

平成26年度追跡評価結果について

追跡評価とは、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」に基づき、委託研究終了後、数年経過してから（今回は3年後と5年後）、その波及効果や副次的効果等の把握、制度の改善等のために行う評価である。平成26年度追跡評価は、「研究成果の実用化・標準化等が進展して社会的にインパクトが大きい課題であるか、委託額が大きい課題（総額10億円程度以上）であるか等を考慮する」との方針に基づき、平成20年度と平成22年度に終了した研究課題のうち、下記5件を選び、実施した。評価委員による評価は、その後の状況等の簡易書面調査、対面での聞き取り調査の報告書を元にして、書面評価でおこなった。

【評価対象とした研究課題】

- ① 課題087「超高速ギガビット無線LANの研究開発」
- ② 課題109「多並列・超再生型立体テレビシステムの研究開発」
- ③ 課題110「λアクセス技術の研究開発」
- ④ 課題111「λユーティリティ技術の研究開発」
- ⑤ 課題118「次世代ネットワーク（NGN）基盤技術の研究開発」

【研究課題の概要と評価結果】

課題番号	研究課題名	研究期間(年度)	研究費(百万円)
87	超高速ギガビット無線 LAN の研究開発	H16~H20	1,407
受託者	国際電気通信基礎技術研究所<幹事>、富士通、沖電気工業		
研究概要と成果	<p>NICT が行うミリ波の伝搬特性を把握・検証する研究と協力・提携し、伝送速度、数 Gbps (3Gbps 程度) の無線 LAN の実現に必要な、干渉・フェージング対策を念頭に置いた、送受信のアンテナ技術、変復調方式およびメディアアクセス制御方式等の研究・開発を行った。</p> <p>具体的には、3Gbps の伝送速度を実現する各ユニット (アンテナ、高速変復調器 RF 部、MAC) を作製し、無線 LAN システムとして正常動作を確認した。実験では 16 値 QAM 変調、エラー率 10^{-5} 程度、一部条件付きで伝送速度 3Gbps を達成した。</p>		終了時の評価 (S, A, B, C)
			A
その後の経過	<p>ミリ波伝送は光ファイバの敷設が困難な箇所への適用に優れ、移動通信におけるスモールセルや、イベント会場や事故現場からの映像中継回線、ビル間通信回線などへの普及が期待されている。ミリ波市場の規模は H29 年には約 700 億円に達するとされる。</p> <p>本研究成果を直接展開した機器の商品化はなされていないが、技術的成果は、「70/80GHz 帯大容量無線装置」の開発に活用され、E バンドや W バンドのミリ波市場向けに商用化されている。この装置ではコスト上の理由により、委託成果とは異なる変調方式を採用しているが、委託研究で得られた LSI 設計技術や実装・評価にわたる超高速デバイスの開発に必要なさまざまなノウハウが活用され、キーデバイスである超高速パルス発生器の実現につながった。この技術は ITU-R レポート「Fixed service use and future trends」(Document 5/167-E) に盛り込まれ、国際的に認知された。</p> <p>また並行して実施した、IEEE802 での標準化活動では、ミリ波に関する標準化に貢献し、委託研究成果の多くをその後成立した国際標準規格の中に反映させた。</p>		
追跡評価結果	<p>ミリ波無線 LAN の課題設定が当時妥当であったかどうか難しい点はあるが、世界的に研究開発が進んでいるミリ波セルラ無線に向けた基礎技術を培うことに寄与した点では、有意義な委託研究であったと思われる。標準化活動への貢献については評価できる。</p>		

【略語説明】

RF : Radio Frequency. 無線通信に使用する周波数。

MAC : Media Access Control. 複数のターミナルやネットワークノードをつなぐ通信プロトコルの一つ。

16QAM : 16 Quadrature Amplitude Modulation. 直角位相振幅変調の一つ。一度に 4 ビットの情報を伝送できる。

E バンド : 周波数帯域 60~90GHz。

W バンド : 周波数帯域 75~110GHz。

課題番号	研究課題名	研究期間(年度)	研究費(百万円)
109	多並列・像再生型立体テレビシステムの研究開発	H18~H22	584
受託者	日本放送協会<幹事>、 JVC ケンウッドホールディングス、名古屋大学（谷本正幸教授*）		
研究概要と成果	<p>本課題では、より理想的な特性を持つ立体映像システムの実現をめざし、インテグラル方式（レンズアレイを介して立体映像を伝送する方式）の信号統合化技術や自由な視点操作による多様な表示形態を研究開発した。水平 450×垂直 250 のレンズアレイと、ハイビジョンデジタルシリアルインターフェース（HD-SDI）規格信号を並列に接続する手法を用いて実験した結果、走査線 8,000 本の立体映像信号の伝送に成功し、リアルタイムでフルカラーの立体像が撮影、表示できる可能性を示した。</p>	終了時の評価 (S, A, B, C)	
		A	
その後の経過	<p>委託研究の成果である e-shift テクノロジー（1 画素を斜めに 0.5 画素シフトさせる）を適用して、ホームシアター用に 4K プロジェクタを商用化（H23 年）したのに続いて、8K プロジェクタも商品化した（H25 年）。このような高精細プロジェクタは一般家庭だけでなく、博物館の大型展示や、オリンピックのパブリックビューイングにも利用され、今後、幅広い市場展開が期待されている。</p> <p>また超多視点の MPEG 標準化（MPEG Free Viewpoint Television (FTV)）にも貢献した。これらの先進的な業績により、映像情報メディア学会・藤尾フロンティア賞（H23 年）、船井学術賞（H23 年）を受賞した。</p>		
追跡評価結果	<p>研究開発成果のうち、高密度・高精細化技術を駆使したプロジェクタが既に実用化され、新たな映像技術としての可能性を切り拓いた点で十分有意義な研究であった。主題の立体テレビに関しては基礎研究であり、後継の研究開発や標準化、学術方面への展開、人材育成に継続的に取り組んでおり、その将来が期待できる。</p>		

(*現在、名古屋産業科学研究所上席研究員)

課題 番号	研究課題名	研究期間 (年度)	研究費 (百万円)
110	λアクセス技術の研究開発	H18~H22	1,809
受託者	日本電信電話<幹事>、日本電気、東京大学（森川博之教授）、 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ、三菱電機、日立製作所、 KDDI 研究所、慶應義塾（山中直明教授）		
研究概要 と成果	<p>本研究は、複数のユーザ間で双方向に高速大容量通信が可能となる「テラビットクラスの LAN 環境を実現する」ことを目標に、光 LAN とバックボーン（広域系）を接続するための単一波長もしくは複数波長を用いる 100Gbps 級 λアクセス技術の実現と、国際標準化を達成した。</p> <p>具体的には、(課題ア)波長多重シームレスアクセス技術の研究開発では、複数波長に自在に並列展開する技術を開拓し、パケット処理頻度を 1/100 に抑え、100GbE を 10 波長に振分ける送受信を実現した。(課題イ) フレーム多重超高速アクセス技術の研究開発では、パケットを公平に束ね、波長あたり 100Gbps で 100GbE パケット送受信を実現した。</p> <p>国際標準化については、ITU-T と IEEE 標準に貢献し、IEEE 標準 40GbE を広域光転送網 OTN に收容する規格が採録された。</p>		<p>終了時の 評価 (S, A, B, C)</p> <p>S</p>
その後の 経過	<p>課題アの一部成果は「40GbE Mapping / Converter LSI」として適用された (H23 年)。課題イの一部成果である超高速フレームアグリゲーション技術がビジネス向けイーサネットアクセス装置の高信頼化へ適用され (H22 年)、さらに官公庁向けネットワーク機器の高信頼化(イーサネットリング)に適用された (H25 年)。</p> <p>また ITU-T G. 709 や ITU-T G. 8031 の国際標準化に貢献し、標準の中に委託研究の成果を盛り込んだ。</p> <p>これらの実績により、IEEE-ISAS、Optical Fiber Communications (OFC) などの著名な国際会議、および国内の電子情報通信学会などにて多数の学会賞を受賞した。</p> <p>以上の成果は最近のスマートフォン普及に伴うモバイルトラフィックの増加に対処するバックボーンネットワークの強化に貢献している。</p>		
追跡評価 結果	<p>本研究開発は、40G/100G Ethernet 関連技術の実用化、標準化、学術的貢献、社会インフラの進化など国民の公益性への貢献など、研究開発終了後の技術領域の進展を鑑みて多くの点で十分な成果を上げた研究開発であると言える。本成果で培われた要素技術は今後の 400G クラス LAN の広域接続実現のためにも十分に活用されると考えられる。学会や標準化活動を通して、超高速な LAN 構築技術と広域接続技術・管理技術に関して日本発の技術力の高さが世界的に実証されたことの意義は大きく、本分野における日本の世界的な競争力向上にも大きく寄与している。</p>		

課題番号	研究課題名	研究期間(年度)	研究費(百万円)
111	λユーティリティ技術の研究開発	H18~H22	1,764
受託者	日本電気<幹事>、大阪大学(丸田章博准教授)、富士通、三菱電機、沖電気工業		
研究概要と成果	<p>本研究開発においては、波長や帯域の違いを意識せずに、広域ネットワーク内のパスを制御する技術、大容量基幹リンク技術や再生中継技術を開発した。具体的には、次のような成果をあげた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 広域系におけるポータレス光パス制御管理技術(フォトリソグラフィ技術)として、1000ノード以上の大規模光ネットワークの最適経路制御技術を開発し、1秒以内のオンデマンドでの回線提供および障害迂回を実現。 ・ 高効率リンク伝送技術として偏波多重 RZ-DQPSK 方式を採用し、550km フィールド伝送実験にて 125Gbps 送受信安定動作を実証。 ・ 世界最高水準の安定性・再生性能を有するマルチフォーマット光 3R 再生技術を開発し、160Gbps-DPSK(差動位相偏移変調)/OOK(強度変調)信号に対して良好な再生機能を実証。 ・ 国際標準化として、ITU-T 勧告 G.696.1(位相変調信号の伝送特性)に採択(H22年)。また複数の通信回線サービスを提供する際の経路計算要求セットの関連付け方式が IETF RFC6007 として採択(H22年)。 	<p>終了時の評価 (S, A, B, C)</p> <p>S</p>	
その後の経過	<p>本研究で得られた偏波多重多値変調技術の知見を 100Gbps 伝送装置(H24年製品化)の開発に活用し、間接的に貢献した。</p> <p>また研究成果である高速光通信向け軟判定誤り訂正技術をもとに、100Gbit/s 光伝送用軟判定 LDPC 符号化/復号化技術の研究開発を進めて製品適用した(H24年)。この符号化/復号化技術は、100Gbit/s デジタルコヒーレント光通信装置の誤り訂正方式として現在、デファクト標準になっている。</p> <p>これらの研究成果は NICT の委託研究「高機能光電子融合型パケットルータ基盤技術」(H23~H27年度)、「光トランスパレント伝送技術(λリーチ)」(H23~H27年度)、「デジタル位相光制御による低消費電力高速コヒーレント伝送技術」(H23~H25年度)などに引き継がれて、より広い範囲に応用されている。</p>		
追跡評価結果	<p>光パス制御、光送受信、信号品質改善等の光信号送受信技術について 100GbELAN 環境への適用技術を開発するという本研究開発で得られた成果は、デファクトを含む国際標準への貢献、学術的貢献、利便性の向上などの観点から社会へのインパクトは大きく、意義のある研究開発であったと考えられる。</p> <p>また、動的に変化するネットワークの品質に適応的に対応可能な経路制御技術が、今後の柔軟な光ネットワーク実現の中心となる SDN への展開に活かされている点も時機を得た展開として評価すべき点である。</p> <p>なお、当初想定した変調フォーマットフリー光 3R の技術確立という目標については、今後の高速化大容量化のデマンドに対応するための基盤要素技術蓄積として大きな意味がある。</p>		

課題 番号	研究課題名	研究期間 (年度)	研究費 (百万円)
118	次世代ネットワーク（NGN）基盤技術の研究開発	H18～H22	3,509
受託者	日本電信電話〈幹事〉、日本電気、日立製作所、 KDDI 研究所、沖電気工業、エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー		
研究概要 と成果	<p>本研究では、各々異なる特性を持つモバイル網・ホーム網と相互接続された次世代ネットワーク（NGN）において、1億超の端末（ヒト・物）から多種多様な情報（映像・音声・データ）の受発信を、ユーザが端末や環境を意識することなく、同時に多種多様なサービスを運用しながらリアルタイム・高品質・高信頼に実現する ICT プラットフォームを構築する基盤技術を実現した。具体的には、次の成果があがった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 機能分離アーキテクチャの ForCES プロトコルによる相互接続実験を世界で初めて成功。なおこの相互接続実験は、中国・日本・韓国が共同構築した「CJK テストベット」上で実施された。 ・ NGN において要素機能を組み合わせ、合成サービスを実現するための中核機能となる「NGN アプリケーションアダプタ」を開発・販売。 ・ 業界初の NGN 対応広帯域コーデック変換機能を搭載したセッションボーダーコントローラを商用化。 ・ FMC シームレス制御の各種技術で 3GPP, OMA, ITU-T 勧告への文書反映・標準化に成功。 ・ 機能分散トランスポート制御統合技術に基づく日本発の標準化を達成（IETF RFC3 件、ITU-T 文書承認 1 件）。 		<p>終了時の 評価 (S, A, B, C)</p> <p style="text-align: center;">A</p>
その後の 経過	<p>実用化については、「NGN アプリケーションアダプタ」と「コーデック変換装置」の製品化実績がある（共に H22 年製品化）。「NGN アプリケーションアダプタ」が狙うユニファイド・コミュニケーション（UC）市場は着実に伸び、H29 年に約 2,300 億円の規模が期待されている。また「コーデック変換装置」は通信業者間で音声や画像データをスムーズに通信することを可能とするもので、VoIP 市場に展開されていく予定である。</p> <p>以上、NGN に関する実用化実績は上記 2 件である。その他、小規模ながら下記のような成果が出ている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大容量分散データ流通技術の一部成果は某クラウド事業者のバックエンドシステムに応用された（H23 年） ・ サービス制御機能ならびにプレゼンス分散管理機能の一部成果として、コールセンターのオペレータがお客様の端末のブラウザを遠隔操作するブラウザ同期サービスが試験導入された（H24 年） <p>標準化については、IETF で標準化に至った ForCES よりも技術的な概念を広げた OpenFlow がデファクトとして広まっている。</p> <p>委託研究当初（H18 年）の目標設定と現在とを比較すると、課題ア（次世代コアネットワーク構成技術）の目標設定値は現在でも妥当であるとされている。課題イ（ネット</p>		

	<p>ワーク間高度接続技術)については、当初想定していた VoIP での利用に対しては、目標設定値は現在でも妥当であるが、IoT (Internet of Things) 等の新たに出現してきたネットワークサービスに対しては、遅延時間等に対してより高い目標値を求められるケースもあり得ると見ている。</p> <p>今後、本研究の副次的な波及効果として期待されるのは、電力センサやスマートメータのような低速無線への応用や、災害時の輻輳技術などへの応用などがある。</p>
追跡評価結果	<p>各社ともに当初に設定した定量的目標は概ねクリアしており、「NGN アプリケーションアダプタ」や「コーデック変換装置」のような当初から実用化が視野に入っていた装置は目に見える形の成果となっている。一方で、バックエンドで動作する機能的なもの成果物は単体で実用化できないため、評価がしにくい面がある。ただ、機能を実装したものが NGN とは異なるところで展開されていることも確認され、委託研究の波及効果はあったと考えられる。</p> <p>実用化に至っていないものにも、災害時の輻輳対応技術へ適用できる成果や、電力センサやスマートメータのような低速無線への応用ができる知見が蓄積されており、国民生活に関係のある利用シーンに今後展開されていくと期待できる。意義ある研究開発プロジェクトであった。</p> <p>ITU 標準の価値創造を図るうえで、以前からデファクトとの関係が重要であり、悩ましい課題である。本プロジェクトのようなビッグプロジェクトを開始する場合、このデファクトとの関係を考慮すべきであろう。</p> <p>SDN、仮想化等新しいネットワーク概念が提案されてきている。今後引きつづき、開発技術によるこれら新しいネットワーク概念への対応を、ここで開発に携わった関係者の努力に期待したい。</p> <p>ネットワークインフラの新規導入には、かなりの時間を必要とされる。次世代のネットワークインフラの導入時、ここで開発された技術が有効に導入されると確信する。</p>

[略語説明]

NGN : Next Generation Network. 電話、データ通信、放送を融合した次世代電話網。

ForCES : Forwarding and Control Element Separation. ルータ機能とデータ転送機能を分離して装置構成の柔軟性と拡張性を高める。

OpenFlow : ネットワーク機器を一つの制御装置で集中管理し、柔軟にネットワーク構成を変更できる技術。Open Networking Foundation によって標準化されている。

FMC : Fixed Mobile Convergence. 固定電話サービスと移動体サービスの融合。

3GPP : Third Generation Partnership Project. 第3世代～第4世代移動通信の標準化プロジェクト。

OMA : Open Mobile Alliance. モバイル通信関連企業の団体。

IETF : Internet Engineering Task Force. インターネット技術の標準化組織。

ITU-T : International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector. 国際電気通信連合の中の電気通信標準化部門。

以上