュラブルRFチップにより、全世界の放送方式に対しても、将来に渡って1つのFPGAやDSPで自動に対応できるシステムが実現、コグニティブ無線が実用化			コグニティブ無線により、アプリケーションに関して自由度が高まり、3Dや五感対応放送のような多様なサービスが受けられる			放送方式の機能向上等に対応する再構築可能なアーキテクチャを持つ受信機、回路の大幅な簡略化と開発コストを削減するリコンフィギュラブルRFチップ、機能向上に対応する際、最低限のハードウェア交換で済むための周辺機器のモジュール化	
				実用第1フェーズ			実用第2フェーズ				
システム変更なども考慮に入れたモビリティ提供プロトコルとシステム間ハンドオーバー※	動的再配分アルゴリズム検討、シミュレーション評価			コグニティブ無線・SDR技術・仮想化技術などと連節した評価、標準化			テストベッド試験・検証			3.5.3の③参照	
	方式検討、シミュレーション評価			技術開発			テストベッド試験・検証				
次世代高信頼多元無線アクセス技術	洗滞した交差点においても、「クルマ」の密度に関わらず、事故に巻き込まれる可能性のある前後左右の直近の「クルマ」に対して、瞬時にしかも確実に情報を伝える新たな多元無線アクセス技術の確立						チップ化技術の実現および、実用化、携帯電話への装着			「クルマ」の密度に関わらず、各種情報を、高信頼に瞬時に情報交換するための新たな多元無線アクセス技術を確立	
	基礎			開発			実用				
フレキシブル無線ネットワーク技術							コグニティブ無線を取り入れ、柔軟なネットワーク構成を可能とする、超高速無線アクセスネットワーク構成技術の実現			柔軟なネットワーク構成を可能にするフレキシブル無線ネットワーク技術の確立	
	開発			開発			実用				
超高速無線アクセス技術	100Mbps(高速移動)〜1Gbps(低速移動、ノマディック)の第4世代移動通信対応の無線アクセス技術の開発・標準化を終了						スーパーブロードバンド移動通信対応の無線アクセス技術の実現			移動環境に応じた大容量データの低コスト、効率的かつ安定的な伝送を可能とする技術の確立	
	開発			開発			実用				

地球にやさしいNW

要素技術(※は複数のカテゴリーにまたがる)	短期			中期			長期			それ以降	説明
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		

衛星通信

制約を 意識しない	無線/有線統合ネットワークにおけるデータ伝送技術※	複数無線リソースを活用したデータ伝送及び高密度無線統合基本技術 基本技術開発			仮想化と連動した無線統合ネットワーク構築・運用技術 運用技術開発			無線/有線統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術 実用化技術開発			3.4.3の②参照
	超高速衛星通信基礎技術	・高速衛星ルーティング技術の開発 ・高速データ伝送技術 基礎			・100Gbps級の超高速衛星通信技術の開発 ・コンフォーマルアクティブフェーズドアレイ技術の開発 開発			100Gbps級の衛星通信技術の実現(～2019) 実用			100Gbps級容量の超高速衛星通信技術の確立
	光・ミリ波などデータ中継技術	・ミリ波アクティブフェーズドアレイの開発 ・適応型ミリ波スポットビーム技術の開発 ・コヒーレント光通信技術の開発 基礎			・1.5μm帯光通信装置の開発 ・超高感度通信方式の開発 開発			観測した高精細画像を瞬時に伝送可能な中継技術の実現(～2018) 実用			観測衛星からの高精細画像など大容量データを瞬時に伝送する技術の確立

ホーム

制約を 意識しない	光/電気/無線&バス/パケットのマルチ統合ネットワーク構築・運用技術※	無線/有線統合ネットワーク構築・運用技術 基本技術開発			光/電気/無線、バス/パケットのマルチ統合ネットワーク構築・運用技術 運用技術開発			マルチ統合ネットワーク信頼性等向上技術 実用化技術開発			3.4.3の③参照
	異種ネットワーク高信頼統合管理技術	複数インタフェースを統合し通信を冗長化する技術 基礎			通信先の環境に適したシンタックス/メディアによる情報送達技術 開発			ユーザ/マシンの位置する環境、ネットワークに依らない高信頼な情報伝達技術を開発			ユーザ/マシンの位置する環境、ネットワークに依らない高信頼な情報伝達技術を開発
	自動ネットワークコンフィギュレーション技術※	個別ネットワークでの容易利用技術 基本技術開発			無線/有線統合ネットワークでの容易利用技術 運用技術開発			マルチ統合ネットワークでの容易利用技術 実用化技術開発			3.4.4の①参照
地球に	インテリジェンスホームネットワーク制御	・異なる通信規格を変換するホームネットワーク制御技術の開発 ・伝送技術の高性能化 基礎			・家庭内の機器が相互接続・情報共有する連携・協調技術の確立 ・各エンドデバイス組込みマイクロゲートウェイの開発 開発			ホームネットワークにおいて、情報家電、白物家電をはじめ、ロボット、センサー、タグ等の家庭内機器が、自動的に相互接続・協調運用できるホームゲートウェイ技術 実用			ホームネットワークにおいて、情報家電、白物家電をはじめ、ロボット、センサー、タグ等の家庭内機器が、自動的に相互接続・協調運用できるホームゲートウェイ技術
	ホームネットワークの低消費電力化	方式検討、シミュレーション評価 基礎検討			試作検証、標準化 技術開発			商用システム開発 商用システム開発			3.5.2の④参照
	高品質伝送(宅内QoS)・低遅延伝送技術	低遅延コーデックとミリ波通信による超高精細動画リアルタイム伝送 開発			トラフィック混在型クロスレイヤーQoS技術の開発 実用			データの特性に応じたQoS制御で快適なネットワークを実現する技術の開発			データの特性に応じたQoS制御で快適なネットワークを実現する技術の開発
	ネットワーク相互接続	・ユビキタス(移動体)宅内相互運用、統合ミドルウェア技術 ・デバイス自動グループング技術 ・デバイス自動連携プロトコル技術 基礎技術			最適ネットワーク自動再構成技術 運用技術			ユビキタス(移動体/センサ/ITS)-宅内相互運用統合ミドルウェア技術 実用技術			相互接続・運用性、ユビキタス性、簡単操作性、連携性、拡張性などの観点からネットワーク相互接続を実現する

要素技術(※は複数のカテゴリーにまたがる)	短期			中期			長期			説明		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降	
センサーネットワーク 生活環境を支えるNW	環境適応センシング技術		センサ情報マイニング			センサ・アクチュエータ自動設定		コンテキストウェアなセンシング・実世界インタラクション			3.3.3の①参照	
	基本技術開発			運用技術開発			実用化技術開発					
	防災・減災基礎技術		センサー等により、災害時に被災者救出・支援や状況把握に必要な情報を収集・配信可能とする技術を確認			災害時に被災者救出・支援や状況把握に必要な情報情報を配信する技術						災害時に、被災者救出・支援や状況把握に必要な情報を収集・配信可能とする防災・減災技術の確立(2025以降)
	基礎			開発			実用					
	インターネットワークプロセッシング技術		動的データ構造化			リアルタイムかつ柔軟性の高いインターネットワークプロセッシング		大規模センサ・アクチュエータクラウド上での実証実験			3.3.3の②参照	
	基本技術開発			運用技術開発			実用化技術開発					
	衛星通信再構成技術		再構成通信技術の開発 高精度軌道上衛星監視技術の開発			無人飛行体等から高精細画像のリアルタイム伝送技術を実現			災害時等にセキュアで堅牢な瞬時伝送や監視技術を実現			セキュアで堅牢な衛星通信・監視技術の確立
基礎			開発			実用						
地上/衛星共用モバイル通信技術		地上系との周波数共用技術の開発			大型展開アンテナ搭載衛星移動体通信技術の実現 大型反射鏡技術の開発 超マルチビームデジタルビームフォーミング技術の開発 フレキシブル中継器(通信機)技術の開発 高効率デバイス・耐妨害波高耐圧デバイスの開発						災害時等にも携帯電話から通信を行うための技術の確立(～2018)	
基礎			開発			実用						
データストリーム管理		センサストリームマイニング		ストリーム処理最適化		異種センサデータ統合管理					データベースにおける高性能、多機能、高信頼なデータストリーム管理の実現	
基礎			開発									
ユーザ状況・周囲状況理解技術		自然な音声・顔画像による感情認識		特定センサモジュールからの状況推定 センサタグ(超音波、赤外線)、無線測位、加速度、方位センサ、嗅覚センサを活用した対象・精度の高度化		発言履歴からのユーザの発言意図の推定、内面的状況の推定		広域センシング情報からの状況推定 センサネットワーク / 多種センサ統合利用		体内・脳センシング		知覚インターフェースを用いた認識技術やセンシング技術によるユーザ状況・周囲状況理解技術の実現
基礎			開発									

ネットワーク機器用
デバイス

要素技術(※は複数のカテゴリーにまたがる)	短期		中期			長期		説明		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		2016	2017
地球にやさしいNW	低消費電力フォトニックネットワーク、光アクセス、ワイヤレスアクセス(省電力デバイスを含む)※	方式検討、シミュレーション評価	試作検証、標準化、プロトタイプ開発			テストベッド試験、商用システム開発				3.5.2の③参照
	超大容量光ノード技術	基礎検討	技術開発			テストベッド試験、商用システム開発				
	超大容量光ノード技術	光・電気技術により100テラビット級のコアルータ実現のための要素技術を確立	100テラビット級ルータを実用化							超大容量光ノードの実現
NWGNファンダメンタルズ	極限光ネットワークシステム技術(超低消費電力ノード技術)	超低消費電力ノード構成等の基礎技術の確立	超高速スケラブル光スイッチングシステム技術の確立			全光ルータを実用化(～2020)				超低消費電力ノードの実現
	ネットワーク物理システム	ネットワーク物理アーキテクチャ		物理システムモデリング基盤技術		材料・機能連携基盤技術			3.6.4の①参照	
	ネットワーク物理システム	基礎構築		基盤強化		基盤展開				
NWGNファンダメンタルズ	ナノICTネットワーク技術(フォトニック結晶光LSI技術)	Siフォトニクス光ICへの超省電力・超小型・高速フォトニック結晶素子集積技術を確立	基礎			光ICへのサブミリ長超小型光増幅素子内蔵技術を開発	光ノード装置の高機能化に対応する光ICの無損失大規模化技術を確立(～2020)		フォトニック結晶高効率光素子技術による光ノードICの無損失大規模化(～2025)	
	ナノICTネットワーク技術(超伝導量子デバイス技術)	通信波長帯超伝導単一光子検出素子作製技術を確立	基礎			単一光子検出システム開発と量子暗号鍵配布フィールド実験を実施	超伝導単一光子検出システムの標準化と製品化(～2020)		超伝導量子デバイス技術による量子情報通信ネットワークの実用化(～2025)	
	ナノICTネットワーク技術(超伝導・光デバイス技術)	低消費エネルギー超伝導・光インターフェース作製技術の確立	基礎			光-単一磁束量子変換実験を通じた高速動作実証	超伝導・光デバイス技術の超高速フォトニックネットワークバッファメモリの実現(～2025)		超伝導・光デバイス技術の超高速フォトニックネットワークへの応用(～2025)	
	ナノICTネットワーク技術(分子フォトニック技術)	極低エネルギー・高精度な分子ナノ光素子や光ナノインターフェース等の基盤技術を確立	基礎			光素子のナノスケール動作における新機能開拓と極低エネルギーの分子情報処理モデルを構築	分子の相補性に基づく自律的分子素子スケールアップ技術を確立(～2020)		高効率分子の光機能とスーパーエロジの通信ネットワークシステム構築(～2023)	
	ナノICTネットワーク技術(高機能センシング技術)	原子・分子数個レベルの物質構造、素反応を極限的検出、制御するための基盤技術を確立	基礎			生体各種感覚に即す環境情報や反応を高感度、高精度に検出し、利用する原子・分子センシング技術を確立	原子・分子センシング技術に基づく高機能MMLBMT技術開発と展開、携帯端末での活用等環境センシングの実現(～2020)		ICTリソースとセンシング技術融合によるバリアフリーかつ安心・安全な社会を実現(～2023)	
	ナノICTネットワーク技術(低エネルギー情報処理アーキテクチャ技術)	分散エージェントの統合や超低電力消費を目指した、ノイズ・ゆらぎなどを積極的に活用するアルゴリズムを開発	基礎			新世代のネットワーク構築に向け、信号のゆらぎなどを積極的に活用する情報処理技術を確立	環境にシームレスに適応し、全てのユーザーに快適な制御をもたらす超低電力消費ネットワーク技術の開発(～2020)		環境にシームレスに適応し、全てのユーザーに快適な制御をもたらす、百分の一程度の超低電力消費ネットワーク技術の確立(～2023)	
	ナノICTネットワーク技術(低エネルギー情報処理アーキテクチャ技術)	分散エージェントの統合や超低電力消費を目指した、ノイズ・ゆらぎなどを積極的に活用するアルゴリズムを開発	基礎			新世代のネットワーク構築に向け、信号のゆらぎなどを積極的に活用する情報処理技術を確立	環境にシームレスに適応し、全てのユーザーに快適な制御をもたらす超低電力消費ネットワーク技術の開発(～2020)		環境にシームレスに適応し、全てのユーザーに快適な制御をもたらす、百分の一程度の超低電力消費ネットワーク技術の確立(～2023)	

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明			
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降		
端末													
価値を創造するNW	マイクロメディア流通環境技術(有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術)※	複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発			有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発			有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発			信頼性・安定性検証	3.1.3の①参照	
	(様々な無線技術を制御する機能を融合した)端末プラットフォーム技術	技術開発						技術統合&テストベッド検証					
	携帯端末向け放送のブロードバンド化・高品質化、高機能化技術	モバイルサーバ型放送の標準化		広帯域化と高い周波数利用効率が可能に大容量データを確実に配信することが可能に			各種端末が有機的に結ばれ自律的に情報を処理することが可能に 渋滞地点のリアルタイム映像や高精度D-GPS情報配信が可能に			ユビキタスサーバ型放送の標準化(～2020) 位置に連動したコンテンツの自動生成が可能に(～2021) 超高速デジタル伝送方式の標準化(～2024) アップロードされた情報(コンテンツ)のフィルタリング・統合・編集が可能に(～2025)	超高速無線アクセス、フレキシブル無線、周波数利用効率向上動作を可能とする端末プラットフォームの実現	様々な無線技術を制御する機能を融合した端末プラットフォーム技術の確立	
	(FMCの拡大に向けた)ブロードバンド・シームレス端末技術	スーパー3G(100Mbps)、ミリ波アクセス(1Gbps)の導入とシームレス技術の確立・標準化			4G(1Gbps)の導入とシームレスサービスの普及						ユビキタスサーバ型放送の標準化(～2020) 位置に連動したコンテンツの自動生成が可能に(～2021) 超高速デジタル伝送方式の標準化(～2024) アップロードされた情報(コンテンツ)のフィルタリング・統合・編集が可能に(～2025)	渋滞地点のリアルタイム映像放送、放送番組とカーナビの連携、移動体に適した階層的な放送、インターネットコンテンツをそのまま放送経由で視聴、位置に連動したコンテンツの自動生成・配信、各車からアップロードされた情報のフィルタリング・統合・編集、放送とアドホックネットワークだけでコミュニケーションなどの実現	FMCの拡大に向けたブロードバンド・シームレス端末技術の確立
	電子タグR/W機能付小型携帯端末技術	・小型・省電力電子タグR/Wモジュール等の開発 ・電子タグ等を利用して様々なサービスを連携可能とするミドルウェア技術の開発		電子タグR/W機能付小型携帯端末技術の確立			電子タグR/W機能付小型携帯端末技術の普及				様々なユビキタスサービスを楽しめる端末技術の確立		
	モノ通信向けユビキタス端末技術	～2009年:RFIDの普及		屋外も含めた面的展開可能なモノ通信向けユビキタスサービス(単機能、専用端末、小型化、長電池寿命)			より低価格・使い切り可能な端末				家庭や個人向け端末に加えてモノ向けの通信端末を開発する		
	ユニバーサル・ユーザインタフェース技術	シニア用情報提示技術の開発		トラブル時の支援技術の開発		PC、携帯、家電等、複数の機器を容易に利用可能にするユーザインタフェース技術				・コンテンツの自由な多言語変換 ・情報バリアフリーのための多感覚メディア変換技術	年齢、障がい、使用言語等によらず誰でも容易にIT機器やソフトを利用可能にするユーザインタフェース技術の開発		
	(ウェアラブルコンピューターなど)多機能アプライアンス技術	複数の無線での送受信、表現メディアの自由な切り替え			状況に応じた適切な情報の提供 ・ユーザの状況把握が可能な、身に着けていることが意識されない機器			給電、通信機能を持つ服の標準化 ・身につけた複数の機器間の連携(～2020)			腕時計形態など身につける情報機器であるウェアラブルコンピューターをはじめ、多機能性と使い勝手を両立させるアプライアンス		

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
高度な路車間通信/車車間通信技術	<ul style="list-style-type: none"> ・適応的車車間通信、車群通信技術、車車間通信自律分散多重アクセス制御技術の確立 ・高精度ロケーションを含むセンサブロープ技術の確立 ・路車間通信によるインフラ協調安全運転支援システムの実現 ・車間、歩行者等のセンシング技術の確立 ・数十m以上の遠方の物体を分解能20cm以下で検出することにより、歩行者検出や車間距離制御 			開発			端末(「人」)の位置を数十cmの精度で端末側で特定するシステム、「クルマ」の密度に関わらず情報を直近の「クルマ」に瞬時かつ確実に情報を伝えるシステムの実現			高度な路車間通信/車車間通信技術の実現
複数位置検出方式の統合利用技術	主なデバイスの違いを吸収し位置情報を取得可能 開発			シームレスな位置情報技術の普及・標準化 実用						屋内外などの取得位置やデバイスの違いによらず位置情報を取得する共通基盤技術の確立
GIS連携技術	いつでもどこでも任意の場所情報を取得可能 開発			あらゆる空間情報を利用可能とする技術の普及・標準化 実用						地図情報を共通コード(空間コード)に対応づけて取得・利用可能とする技術及び表現技術

L3.L4技術

生活環境を地球にやさしいN	センサ・アクチュエータクラウド構成・制御技術	センサ・アクチュエータの認証・連携	センサ・アクチュエータクラウドの動的構成、動的資源管理	大規模センサ・アクチュエータクラウドの実証実験	3.3.2の②参照
		基本技術開発		運用技術開発	実用化技術開発
	低消費電力ネットワーク用通信プロトコル	方式検討、シミュレーション評価	試作検証、標準化	テストベッド試験	3.5.2の⑤参照
		基礎検討	技術開発	テストベッド試験	
	システム変更なども考慮に入れたモビリティ提供プロトコルとシステム間ハンドオーバー※	動的再配分アルゴリズム検討、シミュレーション評価	コグニティブ無線・SDR技術・仮想化技術などと連節した評価、標準化	テストベッド試験・検証	3.5.3の③参照
		方式検討、シミュレーション評価	技術開発	テストベッド試験・検証	

ミドルウェア(サービス&運用管理)

価値を創造するNW	キャリア間で利用できるネットワークサービスのモジュール化/プラットフォーム化技術※		基本機能、拡張機能のモジュール化、プラットフォーム構築	キャリア内とキャリア間の動作検証	3.1.2の①参照	
		方式検討	技術開発	テストベッド検証&標準化		
	大規模知識配信・流通実現技術(知識収集技術、知識配信技術、知識データ分析技術、知識データマイニング技術)		知識収集・配信方式の検討	大規模環境下でも動作する技術の開発	テストベッドネットワーク上での検証および問題点の解析と改良	3.1.2の②参照
		方式検討	技術開発	テストベッド検証&標準化		
	ネットワークにビルトインされたサービスプロセス可視化技術(ユーザ状況、解析、設計ツール、サービス検証環境)、大規模分散サービスKDB構築技術(人間系知識、ビジネス知識などの蓄積)		人間系知識やビジネス知識などをDB化する技術の検討	サービスプロセス可視化技術と組み合わせたサービスイノベーションプラットフォームの開発	動作検証および結合試験	3.1.2の③参照
		方式検討	技術開発	テストベッド検証&標準化		

ミドルウェア(サービス&運用管理)

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降	
ユビキタスサービスプラットフォーム技術	状況情報を共有し、利用者が必要な情報やサービスが提供できるユビキタスサービスプラットフォーム技術の開発			ユビキタスサービスプラットフォーム技術の普及							様々なユビキタスサービスを共有する技術の確立	
	開発			実用								
知識情報抽出・知識ベース構築技術	Webコンテンツからの知識情報抽出技術の開発			知識情報オントロジの構築と、分野別知識ベース管理技術の開発			ナレッジクラスシステム(～2025)				言語サービスの研究開発及び実現に必要な言語資源(コーパス等)の仕様を確立し、開発	
	基礎			開発			実用					
知識情報の利活用技術	知識ベース間の連携技術の開発			異分野知識ベース連携による異分野間、言語間にまたがる情報検索技術の開発			ナレッジクラスシステム(～2025)				言語サービスの研究開発及び実現に必要な言語資源(コーパス等)の仕様を確立し、開発	
	基礎			開発			実用					
大規模知識ベースにおける超分散知識ベース連携技術	グリッドネットワーク情報分散知識処理ベース連携技術の開発			異分野知識ベース連携による知識情報網(ナレッジクラス)の開発			ナレッジクラスシステム(～2025)				言語サービスの研究開発及び実現に必要な言語資源(コーパス等)の仕様を確立し、開発	
	基礎			開発			実用					
コミュニティ知識獲得・生成技術	個人の活動履歴から知識となるコンテンツ作成手法の開発			推定された個人の嗜好・好み等からのコミュニティ形成支援手法の開発			個人の嗜好・好み等からのコミュニティ形成支援システムの活用(～)				個人知識、世界知識のモデル化、記述方式の標準化	
	基礎			開発			実用					
生態系メカニズムのモデル化・標準化	エージェント間インタラクション規格標準化			数万人規模の知識コミュニティのシミュレーション技術の開発			全世界対象の、10億人程度の知識コミュニティのシミュレーション技術の開発、実用化				コミュニティの知識形成を支援し、知識流通の安全性を保証し、コミュニティ形成を支援する技術の実現	
	基礎			開発			実用					
情報検索・要約・分析技術	・質問応答検索(Factoid検索、How検索) ・検索結果のクラスタリング、特徴抽出 ・検索結果の要約 ・共通点と個別差違分析			・問題解決型検索(Why検索) ・分析軸の自動判断			自動レポート作成(必要情報の自動収集、要約、生成)				大規模データ、高頻度更新、多様な検索に対応した情報検索技術の実現	
	基礎技術			運用技術			実用技術					
データマイニングアルゴリズム	コンセプトマイニング(解析時間短縮)			テキストマイニング: 観点の半自動判断 ドメイン知識量大			ユビキタスマイニング 超大規模データのリアルタイムマイニング(超大容量への対応)			テキストマイニング: 観点の半自動判断 ドメイン知識量少		非構造化データの自動タギングによるデータマイニング技術の実現
	基礎技術			運用技術			実用技術					
情報信頼性判定技術(コンテンツの各種解析処理およびデータベース構築技術)	コンテンツの各種解析処理・データベース構築技術検討			情報信頼性判定技術開発			信頼性・安定性検証				3.1.3の②参照	
	方式検討			技術開発			技術統合&テストベッド検証					
コンテンツ収集・利活用技術(デジタルコンテンツ収集・蓄積技術)	定期的・偏りなくインターネット上のコンテンツを収集・蓄積できるクロウリング技術の開発			収集したコンテンツを情報分析サービスに提供するアーカイブを構築			「情報分析エンジン」や「ナレッジクラス」の情報源として活用する大規模アーカイブ(～2023)					
	基礎			開発			実用					
コンテンツ収集・利活用技術(コンテンツ個人化技術)	アクセス履歴などを用いたコンテンツの個人化技術の開発			情報利用のための個人の嗜好モデル化技術の開発			次世代コンテンツ利活用サービス(～2025)				次世代のコンテンツ産業を生み出す、新たなコンテンツ利活用基盤を開発	
	基礎			開発			実用					

価値を創造するNW

ミドルウェア(サービ
ス&運用管理)

価値を創造するNW	コンテンツ収集・利活用技術(マルチメディアコンテンツ利活用技術)	多様な機器に適切なフォーマットや品質で提供するマルチメディアコンテンツ利活用技術の開発	基礎	多様なデバイスで活用できる複合コンテンツ利活用技術の開発	開発	次世代コンテンツ利活用サービス(～2025)	次世代のコンテンツ産業を生み出す、新たなコンテンツ利活用基盤を開発
	コンテンツ収集・利活用技術(ユビキタスコンテンツ利活用技術)	実世界に埋め込まれた機器や携帯端末などのユーザ端末などを活用したコンテンツ管理・利活用技術の開発	基礎	「いつでも、どこでも、誰にでも」のユビキタスネットワーク上で、自然な振る舞いで必要な情報を適切に提供するコンテンツ利用技術の開発	開発	次世代コンテンツ利活用サービス(～2025)	次世代のコンテンツ産業を生み出す、新たなコンテンツ利活用基盤を開発
	コンテンツ収集・利活用技術(画像情報認識分類検索技術)	ネットワーク上の画像・映像情報について、内容に含まれる意味情報を分類・データベース化し、日本固有の古文書・書画を包含する「国立インターネット図書館」とも言うべき知的資産の自動蓄積を可能にする技術。(プロトタイプシステムの実現)	基礎	メタデータを利用し、ユーザーが所望するデータを容易かつ的確に検索・提供する技術	開発	実用	ネットワーク上の画像に含まれる不特定情報について、意味理解技術を高度化してメタデータを生成・蓄積し、利用者の知識と情報の獲得を飛躍的に向上させる。
	コンテンツ収集・利活用技術(コンテンツ保護情報のネットワーク上での自動監視技術)	可視化されたコンテンツ管理情報をネットワーク上で自動的に監視検出するシステムの開発	基礎	非可視化されたウォーターマークを含むコンテンツ管理情報をネットワーク上で自動的に監視検出する公的に利用可能なシステムの開発	開発	実用	ネットワーク上を流通するコンテンツに付与されたウォーターマークなどのコンテンツ管理情報を、自動的に監視、検出する技術を開発する。
	コンテンツ収集・利活用技術(無形文化財保存に適用可能な映像・音声・データコンテンツ情報の効率的蓄積管理技術)		基礎	コンテンツのメタ情報を自動的に付与し、サーバーとして蓄積し、効率的に管理する技術とシステムの開発	開発	実用	無形文化財の映像化コンテンツや、放送通信で伝送される映像コンテンツを効率的にアーカイブ化し、将来の文化財として保存するための効率的アーカイブ化技術と管理技術を構築する。
	コンテンツ収集・利活用技術(コンテンツ創作支援システム技術)	輸出産業として期待されているマンガ・アニメ業界で、才能溢れる若者がベトナムで起業できる状況に無い現状を打破するため、商業用の「高性能創作サーバ」として共同運用できるレベルのマシンシステムの構築。(試用システムの構築)	開発		実用		高性能PCやCGを用いた創作に必要な高額の機材費用負担を軽減して、若者の創作意欲の実行を促し国産立体/ステレオ・コンテンツ産業の拡大を目指す。
	コンテンツ信頼性分析技術(発信者分析技術)	URLやタイトル、内容分析に基づく発信者情報分析技術の開発	基礎	次世代ネットワークから取得できる発信者情報なども加味した情報分析技術の開発	開発	情報信憑性・信頼性分析エンジン(～2025)	インターネット上のコンテンツを多面的に分析を行い、その信憑性・信頼性について評価する分析エンジンを実現
	コンテンツ信頼性分析技術(評判情報分析技術)	Webコンテンツの評判情報抽出技術と評判の良否分析技術の開発	基礎	利用者の評価モデルを加えた評判分析技術の開発	開発	情報信憑性・信頼性分析エンジン(～2025)	インターネット上のコンテンツを多面的に分析を行い、その信憑性・信頼性について評価する分析エンジンを実現
	コンテンツ信頼性分析技術(情報信憑性のための意味内容及びその時系列分析技術)	信憑性に関する意味関係自動抽出技術と時系列変化分析技術の開発	基礎	情報発信における時間と場所など状況に基づいた意見情報分析技術の開発	開発	情報信憑性・信頼性分析エンジン(～2025)	インターネット上のコンテンツを多面的に分析を行い、その信憑性・信頼性について評価する分析エンジンを実現
	コンテンツ信頼性分析技術(情報信憑性のためのマルチメディア情報分析技術)	信憑性に関する映像や画像の信憑性検証技術の開発	基礎	マルチメディア情報や周辺情報なども含めた複合コンテンツとしての情報分析技術の開発	開発	情報信憑性・信頼性分析エンジン(～2025)	インターネット上のコンテンツを多面的に分析を行い、その信憑性・信頼性について評価する分析エンジンを実現
	コンテンツ信頼性分析技術(違法・有害情報の分析・検知技術)	プロバイタなどの要求に基づく違法・有害情報の内容分析に基づく分析・検知技術の開発	基礎	発見された違法・有害情報の分析情報を共有化し全世界規模で検知する技術の開発	開発	違法・有害情報分析・検知エンジン(～2025)	情報分析エンジンの機能と評価結果も活用した違法・有害情報分析・検知エンジンの開発
	ユーザ適応ニューメディア生成技術(ユーザ状況把握技術とユーザニーズ対応技術)	ユーザ状況取得およびユーザニーズ対応技術検討	方式検討	ユーザ適応ニューメディア生成技術開発	信頼性・安定性検証		3.1.3の③参照
			方式検討	技術開発	技術統合&テストベッド検証		

ミドルウェア(サービス&運用管理)

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降
個人適用エージェント技術	基礎		衛星放送の大容量化、ダウンロード型サービス	開発			メタデータ活用サービスの開発	コンテンツ内容の理解に基づく知的メディア変換技術(～2020)			自動的にユーザの好みに応じた形で情報を提供する技術の開発
	基礎			開発			実用			人間のマインドに悪影響を及ぼす情報をフィルタリングし、利用者の個性、性格等に適合して、感情、感性を適切に伝達し、安全性を確保しつつ、文化の壁を越えたコミュニケーションを活性化	
	基礎			開発			実用			人間のマインドに悪影響を及ぼす情報をフィルタリングし、利用者の個性、性格等に適合して、感情、感性を適切に伝達し、安全性を確保しつつ、文化の壁を越えたコミュニケーションを活性化	
利用者適応型コミュニケーション技術	基礎			開発			実用			人間のマインドに悪影響を及ぼす情報をフィルタリングし、利用者の個性、性格等に適合して、感情、感性を適切に伝達し、安全性を確保しつつ、文化の壁を越えたコミュニケーションを活性化	
個性に対応した感覚・感性情報伝達技術	基礎		個人の特徴に応じた情報を選別・提供する技術の確立	開発			実用			人間のマインドに悪影響を及ぼす情報をフィルタリングし、利用者の個性、性格等に適合して、感情、感性を適切に伝達し、安全性を確保しつつ、文化の壁を越えたコミュニケーションを活性化	
IoT総体での低消費電力情報流通技術(一データ配置の最適化)	基礎		方式検討、シミュレーション評価	開発			実用			3.5.2の②参照	
	基礎構築			技術開発			実用				
知識社会ネットワーク連携基盤	基礎		人間行動モデル・経済モデル基盤	開発			実用			3.6.3の①参照	
	基礎構築			基盤強化			基盤展開				
人間理解ネットワーク連携基盤	基礎		認識・行動系ネットワーク基盤	開発			実用			3.6.3の②参照	
	基礎構築			基盤強化			基盤展開				
空間共有コミュニケーション技術	基礎		・全方位映像撮影・提示技術 ・3次元音場収録・再現技術	開発			実用			複数の遠隔地の個人やグループが同時にスタジアムやコンサートなど同じ空間を共有したコミュニケーション技術(～2020)	
双方向型放送サービス	基礎		共通データは放送で取得し、個別データは通信から取得することが可能に	開発			実用			CM・番組等の一部差し替え、番組に応じた辞書機能の更新、携帯所有者による放送局等の実現	
	基礎			開発			実用				
放送アプリケーション技術	基礎		テレビや携帯端末に向けた当該地域のリアルタイムな医療機関、防犯、自治体情報等の提供が可能に	開発			実用			緊急医療への応用、防犯への応用、電子政府システムとの連携、生活の安全・安心、教育応用、バーチャルコミュニティの安全・安心等の実現	
	基礎			開発			実用				
セマンティックポータル	基礎		・セマンティックWiki ・電子メールやブログに代わるオントロジーベースのグループウェア	開発			実用			知識創造の支援や、サービス連携の高度化によるアプリケーションサービス	
	基礎技術			運用技術			実用技術				

ネットワークアーキテクチャ

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降
生活環境を 制約を意識しないNW	ネットワーク仮想化技術	セキュア仮想ネットワーク動的構成			センサ対応軽量ネットワーク仮想化			超並列可能なスケーラブルネットワーク仮想化			3.3.3の③参照
	仮想化ネットワーク実現のためのネットワーク及びノードリソース仮想化技術	基本技術開発			運用技術開発			実用化技術開発			3.4.2の①参照
		ネットワーク及びノードリソースの仮想化基本技術			マルチレイヤー仮想化ノードのためのリソース分割保証技術			仮想化ノードにおける信頼性・安定性向上運用技術			
	物理ネットワーク上での仮想化ネットワーク構築技術	基本技術開発			運用技術開発			実用化技術開発			3.4.2の②参照
		物理ネットワーク上への仮想化ネットワーク構築及び管理基本技術			複数仮想化ネットワーク構築技術			大規模仮想化ヘテロネットワークにおける信頼性・安定性向上運用技術			
	ダイナミックネットワークの要素技術	基本設計・操作・検証			評価・改善・検証			実用			IPネットワークの限界を克服し、ユーザーからの多種多様な要求に応え、自由自在に最適な品質やセキュリティ等を確保することができる、アーキテクチャの実現
		アプリケーションに連動し、動的にトラフィックや経路を制御する技術、微細なデータや大容量なコンテンツを高い電力効率で伝送する技術、障害発生時に相互接続されたネットワークとの連携により瞬時に復旧される技術、いつでも利用者が求めるサービスを実現する端末プラットフォーム技術、の確立									
	仮想化技術	基本設計・操作・検証			評価・改善・検証			実用			IPネットワークの限界を克服し、ユーザーからの多種多様な要求に応え、自由自在に最適な品質やセキュリティ等を確保することができる、アーキテクチャの実現
		次々と生成される無数の仮想ネットワークが要求するリソースと実際のリソースを、ネットワークが自律的に最適化する技術、様々なアプリケーションの要求に対し、必要なネットワークのパラメータ(帯域、遅延等)を設定し、最適な仮想ネットワークを自動的に設計する技術、の確立									
	バス/パケット統合ネットワークにおけるデータ伝送技術	光バス/パケット統合データ伝送概念検証技術			光バス/パケット統合ネットワーク構築・運用技術			光バス/パケット統合ネットワークにおける信頼性・安定性向上技術			3.4.3の①参照
基本技術開発			運用技術開発			実用化技術開発					
地球に	低消費電力指向ネットワークアーキテクチャ構成技術	基本アーキテクチャ検討、評価			実効性の検証、プロトタイプ開発			テストベッド試験・検証			3.5.2の①参照
NWGNフ	ネットワーク基礎理論	大規模・複雑ネットワーク理論基盤			自己組織、自律動作NW理論基盤			ネットワークサイエンス確立			3.6.2の①参照
		基礎構築			基盤強化			基盤展開			
	ネットワーク性能評価基盤	ネットワーク構造性能指標基盤			ネットワーク動的性能指標基盤			ネットワーク統合性能指標基盤			3.6.2の②参照
		基礎構築			基盤強化			基盤展開			
新世代ネットワークのアーキテクチャ(設計原理)	多様な要求に応え、共通のネットワーク基盤となる新世代ネットワークアーキテクチャの確立			統合設計			応用設計			IPネットワークの限界を克服し、ユーザーからの多種多様な要求に応え、自由自在に最適な品質やセキュリティ等を確保することができる、アーキテクチャの実現	
	概念設計・基礎設計										
社会インフラ(分散電源、交通等)を制御するためのネットワーク・アーキテクチャ技術	社会インフラを制御し、エネルギーの効率化、渋滞の軽減や安全性を向上するためのネットワーク・アーキテクチャを実現			統合設計			応用設計			IPネットワークの限界を克服し、ユーザーからの多種多様な要求に応え、自由自在に最適な品質やセキュリティ等を確保することができる、アーキテクチャの実現	
	概念設計・基礎設計										

ネットワーク制御・管理

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降
キャリア間で利用できるネットワークサービスのモジュール化/プラットフォーム化技術※				基本機能、拡張機能のモジュール化、プラットフォーム構築		キャリア内とキャリア間の動作検証					3.1.2の①参照
		方式検討	技術開発	テストベッド検証&標準化							
(サービスに応じた)複数事業者間の品質保証技術	サービスに応じて複数事業者間で最低限必要となる帯域・品質等を確保する品質保証技術の開発	開発	多様なサービスの特性に応じて複数事業者間で連携して品質制御を可能とする高信頼・高性能なネットワークノード等の実現	実用							サービスに応じて複数事業者間で最低限必要となる帯域・品質等を確保する品質保証技術を実現
トラスタブルネットワーク管理・運用技術※	管理エージェント・運用支援機構の仕様策定			管理エージェント標準化・開発	運用支援機構開発						3.2.2の③参照
	方式検討	技術開発	実証実験								
異常トラフィックの検出・制御技術	異常トラフィックをリアルタイムで監視・検出・分析・制御する技術の開発	開発	異常トラフィックの検出から制御までを連携して行う異常トラフィック対策オペレーション支援ツールの実現	実用							通常のネットワーク運用では見られない異常トラフィックをリアルタイムで監視・検出・分析・制御する技術を実現
センサ・アクチュエータノード技術	ワイヤレスセンサノード及びアクチュエータノードの設計			ワイヤレスセンサ・アクチュエータノードの開発と実証実験		無給電・超軽量ワイヤレスセンサ・アクチュエータの開発と実証実験					3.3.2の①参照
		基本技術開発		運用技術開発		実用化技術開発					
高精度端末位置特定技術				端末(「人」)の位置を数+cmの精度で端末側で特定できる技術、ならびに、その位置情報を直接電波の届かない場所にいる車両等に他の端末を中継することにより、瞬時に通知する技術の確立	開発	チップ化技術の実現および、実用化、携帯電話への装着					「人」の位置を高精度に特定し、その情報を無線で直接または他の端末を中継することにより「クルマ」等に伝える技術を確立
		基礎		開発		実用					
クラウド自己組織化技術	自律型センサネットワークルーティング		センサ・アクチュエータ統合ルーティング		瞬間自己修復機能を有する有無線統合ルーティング						3.3.2の③参照
		基本技術開発		運用技術開発		実用化技術開発					
バイオICTネットワーク技術(分子センサー技術・実装技術)	細胞・生体機能分子の機能再構築技術の開発					細胞・分子とシリコンとのハイブリッドタイプの生体・環境センサー技術の確立(~2020)		産業用に実用化。高性能センサーネットワークを開発(~2025)			自己組織的・自律的インターフェースとしてのナノエージェントの出現(2025以降)
		基礎				開発		実用			
バイオICTネットワーク技術(生物アルゴリズム技術)				バイオモデルに見られるデータ圧縮やデータ処理アルゴリズムのリバースエンジニアリングの実現				分子通信デバイスデータの圧縮・処理技術の確立			超低エネルギーで自己制御可能なバイオモデルによる分子通信システム技術の確立(~2023)
		基礎		開発		実用		分子機能評価ベンチの整備(~2020)			
バイオICTネットワーク技術(評価・計測システム技術)				分子機能イメージングの実現				分子機能評価ベンチの整備(~2020)			生体分子センシングの評価・支援のための高時空間分解能を持つ高精度計測システムの確立(~2023)
		基礎		開発		実用					

ネットワーク制御・管理

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明				
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降			
生活環境を支えるNW	バイオICTネットワーク技術(アクチュエータ・計算処理技術)			基礎			開発			実用	自己組織性・自律性を有するセンサーシステムの開発(～2025) 生体・環境情報を取得するために、群インテリジェンスを有するセンサーネットワークを開発(～2023)			
	生体内外無線通信技術			安全性の確認、製品化、量産化技術の確立			開発			実用	生体に導入した超小型の電子タグ等とICTの組合せによる医療情報取得、高度治療等のため医工連携技術の確立(～2020)			
制約を意識しないNW	光/電気/無線&パス/パケットのマルチ統合ネットワーク構築・運用技術※			無線/有線統合ネットワーク構築・運用技術			光/電気/無線、パス/パケットのマルチ統合ネットワーク構築・運用技術			マルチ統合ネットワーク信頼性等向上技術		3.4.3の③参照		
	自動ネットワークコンフィギュレーション技術※			個別ネットワークでの容易利用技術			無線/有線統合ネットワークでの容易利用技術			マルチ統合ネットでの容易利用技術		3.4.4の①参照		
	ネットワーク状況可視化と自律型ネットワーク技術			ネットワーク状況認識技術			問題解決プロセス可視化と手動による問題解決技術			問題解決のためのユーザ意図自動認識と問題解決技術		3.4.4の②参照		
	ユビキタスセンシングデータ透過(の共有プラットフォーム)技術			ユビキタスセンシングデータ透過の共有プラットフォームの開発			ユビキタスセンシングデータの利活用サービスの普及					様々なユビキタスセンシングデータを透過的に共有する技術の確立		
	ユーザデータ制御ネットワーク技術			ユーザデータ追跡アーキテクチャ			手動方式でのネットワーク内(ユーザ)データ制御技術			自動方式でのネットワーク内(ユーザ)データ制御技術		3.4.4の③参照		
	ネットワークを通じた情報流出の検知及び漏出情報の自動流通停止のための技術			自動転送型ファイル共有ソフトによるネットワークを通じた情報流出の検出及び漏出情報の自動流通停止のための技術の確立			開発			実用		ネットワークを通じた情報流出が起こってしまった際の情報漏出発生を迅速に検知し、漏出情報の無制限な流通・拡散を防止する基盤技術の確立(2025以降)		
	ネットワーク、アプライアンスにおける電力使用算定の方式、リアルタイム計測とその情報流通			算定方式標準化、リアルタイム計測法検討			試作検証、標準化			テストベッド試験		3.5.2の⑥参照		
大容量インターフェース収容・制御技術	IEEE802.3ba 100Gb/40Gbイーサネット標準化完了時期に、高信頼化イーサネット制御論理/高速外部入出力インターフェースを実現			開発			実用					100Gb/40Gbイーサネットを収容し、障害監視/復旧、誤り訂正や複数インターフェース一括収容により信頼性向上伝送距離延長や、高機能化を実現		
	放送・通信ネットワークのシームレス化技術			放送ネットワークと通信ネットワークにおける放送及び受信インターフェースの共通化			スケラブル符号化方式の標準化			一台の受信機で複数提供形態のサービス受信が可能に		放送による基本コンテンツに、通信経由の付加コンテンツを追加合成することが可能に	伝送路としての放送メディアと通信メディアの選択・切替制御が可能に	H.265(H.264の次)の標準化(～2020)
				実用第1フェーズ				実用第2フェーズ						

要素技術(※は複数のカテゴリにまたがる)	短期			中期			長期			説明		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降	
セキュリティ	有線・無線統合伝送技術ならびに対応端末連携技術※	複数無線ネットワークローミングおよび対応端末技術開発			有線・無線ネットワーク統合および対応端末技術開発			有線・無線統合ネットワーク伝送技術開発			信頼性・安定性検証	3.1.3の①参照
	(プライバシーを確保しながら個人の情報発信を実現する)シームレス・セキュアネットワーク技術	技術開発			技術開発			技術統合&テストベッド検証			プライバシーを確保しながら個人の情報発信を実現しつつ、宅外においてもホームネットワークのように機器を利用できる擬似ホームネットワーク技術の開発	
	セキュリティ対策技術	開発	・コミュニティネットワーク技術の開発 ・ホームネットワーク制御技術の開発	・個人情報発信技術の開発 ・宅外擬似ホームネットワーク技術の開発			コンテンツの情報信頼性を評価する基準と手法が確立し、情報信頼性の検証が可能に			悪意あるコンテンツの自動検出が可能に		閉鎖網(CDN)を利用したIP放送におけるセキュリティ、情報漏洩対策、収容局での視聴ログ情報保護等コンテンツ送信側のセキュリティ対策、受信端末におけるネットワーク脆弱性自動対応機能の搭載、コンテンツ発信元の認証、ホームネットワークやインターネット放送におけるセキュリティ対策、情報漏洩対策、放送法規定外コンテンツ(個人発信等)の情報信頼性の検証、悪意のあるコンテンツの自動検出などの実現
	著作権保護技術	実用第1フェーズ			実用第2フェーズ			実用第2フェーズ			伝送経路におけるコンテンツ不正改竄検出、不正コピーコンテンツの流通経路及び流出元の特定、情報網を流通する不正コピーコンテンツの自動検出、P2Pによるコンテンツ不正流通への対応、DRMの相互接続性担保、知的財産保護意識の確立と情報リテラシー教育の充実、生体認証等の高度な個人認証技術の受信端末への適用、コンテンツ超流通に関するDRM基盤整備などの実現	
	トラスタブルな端末・インフラ・サービスアプリケーション	トラスタブルOS設計・開発 トラスタブルインフラ仕様策定・標準化 方式検討			サービスアプリケーション開発 トラスタブルインフラ開発			サービスアプリケーション運用 トラスタブルインフラ実証実験			3.2.2の①参照	
	情報通信機器の安全性・信頼性・の検証・評価技術	情報通信機器の安全性・信頼性の検証・評価するためのシステム及び評価指標の基礎を確立 基礎			開発			実用			情報通信ネットワークを構成する機能・機器等の安全性検証の精度を高める技術の確立(2025以降)	
	ボット対策などサイバー攻撃の停止に向けた枠組みの構築	ボット駆除のための基盤の構築 開発			実用						通信パターンを解析して未知のボットを検出し、サイバー攻撃に関する通信を遮断する技術の確立(2025以降)	
	ネットワークインシデントの分析・対策技術	仕掛けられているサイバー攻撃をリアルタイムで分析し、対策に向けた情報を導出する技術を確認 基礎			微細なサイバー攻撃を検知(感知して(予兆分析)、以後に発生する本格的なサイバー攻撃を予知する技術を確認 開発						サイバー攻撃への対策技術の高度化、検知、予知技術の確立(2025以降)	
	トレーサブルネットワーク技術	・トレースバックネットワーク相互接続方式の確立 ・トレースバックネットワーク方式の確立 基礎			インターネットにおけるトレースバック技術の実用化 開発						送出機器のアドレスを詐称している通信であっても、本当の送出機器を探し出すトレースバック技術の確立(2025以降)	

要素技術(※は複数のカテゴリーにまたがる)	短期			中期			長期			説明	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		それ以降
セキュリティ	経路ハイジャックの検知・回復・予防に関する技術	経路ハイジャックの検知・回復・予防に関する技術の確立			経路ハイジャックの検知・回復を数分以内で可能とする技術および、経路ハイジャックの発生を予防可能とする技術の確立(2025以降)						
	開発	開発			実用						
	トラスタブルなアプリケーション開発・検証環境	トラスタブルなアプリケーション開発環境の設計・開発			3.2.2の②参照						
	技術開発	技術開発			実証実験						
	トラスタブルネットワーク管理・運用技術※	管理エージェント・運用支援機構の仕様策定			管理エージェント標準化・開発運用支援機構開発			管理エージェント・運用支援機構実証実験			3.2.2の③参照
	方式検討	方式検討			技術開発			実証実験			
	(決済インフラ)相互運用性の確保	複数の課金システムにおける相互運用が実現NFCへの対応により、非接触ICカード規格間の相互接続が実現			各種決済インフラ、課金システム間における相互運用性が実現			国際間での統一的な決済サービスの実現(~2020)			様々な決済インフラを統一化する技術の確立
	開発	開発			実用						
	ディベンダビリティ評価指標	・評価指標下での信頼性とコストの定量的評価技術 ・公的認証制度、ガイドライン策定を通じたディベンダビリティ評価指標の普及促進			・信頼性とコストのトレードオフ制約下での最適設計技術 ・評価指標と経済価値の対応付け						社会的要求との整合性を取ったディベンダビリティ評価指標の確立
	開発	開発			実用						
	サバイバブルネットワーク	サバイバブルネットワーク仕様策定			サバイバブルネットワーク開発			サバイバブルネットワーク試験運用			3.2.2の④参照
	方式検討	方式検討			技術開発			試験運用			
	重要通信確保技術	トラフィック設計技術、ネットワーク制御技術、他基地局アクセス技術等の無線アクセスネットワークにおける非常時マルチシステムアクセスの基本技術確立			開発			実用			災害時の通信回線確保を実現するマルチシステムアクセスに関する技術の確立(2025以降)
	基礎	基礎			開発						
	(少ない待機電力で、様々なルートから提供される緊急情報を遅延なく確実に提供する)緊急情報提供技術	緊急情報による自動起動省電力化技術の開発			緊急情報によるホームネットワーク制御技術の開発						少ない待機電力で、様々なルートから提供される緊急情報を遅延なく、しかも確実にユーザに提供する技術の開発
開発	開発			実用							
ネットワークエンティティ認証基盤技術	ネットワークエンティティ認証基盤技術仕様策定・要素技術開発			ネットワークエンティティ認証基盤技術標準化・基盤技術開発			ネットワークエンティティ認証基盤技術実証実験			3.2.3の①参照	
要素技術開発	要素技術開発			基盤技術開発			実証実験				
個人認証技術	個人属性やプライバシーを考慮した個人認証システムの実現			公的な個人認証技術との連携			C-S連携型、生体認証方式の確立、決済など実サービスへの展開(~2020)			様々なユビキタス環境や種々のセキュリティレベルに対応可能な個人認証技術の実現	
基礎	基礎			開発							
著作権管理基盤技術	ユビキタスネットワーク向けDRM基盤技術の実用化に向けた技術開発、及び技術評価			ユビキタスネットワーク向けDRM基盤技術の確立。普及段階へ移行						ユビキタスネットワーク向けDRM技術の確立	
開発	開発			実用							

セキュリティ

要素技術(※は複数のカテゴリーにまたがる)	短期			中期			長期			説明
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
通信主体の認証基盤技術	通信主体の認証基盤技術仕様策定・要素技術開発			通信主体の認証基盤技術標準化・基盤技術開発			通信主体の認証基盤技術実証実験			3.2.3の②参照
	要素技術開発			基盤技術開発			実証実験			
セキュリティ基盤技術	暗号・認証プロトコルの検証手法の提案・実現(既存攻撃に対する安全性の検証手法の確立)、証拠性を確保したログ保存等の管理基盤技術の確立、漏洩電磁波の評価手法と対策技術の確立、バイオメトリクス認証基盤技術の確立、バイオメトリクス認証のセキュリティ評価手法の確立、バイオメトリクス情報保護型認証技術の確立			暗号・認証プロトコルの検証手法の提案・実現(任意のプロトコルを対象に、安全性証明等検証手法を確立)			成りすまし対策技術の実現(~2020)			情報資産の漏えい等を防ぐために、さまざまな情報資産を管理する基盤技術を確立(2025以降)
基礎										
コミュニティのセキュリティ向上技術	暗号化した識別情報を明示的に付与した自己記録を、サイバー空間上で追跡・監視する技術の開発			サイバー空間上での交換情報の信頼性保証技術の確立。全国規模のネットワークコミュニティ・プラットフォーム構築						コミュニティの知識形成を支援し、知識流通の安全性を保証し、コミュニティ形成を支援する技術の実現
基礎										
高度情報管理技術	高度情報管理技術仕様策定・要素技術開発			高度情報管理技術標準化・基盤技術開発			高度情報管理技術実証実験			3.2.3の③参照
要素技術開発			基盤技術開発			実証実験				
プライバシー保護技術	・個人情報秘匿化 ・送信者秘匿技術 ・匿名認証技術(認証する内容が固定)			匿名通信技術 フレキシブル匿名認証技術(認証する内容をユーザが自由に制御可能)			推薦攻撃対策			コンテキストの保護、通信における匿名性の確保、認証における匿名性の確保などの実現
基礎										
マインドセキュリティ技術	人間のマインドに対する情報の善悪、内容分類に基づくフィルタリング技術			流通情報を個人のマインドや嗜好に応じて分類制御する技術へ展開						人間のマインドに悪影響を及ぼす情報をフィルタリングし、利用者の個性、性格等に適切に、感情、感性を適切に伝達し、安全性を確保しつつ、文化の壁を越えたコミュニケーションを活性化する技術の実現(~2023)
基礎										
開発										
実用										

トラスタブルNW

