

# 国立研究開発法人情報通信研究機構に係る平成27年度業務実績及び第3期中長期目標期間の業務実績の評価方針（案）

## 1. 基本的考え方

- (1) 本方針は、国立研究開発法人情報通信研究機構（以下「機構」という。）における独立行政法人通則法第35条の6に基づいて実施する各事業年度に係る業務の実績及び中長期目標期間における業務の実績に関する評価の方針を定めるものとする。
- (2) 評価の考え方は、「独立行政法人の評価に関する指針」（平成26年9月2日総務大臣決定。以下「指針」という。）に基づきつつ、第3期中長期目標の期間中の業務の実績の評価の考え方であった総務省独立行政法人評価委員会です承された「独立行政法人の評価の基本的考え方」の継続性を考慮するものとする。

### 【独立行政法人の評価の基本的考え方】

- ① 中期目標、中期計画に係る業務の実績を客観的に把握し、達成度を明確に示すこと。
- ② 中期目標、中期計画の達成状況等を踏まえ、独立行政法人の事業活動、業務運営等について、多面的な観点から当該法人を総合的に評価し、組織、業務等について、改善すべき点等を明らかにすること。
- ③ 中期目標、中期計画について、一層適切なものとなるよう見直し、必要に応じ、修正を求めること。
- ④ 各事業年度の評価は、中期計画の終了時の評価を念頭に置きつつ行うこと。

- (3) 「行政機関が行う政策の評価に関する法律」、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」及び「情報通信技術の研究評価の在り方について」との整合性を図りつつ、効率的なものとなるよう配慮する。

## 2. 評価の方法

- (1) 機構の評価は、機構の自己評価結果を活用し、大別して以下の2つにより行う。
- ① 中長期目標、中長期計画に定められた各項目の達成度を機構の自己評価結果を確認すること等により評価。（項目別評価）
  - ② 記述による全体評価を行うとともに、上記①及び全体評価を総合的に勘案し、評語による評価を付して評価。（総合評価）
- (2) 「国の研究開発評価に関する大綱的指針」を踏まえ、機構が自ら実施した評価の結果を十分に活用して評価を実施する。この場合、研究開発の実施推進の面から実施する評価に際しては、研究開発法人自ら実施した評価が大綱的指針に則って適正に行われているか、その評価結果を業務運営等に的確に反映しているか等を重視して行う。
- (3) 各評価項目の担当委員等は別添1のとおりとする。

### 3. 項目別評定

- ・中長期目標、中長期計画に定められた各項目の達成度を確認する。中長期計画の大項目を単位として、各事業年度及び中長期目標の期間に係る業務の実績に対し5段階で評価を行う。

S：【特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等】  
(所期の目標を量的及び質的に上回る顕著な成果。定量的指標では計画値の120%以上で、かつ質的に顕著な成果)

A：【顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等】  
(所期の目標を上回る成果。対計画値の120%以上)

B：【成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、着実な業務運営】  
(所期の目標を達成している。対計画値の100%以上120%未満)

C：【より一層の工夫、改善等が期待】  
(所期の目標を下回っており、改善を要する。対計画値の80%以上100%未満)

D：【抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる】  
(所期の目標を下回っており、業務の廃止を含めた抜本的な改善を求める。対計画値の80%未満)

※【】内は研究開発にかかる評定区分、()内は研究開発以外の事務・事業にかかる評定区分

- ・評価に当たっては、機構の自己評価を十分に活用する。
- ・評価に当たっては、できる限り定量的な指標、客観的な基準を設定し、一つの指標で適切に評価が行えない項目については、複数の組み合わせ等により評価を実施する。
- ・評価に併せ、必要に応じ、改善すべき事項、目標設定の妥当性等を記述。

#### (1) 評価項目

原則的には、中長期計画の項目単位に実施するが、機構の主要業務である研究開発業務について中長期計画に設定された個別研究課題を評価単位として評価を実施する。

#### (2) 中長期計画の達成度の考え方

中長期計画を5年間でどのように達成したか、その妥当性の検証を行うとともに、当該予定と照らし当該事業年度及び中長期目標期間における達成度について、機構の自己評価結果を元に、以下の観点から評価する。

- ・原則、中長期計画で数値目標が記述されていれば、数値により進捗状況の把握が行われているか。
- ・研究開発であれば、5年間の研究計画と当該年度の研究実績、及び国際的な研究水準等を勘案して評価が行われているか。中長期目標期間における達成度については、各事業年度の達成度を勘案して評価が行われているか。
- ・業務であれば、5年間の活動計画（効率化、サービスの充実等）と当該年度での実績が評価されているか。中長期目標期間における達成度については、各事業年度の達成度を勘案して評価が行われているか。

### (3) 評価の観点

機構の自己評価結果を元に、以下の観点から評価する。

- ・「必要性」、「効率性」、「有効性」の観点からの評価（行政評価法、大綱的指針より）
- ・また、必要に応じ研究開発の国際的な水準の向上（「国際水準」）の観点からの評価（大綱的指針より）
- ・国が策定する基本方針等に従って実施する業務については、「効率性」、「有効性」の観点から評価
- ・情報通信分野の研究開発については、「標準化・相互接続性」、「急速な技術革新への対応」、「社会的インパクトの大きさ」の観点に留意して評価（「情報通信技術の研究評価の在り方について」より）
- ・評価項目別に個別に設定。必要に応じ、評価基準の追加、修正を行う。

(注) 大綱的指針における評価の実施例

「必要性」：科学技術・技術的意義（独創性、革新性、先導性等）、社会的・経済的意義、国費を用いた研究開発としての妥当性

「効率性」：計画・実施体制の妥当性、費用構造や費用対効果の妥当性、研究開発の手段やアプローチの妥当性

「有効性」：（見込まれる）成果に着目した目的・目標の設定とその達成度合い、（見込まれる）直接の成果の内容、（見込まれる）効果や波及効果の内容等

## 4. 総合評価

- ・項目別評価を踏まえ、総合的な視点から項目別評価の総括及び全体評価に影響を与える事象について記述。（記述による全体評価）
- ・項目別評価及び記述による全体評価を総合的に勘案し、評語による評価を付す（標語による評価）

### (1) 記述による全体評価

項目別評価を踏まえ、総合的な視点から以下の事項その他評価に必要な事項を記述する。

#### ○項目別評価の総括

- ・項目別評価のうち重要な項目の実績及び評価の概要
- ・評価に影響を与えた外部要因のうち特記すべきもの 等

#### ○全体評価に影響を与える事象

- ・中長期計画に記載されている事項以外の特筆すべき業績 等

### (2) 評語による評価

評価区分については、「3. 項目別評価」と同じ。（Bを標準にするとはされていない。）

## 5. スケジュール

スケジュールは別添2のとおり。なお、スケジュールは現時点の想定であり、評価の進捗等によって変更することがある。

## 6. 評価表及び評価調書（昨年の例抜粋）

- （1）項目別の評価調書 年度評価（別添3）、期間実績評価（別添6）
- （2）項目別の評価総括表 年度評価（別添4）、期間実績評価（別添7）
- （3）総合評定様式 年度評価（別添5）、期間実績評価（別添8）

## 国立研究開発法人情報通信研究機構の平成27年度に係る業務実績に関する評価 御意見記入用シート

御 名 前 :

別添研究開発課題

- 1 ネットワーク基盤技術
- (1) 新世代ネットワーク技術

機構の自己評定

A

機構の自己評価に対する意見

(機構の自己評価書の正当性・妥当性についてご記入ください。特に評価できる点、業務を改善すべき点、その他指摘事項等についてもございましたらご記入ください。)

## 【記載例】

中長期計画に見合った成果を上げており、Aとする評定は妥当である。

(特に評価できる点)

- ・国内産学官連携及び国際連携しながら、新世代ネットワーク基盤技術の研究開発を進め、その開発成果を JGN-X 上に構築した新世代ネットワークのプロトタイプで実証した。また、実証実験で得られた技術的知見に基づき、ITU や IETF 等で 16 件(平成 26 年度末時点)の国際標準化を行った。
- ・ネットワーク仮想化については、電気パケット・光パス統合ネットワークを下層に持つ優先ネットワーク上だけでなく、無線ネットワークの仮想化を実現し、双方組み合わせでエンド・トゥ・エンドのネットワーク仮想化を実現した。
- ・研究開発成果を内外に向けて着実に発信するとともに、国際標準化活動を推進しており、国際競争力の強化と研究成果のグローバル展開に貢献し、我が国発の技術の世界市場への波及効果が見込まれる。

(業務を改善すべき点)

- ・新中長期目標期間に向けて、これまでの新世代ネットワーク技術の研究開発成果の達成度合い等について総括を行い、今後の研究開発に活かしていくことが重要である。

(その他)

法人全体を通してご意見等がありましたら以下にご記入ください。

法人全体を通じた評価に関するご意見

来年度以降にフォローアップが必要、改善すべき事項等のご意見

長のマネージメントについてのご意見

その他ご意見等

	No	業務運営の効率化	研究開発の重点化	研究支援業務・事業振興業務	予算	その他	新世代ネットワーク	光ネットワーク	テストベッド	ワイヤレスネットワーク	宇宙通信システム	ネットワークセキュリティ	多言語コミュニケーション	コンテンツ・サービス基盤	超臨場感コミュニケーション	脳・バイオICT	ナノICT	量子ICT	超高周波ICT	電磁波センシング・可視化	時空標準	電磁環境
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
酒井 善則	4	○											○	○	○							
黒田 道子	8		○													○	○	○	○	○	○	○
三谷 政昭	7			○			○	○	○	○	○	○										
大場 みち子	6							○			○	○		○	○							
大森 隆司	7											○	○	○	○	○	○	○	○			
尾辻 泰一	5						○									○	○	○	○			
小野 武美	3	○			○	○																
藤井 良一	6			○						○	○									○	○	○
村瀬 淳	6		○						○			○								○	○	○
山崎 克之	4						○	○	○	○												
若林 和子	2				○	○																
		2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

業務運営の効率化	1	6/7am
研究開発の重点化	2	6/9am
研究支援業務・事業振興業務	3	6/14pm①,6/14pm②
予算	4	6/6pm①,6/6pm②,6/8pm①,6/8pm②,6/10am,6/13pm①,6/13pm②,6/17am,
その他	5	
新世代ネットワーク	6	6/8am
光ネットワーク	7	
テストベッド	8	
ワイヤレスネットワーク	9	6/14pm①,6/14pm②
宇宙通信システム	10	
ネットワークセキュリティ	11	6/16pm①
多言語コミュニケーション	12	
コンテンツ・サービス基盤	13	
超臨場感コミュニケーション	14	
脳・バイオICT	15	6/16am
ナノICT	16	
量子ICT	17	
超高周波ICT	18	
電磁波センシング・可視化	19	6/6am
時空標準	20	
電磁環境	21	

## 個別ヒアリング日程(案)

別添2-1

評価項目	No	担当	ヒアリング日時
業務運営の効率化	1	酒井委員 小野専門委員	6/7 10:00-12:00
研究開発の重点化	2	黒田委員 村瀬専門委員	6/9 10:00-12:00
研究支援業務・事業振興業務	3	三谷委員 藤井専門委員	6/14 13:00-17:00
予算	4	小野専門委員	別途調整
その他	5	若林専門委員	
新世代ネットワーク	6	三谷委員 尾辻専門委員 山崎専門委員	6/8 10:00-12:00
光ネットワーク	7	三谷委員 大場専門委員 山崎専門委員	
テストベッド	8	三谷委員 村瀬専門委員 山崎専門委員	
ワイヤレスネットワーク	9	三谷委員 藤井専門委員 山崎専門委員	6/14 13:00-17:00
宇宙通信システム	10	三谷委員 大場専門委員 藤井専門委員	
ネットワークセキュリティ	11	三谷委員 大場専門委員 村瀬専門委員	6/20 14:00-15:00
多言語コミュニケーション	12	酒井委員	6/16 13:00-15:00
コンテンツ・サービス基盤	13	大場専門委員	
超臨場感コミュニケーション	14	大森専門委員	
脳・バイオICT	15	黒田委員 大森専門委員 尾辻専門委員	6/16 10:00-12:00
ナノICT	16		
量子ICT	17		
超高周波ICT	18		
電磁波センシング・可視化	19	黒田委員	6/6 10:00-12:00
時空標準	20	藤井専門委員	
電磁環境	21	村瀬専門委員	



## 平成 28 年度総務省国立研究開発法人審議会 及び情報通信研究機構部会の開催スケジュール(案)

### ○ 5月27日(金) 15:00~17:00 情報通信研究機構部会(第9回)

- ・本年度の情報通信研究機構部会の進め方について(平成27年度業務実績評価方針(案)、第3期中長期目標期間実績評価方針(案)、担当委員、スケジュール等)
- ・平成27年度における国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の業務実績報告、第3期中長期目標期間業務実績報告の全般的概要をNICTから聴取
- ・その他

### ○ 6月上旬~中旬 NICTから個別ヒアリング(日程は個別に調整)

※ヒアリングは、27年度業務実績報告、中長期目標期間業務実績報告を同時に行う

### ○ 6月22日(水) 10:00~12:00 情報通信研究機構部会(第10回)

- ・監査報告、事業報告書、財務諸表をNICT(監事)から聴取

### ○ 評価書の作成

- ・個別ヒアリング後、担当委員が、項目別評価調書・評定調書、項目別評価総括表及び総合評定に係る意見を作成し、事務局へ送付。

※意見は、NICTの自己評価について、適当と思われる理由、業務において特に評価できる点、評価が不適当な点、業務の改善を求める点について、作成頂くこととする。

(締切は6月下旬~7月上旬を予定。後日連絡。)

- ・事務局において取りまとめた意見を基に総務省において平成27年度業務実績評価(案)、第3期中長期目標期間業務実績評価(案)を作成

### ○ 7月13日(水) 10:00~12:00 情報通信研究機構部会(第11回)

- ・平成27年度業務実績評価(案)及び第3期中長期目標期間業務実績評価(案)に係る意見聴取

### ○ 7月20日(水) 10:00~12:00 情報通信研究機構部会(第12回)

- ・平成27年度業務実績評価(案)及び第3期中長期目標期間業務実績評価(案)に係る意見聴取

### ○ 7月22日(金) 15:00~17:00 (部会予備日)

○7月28日(木) 15:00~17:00 総務省国立研究開発法人審議会(第4回)

- ・ N I C Tの平成27年度業務実績評価(案)に対する意見
- ・ N I C Tの第3期中長期目標期間業務実績評価(案)に対する意見
- ・ J A X Aの平成27年度業務実績評価(案)に対する意見

○8月17日(水) 15:00~17:00 (親会予備日)

国立研究開発法人情報通信研究機構 平成 26 年度評価 項目別評価調書 No. 6

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添 1-(1) 新世代ネットワーク技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	独立行政法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項第一号
当該項目の重要度、難易度			行政事業レビューシート 0169

2. 主要な経年データ												
① 主な参考指標情報							② 主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度		23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度
論文数	—	118	190	93	176		事業費用（億円）	17.7	16.8	15.8	13.1	
特許出願数	—	14	31	25	24		職員数 ※内数	40	43	42	41	

3. 中長期目標、中長期計画、年度計画、主な評価の観点、業務実績等、年度評価に係る自己評価	
中長期目標	中長期計画
<p>● <b>新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発</b> 信頼性やセキュリティ等の現在のネットワークが抱える様々な課題を解決し、柔軟で環境に優しく、国民の誰もがどんなときでも安心・信頼できる将来の社会基盤のネットワークとし</p>	<p>1 <b>ネットワーク基盤技術</b> 現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。</p>

て、インターネットの次の新たな世代のネットワークを 2020 年頃に実現することを目指し、産学官の力を結集して基盤技術の研究開発を推進する。

**(1)新世代ネットワーク技術**

新世代ネットワークの実現に向け、光、ワイヤレス、セキュリティ分野の各要素技術の有機的な融合等によるシステム構成技術や多様なネットワークサービスを収容するプラットフォーム構成技術等を実現し、それらの統合化を図るとともに、テストベッド等を活用してそれら技術の実証を進めることにより、災害発生時等の情報トラヒックの変化や情報通信インフラの一部機能不全に対してネットワーク構成を柔軟に再構築できるロバスト性をも有する新世代ネットワーク基盤技術を確立する。

**ア 新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発**

新世代ネットワークの実現に向け、将来の社会インフラとして求められるセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、アプリケーションレイヤを含めた新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術を確立する。

また、伝送速度や信頼性、接続端末の規模など要求条件の異なるネットワークサービスを同時に可能とするため、多様な通信サービスを一つのネットワークで提供可能な仮想ネットワークノードについて、ネットワークリソース（帯域等）分離を容易に実現できるパケット・パス統合ネットワーク上で新たに実現するとともに、仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術を研究開発し、災害救援時を含め、必要となる様々な情報を共用できるシステムを情報に応じて適切な伝送方式により仮想ネットワーク上で構築可能とする仮想ネットワーク基盤技術を確立する。

**イ 複合サービス収容ネットワーク基盤技術の研究開発**

利用者ごとに異なる必要なリソース（ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等）をネットワーク上で動的に確保し、個々の利用者がそれぞれ求めるネットワークサービスを柔軟に実現可能とするため、リソースの追加割当等の調整機能を有する複合サービス収容ネットワーク基盤について、将来の新世代ネットワークの利活用シーンを想定した実証実験を行うつつその基盤技術の確立を図る。

主な評価軸（評価の視点）、指標等

＜評価の視点＞

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期計画(小項目)	年度計画	法人の主な業務実績等
別添 1ー(1) 新世代ネットワーク技術  ア 新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発	別添 1ー(1) 新世代ネットワーク技術  ア 新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発 平成 25 年度に実施した、システム化検討に基づいて、新世代ネットワークプロトタイプ的设计と開発	・新世代ネットワークのプロトタイプの一部として、JGN-X 上に展開済みのネットワーク仮想化基盤を 発展させ、電気パケット・光トランスポートネットワークを下位層に持つ、仮想化基盤の最終版の 研究開発を完了した。

を行う。

伝送速度や信頼性、接続端末の規模などの要求条件が異なるネットワークサービスを同一の物理ネットワーク上で提供可能とする仮想ネットワークの検討としては、平成25年度に容量増強した光パケット・パス統合システムを大規模ネットワークへ適用するための拡張と仮想化対応を実施し、

また、仮想ネットワークを無線ネットワークまで拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術としては、平成25年度に実施した、基

- ・本最終版では、電気パケットを扱う仮想化ノードと光トランスポートネットワークの管理モデルの検討に基づき、トランスポートネットワーク制御管理システムを開発し、仮想化ノード管理システムとVLANおよび光パスを対象としたトランスポートネットワーク制御管理システムとの連携動作を実現した。また、仮想化ノードにおける資源分離を適切に行うために、階層化資源管理方式の実装および評価を実施するとともに、プログラマー-リダイレクタ間を連携したリソースアイソレーション方式とトランスポートパスの優先度制御方式とを実装し、プログラマー・リダイレクタ・トランスポートネットワークの全体でリソースアイソレーションおよび動的なリンクスリバ帯域変更を実現した。
- ・また、本ネットワーク仮想化基盤と平成25年度に開発した仮想化WiFiシステムを組み合わせることで、End-to-End (E2E)でのネットワーク仮想化を実現する、新世代ネットワークのプロトタイプシステムの開発を完了した。
- ・さらに、上記のネットワーク仮想化システムと米国ユタ大学に設置したSlice Exchange Point (SEP)を用いて、米国GENIの仮想化基盤(ProtoGENI)と制御プレーンの相互接続(フェデレーション)を実施し、日米間に亘るスライスを構築する実証実験を世界で初めて成功した(GENI Engineering Conference (GEC)にて動態展示)。そのうえ、米国のProtoGENIと欧州の仮想化基盤FED4Fireを接続した実証実験を実施し、グローバルな実証実験環境を構築した。その結果、第20回目のGECにてGEC20 Outstanding Demo Awardsで優勝し、海外からも高い評価を得た
- ・一方で、ITU-Tにおいて、ネットワーク仮想化の要求条件文書ITU-T Y. 3012 Requirements of network virtualization for future networksをNICTがエディタを務め勧告化したほか、ネットワーク仮想化基盤を用いた実験の普及促進を図るため、チュートリアル・ハンズオンを実施した。
- ・光パケット・光パス統合システムを光メトロネットワークとして見立て、産学5者(通信事業者、装置事業者、大学、検証装置事業者2者)とNICTの連携により、光コア・光メトロ・光アクセスの三種類の異なるネットワークをSDN(Software Defined Networking)コントローラにより統合管理し、コア・メトロ・アクセスに跨がる光ネットワーク上に仮想ネットワークを構築する世界初の光SDNシステムの相互接続実験に成功し、国際会議での動態デモを実施した(報道発表を実施)。さらに、大規模光ネットワーク構築のための拡張として、32ビットの光アドレスを持つ光パケットを構成するための光パケットエッジシステムを開発し、光パケット・光パスSDN統合システムに組み込んだ。これらの成果を含み、光パケット・光パス統合システムのインターネット接続試行や、仮想化、SDN制御などを紹介する招待論文がインパクトファクタ2.862(平成25年)のIEEE/OSA JLT誌に掲載された。“Optical Packet and Circuit Integrated Networks and Software Defined Networking Extension,” IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, Vol. 32, No. 16, pp. 2751–2759, Aug. 15, 2014 (invited).
- ・米国ラトガース大学とのリアルタイムCPSに関する国際共同実験に向けて、平成25年度に実施した基地局資源等を端末移動に応じて移動させる技術の基礎検討・システム化検討に基づく、MobilityFirst方式から端末位置情報を取得するためのインタフェースを含む仮想基地局移動方式

地局資源を含む分散サービス資源を適応的に合成及び移動する技術開発及びシステム化検討に基づいて、プロトタイプ的设计と開発を行う。

一方で、サーバへの疎通性や1対1の通信形態に依存しない、コンテンツ指向の情報通信技術の研究開発を行う。具体的には、コミュニティ名を識別子とした通信アーキテクチャの開発及びその実装検証を行う環境の整備を行う。

さらに、大規模スマート ICT サービス基盤テストベッドの一部へ階層型自動アドレス構成機構を導入

の詳細設計を行い、実証実験のためのプロトタイプシステムを開発した。複数基地局から構成される WiFi ネットワーク実験環境を実験室内に構築し、ドメイン内においてスマートフォン移動先エリアを検出して動的に仮想基地局が再構成できることを実証した。その実験結果を Globecom2015 と信学会 CQ 研究会に投稿した。

- ・携帯基地局とサービス毎に仮想化された EPC (Evolved Packet Core) を接続し、携帯網を仮想化するための機構について、接続先仮想 NW の効率的な振り分け機構を検討した。振り分けのための情報を局所化するための機構の実装を行い性能を確認した。

- ・情報 (コンテンツ) 指向ネットワーク (Information Centric Networking/Content Centric Networking 以下 ICN/CCN) の概念を用いた効率的な多対多型通信の適用例として、コミュニティ名およびサービス名を識別子とした IoT 通信 (CORIN) を設計し「DataClouds: Enabling Community-Based Data-Centric Services over Internet of Things」として論文発表した (IEEE IoT Journal (平成 26 年 10 月))。また、ICN/CCN 技術として、(1) ネットワーク内キャッシュ探索機能, (2) 広帯域リアルタイムストリーミング機構, (3) IoT/M2M に活用出来る多対多のグループ通信, (4) ICN テストベッドおよび性能解析手法、の研究開発を行った。ネットワーク内キャッシュ機能に関しては、Local Tree Hunting (LTH) と呼ばれるキャッシュ探索手法を設計し論文発表した (IEEE ICC (平成 26 年 6 月), IEICE Trans. Inf. Sys. (平成 27 年 3 月))。ICN 技術実装の評価環境として、Linux コンテナ (LXC) を用い、コンテンツキャッシュをメモリとファイルシステム上で実現する ICN テストベッドを設計/実装し、平成 27 年 3 月末時点で、NICT と AsiaFI (Asia Future Internet Forum) 参加組織を含めた合計 11 組織との接続を完了した (パナソニック等 2 機関が今年度新たに接続)。この世界初の ICN オープンテストベッドの実現は IEEE Network (平成 26 年 11 月) (IF: 3.72) に掲載された。さらに、ICN の性能解析手法を設計/開発し、IEEE ComMag (平成 27 年 3 月) (IF: 4.460) に掲載された。国際標準化として、IETF RFC 1 勧告 (RFC 7244 “RTP Control Protocol (RTCP) Extended Report (XR) Blocks for Synchronization Delay and Offset Metrics Reporting”) と IRTF RFC 1 勧告 (RFC7476 “Information-Centric Networking: Baseline Scenarios”) を発行した。

- ・低消費電力な ICN を構築するために、ICN ルータにおける電力モデルを日欧共同研究開発プロジェクトの一環として構築した。ここでは HW ベース/SW ベース双方の ICN ルータの消費電力量を詳細に実測し、それぞれの機能で消費する電力量をモデル化した。その成果は ACM ICN2014 で採録された。
- ・更なる国際連携のために、欧州委員会と共同で将来の共同研究テーマの発掘のためのワークショップを 10 月にブリュッセルで開催し、ICN のテストベッドを構築し、そのうえでの広帯域映像配信の日欧共同研究開発および共同実験の推進に合意した。

- ・大規模スマート ICT サービス基盤テストベッドを構成する移動型無線センサーネットワークの上流ネットワーク部分に階層型自動アドレス構成機構を導入するとともに、移動センサ、移動型ゲート

しネットワーク運用の安定化を図るとともに、同基盤の移動型無線センサーネットワークを対象とし、機器移動に伴う制御負荷を削減し性能最適化を図る。

また、WiFi 基地局が高密度ないしは広域に展開された、仮想化への対応が可能な WiFi ネットワークをプロトタイプとして大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド上に構築し、要求条件に応じて WiFi 基地局資源を論理統合する仮想基地局の構成技術及び仮想基地局の移動技術について実証実験を行い、サービスの緊急性や重要性等を考慮した移動端末の接続性とネットワーク安定性を動的に確保する技術としての有効性を検証する。

ウェイ、および、固定ノード機器のネットワーク可視化管理機構を開発し導入した。これにより、ノード機器の操作ミスを解消し、絶えず接続先が切り替わる機器のネットワーク接続状態およびセッション状態の把握が可能となり、ハンドオーバーの検出により HIMALIS ネットワーク管理・学習の容易化が可能となった。さらに、センサとセンサデータを集約するゲートウェイが同時にハンドオーバーの際に露呈する複雑な処理を簡単化するための制御方法を確立し、かつそれらの制御を安全に実行する方式を開発した。平成 25 年度に開発した Y.3032 に適合する ID 通信を実現する HIMALIS プロトコルソフトウェアパッケージの成果普及に向け、NICT 内に名前解決サーバ等を整備し、NICT 外の研究開発者が自身のネットワークにパッケージをインストールすることで、インターネット経由で広域の HIMALIS ネットワークを利用できる実験テストベッドを構築した。テストベッドとして利用する際の規模増大に対する信頼性を確認するため、StarBED<sup>3</sup>を用い、1 ネットワーク 1,000 ノード規模で HIMALIS の接続認証に成功した。平成 26 年度終了時に、7 組織に HIMALIS ソフトウェアパッケージを配布した。HANA と SDN を組み合わせることにより、LAN スイッチと端末のアドレス割当を一元管理し、自動アドレス割当に加え、ネットワーク保守者が必須としているネットワーク保全用シートを自動生成する機構を開発した。これにより保守者の人為ミスをなくし、作業時間を大幅に短縮しつつ、従来の保安全管理も可能な LAN の構築が可能となった。

- ・仮想化への対応が可能な WiFi ネットワークのプロトタイプシステム「仮想化対応無線ネットワーク設備」を大規模スマート ICT サービス基盤テストベッドに接続し、NICT 本部構内 15 拠点への基地局設置を完了、運用を開始した。VoIP サービスを対象とし、接続性・安定性指標としてのパケットレベル遅延違反率について、IEEE 802.11e を上回る 1% 以下の遅延違反率が達成できることを、端末 400 台規模でのシミュレーション及び実験により実証することにより、有効性を実証した。IEEE の主要論文誌の一つ IEEE TNSM に採録された。さらに、仮想ネットワークを WAN まで伸張したより現実的な広域環境における効果を検証するため、ネットワーク仮想化ノードを対象として相互接続・仮想ネットワーク一元管理機構を新たに開発し、無線・有線にまたがる広域エンド・エンド仮想ネットワークの自動構築を JGN-X 上で実証した。結果を電子情報通信学会のネットワーク仮想化研究会で発表するとともに、米国 GENI プロジェクトの主要会議 GEC22 及びネットワーク仮想化研究会において先進性を示すデモ展示を実施した。
- ・セルラー網を仮想化し、サービス毎に適した制御を可能とするための機構について、接続先仮想ネットワークへの効率的な振り分け機構の検討・実装を行い、論文誌 IEEE Access の 5G 特集号に採録された。実用化に向け、振り分けのための情報を局所化する機構の検討・実装を行い、成果を Globecom2015 に投稿した。
- ・ネットワーク仮想化を用いた、これまでのインターネットアーキテクチャでは実現できないサービスとして、ネットワーク内キャッシュに積極的に利用し、ユーザからのリクエストをキャッシュに誘導する、ネットワーク誘導を利用した新世代コンテンツ配信アプリケーションを開発し、それに関する実証実験を実施した。シミュレーションの結果では、インターネット上でのコンテンツ配信に比べ、提案するサーバロケーション解決時にキャッシュ予想ロケーション情報も応答する MSRC 方式を用いることによりトラフィック量削減効果（約 15%）が見込まれる。実証実験では実際のノードが

7 台しかないため大規模な実証実験は困難ではあるが、50 台程度のユーザ端末を全国に配置して実験した結果、14%程度のホップカウント(コンテンツを取得するまでに必要なルータのホップ数)の削減が可能であった。

### イ 複合サービス収容ネットワーク基盤技術の研究開発

#### イ 複合サービス収容ネットワーク基盤技術の研究開発

平成 25 年度に実施した、複合サービス収容ネットワーク基盤技術の部分実証システム構築に必要な大規模認証・プライバシー保護機構の詳細設計に基づいた開発と実装を進める。大容量コンテンツ配信及び広域に散在する超大規模数の情報の収集配信についてのアプリケーション実証システムを大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド上に構築し、基盤技術としての有効性検証を進める。

- ・利用者ごとに異なるリソース要求(ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等)をモバイルワイヤレステストベッド上で動的に確保し、利用者専用の実験環境として提供する仮想ネットワーク・仮想マシン管理機能をもつスマート ICT サービス基盤 JOSE を開発した。多数のセンサ、2 万個単位の仮想マシンを収容する分散型クラウドシステム、連携ネットワークを含む動的なネットワークを、SDN によって制御可能なテストベッドとして構築した。平成 26 年度内に、委託研究、日欧共同研究、総務省 SCOPE の先進的通信アプリケーション開発推進事業、JST 戦略的イノベーション創造プログラムなど、27 ユーザが実証実験を実施した。中でも地方自治体との連携事案として、平成 26 年 6 月に長野県千曲市との間で、千曲市に設置したセンサを用いた河川水害対策における協力協定を締結し、実証実験を開始した。
- ・また、平成 25 年度までに開発した、センサデータを効率的に検索、収集可能とするための、自律分散型の構造化オーバーレイネットワークミドルウェア(P2P Interactive Agent eXtensions : PIAX)に基づいた広域センサーネットワークプラットフォームについて JOSE 上で性能検証を実施、1000 個のセンサーネットワークを想定した検索が、平均 1 秒以内で実行可能となることを確認した。このプラットフォームを用いて、JOSE 上で複数のセンサーネットワークを相互接続し、データを横断的に利用可能とする実証環境を構築し、細粒度気象予測アプリケーション等によるフィールド実証実験を開始した。
- ・フィールド実証実験の一つとして、複数の映像センサをネットワーク上で連動させることで大規模複合施設内の人の流れに関する情報を取得する実験に着手した。平成 25 年度までに実施した大規模認証・プライバシー保護機構の詳細設計に基づき実験システムを構築、第三者委員会を経て、大阪ステーションシティ内において夜間実験を 3 回実施した。
- ・情報サービスによるネットワークの制御技術の研究開発については、これまでに開発した Service-Controlled Networking (SCN) 技術を応用し、JOSE 上で異分野センシングデータ収集解析の要求に連動してネットワークを自動設定できるようにするシステムを試験実装し、ノード発見や網内データ処理を行うアプリ専用データ収集オーバーレイの動的構成の検証を行った。また、実証実験に向け、降雨レーダーデータと合わせゲリラ豪雨発生時に様々な分野の周辺データ(気象、交通、SNS 等)を収集統合するアプリを開発した。
- ・日欧共同での新世代ネットワーク技術の研究開発として、IoT とクラウドの融合によるスマートシティ基盤の研究開発を推進した。平成 26 年度は、IoT デバイス、レガシーデバイス、さらには SNS など様々な情報源からのデータを仮想化、統一的な管理し、活用可能にする基盤(City-IaaS)、およびリアルタイムでの高信頼なアプリケーション処理のためのプラットフォーム(City-PaaS)の 2 要件に対するアーキテクチャを日欧共同で構築し、これに基づいた、日欧のパイロット 4 都市(藤沢、



三鷹、サンタンデル、ジェノバ)でのアプリケーションの提案を行った。第5回日欧共同シンポジウムを平成26年10月にブリュッセルで開催し、第三次共同公募に向けた議論を実施した。

- ・日米で進める“Beyond Trillions (兆を超える)”をテーマとした将来IoTシステムのための共同研究プロジェクトの第一回PI級会合を米国デビスで開催し、その発表資料をNICT内Webで共有した。

自己評価		主務大臣による評価	
評価	A	評価	A
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>以下のように目標を十分に達成し、顕著な成果を挙げたことから自己評価をAとした。</p> <p>○ 平成26年度は査読付き論文(誌上)として計30件(小論文1件を含む)の採録を果たし高いレベルの成果を発出できたと考えられる(収録論文は143、外部機関誌3件。論文として計176件)。収録論文を含むこれらの成果発出の内、7件の論文が国際間プロジェクトによる国際共著論文であり、新世代ネットワークが推進してきた国際連携の成果が徐々に始まった。新世代ネットワークのプロトタイプ実証については、平成26年度は、ネットワーク仮想化基盤技術について、有線ネットワーク仮想化と無線ネットワーク仮想化の二つの技術を統合し、端末から、アクセスネットワーク、コアネットワークを通したE2E(End-to-End)仮想化を実現し、平成27年度に予定されていた基盤技術の確立について、前倒して実行した。また、このE2E仮想化で使われた異なる仮想化基盤の統合技術、フェデレーション技術は、様々な事業者が運用する仮想ネットワーク間での資源調整を容易化し、国際間での仮想化基盤の相互接続に極めて有用であり、この技術を適用して、日、米、欧の仮想化基盤を統合管理し、グローバルな仮想化基盤を構築できることを実現し、アメリカで実施された会議GEC22で実証した。また日本のネットワーク仮想化技術は、前述の米国の会議GECでGEC20 Outstanding Demo Awardsで優勝するなど海外でも高い評価を得ている。これらの成果を含む将来のネットワーク仮想化への要求条件を整理し、ITU-TにてY.3012として標準化を完了させた。情報指向ネットワークの分野においてもインパクトファクタの高いIEEE機関誌や論文等に掲載され高い評価を得た。企画面については、平成28年度からの開始をめざし日欧での共同研究開発プロジェクトの立ち上げ目標とした国際共同シンポジウムをブリュッセルで開催し、これまでの研究実績を踏まえた研究課題の設定を日欧で合意した。自ら研を含む国内産学官連携として、委託研究受託者との連携研究推進会議を企画・開催し(夏季、冬季の2回)、自主研究で期待される今中期末成果と、これと補完関係にある委託研究で期待される研究成果を統合した新世代ネットワークプロトタイプシステムについての検討を実施し、さらに自ら研究成果の無線仮想化システムと、委託研究成果の有線仮想化システムと組み合わせる等自ら研究と委託研究を組み合わせた大型システムの開発が成功した。上述のY.3012を含め2件の国際標準(ITU、IETF)をNICT主導で勧告化した。</p>		<p>&lt;評価に至った理由&gt;</p> <p>新世代ネットワーク技術は、平成26年度計画において、ネットワーク仮想化基盤技術の確立、複合サービス収容ネットワーク基盤技術の実装等を進めることとしており、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて顕著な成果の創出と将来的な成果の期待等が認められるため、Aとする。主な成果は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・端末から端末まで、アクセスネットワーク、コアネットワークを通したE2E(End to End)仮想化を前倒して実行し、異なる仮想化基盤の統合技術、フェデレーション技術が国際間での相互接続に極めて有用であること、日、米、欧の国際連携の成果としてグローバルな仮想化基盤を構築できることを実証した。</li> <li>・異種・膨大な数のセンサーデバイ</li> </ul>	

**「必要性」**

- インターネットは現代社会に欠かせないインフラとなっているが、一方でその将来性、安全性、効率性等に大きな問題を抱えている。新世代ネットワークは持続的発展を可能とするネットワーク仮想化技術を用い、その上でコンテンツ配信サービス等の将来の重要サービスを消費エネルギー観点から効率的に提供可能とするアーキテクチャを実現するものである。従って、新世代ネットワーク技術は重要な社会インフラの研究開発という点で国策として行うべきと考える。

このような民間だけでは困難な、国際間の実証実験基盤の構築には、国の研究開発投資が必須と考えられる。

**「効率性」**

- 新世代ネットワークの実現に不可欠なネットワークサービス関連の要素技術をネットワークシステム総合研究室で実施し、各研究所で行われている要素技術を生かした、新世代ネットワーク実現のためのシステム実装・実証は戦略プロジェクトとして実施することで、重複を排除した研究開発投資を実現している。特に平成 26 年度は、米国科学財団との共同出資による共同研究 7 プロジェクトを開始し、さらに欧州委員会との共同出資による研究開発課題を平成 25 年度から引き続き実施するとともに、新たな 2 課題を開始した。これらのフレームワークに基づき、日本と外国との間で共同出資することにより効率的な予算利用が可能となる。委託研究の推進による産学との連携によって、NICT 自らだけで行うより効率的な研究開発が実現している。

**「有効性」**

- 平成 26 年度は今中期計画の四年目であり、当初予定していた平成 27 年度に実施する JGN-X 上に構築する新世代ネットワークのプロトタイプ実現について、ネットワーク仮想化による仮想ネットワーク基盤に関しては一年前倒して、平成 26 年度に完成させ、実証実験を実施した。また複合サービス収容基盤についても、プロトタイプ部分の実装は平成 25 年末に完了しており、今年度は一般ユーザに開放し、27 ユーザがこのプロトタイプを利用して実証実験を開始している。このように当初予定を上回って実施された研究開発が実証実験へと有効に繋がっており、平成 27 年度は実証実験を継続するとともに、さらに発展した研究開発に注力することとなった。

**「国際水準」**

前中期計画中に研究開発を行ってきた光パケット・光パス統合ネットワークとネットワーク仮想化に関しては国際

スやセンサーネットワークから連続的に発生されるデータを効率的に検索・収集可能とする広域センサーネットワーク基盤を開発し、多数のセンサー、2 万個単位の仮想マシンを収容する動的なネットワークを SDN によって制御可能なテストベッド (JOSE) として構築した。

的に優位な状況にあり、この優位性を生かして、上位のサービス関連研究開発を組み合わせることにより、上位のレイヤまで優位性を発揮できると考えている。光パケット・光パス統合ネットワークに関しては、コアネットワークだけでなく、アクセス、メトロの技術も組わせて運用できる技術を開発し、今後もトータルシステムとして、国際的に優位な状況となるよう研究開発を実施している。またネットワーク仮想化に関しては、わが国主導で、日米欧の仮想化基盤を統合するフレームワークを構築しており、また、ITU-Tにて標準化された要求条件についても、NICTのネットワーク仮想化の研究開発成果を盛り込んだ勧告となっており、引き続き研究開発だけでなく、産業的な点でも優位性を保てるよう活動している。情報指向ネットワーキングについても、RFCの発行や、インパクトファクタの高いIEEE Magazineへの掲載、難易度の高い国際会議（ACM ICN2014）での発表等高い国際水準を有していると考えられる。



## 様式2-1-2 国立研究開発法人 年度評価 総合評価様式

1. 全体の評価						
評価 (S、A、B、C、D)	A	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
評価に至った理由	(上記評価に至った理由を記載) 研究開発業務に係る項目別評価では16項目の内訳はS：2、A：7、B：7、それ以外の業務の評価は全てBであり、平成26年度については「研究開発成果の最大化」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。また、適正、効果的かつ効率的な業務運営がなされている。					

2. 法人全体に対する評価						
(各項目別評価、法人全体としての業務運営状況等を踏まえ、国立研究開発法人の「研究開発成果の最大化」に向けた法人全体の評価を記述。その際、法人全体の信用を失墜させる事象や外部要因など、法人全体の評価に特に大きな影響を与える事項その他法人全体の単位で評価すべき事項、災害対応など、目標、計画になく項目別評価に反映されていない事項などについても適切に記載)						
<p>研究開発業務に関する評価は、S：2、A：7、B：7であり、それ以外の業務に関する評価は全てBであり、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待、適正、効果的かつ効率的な業務運営が行われていると考えられる。</p> <p>業務運営の効率化については、一般管理費及び事業費の効率化の目標を達成し、研究支援業務・事業振興業務を着実に実施するとともに、全ての勘定を通じてほぼ前年度並みの当期利益を確保した。</p> <p>研究開発に関しては、「ネットワーク基盤技術」、「ユニバーサルコミュニケーション技術」、「未来ICT基盤技術」、「電磁波センシング基盤技術」の4つの領域に重点化して研究開発を行うとともに、社会的課題に合わせてトップダウン的な成果創出を図るため、個別研究課題（ボトムアップ型）のうち成果がまとまってきたものを集約した「ソーシャルICT」の理念に基づく社会貢献型のICTを意識した課題設定とその実施に努めた。平成26年度における研究開発業務のうち特に顕著な成果等を生み出したものとしては以下のようなものが考えられる。</p> <p>ネットワーク基盤技術では、光ネットワーク技術の分野でマルチコアファイバとそのネットワーク応用技術、光パケット・光パス統合ネットワークの基本アーキテクチャの開発に関して、世界初あるいは世界トップに位置づけられる顕著な成果を複数創出した。ユニバーサルコミュニケーション技術では、多言語翻訳の分野で、国際的なコンテストで首位を獲得する、採択率の低い国際会議で多くの論文が採録される、更には学会の賞を受賞する等、国際的に評価されるレベルの研究成果であり、また、「先進的音声翻訳研究開発推進センター」を立ち上げ、実用化等の社会ニーズに応える取組みを推進している。未来ICT基盤技術でも、脳・バイオICT分野は、特に脳科学と情報通信の融合に関する研究の成果が高レベルであり、今後も継続して活力ある研究を続けてほしい。</p> <p>自己収入の拡大に関しては、平成26年度の知的財産権の実施化率は25.6%（第3期中期目標期間終了時点の目標値：10%以上）となり、中期計画終了時点の目標値を達成することが確実な状況となった。</p>						

3. 項目別評価の主な課題、改善事項等						
(項目別評価で指摘した主な課題、改善事項等で、翌年度以降のフォローアップが必要な事項等を記載。中長期計画及び現時点の年度計画の変更が必要となる事項があれば必ず記載。項目別評価で示された主な助言、警告等があれば記載)						
<p>Wi-SUNについては社会実装につながったが、ワイヤレスネットワークの他の研究分野、情報分析システム等のその他の分野についても、社会実装の取組を一層強化することが重要である。</p> <p>また、超臨場感・立体通信の実現のための超臨場コミュニケーション技術は、国内でも取り組んでいる研究機関があまりないので重要であるが、目標、出口戦略を明確にして研究を進めてほしい。</p>						

4. その他事項						
研究開発に関する審議会の主な意見	(研究開発に関する審議会の主な意見などについて記載)					
	<p>テストベッド技術については、近年、ネットワーク、計算機といった水平的な展開や物理レイヤからアプリケーションレイヤまでの垂直統合による効率化の検討が重要となっており、最先端のテストベッドは我が国のICT研究開発にとって有効な実証環境であり、国策として重要である。</p>					

	<p>情報利活用基盤技術の研究開発は、実世界を反映する様々なデータのオープン化が進む中で、これらの情報資産を集約し異分野データを横断的に分析・可視化するものであり、今後の社会の発展の基礎となるデータ分析による新サービスの創出につながる。中立的な機構がこうした研究開発をリードする意義は大きいので、出口戦略も検討しつつ取り組んで行く必要がある。</p>
監事の主な意見	<p>(監事の意見で特に記載が必要な事項があれば記載)</p> <p>機構の業務は、法令等に従いおおむね適正に実施され、また、中期目標の着実な達成に向け効果的かつ効率的に実施されていたものと認められる。</p>

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間終了時見込評価 項目別評価調書 No. 6

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(1) 新世代ネットワーク技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	独立行政法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー-0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）

2. 主要な経年データ													
① 主な参考指標情報							② 主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）						
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	
論文数	—	118	190	93	176		事業費用（億円）	17.7	16.8	15.8	13.1		
特許出願数	—	14	31	25	24		職員数 ※内数	40	43	42	41		

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価		
主な評価軸（評価の視点）、指標等		
<評価の視点> ・中長期計画に定められた各項目の達成度 ・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価		
中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
● 新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発 信頼性やセキュリティ	別添1-(1) 新世代ネットワーク技術  新世代ネットワークの実現に向	

ティ等の現在のネットワークが抱える様々な課題を解決し、柔軟で環境に優しく、国民の誰もがどんなときでも安心・信頼できる将来の社会基盤のネットワークとして、インターネットの次の新たな世代のネットワークを2020年頃に実現することを目指し、産学官の力を結集して基盤技術の研究開発を推進する

け、光、ワイヤレス、セキュリティ分野の各要素技術の有機的な融合等によるシステム構成技術や多様なネットワークサービスを収容するプラットフォーム構成技術等を実現し、それらの統合化を図るとともに、テストベッド等を活用してそれら技術の実証を進めることにより、災害発生時等の情報トラヒックの変化や情報通信インフラの一部機能不全に対してネットワーク構成を柔軟に再構築できるロバスト性をも有する新世代ネットワーク基盤技術を確立する。

#### ア 新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発

新世代ネットワークの実現に向け、将来の社会インフラとして求められるセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、アプリケーションレイヤを含めた新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術を確立する。

- ・新世代ネットワークの基本構造については、平成23年に主要通信事業者2社、主要通信機器製造事業者2社、1大学機関にNICTを加えた計6機関による産学官連携アーキテクチャ設計プロジェクトを編成し、遍在する移動情報源(端末等)が送出する、時々刻々と変化する情報の流通に資するネットワークの設計目標は、次の4点であることを明確化した。
  - ①センサ&ライブデータへの効率的なアクセス
  - ②コンテンツ作成に適したネットワーク内処理
  - ③移動制御の簡素化
  - ④データ流通の効率化
- ・さらに、ネットワークの機能アーキテクチャに関しての詳細設計を実施するとともに、ユースケースを明確にした。これら明確化した設計目標、詳細設計、ユースケースはホワイトペーパーとして平成24年に公開した。一部を英語化して平成25年に公開した。
- ・上記アーキテクチャを支える基盤技術としてセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、ノードIDとロケータを分離し、端末の移動通信等を円滑に行なう機構HIMALIS(Heterogeneity Inclusion and Mobility Adaptation through Locator ID Separation)と階層型自動アドレス割当機構HANA(Hierarchical Automatic Number Allocation)を開発した。
- ・HIMALISの主要なアイデアをITU-T Y.3032として勧告化した。この勧告に適合するHIMALISのID通信を実装し、安全で通信が切れにくい移動型無線センサネットワークを構築した。センサは通信オーバーヘッドの少ない6LowPAN対応で、ネットワークには、IPv4、またはIPv6通信機能のみを有するセンサデータ保存サーバ(シンクサーバ)にセンサのデータを転送できる機構、および、センサが異なるセンサネットワークへ移動しても通信ができ、遠隔地からセンサの設定を変更できる機



能を具備し、高い利便性、操作性がある。これをまとめた「Dynamic Mobile Sensor Network Platform for ID-based Communication」が、ITU-Tが主催しIEEEが技術協力する国際会議 第5回 Kaleidoscope Academic Conference（平成26年6月）にて Best Paper Award を受賞した。さらに、ここで開発した、HIMALIS プロトコルソフトウェア群をパッケージ化した。本パッケージは成果普及のため、プロトコルの詳しい知識が無くても GUI 操作で簡単にインストールができ、かつ、ID 通信の中継ノードをインターネットに繋ぐだけでアクセスネットワークを構築できるようになっている。普及の促進のため、NICT 内に名前解決サーバ等を整備し、NICT 外の研究開発者が自身のネットワークにパッケージをインストールすることにより、インターネット経由で HIMALIS 技術を利用できるテストベッドを構築し、公開した。平成26年度末現在、7組織に HIMALIS ソフトウェアパッケージを利用して、HIMALIS において、ID とロケータの対応付けをセキュアに端末管理サーバに登録し、かつ、端末のネットワークアクセス時の登録をセキュアする仕様「HIMALIS Architecture Security Specification」をまとめ、通信の信頼性を確保するため、階層型信頼認証構造を用いて、機器情報の登録・削除や、通信相手情報取得を安全にする方式をソフトウェア実装した。これにより、端末が接続するネットワークを頻繁に変更するネットワーク環境における通信の信頼性確保を可能にした。

- ・災害時等ネットワーク管理者が不在でも、自動でアドレス割当を実施するための機構として、階層型自動アドレス割当機構 HANA を開発した。広域災害に対応するために、広域ネットワークに HANA を適用し、BGP が動作し、かつ、100Gbps のラインカードを接続することができる商用ルータに HANA を移植し、DNS へのホスト情報を自動的に登録削除する機能も併せて機能検証した。これにより、広域災害においても、自動でアドレス割当が可能なることを実証した。さらに、HANA と HANA に特化した経路制御を組み合わせることにより、災害時に被災地とバックボーンネットワークのノードとの間での回線の断絶や、ノードの機能不全、および、別のノードへの回線の再接続を実施した場合、回線復旧後、概ね 60 秒で新しい IP アドレスを再配布し、かつ通信が復旧できることを、NICT の耐災害 ICT 研究テストベッドで実証した。
- ・HANA を用いたネットワークにおいて、一部の通信路や機器が機能不全に陥っても別経路で通信ができるネットワークを構築した。さらに、ネットワーク可視化システムを開発し本ネットワークへ適用し、通信サービスを提供するために不可欠の故障発見を容易にした。将来的な課題として、HANA と SDN を組み合わせることにより、LAN スイッチと端末のアドレス割当を一元管理し、自動アドレス割当に加え、ネットワーク保守者が必須としているネットワーク保全用シートを自動生成する機構を開発した。これにより保守者の人為ミスをなくし、作業時間を大幅に短縮しつつ、従来の保全管理も可能な LAN の構築が可能となった。さらに、データセンターの SDN との連携を実施し、自動的にデータセンターのサーバ間ネットワークを構築する技術を開発する見込みである。実証対象として、NICT が運用している大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド上の分散データセンターにあるサーバ群のネットワークを用いる予定である。
- ・ネットワーク上に分散されたルータやノードが自律分散的にコンテンツをキャッシュし、そこからコンテンツの取得を可能とする「情報（コンテンツ）指向ネットワーク (Information Centric Networking/Content Centric Networking 以下 ICN/CCN) 技術」の研究において、(1) ネットワーク

内キャッシュ機能, (2) 広帯域リアルタイムストリーミング機構, (3) 効率的な多対多のグループ通信, (4) ICN テストベッド、の研究開発を行った。ネットワーク内キャッシュ機能に関しては、ノードとコンテンツの近傍性を考慮してキャッシュ探索する Potential Based Routing (PBR) を設計し論文発表 (Elsevier Com. Net., 平成 25 年 11 月) した。

- ・広帯域リアルタイムストリーミングを実現する「Named Real-Time Streaming (NRTS)」では米国 CCNx を用いたストリーミング帯域の上限に対し (条件によっては) 2 倍以上引き上げることが可能となった。ICN の概念を用いた効率的な多対多のグループ通信の実現例として、コミュニティ名やサービス名を識別子とした「Community-Oriented Route Coordination on ICN (CORIN)」システムを設計し国際学会 (IEEE LCN, 平成 25 年年 10 月) にて発表した。
- ・ICN 技術実装の評価環境として、Linux コンテナ (LXC) ベースの ICN テストベッドを設計し、プロトタイプ実装 (VM) を完了した。平成 26 年 2 月末時点で、NICT と AsiaFI 参加組織を含めた合計 8 組織との接続を完了した。この世界初の ICN オープンテストベッドの実現は IEEE Network (Nov. 2014) (IF: 3.72) に掲載された。更に、ICN の性能解析手法を設計/開発し、IEEE ComMag (Mar. 2015) (IF: 4.460) に掲載された。
- ・国際標準化として、IETF RFC 1 勧告 (RFC 7244 “RTP Control Protocol (RTCP) Extended Report (XR) Blocks for Synchronization Delay and Offset Metrics Reporting”) と IRTF RFC 1 勧告 (RFC7476 “Information-Centric Networking: Baseline Scenarios”) を発行した。
- ・災害時における情報共有を実現するために、ネットワーク基盤ならびに端末がスケーラブルかつ省電力に通信する GreenICN 技術の研究開発を開始した。大規模ビデオ配信と情報共有の 2 つの応用例を元に GreenICN に対する要求条件を導き出し、災害時のフラッディングベース通信方式の特性の明確化や、ICN のキャッシュ機能を活用した動画配信技術の提案などを行った。低消費電力な ICN を構築するために、ICN ルータにおける電力モデルを構築した。ここでは HW ベース/SW ベース双方の ICN ルータの消費電力量を詳細に実測し、それぞれの機能で消費する電力量をモデル化した。その成果は ACM ICN2014 で採録された。
- ・さらにアプリケーションに焦点を当てた GreenICN 研究活動と平行して、大規模数の情報・コンテンツを低エネルギーで流通する経路構成技術として、Energy Efficient and Enhanced-type Data Centric Network (E3-DCN) と呼ばれる消費エネルギー最適化コンテンツ配信システムのプロトタイプ開発を行い、仮想化テストベッド上で、37 台の DCN 中継ノード、320 台の端末、400 種類のデータ ID を用いた検証を実施し、単純な木構造の配信と比較し、データ取得の遅延および DCN 中継ノード負荷をそれぞれ 30%と 75%低減できることを確認した。
- ・大容量コンテンツの流通において、コンテンツ発見手法の設計として、ネットワーク誘導を利用した”Breadcrumbs” と呼ばれる技術をベースとした階層モデルによるコンテンツ分散配置技術、配信プラットフォーム構築技術等を開発し、上記方式を実現するプラットフォームへの実装 (仮想化テストベッド上で 7 ノードによる動作検証) を完了した。また、より効率的なコンテンツ発見を実現するため、Resource Breadcrumbs (RBC) と呼ばれる方式と En-Route RBC (ERBC) と呼ばれる方式を設計した。シミュレーションの結果では、インターネット上でのコンテンツ配信に比べ、提案するサーバロケーション解決時にキャッシュ予想ロケーション情報も応答する MSRC 方式を用いることによ

また、伝送速度や信頼性、接続端末の規模など要求条件の異なるネットワークサービスを同時に可能とするため、多様な通信サービスを一つのネットワークで提供可能な仮想ネットワークノードについて、ネットワークリソース（帯域等）分離を容易に実現できるパケット・パス統合ネットワーク上で新たに実現するとともに、仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術を研究開発し、災害救援時を含め、必要となる様々な情報を共用できるシステムを情報に応じて適切な伝送方式により仮想ネットワーク上で構築可能とする仮想ネットワーク基盤技術を確立する。

リトラヒック量削減効果（約 15%）が見込まれる。実証実験では実際のノードが 7 台しかないため大規模な実証実験は困難ではあるが、50 台程度のユーザ端末を全国に配置して実験した結果、14%程度のホップカウントの削減が可能であった。

- ・仮想ネットワークの概念設計を実施し、ネットワーク仮想化の技術要件が以下の 5 点であること明確化した。
  - ①資源の抽象化
  - ②資源の独立分離性
  - ③資源の柔軟性
  - ④プログラム可能性
  - ⑤認証
- ・前中期計画で開発したパケットベースのネットワーク仮想化に対し、今中長期では、技術要件の②資源の独立分離をより強固とするため、パケット・パス統合ネットワークを転送基盤とし、より厳密に資源分離を可能とし、テストベッドレベルでのユーザ間分離を保証するための管理制御機構を開発した。これは仮想化ノードとトランスポートネットワークの管理モデルの検討を行い、トランスポートネットワーク制御管理システムを開発し、仮想化ノード管理システムと VLAN および光パスを対象としたトランスポートネットワーク制御管理システムとの連携動作をすることにより、実現した。さらに仮想化ノードにおける資源分離を適切に行うために、階層化資源管理方式の実装および評価を実施するとともに、プログラマ-リダイレクタ間を連携したリソースアイソレーション方式とトランスポートパスの優先度制御方式とを実装し、プログラマ・リダイレクタ・トランスポートネットワークの全体でリソースアイソレーションおよび動的な仮想リンク（リンクスリバ）の帯域変更を実現し、ネットワーク帯域に対する時間的な要求変動に追従するよう実装した。これにより、災害時等で通信要求に大きな変動があった場合でも適切に仮想リンク帯域を増減することが可能である。さらに、運用性および利便性向上として、異常状態スリバー削除、部分メンテナンスモード、スライス操作履歴機能、エラー表示高度化機能等を実装し、テストベッド品質の運用管理性を実現した。ネットワーク仮想化コアノードについて、プログラマ内部の 10GbE 化などネットワーク I/O 性能向上のための検討を行い、試作および検証を完了した。ハードウェアオフロード機構を適用することにより、IA サーバ内の仮想マシンを利用する Slow Path にて 10Gbps ワイヤレートのネットワーク I/O を実現した。インターネットを介して仮想ネットワークに接続するためのゲートウェイ機能について、これまでの UNI インタフェースに以外に、NNI インタフェースを実装し、複数ユーザを同時に仮想ネットワークに接続する機能を実装し、さらにマルチコア CPU によって、フロー分散/連携処理技術を実装することで、従来モデルより 183%~340%高速化した新型ゲートウェイ装置を 20 台試作した。ネットワーク仮想化エッジノードについて、プログラム性とパフォーマンス性を両立するために、メニーコアプロセッサに仮想化技術を適用した小型・省電力のエッジノードを開発し、JGN-X 上のネットワーク仮想化テストベッドを用いて広域ネットワーク実験を実施した。
- ・上記に加え、テストベッド上での実験および国際展開を加速するために、さっぽろ雪祭りにて複数

種類の SDN 切替えによる放送配信・運用実験を実施し、アプリケーション実証を行ったほか、仮想化ノードを米国ユタ大学に設置し、米国テストベッドの ProtoGENI プロジェクトとの相互接続に成功し、日米をまたぐ大きな仮想ネットワークが実用レベルで構築できることをデモンストレーションした。これにより、今回開発したネットワーク仮想化技術の上で実現できるアプリケーションをそのまま海外で利用することができるため、ユーザの取り込みが容易となる。さらに、欧州の仮想化基 Fed4FIRE との接続を実施し、日米欧の三仮想化基盤間を日本の技術を用いて統合し、グローバルスケールな仮想ネットワークを構築できることを実証し、報道発表を実施した(平成 27 年 3 月)。

- ・仮想ネットワークを用いた実験を容易にするために、仮想ネットワーク上に展開するサービスを簡単に配置できる技術を開発した。平成 23 年度に検討したトイブロックアーキテクチャに基づく GUI インタフェースの設計ツールを開発、サービスに必要なブロックを多数のノードから成るスライス上に展開し、サービスを実行するためのサービス配置・実行ツールを開発・検証した。また、サービスを利用する端末のスライス利用状況によって、スライス内でサービスを構成する機能ブロックや仮想サーバを切り替える方式を実装、評価した。JGN-X 上の仮想化基盤だけでなく、ProtoGENI・ORCA・PlanetLab など、制御手法の異なる他の仮想化基盤との間での仮想インフラ資源の流通(フェデレーション)を実現し、高度でプログラマブルなサービス流通の範囲を拡大した。
- ・仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術について、データリンク層仮想化の実現手法として、無線アクセスシステムにおける MAC パラメータの動的制御を行うことで無線アクセス仮想ネットワークを構築する方法を提案・検討した。これを実現するための要求条件の整理に基づいたプロトタイプの試作を行い、動作実証を行った。実証実験の結果、提案したデータリンク層仮想化の方法によって、無線ネットワーク資源を任意の配分比率に分割することが可能となり、これを各仮想ネットワークに割り当てることが可能になることを実証した。また無線ネットワーク資源の分割制御に関わる高度な計算資源をネットワーク内にプールする方式(資源プール)の基礎検討を進めた。続いて、複数の物理的な無線インタフェースを用い、サービスの種類に応じたスライスを動的に構成する仮想無線インタフェース技術、および当該技術を実装した仮想化対応 WiFi 基地局を開発した。また、空間的な無線リソース制御として、仮想化対応 WiFi 基地局内にある異なるサービス用のスライス間でハンドオーバを行う、仮想無線インタフェース間ハンドオーバ技術を開発し、リアルタイム性を有するサービスにおいてもサービス無停止で、無線アクセス資源の切り替え動作が可能であることを実証した。更に、有線ネットワークの仮想化を行うネットワーク仮想化制御サーバとの連動により、移動通信環境においても、特定のサービス専用のスライスを利用者の近傍に動的かつシームレスに構成し、関連サービスに関わる通信フローの疎通率及び遅延特性を改善できることを明らかにした。また仮想化対応 WiFi 基地局と Information-Centric Networking (ICN) 技術を連携し、特定のサービス専用のスライス上に配置されたコンテンツを利用者の近傍性に基づいて取得する技術を開発した。さらに、特定サービスに専用化された仮想的な基地局を構成する技術と、特定サービストラフィックを仮想基地局にシームレスにハンドオーバさせる仮想基地局間ハンドオーバ技術の開発に成功した。これにより、無線 LAN が混雑している場合でも、低遅延が要求される VoIP 通信などを優先的につながりやすくする WiFi ネットワーク、「仮想化対応 WiFi ネットワーク」の開発に成功した。混雑時における VoIP の呼接続確

立時間が所定の時間（600ms）を超える確率を 19.7%から 4.6%に低減できることを実証し、報道発表（平成 25 年 6 月 11 日）および国際会議 CCNC2014 における研究発表（平成 26 年 1 月）を実施した。サービスに応じた EPC・IMS の仮想化制御によるシグナリング削減手法を開発し、特許出願（2 件）と研究会（2 件、平成 25 年 9 月、11 月）での発表し、国際会議（2 件、平成 26 年 1 月、2 月）にて発表した。さらに平成 27 年度実施 JGN-X 上でのプロトタイプ実証に向けた基盤構築の一部前倒しとして、WiFi 基地局の稠密配置環境下でサービスに適した“つながりやすさ”を実現する無線ネットワーク仮想化技術の有効性を実証するための「仮想化対応無線ネットワーク設備」の詳細設計と開発を完了した（平成 26 年 2 月）。上述の上クセス、コアネットワークの全経路が仮想化できるネットワーク仮想化基盤を JGN-X 上のネットワーク仮想化テストベッドと仮想化 WiFi システムを統合することにより実現した。構築したネットワーク仮想化実証基盤を、米国 NSF が主導する大規模テストベッド GENI/MobilityFirst と相互接続して国際共同実験を実施した。

- ・ネットワークの仮想化について、ITU-T にて Y. 3011（網仮想化の枠組み）、Y. 3012（網仮想化の要求条件）、Y. 3014（網仮想化のアーキテクチャ（予定））および Y. 3300（SDN の枠組み）を日本主導あるいは強力で推進することにより、国際標準化を実施した。
- ・これらにより、ネットワーク仮想化基盤技術は確立した。
- ・さらに、より高速な光パケット・光パス統合ネットワークとネットワーク仮想化技術の一つである OpenFlow 技術を組み合わせた、光パケット・光パス統合 SDN 基盤技術を開発した。高速で安価なサービスと低遅延で低データ損失なサービスの提供を可能とする光パケット・光パス統合ネットワークについて、大手町と小金井の間の JGN-X 光ファイバを用いてテストベッドネットワークを構築した。10 ギガイーサネット 12 ポートと世界初の 100 ギガ光パケットインタフェースを持ち、かつ、SDN に対応できるインタフェースを有するレイヤ 3 スイッチを開発し、光パケット・光パス統合ノード装置に組み込み、アクセスネットワークからの大量データを容易に処理できるようにした。また、32 ビット最長一致検索できる 100 ギガビット光パケットスイッチをテストベッドに組み込み、大数のエンド端末からのパケットを転送できるようにしたり、JGN-X の OpenFlow テストベッド RISE と連動できる仕組みを構築したりし、さまざまなパケット・パス連携実験をできる実証基盤を構築した。サービスの QoS 要求に対し、ネットワークの負荷から提供品質を計算し、適切な経路を求める経路計算エンジンを用い、かつ、光パス ID/光パケット ID と OpenFlow のフロー ID の間での適切なマッピングを行うことにより要求にあった経路を提供することができる、OpenFlow によって制御されるエッジネットワークと光パケット・パス統合ネットワークで構成される基幹ネットワークの連携制御のためのアーキテクチャを設計した。そのうち VLAN ID や宛先 IP アドレスを OpenFlow のフロー ID として光パスや光パケットの回線にデータを流すための連携制御のための機構を実装した。光パケット・光パス統合ネットワーク技術を光メトロネットワークに適用し、産学 5 者（通信事業者、装置事業者、大学、検証装置事業者 2 者）連携により、光コア・光メトロ・光アクセスの異なるネットワークを SDN コントローラにより統合管理し、コア・メトロ・アクセスに跨がる光ネットワーク内に仮想ネットワークを構築する世界初の光 SDN システムの相互接続実験に成功し、報道発表、および、国際会議での動態デモを実施した。さらに、産学官連携を、産学 7 者（通信事業者 2 者、装置事業者 2 者、大学、検証装置事業者 2 者）に拡張し、3 箇所の SDN 制御ドメインを跨って沖縄と

東京を繋ぐ複数 SDN コントローラの相互接続による仮想ネットワーク構築を成功し、国際会議で動態デモを実施する見込みである。大規模光ネットワーク構築のための拡張として、32 ビットの光アドレスを付与できる光パケットを構成する光パケットエッジシステムを開発し、光パケット・光パス統合システムに組み込んだ。光パケット・光パス統合システムのインターネット接続試行や、仮想化、SDN 制御などを紹介する招待論文が 2013 年インパクトファクタ (IF) 2.862 の IEEE/OSA JLT 誌に掲載された。("Optical Packet and Circuit Integrated Networks and Software Defined Networking Extension," IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, Vol. 32, No. 16, pp. 2751-2759, Aug. 15, 2014 (invited)) (平成 26 年 8 月)。また、光パケット・光パス統合ネットワークの SDN 化に関し、光通信に関する欧州のフラッグシップ国際会議 ECOC2013 (平成 25 年 9 月) アジアのフラッグシップ国際会議 OECC2015 (平成 27 年 7 月) 等で招待講演した。

### イ 複合サービス収容ネットワーク 基盤技術の研究開発

利用者ごとに異なる必要なリソース (ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等) をネットワーク上で動的に確保し、個々の利用者がそれぞれ求めるネットワークサービスを柔軟に実現可能とするため、リソースの追加割当等の調整機能を有する複合サービス収容ネットワーク基盤について、将来の新世代ネットワークの利活用シーンを想定した実証実験を行いつつその基盤技術の確立を図る。

- ・ 将来の新世代ネットワークの利活用シーンを検討するにあたり、2030 年ごろのネットワークの利活用方法を前提とすると、地理的に広域に散在する超大数かつ様々な種類の情報・コンテンツ等のオブジェクトを用い、リアルな世界をサイバー空間でリアルタイムに処理できる、計算およびネットワーク環境融合型基盤システムが必要となる。その基盤の要求条件を検討した結果、兆単位のオブジェクトに対する拡張性確保のためには自律分散ネットワーク構成技術が必要であること、また様々なデバイス・アクセスネットワークを通じた情報取得と配信を実現するための異種ネットワークアクセス技術の確立が必要であることを明確化した。規模拡張性を持つ分散型のアーキテクチャに基づくサービス基盤の設計を実施した。
- ・ 自律分散ネットワーク構成技術については、ネットワーク仮想化基盤上でリソース制御とオーバーレイネットワークの構成を行うためのプラットフォームの基礎設計を完了した。また、異種ネットワークアクセス技術については、異種のデバイスを統一的に扱うことが出来るインタフェースの基礎設計を行なった。これら基礎設計に基づいて、広域センサネットワークのプロトタイプシステムを試作し、異なる複数のセンサネットワークのデータを統合したセンサ情報サービス提供が可能となることを JGN-X テストベッド上で確認した。
- ・ 新世代ネットワーク基盤技術の大規模分散環境におけるプロトタイプ実証、ならびに、将来の利活用シーンを想定した実証実験を支えるテストベッドとして、大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド「JOSE」を開発した。JOSE は、全国 5 つの分散拠点に、合計 1,200 台の計算機サーバ、50 台のストレージサーバを有する国内最大規模の ICT テストベッドであり、利用者ごとに異なるリソース要求 (ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等) を動的に確保し、利用者専用の実験環境として提供する仮想ネットワーク・仮想マシン管理機能をもつサービス基盤を有する。同サービス基盤は、P2P ベースで動作するユビキタスコンピューティングプラットフォームと複数の SDN ドメインを統合利用し、多数のセンサおよび仮想マシンを収容するネットワークの構成や、外部の連携ネットワークの構成に対する変更要求へ迅速に対応可能なシステムとして構築した。当該テストベッド上で、延べ 30 以上の実証実験が実施され (見込み)、細粒度の気象予測、大規模複合施設におけ

る人流情報取得、広域エネルギーマネジメント等の新たなアプリケーションが新世代ネットワーク技術を活用した実証実験として実施された。複合サービス収容ネットワーク基盤として、モバイルワイヤレステストベッドの異分野センサデータ収集解析サービスを公開しており、中期目標は達成見込である。情報サービスによるネットワークの制御技術の研究開発については、異分野センシングデータ収集解析の要求に連動してノード発見やパス生成、網内データ処理等を自動的に行う Service-Controlled Networking (SCN) の実証システムを JOSE (Japan-wide Orchestrated Smart/Sensor Environment) 上に実装し API を公開するとともに、SCN をオープンソース化し公開する。

- ・セキュリティの向上については、新世代ネットワークにおいて解決すべきセキュリティ課題を「ID/ロケータ分離の特徴を活用した既存のセキュリティ問題の解決」、「仮想ネットワークの特徴を活用した脆弱性に対する速やかな修復」、「10 兆レベルの端末・デバイスに対応する認証・プライバシー保護基盤」と定め、それぞれの課題についてネットワークセキュリティ研究所で研究している「セキュリティ知識ベースや分析エンジン」、「階層型の大規模認証技術」と新世代ネットワークの特長の組み合わせによる実現方法を定めた。中でも、新世代ネットワークにおける膨大な機器数を考慮した場合、使わなくなった機器に関する認証情報の無効化のスケラビリティ向上を達成する必要があり、この要求を達成する認証技術「Revocable IBE/IBS(identity-based encryption/identity-based Signature)」を開発し、これを新世代ネットワークに接続する機器へ容易に組み込むためのライブラリ実装を行った。
- ・欧州 6 機関と日本 5 機関による国際連携プロジェクトにより、インターネットに接続する人・モノ・サービスについてクラウドコンピューティングを基盤として融合する効率的な協調プラットフォームに関して、平成 28 年 3 月までに構築する見込みである。構築した協調プラットフォームを使い、日欧のパイロット 4 都市(藤沢、三鷹、サンタンデル、ジェノバ)でのアプリケーション実証を行った。

自己評価		主務大臣による評価	
評価	A	評価	A
<p>【評価結果の説明】</p> <p>以下のように目標を十分に達成し、顕著な成果を挙げたことから自己評価を A とした。</p> <p>○ 新世代ネットワーク基盤技術の確立に向け、国内産学官連携および国際連携を実施しながら、基盤技術の研究開発を進め、その開発成果を実際に使用できる新世代ネットワークのプロトタイプを JGN-X 上に実現することにより、新世代ネットワーク基盤技術を確立した。新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発については、新世代ネットワークの基本構造の明確化とその実現に必要な様々な技術を研究開発するとともに ITU や IETF 等で国際標準化を行った (ITU-T Y. 3000 シリーズとして、16 件 (平成 26 年度時点)、RFC 2 件)。その中核をなす技術として、ネットワーク仮想化とパケット・パス統合ネットワーク技術があり、ネットワーク仮想</p>		<p>&lt;評価に至った理由&gt;</p> <p>新世代ネットワーク技術は、第 3 期中長期計画において、新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術の確立、仮想ネットワークの基盤技術の確立、複合サービス収容ネットワーク基盤技術の確立を図ることとしており、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて顕著な成果の創出や</p>	

化については、電気パケット・光パス統合ネットワークを下層にもつ有線ネットワーク上だけでなく、無線ネットワークの仮想化を実現し、双方組み合わせてエンドトゥエンドのネットワーク仮想化を実現した。これらの研究開発成果は ITU-T にて、Y. 3011, 3012, 3014(見込み), Y. 3300 の 4 標準化勧告としてまとめた。確立したネットワーク仮想化技術を JGN-X 上に展開し、現在の IP ネットワークでは実現できない新しいアーキテクチャによるコンテンツ配信実験を実施し、15%のトラフィック量の削減等の成果を実証した。さらにより高速なネットワーク仮想化を目指し、光パケット・光パス統合ネットワーク技術と Openflow 技術を組み合わせたネットワーク仮想化技術の開発を実施し、産学官連携で実証実験を実施した。複合サービス収容ネットワーク基盤については、P2P ベースで動作するユビキタスコンピューティングプラットフォームと分散クラウドおよび SDN (Software Defined Networking) を組み合わせた情報処理基盤を整備した。さらに、アプリケーションやサービスからネットワークを動的に制御する SCN(Service-Controlled Networking)を組み合わせたデモンストレーションを実施。複合サービス収容ネットワーク基盤のプロトタイプ JOSE の整備および国内海外を含めた 27 件の実証実験が完了し、その基盤技術が確立した。

#### 「必要性」

○ インターネットは現代社会に欠かせないインフラとなっているが、一方でその将来性、安全性、効率性等に大きな問題を抱えている。新世代ネットワークは持続的発展を可能とするネットワーク仮想化技術を用い、その上でコンテンツ配信サービス等の将来の重要サービスを消費エネルギー観点から効率的に提供可能とするアーキテクチャを実現するものである。従って、新世代ネットワーク技術は重要な社会インフラの研究開発という点で国策として行うべきと考える。本中長期では学術的成果として、平成 23 年度から 26 年度までにおいて、論文数として 579 件の発表を実施した。代表的な成果として、“Design and implementation of ICN-enabled IEEE 802.11 Access Points as Nano Data Centers” Journal of Network and Computer applications [Elsevier] (IF 1.77) や “Container-Based Unified Testbed for Information-Centric Networking” IEEE Network Magazine (IF 3.72) がある。また SIGCOM ACM ICN 2014 (採択率 17.5%) や IEEE COMPSAC2014 (採択率 21.5%) 等をきわめて難易度の高い国際会議での発表を実施した。このように、学術的に極めて高い評価を得ており、科学的・技術的意義、社会的・経済的意義は高く、研究開発の必要性は高いと考えられる。また、新世代ネットワーク基盤技術の実証手段として、それぞれの要素技術を統合し、機構が運営する JGN-X 上に新世代ネットワーク技術を検証できるテストベッドを構築した。構築にあったっては、新しいネットワーク技術を検証するためのネットワーク仮想化テストベッド、新しい識別子にもとづくコンテンツ配信検証のためのテストベッド、複合サ

将来的な成果の創出の期待等が認められるため、A とする。主な成果は以下のとおり。

- ・国内産学官連携及び国際連携しながら、新世代ネットワーク基盤技術の研究開発を進め、その開発成果を JGN-X 上に構築した新世代ネットワークのプロトタイプで実証した。また、実証実験で得られた技術的知見に基づき、ITU や IETF 等で 16 件（平成 26 年度末時点）の国際標準化を行った。
- ・ネットワーク仮想化については、電気パケット・光パス統合ネットワークを下層に持つ優先ネットワーク上だけでなく、無線ネットワークの仮想化を実現し、双方組み合わせてエンド・トゥ・エンドのネットワーク仮想化を実現した。
- ・複合サービス収容ネットワーク基盤のプロトタイプ (JOSE) の整備及び国内外を含めた 27 件の実証実験が完了し、その基盤技術が確立した。
- ・研究開発成果を内外に向けて着実に発信するとともに、国際標準化活動を推進しており、国際競争力の強化と研究成果のグローバル展開に貢献し、我が国発の技術の世界市場への波及効果が見込まれる。

#### <今後の課題>

JGN-X 上に構築する新世代ネットワークのプロトタイプとして仮想ネットワーク基盤技術



ービス収容ネットワーク基盤技術の検証のためのテストベッドの、3種類のテストベッドを構築し、実証実験を実施した。

#### 「効率性」

- 新世代ネットワークの実現に不可欠なネットワークサービス関連の要素技術をネットワークシステム総合研究室で実施し、各研究所で行われている要素技術を生かした、新世代ネットワーク実現のためのシステム実装・実証は戦略プロジェクトとして実施することで、重複を排除した研究開発投資を実現している。また、推進手段として、NICT 自ら研究と産学官による研究を有機的に統合するため、産学の自主研究、NICT の委託研究、NICT との共同研究を推進した。共同研究に関しては、10 研究テーマ、国内 14 機関との共同研究をまた海外とは 3 研究テーマ、海外 3 機関との国際共同研究を推進した。委託研究に関しては、4 課題 15 研究テーマに関し実施し、NICT 単独で実施するよりも、産学の英知を結集させ、より実用に近い研究テーマに関しても積極的に推進し、効率化を図った。

#### 「有効性」

- 国際競争力の強化と研究成果のグローバル展開を推進するために、国際標準化活動を推進した。新世代ネットワークの研究開発の成果を平成 21 年より継続的に ITU-T に提案し、審議に積極的に貢献した。これにより、将来ネットワークの目的と設計目標に関するフレームワーク ITU-T Y. 3001、将来ネットワークのためのネットワーク仮想化のフレームワーク ITU-T Y. 3011 および将来ネットワークのための低エネルギー消費のフレームワーク ITU-T Y. 3021、識別子に関するフレームワーク ITU-T Y. 3031（平成 24 年 5 月）の 4 つの勧告が中長期計画の初期に成立し、その後の活動により、将来網に関する国際標準化 Y. 3000 シリーズとして、前述の 4 勧告を含め計 16 勧告が成立し、うち 7 件の勧告について、日本人がエディタを務めた。またデファクト標準である IETF/IRTF においても積極的に研究成果に基づく提案を実施し、IETF および IRTF で RFC それぞれ 2 勧告を発行した。国際標準化の推進により、高い国際水準の達成を実現するとともに、国際標準の獲得により我が国発の技術の世界市場への波及が見込まれ、高い有効性があると考えられる。

#### 「国際水準」

- 前中期計画中に研究開発を行ってきた光パケット・光パス統合ネットワークとネットワーク仮想化に関しては国際的に優位な状況にあり、この優位性を生かして、上位のサービス関連研究開発を組み合わせることにより、

を確立し、実証実験へと有効につなげることができた。今後は、新中長期目標期間に向けて、これまでの新世代ネットワーク技術の研究開発成果の達成度合い等について総括を行い、今後の研究開発に活かしていくことが重要である。

上位のレイヤまで優位性を発揮できると考えている。光パケット・光パス統合ネットワークに関しては、コアネットワークだけでなく、アクセス、メトロの技術も合わせて運用できる技術を開発し、今後もトータルシステムとして、国際的に優位な状況となるよう研究開発を実施している。またネットワーク仮想化に関しては、わが国主導で、日米欧の仮想化基盤を統合するフレームワークを構築している。また、ITU-T にて標準化された要求条件についても、NICT のネットワーク仮想化の研究開発成果を盛り込んだ勧告となっており、引き続き研究開発だけでなく、産業的な点でも優位性を保てるよう活動している。情報指向ネットワークングについても、RFC の発行や、インパクトファクタの高い IEEE Magazine への掲載、難易度の高い国際会議 (ACM ICN2014) での発表等高い国際水準を有していると考えられる。また、国際競争力の強化と研究成果のグローバル展開を推進するための手段として、欧州、および米国と連携して研究開発するプログラムの枠組みを整備した。欧州との連携については、欧州委員会通信総局と連携し、平成 25 年からは、日欧双方でそれぞれの共同研究開発チームに資金提供し、双方の強みを生かした研究開発を実施するスキーム、日欧共同公募を確立し、今中長期中に 2 回の共同公募を実施した。第一弾の共同公募においては、日欧コンソーシアム作りのためのミニワークショップを 2 回開催し、3 件の採択枠数に対して 3 テーマ合計 13 件の応募を得、平成 25 年 4 月 1 日より研究開発を開始した。第二弾の共同公募については、平成 26 年度に公募を実施し、2 件の採択枠数に対して 14 件の応募を得、平成 26 年 10 月 1 日より研究開発が開始された。日米に関しては、全米科学財団 (NSF) と連携し、平成 25 年に第 3 回日米将来ネットワークワークショップを主催し、日米共同研究第一弾 (7 プロジェクト) を完了し、その後平成 25 年 5 月末に NSF と共同公募に関する MOU を締結し、“Beyond Trillions” をテーマとした共同研究に対する共同公募を実施した。21 件の応募があり 7 件を採択した。欧州委員会との連携については、日欧の産学官が連携する共同研究開発、NSF との連携は日米の大学と NICT が連携することによる共同研究とそれぞれの連携相手の特質に合わせた、スキームと研究フェーズを導入することにより、効率的な研究開発を推進した。この国際間共同研究開発スキームにより、日本の研究者と海外の研究者の連携が促進され、国際間共著論文の著作 (平成 26 年度末時点で 7 件) が実施された。

様式2-2-3 国立研究開発法人 中長期目標期間評価（見込評価、期間実績評価） 項目別評価総括表様式

中長期目標（中長期計画）	年度評価					中長期目標 期間評価		項目 別調 書No.	備 考 欄
	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	見込 評価	期間 実績 評価		
<b>I. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項</b>									
我が国の活力強化に貢献する研究開発の重点化	B	A	A	B		B		2	
ニーズを適切に踏まえた研究支援業務・事業振興業務の実施、その他	A	A	A	B		B		3	
新世代ネットワーク技術	A	AA	A	A		A		6	
光ネットワーク技術	AA	AA	AA	S		S		7	
テストベッド技術	AA	A	A	A		A		8	
ワイヤレスネットワーク技術	AA	A	AA	A		S		9	
宇宙通信システム技術	A	A	A	B		B		10	
ネットワークセキュリティ技術	A	AA	AA	A		A		11	
多言語コミュニケーション技術	AA	AA	AA	S		S		12	
コンテンツ・サービス基盤技術	A	A	A	A		A		13	
超臨場感コミュニケーション技術	A	A	A	B		B		14	
脳・バイオ ICT	A	A	A	A		A		15	
ナノ ICT	A	A	A	B		B		16	
量子 ICT	AA	AA	AA	A		A		17	
超高周波 ICT	A	A	A	B		B		18	
電磁波センシング・可視化技術	A	A	A	B		B		19	
時空標準技術	AA	AA	AA	B		A		20	
電磁環境技術	A	A	A	B		B		21	

中長期目標（中長期計画）	年度評価					中長期目標 期間評価		項目 別調 書No.	備 考 欄
	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	見込 評価	期間 実績 評価		
<b>II. 業務運営の効率化に関する事項</b>									
業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置	B	A	A	B		B		1	
<b>III. 財務内容の改善に関する事項</b>									
予算（人件費の見積りを含む）、収支計画及び資金計画等	A	A	A	B		B		4	
<b>IV. その他の事項</b>									
その他主務省令で定める業務運営に関する事項	A	A	A	B		B		5	

※重要度を「高」と設定している項目については各評語の横に「○」を付す。

難易度を「高」と設定している項目については各評語に下線を引く。

## 様式 2-2-2 国立研究開発法人 中長期目標期間評価（見込評価、期間実績評価） 総合評価様式

1. 全体の評価		
評価 (S、A、B、C、D)	A	(参考：見込評価)
評価に至った理由	(上記評価に至った理由を記載) 研究開発業務に係る項目別評価では16項目中S：3、A：7、B：6、それ以外の業務の評価は全てBであり、第3期中長期目標期間については、「研究開発成果の最大化」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が見込まれる。また、適正、効果的かつ効率的な業務運営がなされているものと見込まれる。	

2. 法人全体に対する評価		
(各項目別評価、法人全体としての業務運営状況等を踏まえ、国立研究開発法人の「研究開発成果の最大化」に向けた法人全体の評価を記述。その際、法人全体の信用を失墜させる事象や外部要因など、法人全体の評価に特に大きな影響を与える事項その他法人全体の単位で評価すべき事項、災害対応など、目標、計画になく項目別評価に反映されていない事項などについても適切に記載)		
<p>研究開発業務に関する評価は、S：3、A：7、B：6であり、それ以外の業務に関する評価は全てBであり、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待、適正、効果的かつ効率的な業務運営がなされているものと見込まれる。</p> <p>業務運営に関しては、一般管理費及び事業費の効率化の目標を達成する見込みであり、全ての勘定において単年度利益を計上した。また、閣議決定に従い、助成金の終了、不要財産の国庫納付、通信・放送承継勘定の廃止を行った。また、自己収入の拡大について、第3期中長期目標期間の平均年間許諾収入が約7,400万円（前中長期目標期間：3,413万円）となり、大幅な増加を達成している。</p> <p>中長期目標期間における研究開発業務のうち特に顕著な成果等が見込まれるものとしては以下のようなものが考えられる。</p> <p>(1) ネットワーク基盤技術では、新世代ネットワーク技術及びテストベッド技術に関しては、ネットワーク仮想化等の研究開発成果を実装し、オープンフロー機能をユーザに開放する世界でも実用化の進んだSDNテストベッド(RISE)を構築し、産業界からもその規模及び機能性の高さから広く活用されている。また、光パケット・光パス統合ネットワーク開発では、先進性と安定性で世界をリードするポジションにあるとともに、機構の高い研究開発力に期待されている。光ファイバ通信技術、光波制御技術、量子ドット作成技術等でも世界の研究をリードしている。</p> <p>ワイヤレスネットワーク技術では、Wi-SUNについて、IEEEで国際標準化した技術を基盤として、スマートメータ、ガス等の分野で無線機を開発するとともに、国際標準化・認証の流れをリードし、プラットフォームの構築のみならず、さらに開発成果の技術移転、社会実装につなげている。</p> <p>ネットワークセキュリティ技術では、世界最大規模のサイバー攻撃観測網を構築し、最先端の観測・分析・可視化技術を開発するとともに、研究開発成果(DAEDALUS、NIRVANA等)を積極的に技術移転し、DAEDALUSについては多くの自治体にアラーム提供を行っている。</p> <p>(2) ユニバーサルコミュニケーション基盤技術では、多言語コミュニケーション技術に関しては、学会での論文賞受賞、高いレベルでの国際会議での論文採択、評価型国際ワークショップでの成績、国際会議での主催等、研究レベルは国際的に高く、また、国際コンソーシアムで26ヶ国、31機関と連携して、国際共同研究等により学術的にも大きな成果を生み出している。</p> <p>コンテンツ・サービス基盤技術では、情報分析技術に関して、WISDOM XとDISAANAの2つの大規模なWeb情報分析システムをネット上で一般に公開し、言語処理分野での世界トップの会議での論文発表、各種の著名な受賞等、学術的にも高い評価を得ており、世界最先端の研究成果を生み出している。</p> <p>(3) 未来ICT基盤技術では、脳・バイオICTに関して、脳情報通信融合センターを大阪大学に設置し、7T-MRI等の世界有数の大型脳機能計測設備を整備し、脳内部の高分解能な機能画像の取得に成功し、世界トップレベルの脳機能計測を実現するとともに、小型ワイヤレス脳波計を開発し、企業への技術移転を推進している。量子ICTに関しては、量子暗号技術の研究開発は欧州やカナダも産学官で取り組んでいるが、機構は産学官で連携し、都市圏ネットワークで世界最高速の量子暗号ネットワークを運用し、新しいアプリケーションの実証的研究を行っており、研究環境面で大きな競争優位にあり、学術面でも世界記録を更新する等、高い研究レベルを維持している。</p> <p>(4) 電磁波センシング基盤技術では、時空標準の研究開発に関して、Sr光格子時計の絶対周波数確度の目標を達成見込みであり、他機関の光格子時計との周波数同一性を高精度に検証した。</p>		

3. 項目別評価の主な課題、改善事項等	
<p>(項目別評価で指摘した主な課題、改善事項等で、事務事業の見直し、新中長期目標の策定において特に考慮すべき事項があれば記載。今後の対応の必要性を検討すべき事項、政策・施策の変更への対応、目標策定の妥当性なども含めて改善が求められる事項があれば記載。項目別評価で示された主な助言、警告等があれば記載)</p> <p>平成 23 年 12 月の中長期計画の変更により、「災害に強い ICT インフラ構築技術や被災した ICT インフラを補完する技術、被災状況を速やかに把握し被災地域の支援・復旧に多面的な貢献を行うための技術の研究開発を推進する。」とされたところであり、これらの耐災害 ICT 研究プロジェクトは東北大学に設置された耐災害 ICT 研究センターを中心に行われているが、今後の研究開発成果の迅速な社会展開を図るべくマネジメント機能を含む体制強化を検討することが重要である。</p> <p>JGN-X 上に構築する新世代ネットワークのプロトタイプ実現のうちネットワーク仮想化による仮想ネットワーク基盤を完成させ、実証実験へと有効につなげたが、新中長期目標期間に向けて、これまでの新世代ネットワーク技術の研究開発に関する総括を行い、今後の研究開発に活かしていくことが重要である。</p> <p>また、テストベッドについては、最先端の研究開発成果の実証を図るほか、実社会の課題の解決を目指して異業種とも多様な連携を図り、社会的受容性等の検証を含めた社会実証が可能な環境についても検討する必要がある。</p> <p>サイバーセキュリティ技術、セキュリティアーキテクチャ技術については社会的要請も非常に強く、人材育成も重要であり、機構の研究開発活動の先導的・主導的成果を広く社会に還元することで、2020 年開催のオリンピック・パラリンピックの安全な実施、今後の IoT 機器の莫大な利用増に対する安心・安全対策など、研究成果の展開により社会全体のネットワークセキュリティの耐性を高めることに貢献していくことが重要である。</p> <p>多言語コミュニケーションについては、音声翻訳技術、自動翻訳技術とも、2020 年のオリンピック・パラリンピック開催時のみならず、世界で唯一日本語を使用する我が国にとって必要不可欠な技術であり、今後も取組を強化する必要がある。</p> <p>情報分析技術については、将来的には分析結果の信頼性を付加したり、分析結果を基に計算機と利用者が協調して問題解決を行う仕組みを検討したり、更に独創的な研究に発展していくことを期待している。</p> <p>超臨場コミュニケーション技術では、電子ホログラフィの研究開発、多視点・多感覚・臨場感技術に関する研究開発があるが、前者については国内でも取り組んでいる研究機関があまりないという意味でも重要であるが、社会実装の方向性に関する出口戦略も踏まえて、今後の研究開発を推進すべきである。</p>	

4. その他事項	
研究開発に関する審議会の主な意見	<p>(研究開発に関する審議会の主な意見などについて記載)</p> <p>機構は、ICT 分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関であり、民間では実施が困難な基礎的・基盤的な研究開発又は測定や較正等の業務、国の安全・安心の確保に係るセキュリティ等の研究開発は、国立研究開発法人として今後も取り組んでもらいたい。</p> <p>テストベッドについては、多様な先進的通信アプリケーションに関連した実証テストベッドの構築など、社会の具体的なニーズについて活用する現場に踏み込んで取り込むことも必要かつ重要であることに鑑み、こうした実証的なネットワーク研究開発は、民間企業ではリスクが高く困難なことから、国策として積極的に推進、実施すべきである。</p> <p>Wi-SUN については、機構主導による Wi-SUN アライアンスでの標準化が契機になり、国内で 8000 万台のスマートメータとして実装されることになり、広範な経済波及効果が期待され、国民生活に大きく貢献する研究開発成果である。</p> <p>爆発的に増大する情報量に対して情報処理能力が追いつかない現状を打破するためには、脳情報や生体機能の理解と活用が極めて重要であり、国家戦略として研究拠点を形成・発展させる必要があり、その中核機関・中核テーマとして、機構の脳情報通信融合センターの研究は極めて重要である。</p> <p>超伝導技術は電波天文や度量衡標準をはじめとして必要不可欠の技術であり、超伝導単一光子検出器の安定動作を実現しているのは機構のみであり、今後も研究開発の中心を担う必要がある。</p> <p>基盤技術研究促進勘定における、追跡調査、広報等の結果として事業化による売上が計上された課題数は増えていること等から、案件管理業務は有効である。出資勘定についても着実な資金回収に努める必要がある。</p>
監事の主な意見	<p>(監事の意見で特に記載が必要な事項があれば記載)</p> <p>機構の業務は、法令等に従いおおむね適正に実施され、また、中期目標の着実な達成に向け効果的かつ効率的に実施されていたものと認められる。</p>