

アメリカ合衆国の無線・衛星通信分野における 研究開発動向等に関する調査

調査報告書

NICT ワシントン事務所

委託先 Washington | CORE

2008年2月

アメリカ合衆国の無線・衛星通信分野における

研究開発動向等に関する調査

概要

目次

1 米国の無線・衛星通信分野における R&D 概況	1
1.1 報告書骨組み.....	2
2 無線・衛星通信分野の連邦 R&D プログラム	3
2.1 無線・衛星通信関連 R&D 予算動向.....	3
2.2 連邦政府機関による無線および衛星通信 R&D 投資概況.....	5
3 ワイヤレス・衛星通信分野における連邦 R&D プログラム	6
3.1 全米科学財団 (NSF: NATIONAL SCIENCE FOUNDATION).....	7
3.1.1 ネットワーキング技術・システム (NeTS: Networking Technology and Systems).....	8
3.1.2 ダイナミック・データ・ドリブン・アプリケーション・システム (DDDAS: Dynamic Data-Driven Applications Systems).....	11
3.2 DARPA.....	13
3.2.1 モバイル・アドホック・ネットワーク (MANET: Mobile Ad-Hoc Networks).....	16
3.2.2 ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト (WNaN: Wireless Network after Next).....	17
3.2.3 補助的光 Rf 通信 (ORCA: Optical Rf Communications Adjunct).....	19
3.2.4 画期的衛星通信 (NSC: Novel Satellite Communications).....	20
3.3 国防総省 (DEPARTMENT OF DEFENSE).....	22
3.3.1 変換型衛星通信システム (TSAT: Transformational Satellite Communications Systems).....	24
3.3.2 ワイドバンド・ギャップフィルサ衛星プログラム (WGS: Wideband Gapfiller Satellite Program).....	25
3.3.3 通信・ネットワーク・コラボラティブ技術アライアンス (C&N CTA: Communications and Networks Collaborative Technology Alliance).....	27
3.4.1 アドホック・ネットワーク研究 (Ad Hoc Networks Research).....	30
3.5 航空宇宙局 (NASA: NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION).....	31
3.5.1 ノマディック・ネットワーキング・プログラム (Nomadic Networking Program).....	31
3.6 カリフォルニア・テレコム・情報技術研究所 (CALIT2: CALIFORNIA INSTITUTE FOR TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATION TECHNOLOGY).....	32
3.6.1 組み込み型システムの再構成可能なユビキタス・ネットワーク (RUNES: Reconfigurable Ubiquitous Networks of Embedded Systems) プログラム.....	34
4 ワイヤレス・衛星通信分野における米国民間セクターの R&D トレンド	36
4.1 ルーセント・ベル研究所 (LUCENT BELL LABORATORIES) ワイヤレス研究ラボラトリー / ワイヤレス・ブロードバンド・ネットワーク・アクセス (WIRELESS RESEARCH LABORATORY/WIRELESS AND BROADBAND NETWORK ACCESS).....	36

4.2 SRI デイビッド・サーノフ研究所 (SRI DAVID SARNOFF LABORATORY) —動画・通信・ネットワーキング R&D サービス (VIDEO, COMMUNICATIONS AND NETWORKING R&D SERVICES)	39
4.3 テルコーディア (TELCORDIA): ワイヤレス・モバイル・ネットワーキング R&D (WIRELESS AND MOBILE NETWORKING R&D ACTIVITIES)	40
5 まとめ.....	42
5.1 連邦ワイヤレス・衛星技術 R&D の主要テーマ	42
5.2 無線・衛星通信分野における今後の R&D 展望	45

1 米国の無線・衛星通信分野における R&D 概況

米国においては近年、無線・衛星通信分野における R&D の重要性が再認識されてつつある傾向が見られる。これは、一般市場における携帯電話の普及、wifi などの固定無線サービスの成長などによる全般的な無線技術に対する注目度が高まっている点などが要因として挙げられる。しかしながら、無線・衛星通信分野における R&D に対する包括的かつ体系的な活動支援・促進体制が欠如しており、同分野におけるチャンピオンの存在もない。

このような状況において、無線・衛星通信分野の研究者達にとっての最大の課題は、政府を中心とした包括的なファンディング・メカニズムの構築ではないかという声も聞かれる。現在は、多くの省庁や政府研究所間でのコーディネーションなどを行わずに、フラグメント的に研究資金が提供され、研究活動が実施されていることから、研究リソースが効果的に活用されていないという見方もある。

米国連邦政府による研究活動への資金拠出は、幅広いプログラムに渡って行われ、時に戦術用ラジオやワイヤレス・センサー・ネットワークといったアプリケーション特定型ネットワーク・システムに集中する傾向はあるものの、ワイヤレス・衛星ネットワーク関連技術研究にも多大な資金が投入されている。一方で研究活動の幅広い分散は、米国政府やその他大手研究支援機関が助成する様々なワイヤレス・衛星ネットワーク研究について、その姿を包括的かつ理路整然と捉えることは、難しい。

本報告は、資金源と研究実施者(機関)の観点から米国におけるワイヤレス・衛星ネットワーク R&D を精査し、その課題に言及したものである。主に連邦政府、そして他の政府系機関や民間企業が支援する代表的助成プログラムやイニシアチブ、そしてプロジェクトを簡単に紹介する。また、研究助成金の受領者を取り上げ、その概要と助成金を使って実施された研究プロジェクトを説明する。

1.1 報告書骨組み

本報告は、以下に示す情報が網羅されている。

第2章では、固定およびモバイル技術を含む、地上および衛星ワイヤレス通信における連邦R&D活動の概要を取り上げた。様々なワイヤレス・衛星技術関連R&Dの総予算について、大雑把な概算を示すとともに、可能な範囲で技術別内訳を示した。また、資金の機関別内訳を示し、金額と優先度を含む資金拠出の包括的な傾向に言及した。

第3章では、連邦政府が助成する、または連邦政府が助成、実施するワイヤレス・衛星技術関連R&Dプログラムのうち、特に重要なものを紹介する。プログラムは機関別にまとめて紹介し、各プログラムについて以下の要素をまとめた：

- ・ 機関概要とワイヤレス衛星R&D出資の背景
- ・ ワイヤレス・衛星技術開発の全体的方向性
- ・ ワイヤレス・衛星通信分野の重要な研究プログラム概要

第4章では、ワイヤレス技術に関する先進的R&Dを実施する民間セクターの大手組織を紹介する。アルカテル・ルーセント(Alcatel Lucent)、SRIインターナショナル(SRI International)などの基礎研究を行う少数企業にハイライトを当てた。また、民間セクターによるワイヤレス研究の概要と、一部研究所のプロファイルをまとめた。

第5章では、本調査の要点を整理した。

2 無線・衛星通信分野の連邦 R&D プログラム

米国政府によるワイヤレス研究分野への実質的な助成は、少数の小規模かつ戦略的プログラムに集中して行われている。テレコム分野の一般的な研究は、国防総省国防高等研究事業局 (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency) と 全米科学財団 (NSF: National Science Foundation) の 2 機関が中心となっている。米航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) や国防省 (Department of Defense) 下に置かれる各軍組織の一部機関は、そのミッションに応じた特定のニーズを満たすため、ワイヤレス・ネットワーク開発に資金を拠出している。しかし、これら機関はシステム調達かシステム開発に焦点を置いており、基礎研究に注力しているわけではない。

2.1 無線・衛星通信関連 R&D 予算動向

連邦政府全体としては、ネットワークおよび情報技術研究資金は、ネットワーク・IT R&D (NITRD: Networking & IT Research and Development) の省庁間委員会 (Interagency Committee) によって調整が図られる。NITRD の活動に限り、大規模ネットワーク調整グループ (LSN CG: Large Scale Networking Coordinating Group) が、ネットワーク技術やサービス、パフォーマンス改善に関連した省庁横断型プロジェクトを監督する。LSN CG が監督するプロジェクトには、新ネットワーク・アーキテクチャ、光ネットワーク・テストベッド、ネットワーク・セキュリティ、インフラストラクチャ、ミドルウェア、エンド・ツー・エンドの性能測定、高度ネットワーク・コンポーネント、グリッドおよびコラボレーション・ネットワーク・ツールとサービス、そしてエンジニアリング・管理・科学および応用 R&D のための大規模ネットワーク利用の各分野におけるプログラムが含まれる。

ホワイトハウスは、2008 会計年度 (2007 年 10 月開始) LSN プログラム予算として、NITRD 全プログラムに対する予算要求額 33 億 4100 万ドルの予算のうち、4 億 6,240 万ドルが割り当てるとみられている。そのうち、純粋な無線ネットワークに充てられる金額を推定するのは不可能だが、DARPA と NSF プログラムは合計 1 億 9,160 万ドルを計上している。2009 会計年度については、ブッシュ大統領は LSN プログラム予算として NITRD 総予算 35 億 4,800 万ドルのうち 4 億 8,300 万ドルを要求している。

ここで注目すべきは、ワイヤレスは他の NITRD プログラムのコンポーネントであるという点である。例えば、ワイヤレス・セキュリティは、「サイバー・セキュリティ・情報保証プログラム・コンポーネント・エリア (Cyber Security and Information Assurance Program Component Area)」の主要テーマである。しかし、ワイヤレス・ネットワーク基礎研究への拠出額は、年間 2 億ドル未満に収まるとみられている。

一方、ワイヤレスに焦点を当てたシステム調達への拠出額は格段に大きく、政府はそれにより、ワイヤレス技術開発をけん引する最も重要な役割を果たしている。例えば、ボーイング (Boeing) が開発中の「将来の戦闘システム (Future Combat System)」のビジョンは、兵士、武器システム、そしてセンサー・ネットワーク間の大規模無線通信の必要性を明確に示している。

もうひとつのワイヤレス技術システムの調達を含む大規模プログラムは、国土安全保障省 (DHS: Department of Homeland Security) による「セキュアかつスマート国境アクション計画 (Secure and Smart Border Action Plan)」であり、包括的な国境安全戦略に、ワイヤレス・センサー・ネットワークを統合する。先端技術調達に数十億ドルを必要とするこれらプログラムからは、連邦政府資金を使い、多くの新技術が生み出される可能性が高い。残念なことに、これらプログラムには異なる多くの技術が統合されており、先端開発と調達への投資額のうち、いくらがワイヤレス・ネットワークに充てられるかを推定するのは不可能である。次項では、基礎研究専門プログラムに加え、それら調達プログラムの一部を概説する。

無線分野の研究活動に対して、衛星通信における R&D は、連邦政府によるいくつかの大型プログラムの対象となっている。それらの多くは、国防総省によるものが大半で、将来のグローバル情報グリッド(GIG)における衛星通信の重要性がその背景にあるものと見られる。GIG は、同省が想定するネットワークセントリック戦術における中心的な通信インフラであり、このネットワークを通じたより柔軟かつアジャイルな戦闘部隊間のコーディネーションを可能にするものである。

具体的なプロジェクトとしては、後述する変換型衛星システム (TSAT) やワイドバンド・ギャップファイラー衛星プログラム (WGS) などがあり、150 億ドル以上もの予算が 2007 年度に割り当てられるものと推定されている。これらのプログラムについて、重要なポイントとしては、2 つある。

まず一点目は、多くのプログラムが、実際の研究開発ではなく、該当システムの調達に焦点が当てられている点である。従って、新たな技術開発を目指した基礎研究的なものではなく、実際に運用する実用システムの導入に充てられているということになる。もちろん、国防高等研究事業局 (DARPA) などでは、小規模ながらも基礎研究的なプログラムが存在するが、それらについて、3、4年後の実用化を想定した商用研究に近いものがほとんどであるという点である。

2点目は、これらのシステム構築のプロジェクトの多くは、いわゆる軍需ベンダなどが請け負っているが、国防という特殊なミッションの下、行われているプロジェクトであることから、それぞれのプロジェクトに関する詳細を入手することが極めて困難であるという点である。

一方、非軍事機関の中では、衛星通信分野においては、NASA が大きな R&D 予算利用機関といえる。しかしながら、ホワイトハウスによる宇宙探索ミッションに向けた予算シフトにより、衛星通信分野への予算は、削減されている点もひとつの大きな傾向といえる。また今後の政権交代後における、同分野への影響は、現在はまだ見えてこないが、先1、2年で大きく変わる可能性は、比較的低いという見方が強い。

2.2 連邦政府機関による無線および衛星通信 R&D 投資概況

以下の表は、主要研究機関によるワイヤレス・衛星ネットワーク R&D に関するデータをまとめたものである。資金は広く分散されており、以下のデータも決して包括的ではない。連邦政府はワイヤレス・ネットワークに対するアプローチについてほとんど声明を出しておらず、したがって個々のプログラムの説明を基に取りまとめた。また、これらプログラムは、各機関によるワイヤレス関連 R&D のごく一部である。

機関名	プログラム	推定予算
全米科学財団 (NSF: National Science Foundation)	大規模ネットワーク (Large Scale Networking)	1億670万ドル(2008年度予算要求額)。複数の研究トピックスの中にワイヤレスが含まれる。
	ネットワーク技術とシステム (Networking Technology & Systems)	4,000万ドル(2008年度推定予算)。このうち1,000~1,500万ドルがワイヤレス分野に充てられると思われる。
	DDDAS Program (後述)	100万ドル(2008年度推定予算)
DARPA	CBMANET プログラム(後述)	1,156万ドル(2008年度推定予算)
	ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト(WNaN: Wireless Network after Next)	1,686万ドル(2008年度推定予算)
国防総省 (Department of Defense)	TSAT	9億ドル(2007年度推定支出額)
	ワイドバンド・ギャップフィラー衛星プログラム (Wideband Gapfiller Satellite Program)	4億ドル(2008年度推定予算)

3 ワイヤレス・衛星通信分野における連邦 R&D プログラム

第3章では、連邦政府が資金を拠出する、あるいは連邦政府が資金を拠出して実施するワイヤレス・衛星技術関連の重要な R&D プログラムについて取り上げる。各プログラムにつき、その概要と、適切と思われるものについてはそのプログラムをハイライトした。また、進行中の特定のワイヤレス・衛星 R&D プログラムについて、資金拠出された動機を検討した。本章で取り上げた機関は以下の通りである：

- 全米科学財団(National Science Foundation)、特にコンピュータ情報科学エンジニアリング理事会(Directorate for Computer and Information Science and Engineering)のコンピュータ・ネットワーク・システム課(Computer and Network Systems Division)
- 国防高等研究事業局(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)、特に戦略的技術オフィス(Strategic Technology Office)の推進領域である戦略的戦術ネットワーク(Strategic and Tactical Networks)分野のプログラム
- 国防総省管轄下の各軍組織。情報システム通信のための省庁横断機関および陸・海・空軍の研究グループを含む。
- 米商務省の米国標準技術院(NIST: National Institute of Standards and Technology)、特に情報技術ラボラトリー(Information Technology Laboratory)
- 航空宇宙局(NASA: National Aeronautics and Space Administration)
- カリフォルニア州 CalIT2 コンソーシアム(CalIT2 consortium)。連邦政府による資金援助は受けていない。

3.1 全米科学財団(NSF: National Science Foundation)

所在地	Arlington, VA
ディレクター	Arden Bement (ディレクター)
IT R&D 予算	2007 年度大規模ネットワークング (LSN: Large Scale Networking) R&D 8400 万ドル 2008 年度 LSN R&D 1 億 670 万ドル予算要求 ¹
URL	http://www.nsf.gov/about/glance.jsp

ミッション

全米科学財団(NSF: National Science Foundation)は、「科学発達の促進、国家の保健衛生・繁栄・福利厚生向上、国家防衛の保証」を目的に、議会によって1950年に設立された独立政府機関である。2008会計年度(2007年10月1日～2008年9月30日)の予算は約60億6,500万ドルであり、連邦政府が支援し、米国の大学が実施する全ての基礎研究の約20%を助成している。NSFは、ワイヤレス・衛星ネットワークングの基礎研究開発にとっても欠かせない資金源となっている。

NSFは、コンピューティング、通信、そして情報科学工学における米国の世界的リーダーシップを支えることをミッションに掲げている。NSFの中でも最も重要な局(組織)は、コンピュータ・情報科学局(CISE: Directorate for Computer & Information Science)である。CISEは、コンピューティング・通信基盤課(CNS: Division of Computing & Communication Foundations)、コンピュータ・ネットワーク・システム課(CNS: Division of Computer and Network Systems)、そして情報インテリジェント・システム課(Division of Information and Intelligent Systems)の3課から編成されている。各課は少数のクラスターに分割され、各クラスターが広範な研究および教育分野における助成金と提案申請のポートフォリオを管理している。他にエンジニアリング局(Engineering Directorate)などもワイヤレス・ネットワークを含むプロジェクトに資金を拠出しているが、これらプロジェクトではワイヤレスは研究ツールに過ぎず、研究の目的ではない。

主要プログラムとイニシアチブ

NSFで現在進行中のワイヤレス・衛星通信 R&D をサポートする主要プロジェクトの一部を以下に示す:

- ネットワークング技術・システム (NeTS: Networking Technology and Systems)
- ダイナミック・データ・ドリブン・アプリケーション・システム (DDDAS: Dynamic Data-Driven Applications Systems)

¹ <http://www.nitrd.gov/pubs/2008supplement/08-Supp-Web/TOC%20Pages/08supp-Budget.pdf>

3.1.1 ネットワーキング技術・システム (NeTS: Networking Technology and Systems)

CISE のコンピュータ・ネットワーク・システム課 (CNS: Computer and Network Systems Division) のネットワーク・システムズ・クラスター (Network Systems Cluster) が管理する NeTS プログラムは、ネットワーク科学・エンジニアリングにおける基礎知識の向上を目的としている。

プログラムの目的

概して NeTS プログラムは、大規模ネットワークのダイナミクスの理解向上と、ネットワーキングの未研究分野を探索し、ネットワーキングの可能性と利用を広げ、さらに次世代インターネットの設計に資するような先駆的ビジョンおよび革新的な研究アジェンダのサポートを目指している。NeTS プログラム²は 2008 年度にかけて内容の見直しが行われ、以下に示す主要 5 分野の研究課題を強化することになった。

- ネットワーキング・アット・エッジ (NEDG: Networking at the Edges): 課題の多いネットワーク・アクセス問題に対処するため、ホリスティックなアプローチに重点を置く。
- ネットワーク・エコシステム (NECO: Network Ecosystems): 大規模かつ複雑なネットワークとシステムに関連した理論的およびシステム・レベルの研究に焦点を当てる。
- アウェア・ネットワーキング (ANET: Aware Networking): 不確かで危険を伴い、洗練されておらず拡張性もない、あるいは現行システムに存在しない何かに取り組むネットワーク・イノベーションに注力する。
- 探検的ネットワーキング (XPLR: Exploratory Networking): 新たな研究領域、理解の深化、または他の NeTS プログラムのスコープではカバーされないネットワーキング分野における革新的ソリューションに注力する。
- 未来形インターネット設計 (FIND: Future Internet Design): インターネット設計に革新をもたらす“ゼロからの”アプローチに注力する。

2008 年度は、従来の NeTS プログラム案件募集対象から、ワイヤレス・ネットワーキング (WN: Wireless Networking) と、センサーおよびセンシング・ネットワーク (NOSS: Networks of Sensors and Sensing) に関する注力分野が削除された。この変更は、NeTS 研究課題におけるワイヤレスとセンサー・ネットワークに対する関心の低下を反映したものではない。むしろ NeTS プログラム管理者は、特定のアプリケーションというよりは、一般的なネットワーク機能や基本的アーキテクチャをより重視する意思決定をしたものといえる。前述の主要 5 分野の下、複数のワイヤレスおよび衛星ネットワーキング関連研究案が助成金を受けて実施されると思われる。

² <http://www.nsf.gov/pubs/2008/nsf08524/nsf08524.htm>

プログラム進行状況

NeTS プログラムの 2008 年度予算総額は 4,000 万ドルが予想され、資金の続く限り 60～80 件のプログラムに助成金が支払われる。2008 年度助成対象となるプロジェクト案の提出期限は 2008 年 3 月 25 日である。

プロジェクトとイニシアチブの例

本プログラムを通じて資金が拠出された最近のプロジェクトには、堅牢・自己回復型異種ワイヤレス・ネットワーク (Robust and Self-Healing Heterogeneous Wireless Sensor Networks)、ワイヤレス・センサー・ネットワーク (Wireless Sensor Networks)、アドホック / メッシュ・ネットワークにおける妨害電波対策 (Coping with Jamming in Ad Hoc / Mesh Networks)、新興ワイヤレス・テレコミュニケーション基盤のための防御サービス (Protecting Services for Emerging Wireless Telecommunications Infrastructure)、グリッド式再構成可能な光およびワイヤレス・ネットワーク (GROW Net: Grid Reconfigurable Optical and Wireless Network) などがある。

プログラム・マネージャー	David Hung-Chang Du CNS Division of Computer and Network Systems
実施組織	メンフィス大学 (University of Memphis)
研究責任者	Mr. Qishi Wu
予算	2 万 7,624 ドル
期間	2007 年 9 月 1 日～2008 年 4 月 31 日
目標	異種センサー・ネットワーク (HSN: Heterogeneous Sensor Networks) の設計改良

本プロジェクトは「NeTS NOSS: 共同研究: 堅牢・自己回復型異種ワイヤレス・ネットワーク (Robust and Self-Healing Heterogeneous Wireless Sensor Networks)³」と呼ばれ、異種センサー・ネットワーク (HSN: Heterogeneous Sensor Networks) を使いセンサー・ネットワークの性能を格段に改善する方法を研究する。このプロジェクトの目的は、HSN の効率的かつ堅牢なネットワーク・アーキテクチャの開発を進展させるとともに、自己回復かつエネルギー効率の優れたスキームとルーティング・プロトコルの設計を促進することである。

³ <http://www.nsf.gov/awardsearch/showAward.do?AwardNumber=0721980>

プログラム・マネージャー	Jie Wu CNS Division of Computer and Network Systems
実施組織	カリフォルニア大学リバーサイド校 (University of California-Riverside)
研究責任者	Mr. Srikanth Krishnamurthy
予算	15万ドル
期間	2007年9月1日～2010年8月31日
目標	アドホック・ネットワークにおける妨害電波対策技術の改善

本プロジェクトは「NeTS: WN: アドホック/メッシュ・ネットワークにおける妨害電波攻撃対策 (Coping with Jamming Attacks in Ad Hoc/ Mesh Networks)」と呼ばれる⁴。妨害電波問題を解決するための最良の方法を調査するとともに、アドホックまたはメッシュ・ネットワークの導入成功に必要不可欠と考えられる、これら攻撃に対処するためのフレームワーク設計を目指す。

本研究の目的は、(a) パワー/レート (power/rate) の同調性や妨害電波に対処するためのスマート・アンテナの利用といった物理層機能の開発、(b) 強固な実験的基礎に基づくソリューションの設計、である。さらに、外部の敵だけでなく、一見本物に見えるデータを大量に送るような、内部の感染ノードによる妨害電波攻撃への対処も検討する。

⁴ <http://www.nsf.gov/awardsearch/showAward.do?AwardNumber=0721941>

3.1.2 ダイナミック・データ・ドリブン・アプリケーション・システム (DDDAS: Dynamic Data-Driven Applications Systems)

プログラムの目的

NSF のダイナミック・データ・ドリブン・アプリケーション・システム (DDDAS) プログラム⁵ は、広範な科学とエンジニアリング・アプリケーション分野における新たな機能を作り出す、コンピューティング・アプリケーションの計算および測定機能がダイナミックに統合される有望な概念に関与するものである。同プログラムは、ワイヤレス・センサー・ネットワークによって生成されるデータ管理にフォーカスを置いているが、ワイヤレス・センサー・ネットワークそのものの管理に関わる研究も含まれている。

DDDAS の計算的側面は、計算的グリッド、リーダーシップ級のスーパーコンピュータ、ミッドレンジ・クラスター、分散型ハイスループット・コンピューティング環境、ハイエンド・ワークステーション、そしてセンサー・ネットワークを含むコンピュータ・プラットフォームの多様な集合体の上に実現される。DDDAS では、実行アプリケーションに追加データを動的に組み込み、逆に計測プロセスを動的に導くアプリケーションの能力を必要とする。そのような能力は、分析と予測、そして制御の精度を高めるとともに、結果の信頼性の向上を約束するものである。

DDDAS の研究の恩恵を受けられる領域は、製造プロセス制御、リソース管理、天気・気候予報、交通管理、システム・エンジニアリング、土木エンジニアリング、地盤探査、ソーシャルおよび行動モデリング、認知測定 (cognitive measurement)、そしてバイオ・センシングなどである。

プログラム進行状況

DDDAS は 2005 年に開始された。2005 年に始まったプロジェクトの一部は今も継続しているが、それ以降に助成金が拠出されたプロジェクトはない。

主要プロジェクトとイニシアチブ

プログラム・マネージャー	David Hung-Chang Du CNS Division of Computer and Network Systems
出資機関	レンセラー・ポリテクニク研究所 (Rensselaer Polytechnic Institute)
研究責任者	Mr. Wei Zhao
予算	11万8,000ドル
期間	2007年8月1日～2008年8月1日
目標	災害管理のための高度情報技術ツールの開発

⁵ http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=13511

最近では、本プログラムを通じ、災害モデリングと管理のための高度情報技術ツール、数学モデル、そしてプロトタイプ・インフラストラクチャの開発を目的としたプロジェクトに資金が拠出された。地図、センサー、監視、そして気象データといった多様なデータ・ストリームをシームレスに取り込むことにより、指令センターに包括的災害情報を提供する。

3.2 DARPA

所在地	Arlington, VA
ディレクター	Dr. Charles Holland, IPTO Ms. Barbara McQuiston, STO
研究者数	非公開
予算	非公開
URL	http://www.darpa.mil/ipto/index.asp

ミッション

国防高等研究事業局(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency⁶)は、国防総省(DoD: Department of Defense)の中心的研究開発組織である。DARPAは、DoDのために予め選択された基礎および応用研究開発プロジェクトを管理、指揮するとともに、他にもリスクとペイオフが非常に高く、またその成功が従来 of 軍隊の役割とミッションを劇的に前進させられると思われる研究と技術を追求している。

DARPAでは、情報処理技術室(IPTO: Information Processing Technology Office)と戦略技術室(STO: Strategic Technology Office)の2つの組織がワイヤレス・衛星技術開発の主要な研究を担っている。

IPTOのミッションは、国家セキュリティ・アプリケーション全域に渡る軍隊の能力を、大幅に改善すると思われる高度情報処理技術を開発することである。IPTOによる研究注力分野の一部を以下に示す:

- 認知システム(Cognitive Systems)
- 高生産性コンピューティング(High Productivity Computing)
- 言語処理(Language Processing)
- 新興情報処理技術(Emerging Information Processing Technologies)

一方、STOのミッションは、世界的または広域に影響を及ぼし、複数のサービスへと発展する可能性を秘めた技術に注力することである。STOによる研究注力分野には以下が含まれる:

- 宇宙・近宇宙センサーとストラクチャ(Space & near-Space Sensors & Structures)
- 戦略的・戦術的ネットワーク(Strategic & Tactical Networks)
- 情報保証(Information Assurance)

⁶ <http://www.darpa.mil/body/mission.html>

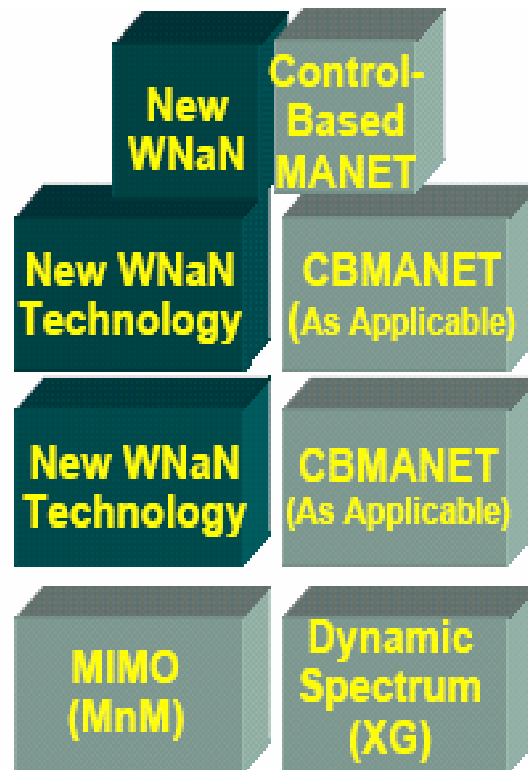
- 地下施設探知と特性解析(Underground Facility Detection & Characterization)
- 化学的・生物学的・放射線学的防衛(Chemical, Biological & Radiological Defense)
- 海上オペレーション(Maritime Operations)
- 小部隊オペレーション(Small Unit Operations)

米国におけるワイヤレス・衛星技術開発に関連した DARPA の主要プログラムは、以下の通りである：

- モバイル・アドホック・ネットワーク(MANET: Mobile Ad Hoc Network)プログラム
 - MANET 情報理論(Information Theory for MANETs)
 - 制御ベース MANET (Control-Based MANETs)
 - 本質的に保証可能な MANET(Intrinsically-Assurable MANETs)、など
- ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト(WNaN: Wireless Network after Next)プログラム
- 補助的光 Rf 通信(ORCA: Optical Rf Communications Adjunct)
- 画期的衛星通信(Novel Satellite Communications)

このように DARPA は、2006 年に立ち上げられた次世代ワイヤレス・ネットワーク R&D プログラムを継続している。XG プログラムは、ワイヤレス通信における管理やネットワーク構成面において新たなパラダイムを探索すべく開始され、周波数管理や利用を改善するソフト無線技術などに焦点をおいていた。その後、この XG プログラムと、マルチ・アウトプット伝送技術(MIMO)が統合され、ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト(Wireless Network after Next (WNaN))となっている。これらの技術群は今後、軍際ワイヤレス通信システムで2009年に順次導入される予定の共同戦術無線システム(Joint Tactical Radio System)への機能・性能拡充に貢献するものと見られている。

関連プロジェクト相関図



3.2.1 モバイル・アドホック・ネットワーク(MANET: Mobile Ad-Hoc Networks)

プログラム・マネージャー	Mr. J. Christopher Ramming Dr. Timothy Gibson
出資機関	DARPA IPTO, DARPA STO
研究責任者	非公開
予算	2008 会計年度推定予算額 ITMANET 1,350 万ドル(プロジェクト期間中の推定予算額) CBMANET 1,156 万ドル(2008 年度推定予算)
期間	ITMANET 4.5 年 CBMANET サービス・ラボラトリーへの 2009 年移転を予定
目標	新世代ワイヤレス自己設定ネットワーク(New generation of wireless self-configuring networks)開発

プログラムの目的

モバイル・アドホック・ネットワーク(MANET: Mobile Ad-Hoc Networks)分野における DARPA のプログラムは、ピア・ツー・ピアの自己設定リンクを利用する異種デバイス・ネットワークを介した未来型ワイヤレス通信のビジョンが根底にある。この領域では、情報処理技術室(IPTO: Information Processing Technology Office)管轄の MANET 情報理論(ITMANET: Information Theory for MANETs)、および戦略技術室(STO: Strategic Technology Office)管轄の制御ベース MANET(CBMANET: Control-Based MANETs)、本質的に保証可能な MANET(IAMANET: Intrinsically-Assurable MANETs)の 3 プログラムが実施されている。

ITMANET プログラムのミッションは、モバイル・ワイヤレス・ネットワークに関わるより強力な情報理論を開発する手段として、現行 MANET の能力の限界を調べることである。新世代ワイヤレス・モバイル・ネットワークの設計と展開、運用を支える理論的洞察を導くのが目的である。

CBMANET プログラムは、複雑な通信ネットワークの性能を格段に改善するとともに、それらネットワークにおける生命にかかわるような通信の失敗を劇的に削減する、能動的ネットワーク機能の開発に取り組んでいる。CBMANET は、トラストワージー・システム(Trustworthy System)と DARPA 未来型情報保証イニシアチブ(DARPA Future Information Assurance Initiatives)の後継プログラムである。全ネットワーク層の総合最適化と制御を同時にサポートする画期的プロトコル・スタックの研究という、野心的な目標を掲げている。

IAMANET プログラムの目的は、本質的に保証可能なモバイル・アドホック・ネットワークの開発である。IAMANET の主な機能は、不審行動発見能力の向上、敵対者による通信量や不確実性の増大、ライフサイクルにわたる攻撃から保護し評価されるべき最小のクリティカル・コンポーネント・セットの明確な特定などがある。本質的に保証可能なモバイル・アドホック・ネットワークは、MANET 通信とデータの完全性、可用性、信頼性、機密性、そして安全性を直接支えるものである。

プログラム進行状況

ITMANET プログラムの研究は現在も続けられている。このプログラムに参加するための申請は、2007年5月に締め切られた。DARPA のウェブサイトによると、DARPA は向こう5年間の本プログラムへの出資額について、約1,350万ドルレベルになるとみている。DARPA は、複数の大学が参加する研究チームを2つ設立し、MANET の代替理論的基盤の開発に成功した。2008年と2009年には、これら研究班が複雑なMANET の性能特性を予測する理論とツールを開発する予定である。

CBMANET の研究も続いており、2008年度の本プログラム予算は1,150万ドルと予想されている。2007年度の研究では、ITMANET とその他ソースによる新興情報理論をベースに、2種類の新ネットワーク・プロトコル・アーキテクチャが生まれた。これらアーキテクチャは2008年にネットワーク・シミュレーション下での試験が予定されている。実地試験は2009年の実施が予定され、それをきっかけに技術は各軍部門(陸・海・空軍)に移転される。

IAMANET プログラムは、第1相提案を募集している。第1相助成金を受領したコントラクターは、IAMANET アーキテクチャの試作品を作り、外部専門家による本格脆弱性試験に提出することが義務付けられる。第1相提案提出の締め切りは2008年4月30日であり、受領者は2008年末の発表が予定されている。

3.2.2 ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト(WNaN: Wireless Network after Next)

実施組織	Mr. Preston Marshall, プログラム・マネージャー、WNaN プログラム ⁷
出資機関	DARPA STO
研究責任者	BBN Technologies, WAND network M/A-COM & Shared Spectrum, WNaN ハンドセット製造業者
研究責任者経歴	非公開企業
予算	2007年度 \$800万ドル 2008年度 \$1,686万ドル 2009年度 \$2,349万ドル
期間	2011年に陸軍へ移転予定
目標	周波数帯を自動的に切り換える低コスト認知無線(cognitive radio)の開発

⁷ http://www.darpa.mil/STO/personnel/marshall_p.html

プログラムの目的

ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト(WNaN: Wireless Network after Next)プログラムの目的は、分散・適応型ネットワーク・オペレーションが、これらネットワークを構成する低コストなワイヤレス・ノードの物理層の限界を補っているような場合に、ネットワークの集約的な展開を可能にする技術とシステム概念を開発し、実演することである。WNaN ネットワークは、ノード設定とネットワーク・トポロジーを管理し、ノードの物理的かつリンク層に対する依存を軽減すると期待されている。WNaN 関連の研究によって開発される技術は、システム・コストを低く抑えながら、信頼性に優れ、高度に可用性のある戦場通信を可能にする。

WNaN プログラムでは、高密度アドホック・ネットワークと「グローバル情報グリッド(Global Information Grid)」へのゲートウェイを形成する、ハンドヘルド・ワイヤレス・ノードのプロトタイプを開発する。また、関連 DARPA プログラムの高密度ノード設定を利用する、堅牢なネットワーク・アーキテクチャを開発する。さらに本プログラムは、低コストなマルチ・チャンネル・ノードを利用する、大規模ネットワークの実演も期待されている。WNaN 技術は、2011年に陸軍への移転が予定されている⁸。

プログラム進行状況

初期の試験結果から、動的な周波数帯アクセス・ネットワークは実現可能であることが示され、近い将来の経済的に手頃な価格帯の無線開発に向けたロードマップが作成された。実現すれば、公安セクターにおける技術の経済的な利用が可能になる。

WA-COM とその提携企業のシェアド・スペクトラム・カンパニー(Shared Spectrum Company)⁹は、低コスト WNaN ハンドセットの製造契約を受注した。ハンドセットは、独自のトランシーバー4基を実装し、インターネット接続機能や、サーバーに匹敵するストレージ、チャット機能を搭載する。第1号プロトタイプの出荷は2008年6月が予定されている。

BBN テクノロジーズ(BBN Technologies)¹⁰は2007年10月11日、空軍研究ラボラトリー(AFRL: Air Force Research Laboratory)と契約し、DARPAのワイヤレス適応ネットワーク開発(WAND: Wireless Adaptive Network Development)プログラムから1,080万ドルの助成金を獲得したと発表した。BBNはプログラムの主契約業者としてチームを監督する。チームには、シェアド・スペクトラム、SPARTA、ペンシルバニア大学(University of Pennsylvania)、バージニア工科大学(Virginia Tech)、カリフォルニア大学サンタ・クルーズ校(University of California, Santa Cruz)、パロアルト研究センター(Palo Alto Research Center)、アジャイル・コミュニケーションズ(Agile Communications)が参画している。

DARPAの2008年予算文書によると、WNaN技術は2011年の陸軍移転が計画されている。

⁸ <http://www.darpa.mil/STO/strategic/wireless.html>

⁹ <http://www.sharedspectrum.com/>

¹⁰ <http://www.bbn.com/>

3.2.3 補助的RF通信(ORCA: Optical Rf Communications Adjunct)

実施組織	Dr. Larry B Stotts
出資機関	DARPA STO
予算	非公開
期間	2007年8月第1回提案募集終了
目標	地上ベースのオン・ザ・ムーブ/アット・ザ・ホール(OTM/ATH: On the Move/At the Halt)およびエアボーン・ノードを包含する戦術ネットワークの開発

プログラムの目的

戦場における既存軍隊 RF システムの能力、および適用可能な軍と商業 RF 衛星リンクへの依存増加によってもたらされる問題を緩和することを目的に、補助的RF通信(ORCA: Optical Rf Communications Adjunct)プログラムでは、VHF-UHF-L 周波数帯の利用過多を問題視し、未分配の新しい周波数帯を将来の想定される軍のニーズのために利用するシステムを構築し、試験を行う。

ORCA 活動の目的は、地上ベースのオン・ザ・ムーブ/アット・ザ・ホール(OTM/ATH: On the Move/At the Halt)とエアボーン・ノードを包含する戦術ネットワークのプロトタイプを実現することである。エアボーン・ノード間の通信距離は最大 200 キロメートル、地上ノードとの通信は直距離で最大 50 キロメートルが想定されている。航空機の高度は、2万 5,000 フィートと想定される。実装データ・レートは、ノード間通信がハイブリッド・リンクのRF部で毎秒 274メガバイト(無修正状態)、FSO 部分で毎秒 5 ギガバイト(無修正状態で、それより以上)となっている。

プログラム進行状況

ORCA プログラムの研究は現在も継続して行われている。ORCA プログラムの提案受け付けは 2007 年 10 月に終了した。

3.2.4 画期的衛星通信(NSC: Novel Satellite Communications)

プログラム・マネージャー	Dr. Edward Baranoski
出資機関	DARPA STO
研究責任者	約 12 組織が参加
研究責任者経歴	民間企業および政府助成ラボラトリー
予算	2008 年度 1,560 万ドル 2009 年度は 380 万ドルが提案されている
期間	2009 年の海軍および空軍移転を予定
目的	妨害電波が多い、あるいはマルチパス状況下、またはその両方の状況下において、ハンドヘルド・ラジオによる高速データ転送を可能にするマルチユーザー衛星通信システムの開発

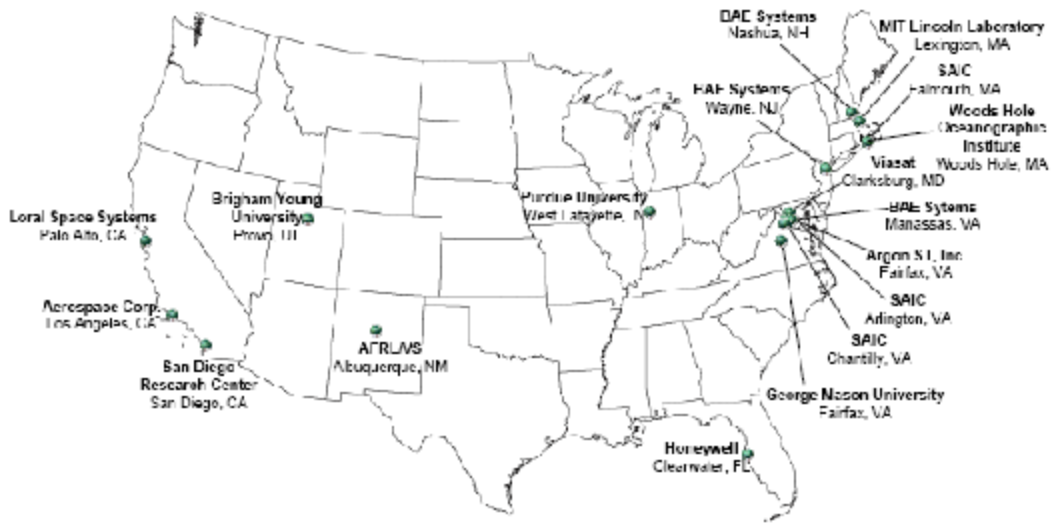
プログラムの目的

画期的衛星通信(NSC: Novel Satellite Communications)プログラムでは、ハンドヘルド・ラジオを携帯した兵士を対象に、妨害電波の激しい環境においても堅牢、かつ高速データ転送(>500kbps)の衛星通信を実現する技術開発に取り組んでいる。

全幅対応の抗妨害電波信号処理とコーディング技術の開発と試験を行い、これら技術と SATCOM システムの他の部分との間の通信を数値化するとともに、信号処理、ハードウェアの符号化と複合のための要件を決定し、妨害電波が存在する環境下での全体的な通信性能を査定する。

プログラム進行状況

2007 年度にプログラムではアルゴリズム開発と試験を行い、妨害電波とマルチパスに対する耐性を証明した。2008 年度は、NSC システムのアーキテクチャを決定するとともに、統合と実地試験を開始する。2009 年に概念証明実演を完了した後は、このプログラムは海軍と空軍に移転される予定である。以下の地図は、NSC プログラムに参加する企業とラボラトリーを示したものである。



出典: DARPA briefing

3.3 国防総省 (Department of Defense)

所在地	Arlington, Virginia
ディレクター	Dr. Rees, 実験・基礎科学担当国防副次官 (Deputy Under Secretary of Defense for Laboratories and Basic Science)
研究者数	非公開
予算	非公開
URL	http://www.defenselink.mil/

ミッション

国防総省の下、多くの連邦研究組織がワイヤレス・衛星技術 R&D に取り組んでいる。国防総省組織の頂点にあるのは国防研究技術局 (Office of the Director for Defense Research & Engineering) で、その下にいくつかのサブカテゴリーが置かれている。

実験・基礎科学担当国防副次官 (Deputy Under Secretary of Defense for Laboratories and Basic Science) の Rees 博士は、以下の組織を含む国防総省内部研究所の責任者である。

- 陸軍研究所 (ARL: Army Research Laboratory): ARL は、陸軍の統合基礎・応用研究機関である。そのミッションは革新的科学、技術、そして分析を提供し、広範囲な業務を可能にすることである。ARL は、外部研究に資金を拠出する陸軍研究室 (ARO: Army Research Office) と、6つの理事会 兵器と機材 (Weapons and Materials)、センサーと電子装置 (Sensors and Electron Devices)、ヒューマン・リサーチとエンジニアリング (Human Research and Engineering)、コンピュータと情報科学 (Computational and Information Sciences)、車両技術 (Vehicle Technology)、生存性と致死性分析 (Survivability and Lethality Analysis) - によって構成される。
- 海軍研究所 (NRL: Naval Research Laboratory): 海軍研究室 (ONR: Office of Naval Research) が、学校、大学、政府研究所、そして非営利・営利組織を通じ、米国海軍および海兵隊の科学・技術プログラムの調整、実行、推進を担っている。NRL は海軍および海兵隊の統合研究所であり、科学研究、技術、そして高度開発にいたる広範なプログラムを実行している。NRL は ONR の一部である。

- 空軍研究所 (AFRL: Air Force Research Laboratory) : バージニア州アーリントンに位置する空軍科学研究室 (AFOSR: Air Force Office of Scientific Research) が、空軍の基礎研究プログラムを管理している。AFRL の一部として、AFOSR は空軍の改善に資するための基礎科学の発見、形成、そして支持に携わる。AFOSR は長期的、かつ広範な航空宇宙関連科学エンジニアリング研究に投資している。これを達成するため、AFOSR は他の政府機関、業界および学術コミュニティと強力かつ生産的なアライアンスを組織した。研究の約 75% は学術的世界および産業界で実施され、残る 25% が AFRL 内で行われる。AFOSR の基礎研究プログラムへの投資は、約 230 の学術機関、産業界と締結した 230 の契約、および 230 超の AFRL 内部研究に分散されている。

これら組織に加え、ワイヤレス通信を含む R&D プログラムを擁す“国防横断組織”がいくつかある。例えば、国家安全保障局 (National Security Agency)、国防情報システム局 (Defense Information Systems Agency)、国防最高情報責任者室 (Office of the Defense Chief Information Officer) などである。

各軍研究所と国防省全体組織は、通信分野の研究に多大な投資を行っている。NITRD の大規模ネットワーキング (Large Scale Networking) プログラム領域では、DARPA 以外の国防総省組織が 2008 年度に投資した額は推定 1 億 3,600 万ドルであり、DARPA や NSF を上回る。しかし、この額は実際よりも非常に少ないと見られる。というのも、完全に新しい技術の創造を含むような高度開発プログラムの多くは、その詳細が非公開となって、この推定の対象外となっているからである。国防総省によるワイヤレス・衛星通信開発への投資は、少なくとも数億ドル規模に達するものと見られている。しかし、これらプログラムの詳細は、ほとんど公開されておらず、それらの多くは公式政府文書の中でプログラム名が記述されているにすぎず、研究の内容に関する情報は記載されていない。その結果、国防省は政府助成ワイヤレス・衛星 R&D 分野の有力プレイヤーであるという事実にもかかわらず、防衛セクターのプログラム概要を把握するのは困難である。

3.3.1 変換型衛星通信システム (TSAT: Transformational Satellite Communications Systems)

プログラム・マネージャー	空軍宇宙・ミサイル・システム・センター (Space and Missile Systems Center)
出資機関	米空軍が出資する国防総省プログラム
予算	2007年度9億ドル超
期間	TSAT最終打ち上げ予定はまだ決定していない。
目標	国防総省、NASA、米情報機関 (IC: Intelligence Community) による利用を想定したセキュアで高機能なグローバル通信ネットワークの構築

プロジェクトの目的

ロボットや兵士、UAV に動画通信機能が統合され、ネットワーク中心型 (network-centric) の戦闘が米軍の組織原則になった今、米軍における第一線の帯域幅に対する要求は急速な高まりをみせている。変換型通信衛星 (TSAT: Transformational Satellite Communications System) システムは、このニーズに対応するための米軍の大規模な取り組みのひとつである。

TSAT は、小型アンテナを装着し“移動中の“ユーザーを対象に、保護された通信 (探知される可能性が低く、傍受や妨害を受ける可能性も低い) に対するコネクティビティを改善する。また、航空宇宙インテリジェンス・監視・偵察 (AISR/SISR: Air and Space Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) 資産へのリアルタイムかつ持続性のある世界的コネクティビティを実現し、兵士の状況認識を高め、標的情報を提供する。

TCA と TSAT プログラムは、ネットワーク通信統合担当国防次官補 (Assistant Secretary of Defense for Networks and Information Integration) 兼国防総省最高情報責任者 (Chief Information Officer) である John Grimes 氏の管轄である。しかし、TSAT システム構築の実際の管理は、空軍の宇宙ミサイル・システム・センター (Space and Missile Systems Center) に割り当てられている。TSAT は米国防空軍が資金を拠出する国防総省のプログラムであり、国防総省、NASA、米情報機関 (IC: Intelligence Community) による利用を想定したセキュアで高機能なグローバル通信ネットワークの構築を目的としている。防衛およびインテリジェンス専門家による統合された包括的情報に基づく迅速な意思決定を支援する、ネットワーク中心型戦争を実現する鍵ともいえる。

TSAT は、後に多大な影響を及ぼす膨大な投資である。TSAT 全プログラムの最終投資額は、2016年までに140億ドルから250億ドルに達するといわれる。この費用には、衛星、地上運用システム、衛星運用センター、運用・維持コストが含まれる¹¹。

プロジェクト進行状況

¹¹ <http://www.defenseindustrydaily.com/special-report-the-usas-transformatioal-communications-satellite-system-tsat-0866/#tmos>

2006年1月27日、DODはTSATミッション・オペレーションズ・システム(TMOS: TSAT Mission Operations System)セグメントの総合ネットワーク・アーキテクチャ開発契約、20億ドル相当をロッキード・マーチン(Lockheed Martin)に発注した。

2007年7月、ロッキード・マーチンとノースロップ・グラマン(Northrop Grumman)は、ジュニパー・ネットワークス(Juniper Networks)と協力し、TSATプロジェクトに向けてIPv6ベースのネットワークング・システムを開発する計画を明らかにした。

宇宙セグメント開発コントラクターを選出するための完全かつオープンな競争入札は、2007年度末の結果発表が予定されていたが、現時点でそれはまだ実現していない。

ボーイングのTEAM TSATは、シスコ・システムズ(Cisco Systems)、ヒューズ(Hughes)、IBM、ハリス(Harris)、ボール・エアロスペース・アンド・テクノロジーズ(Ball Aerospace & Technologies)、LGSイノベーションズ(LGS Innovation)、レイシオン(Raytheon)、ゼネラル・ダイナミクス C4S (General Dynamics C4S)、L-3 コミュニケーションズ(L-3 Communications)、BBNテクノロジーズ(BBN Technologies)、EMSテクノロジーズ(EMS Technologies)、イノバティブ・コミュニケーションズ・エンジニアリング(Innovative Communications Engineering)、そしてSAICから構成されるチームとTSAT契約獲得を競っている。ボーイングは、カリフォルニア州エルサガンド(EI Segundo)の衛星工場でTSATを構築する予定である。

3.3.2 ワイドバンド・ギャップフィラー衛星プログラム(WGS: Wideband Gapfiller Satellite Program)

実行組織	ボーイング(Boeing)を中心とする企業コンソーシアム
出資機関	米国 MILSATCOM 共同プログラム室(MJPO: MILSATCOM Joint Program Office) 宇宙・ミサイル・システム・センター(Space and Missile Systems Center)
予算	2007年度 4億ドル超
予定	2007年10月 WGS-1 衛星打ち上げ成功 追加打ち上げの詳細未定
目標	帯域不足緩和と商業衛星への依存軽減

プロジェクトの目的

ワイドバンド・ギャップフィラー衛星プログラム(WGS: Wideband Gapfiller Satellite Program)衛星は、既存の防衛衛星通信システム(Defense Satellite Communications System)衛星の後継版と位置づけられているが、その利用可能な帯域幅は従来の10倍に改善される。WGSプログラムは、実際はボーイングのモデル702商業衛星をベースとした13キロワット宇宙船のセットである。

WGSプログラムの目標は、深刻な帯域幅の不足を解消し、近い将来にコストのかかる商業用SATCOMに対する依存を軽減することである。そのためWGSプログラムは、TSATのような

プログラムがいずれ帯域の拡張実現に乗り出すまでの期間、既存の商業設計をベースとしたギャップ・フィラー (gap-filler、隙間を埋めるもの) として機能する。

米国 MILSATCOM 共同プログラム室 (MJPO: MILSATCOM Joint Program Office)、宇宙・ミサイル・システム・センター (SMC: Space and Missile Systems Center) は、WGS プログラムの開発、調達、および運営を担っている。WGS プログラムは、米国空軍と海軍が資金を拠出する共同サービス・プログラムである。現在、最大 6 基の衛星打ち上げが計画されており、防衛衛星通信システム (DSCS: Defense Satellite Communications System) によって提供されている X バンド通信と、グローバル・ブロードキャスト・サービス (GBS: Global Broadcast Service) が提供する一方向 Ka バンド・サービスを補強する。さらに、WGS では新しく双方向 Ka バンド・サービスの提供が予定されている。

WGS プログラムの名称は、最近になってワイドバンド・グローバル SATCOM (Wideband Global SATCOM) に変更された。旧称から、新興のギャップを埋めるという誤解が生じるのを避けるためと思われる。

プロジェクト進行状況

国防総省によると、2006 年度予算では 1 億 6,430 万ドルが WGS プログラムに分配された。その内訳は、調達に 7,200 万ドル、R&D に 9,230 万ドルである。2007 年度の同プログラムの予算要求額は 4 億 5,210 万ドルで、うち 4 億 1,440 万ドルが衛星第 4 号機の調達に、3,770 万ドルが R&D となっている。WGS プログラムは本来、衛星 6 基に対し、予算 13 億ドルの上限があると想定されていた。しかし、コストは最近 18 億ドルに増大している。米国政府とオーストラリア政府が 2007 年 11 月に署名した覚書は、第 6 号衛星打ち上げへの資金提供と引き換えに、オーストラリア国防軍に対し、WGS サービスへの世界的なアクセスを認めている。

ボーイングは、主幹請負業者、そして総合的なシステム・インテグレーターとして企業チームを率いている。WGS プロジェクトには、他に Harris Corporation (Harris Corporation)、ITT Industries (ITT Industries)、Northrop Grumman Information (Northrop Grumman Information)、Spectrolab (Spectrolab)、そして Universal Space Network (Universal Space Network) が参画している。

3.3.3 通信・ネットワーク・コラボラティブ技術アライアンス (C&N CTA: Communications and Networks Collaborative Technology Alliance)

実行組織	各種学究および産業界グループとの共同契約コンソーシアム (Cooperative agreement consortia with various academic/ industry groups)
出資機関	陸軍研究所 (ARL: Army Research Laboratory)、メリーランド州アデルフィ (Adelphi, Maryland)
研究責任者	テルコーディア・テクノロジーズ (Telcordia Technologies)
研究責任者の経歴	公開企業
予算	8年間 7,630万ドル
期間	2001年発足
目標	軍の将来のための新ワイヤレス通信ネットワーク構築

プロジェクトの目的

通信・ネットワーク・コラボラティブ技術アライアンス (C&N CTA: Communications and Networks Collaborative Technology Alliance) は、陸軍研究所 (Army Laboratories) と研究センター (Research Center)、民間産業、そして学界のパートナーシップであり、兵士への迅速な技術移転に焦点を置いている。これらの協調的活動は、未来の軍隊 (Future Force) のための大規模異種ワイヤレス通信ネットワーク構築を目指している。未来の軍隊は、移動中もモバイル性の優れたネットワーク・インフラストラクチャを運用し、通信帯域やエネルギー、そして処理能力が深刻に制限された環境下であって、騒々しく厳しい戦場でも安全かつ電波妨害に強い通信を行うことができる。移動中の兵士にとって通信帯域とエネルギー不足は死活問題であることから、C&N CTA は限られた帯域を最適化するように設計された低電力センサーとモバイル・ネットワーク研究を支援している。

研究は、以下に示す技術的課題 4 点に焦点を当てている：

- 1) 戦術ネットワークの自己設定・自己維持性、高度なモバイル性、生存可能性、拡張可能性、高エネルギー効率、性能最適化、そして共同・多国籍軍と互換性を確保する持続可能なワイヤレス・モバイル・ネットワーク
- 2) 騒々しく雑然とした、厳しいワイヤレス環境にあっても軍隊の効率的な活動を支援する信号処理
- 3) セキュアで妨害電波に強いネットワーク。ネットワーク内、または厳しい電波干渉が原因の複数のアクセス・インターフェースが密集した環境下で信頼性の高い通信を実現する
- 4) 戦術情報保護。ワイヤレス・マルチホップ自己設定ネットワークに対し、自動的、かつ拡張可能で効率的、また適応性のあるセキュリティを提供する。

プロジェクト進行状況

C&N CTAの主要組織はテルコーディア・テクノロジーズ(Telcordia Technologies、ニュージャージー州ピスカタウェイ)である。他に産業界からは、BBNテクノロジーズ(BBN Technologies、マサチューセッツ州ケンブリッジ)、ジェネラル・ダイナミクス・コーポレーション(General Dynamics Corporation、バージニア州フォールズ・チャーチ)、スパルタ(Sparta、カリフォルニア州レーク・フォレスト)が参画している。学界の主要パートナーは、ジョージア工科大学(Georgia Institute of Technology、ジョージア州アトランタ)、ミネソタ大学(University of Minnesota、ミネソタ州ミネアポリス、セントポール)、デラウェア大学(University of Delaware、ニュージャージー州ニューアーク)、プリンストン大学(Princeton University、ニュージャージー州プリンストン)、ニューヨーク・シティ・カレッジ(City College of New York、ニューヨーク州ニューヨーク)、ジョンズ・ホプキンス大学(Johns Hopkins University、メリーランド州ボルティモア)、モーガン州立大学(Morgan State University、メリーランド州ボルティモア)などである。

3.4 NIST: 情報技術ラボラトリー (Information Technology Laboratory)

所在地	Gaithersburg, MD
ディレクター	Cita Furlani (NIST ITL ディレクター) David Su (ANTD 課チーフ)
研究者数	約 45 名
予算	非公開
URL	http://w3.antd.nist.gov/

ミッション

NIST 情報技術研究所 (ITL: Information Technology Laboratory) の高度ネットワーク技術課 (ANTD: Advanced Network Technologies Division) の目的は、1) “ネットワーク仕様と標準の質の改善”、2) “新ネットワーク製品の商業化可能性の改善と促進”、である。

ANTD のスローガンは“ネットワーク業界に最高の試験・計測技術を提供すること”である。ANTD はこの目標を、仕様モデリングと分析、試験・計測ツールの開発、そして実現可能性調査へ貢献することで達成しようとしている¹²。

¹² <http://w3.antd.nist.gov/whatantddoes.shtml>

3.4.1 アドホック・ネットワーク研究(Ad Hoc Networks Research)

プロジェクトの目的

NIST 情報技術ラボラトリー (ITL) の高度ネットワーク技術課 (ANTD) における研究は、柔軟かつ一貫性のあるモバイル・アドホック・ネットワーク (MANET) のための“モビリティ基準”の開発を通じ、MANET の性能向上に貢献してきた。モビリティ・モデルの統合定量的尺度がなければ、MANET のルーティング・プロトコルの独立性能調査の結果を比較することは難しい。

MANET 分野における ANTD の研究では、遠隔機能を利用しモビリティの定義をカスタム化することができるという点で、柔軟性が確認された。広範囲のネットワーク・シナリオのリンクが確立される、あるいは断絶される率と直線関係があるため、矛盾は存在しない。この一貫性は、モビリティ基準案の強みでもある。というのは、ネットワーク・シナリオに関係なく、モビリティ基準はリンクの変化率を正確に示すからである。

プロジェクト進行状況

モバイル・アドホック・ネットワークの理解と評価を深めるための研究が進められている。NIST は、高度研究開発活動 (ARDA: Advanced Research and Development Activity、国家情報機関向け研究組織)、米国陸軍通信- エレクトロニクス・コマンド (CECOM: US Army Communications-Electronics Command)、国防高等研究事業局 (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)、インターネット・エンジニアリング・タスク・フォース (IETF: Internet Engineering Task Force)、MANET ワーキング・グループ (MANET Working Group)、全米通信システム (NCS: National Communications System)、OPNET テクノロジーズ (OPNET Technologies)、SAIC と提携関係にある。

3.5 航空宇宙局(NASA: National Aeronautics and Space Administration)

所在地	NASA エイムズ研究センター(NASA Ames Research Center)
ディレクター	S. Pete Worden, NASA Ames Center Director
研究者数	非公開
予算	非公開
URL	http://www.nasa.gov/centers/ames/home/index.html

ミッション

NASA のワイヤレス・衛星通信 R&D 分野における研究動機は、宇宙探査、科学的発見、および航空調査における未来を開拓するというミッションを成功に導くための支援を行うことである。

研究はいくつかのロケーションに分散され行われているが、大部分は NASA 研究・エンジニアリング・ネットワーク(NREN: NASA Research & Engineering Network)の一部として実施されている。NREN の主な目的は、ハイエンド・コンピューティング・コロムビア(HECC: High-End Computing Columbia)プロジェクトによってサポートされる NASA のミッション・クリティカルなアプリケーションに新興ネットワーク技術を注ぎ込むことである。

NREN の研究領域は、アドホック・ネットワーキング(ad-hoc networking)、ハイブリッド・ネットワーク(hybrid networks)、インフィニバンド・オーバー・WAN(InfiniBand over WAN)、ノマディック・ネットワーキング(nomadic networking)、IPv6、深宇宙通信光学(optics for deep space communication)、惑星ネットワーキング(planetary networking)などである。

3.5.1 ノマディック・ネットワーキング・プログラム(Nomadic Networking Program)

プロジェクトの目的

ノマディック・ネットワーキング技術とは、従来の有線通信インフラストラクチャによるサービスを利用できないロケーションにおいて、NASA による科学エンジニアリングを可能にするための技術である。ノマディック・ネットワーキング技術には、アドホック、モバイル、そしてセンサー通信が含まれる¹³。NASA ノマディック・ネットワーキング・プログラムは、NASA 研究・エンジニアリング・ネットワーク(NREN: Research & Engineering Network)オフィス内に設置されている。

ノマディック・ネットワーク研究の目的は、センサーとモバイル・ネットワークへのエネルギー効率の高いプロトコル提供、厳しい環境における自己設定センサー・ネットワークの供給、モバイ

¹³ <http://www.nren.nasa.gov/nomadic.html>

ル環境向けネットワークのサービスの質(Quality of Service)技術の開発、遠隔地または厳しい環境におけるノマディックおよびモバイル通信技術の実演などである。

アドホック・ネットワークは、遠隔地における通信の迅速な導入を可能にし、NASA の科学向上に寄与している。モバイル・ノード(またはネットワーク)は、そのアイデンティティ(ネットワーク・アドレス)を維持しながら、ネットワーク・ドメイン間を自由に移動することができる。これら技術は、宇宙探査にとって非常に重要である。惑星に落下させた小型センサーに、自らネットワークを構築させることが可能になるからである。センサーが情報を収集し、センサー同士で互いにそれらを共有するとともに、中央基地局に送ることもできる。そうなれば、地球にいる科学者に送信することも可能になる。

プロジェクト進行状況

ノマディック・ネットワークング・プログラムは現在も NASA で実施されている。

3.6 カリフォルニア・テレコム・情報技術研究所 (CalIT2: California Institute for Telecommunications and Information Technology)

所在地	カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UC San Diego) 同アーバイン校 (UC Irvine)
ディレクター	Larry Smarr, ディレクター, UCSD Ramesh Rao, ディレクター, UCSD G.P. Li, ディレクター, UCI Ronald Graham, 最高科学者, UCSD
研究者数	約 100 名
予算	2000 年 運営費 2000 万ドル強
URL	http://www.calit2.net/index.php

ミッション

カリフォルニア州がカリフォルニア・科学・イノベーション・イニシアチブ研究所 (California Institutes for Science and Innovation initiative) を通じ、2000年に資金を拠出した4機関の1つであるカリフォルニア・テレコム・情報技術研究所 (CalIT2: California Institute for Telecommunications and Information Technology) は、カリフォルニア大学サンディエゴ校と同アーバイン校のパートナーシップである。現在は100名を超える研究者がテレコムと情報技術の将来、そしてこれら技術が、経済と市民の生活の質に重要な影響を持つ多様なアプリケーションをどのように変えるかについて、50以上のプロジェクトに取り組んでいる。研究所では、新メディア・アートを学際的アジェンダに統合している。

CallT2 は、“新インターネット”の実現にはソフトウェア技術の大幅な前進が必要と考えている。調査分野には以下が含まれる：

- 大規模アドホック・ワイヤレス・ネットワーク (Large-scale, ad hoc wireless networks)
- セキュアなメタコンピューティング・インフラストラクチャ (Secure metacomputing infrastructure)
- モバイル・エージェント技術 (Mobile agent technologies)
- センサー・シミュレーション (Sensor simulation)
- センサー・ネットワーク統合 (Sensor network integration)
- 新ミドルウェアとヒューマン・コンピュータ・インターフェース開発 (Development of new middleware and human-computer interfaces)

CallT2 は、新インターネットの膨大な規模と複雑性に合致するためには、アルゴリズムの改革が必要不可欠であることを認識するとともに、数学的調査が通信技術の一層の開発に欠かせない重要な役割を果たすとみている。

3.6.1 組み込み型システムの再構成可能なユビキタス・ネットワーク (RUNES: Reconfigurable Ubiquitous Networks of Embedded Systems) プログラム

実行者	学界、産業界、非営利分野から多数参加
出資機関	欧州連合 (European Union)
予算	1,070 万ユーロ (約 1,350 万ドル)
期間	2004 年 9 月 ~ 2007 年 4 月
目標	組み込み型ネットワークの開発

プロジェクトの目的

組み込み型システムの再構成可能なユビキタス・ネットワーク (RUNES: Reconfigurable Ubiquitous Networks of Embedded Systems) プロジェクトは、既存かつ将来のデバイスと組み込み型システムのネットワーク拡張と単純化を目的に、2004 年 9 月に発足した¹⁴。RUNES は欧州連合 (EU) の資金援助を受けて実施されており、オーストラリア、カナダ、ドイツ、ギリシャ、イタリア、ハンガリー、スウェーデン、英国、そして米国の学界および産業界代表と非営利機関が参加している。プロジェクトが終了した 2007 年 4 月には、異なる環境や異なる需要に自らを適用させることのできる標準化コンピューティング・インフラストラクチャの開発を支援したことが評価された。

RUNES プロジェクトは、自ら置かれた環境と相互運用し、自らを適合させることのできる大規模かつ広範囲に分散した異種ネットワーク組み込み型システムの実現を目指して行われた。ネットワーク組み込みシステムの可能性を 100% 生かすためには、そのようなシステムに特有の複雑さを、プログラマーのために簡素化する必要がある。ネットワーク組み込みシステムの広範な利用は、変化する環境に適合するために自己組織 (self-organization) を可能にする標準アーキテクチャが前提となる。

RUNES は、適応可能なミドルウェア・プラットフォームの提供を目的に掲げていた。ミドルウェア・プラットフォームとは、アプリケーション開発プロセスを単純化する共通言語である。これが実現すれば、アプリケーション開発コストの大幅削減と、市場投入までの時間の大幅短縮、デザイナーにとって使い勝手に優れ、かつわかり易い形式へのアプリケーション変換 (技術的にすでに可能なアプリケーションに限る)、そしてこれまで達成不可能とされてきたアプリケーションの実現などが期待される。

RUNES プロジェクトの成果一覧は、http://www.ist-runes.org/public_deliverables.html に公開されている。

組み込み型ネットワークの実用性を示す実例としては、メンテナンス監視のための家庭用センサーやメーター読針、またはネットワーク化された車両内にセンサーを搭載し、交通や道路状況などの情報を車両間で共有することなどがある。

¹⁴ <http://www.ist-runes.org/>

プロジェクト進行状況

RUNES プロジェクトは 2007 年 4 月に終了した。

4 ワイヤレス・衛星通信分野における米国民間セクターの R&D トレンド

本項では、ワイヤレス技術に関し、高度 R&D を実施する民間セクターの有力組織を紹介する。これらの中で最も傑出しているのは、著名なベル研究所(Bell Laboratories)である。現在は、2007 年のアルカテル(Alcatel)によるルーセント(Lucent)買収を受け、アルカテル・ルーセント(Alcatel Lucent)の研究部門に姿を変えた。しかし、ベル研究所の研究は、電話業界を独占してきた AT&T の一部だった頃に比べ、大きく変わったことに注目する必要がある。事業の優先順位や、2000 年 5 月以降のテレコム業界の低迷を背景に、ベル研究所は製品開発と、向こう 2~3 年以内に売上げ計上を期待できる研究領域だけを追及することに重きを置いている。それでもそれらトピックスの一部は、科学的研究課題の基礎研究に近いものであるが、それらは実際の応用を目的としたプロジェクトの一環として研究されている。

他に、テルコーディアやモトローラなどもワイヤレス分野の研究を行っている。研究のほぼ全ては製品開発と改良に関係している。この傾向は特にテルコーディアに強い。テルコーディアは、2005 年にプライベート・エクイティ企業グループに買収され、現在は科学的知識の創出ではなく、利益率を最大化するための事業運営がなされている。コンサルティング企業の SRI は、サーノフ研究所(Sarnoff Laboratory、テレビメーカーである RCA の元研究所)を通じ基礎研究を行っている。しかし、その研究は政府との契約に基づくものか、あるいは他社へのライセンス供与に近い技術の開発に焦点を置いている。

4.1 ルーセント・ベル研究所(Lucent Bell Laboratories)ーワイヤレス研究ラボラトリー / ワイヤレス・ブロードバンド・ネットワーク・アクセス(Wireless Research Laboratory/Wireless and Broadband Network Access)

所在地	Murray Hill, NJ
ディレクター	Jeong Kim
研究者数	非公開
予算	12 億ドル(ルーセントの 2006 年 R&D 予算)
URL	http://www.bell-labs.com/org/wireless/

ミッション

ベル研究所のミッションは、商業化につながる画期的な新製品とサービスを開発し、アルカテル・ルーセントに提供することである。ベル研究所はこれまで、民間セクターにおける基礎研究の最も多産なプロデューサーのひとつだったが、最近では研究所で実施される研究の種類にも、事業上の視点を重視した判断が強く伺える。

ベル研究所は 1952 年に設立され、以来、テレコム業界に限らず、米国経済全般の重要な革新者のひとつとして君臨してきた。AT&T から分離独立後はルーセント傘下におかれ、現在は

新しい親会社、アルカテル・ルーセントが現在の低迷から脱出するために必要とする革新の大部分をもたらすことが期待されている。

組織とリーダーシップ

ベル研究所におけるワイヤレス研究は、組織内の2つのラボラトリーで実施されている。

- **ワイヤレス・ブロードバンド・アクセス・ネットワーク (Wireless and Broadband Access Networks)**: ベル研究所は、ワイヤレス技術でもネットワーク側の研究を行っており、それにはメッシュ・ベース・ワイヤレス帰路 (backhaul)、屋内携帯電話カバレッジ、新ワイヤレス・インターフェース (MIMO など)、ワイヤレス・ネットワークの分析・設計・維持ツール、デジタル衛星ネットワークなどがある。
- **ワイヤレス研究ラボラトリー (Wireless Research Laboratory)**: 物理科学研究 (Physical Sciences Research) の一環として、一部の低レベルなネットワーキングに関する課題 (PHY、MAC 層など) に加え、ワイヤレス・ネットワーク機器を構成するコンポーネントを取り巻く課題を研究している。

ベル研究所の所長である Jeong Kim 氏は最近、「革新を活かしたい」と発言している。結果として、ベル研究所は明確な事業展望のある研究に注力し、研究から生まれた知的財産の製品化に向け一層積極的に動いている¹⁵。

提携と関係

ベル研究所は以下に示すような様々なチャンネルを通じ、外部パートナーが保有する多大な革新にアクセスしている:

- **業界パートナーシップ (Industry Partnerships)**: テレコム機器の主要供給会社として、アルカテル (とルーセント) は一般的に他の技術供給会社と提携し、互いのコンポーネントを活かしたソリューション開発を行っている。その一例が、マイクロソフトとアルカテル間で 2006 年に合意した IPTV ソリューション開発である (この合意には IBM も参加した)¹⁶。
- **大学アライアンス (University Alliances)**: ベル研究所は、大学との共同プロジェクトにも普通に参加している。例えば最近では、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校 (University of Illinois at Urbana-Champaign) と、予算 800 万ドルのセンサー・ネットワーク・データ管理プロジェクト実施で提携した。Kim 氏は、基礎研究を行う手段として、学界との提携を積極的に推進する意向を示している。

主要プロジェクトとイニシアチブ

¹⁵ “New mission for Bell Labs: Profit,” The International Herald Tribune, December 6th 2006.

¹⁶ Thompson Securities Data Corporation.

ベル研究所で実施されているワイヤレス技術に関する主要イニシアチブの一部を以下に示す：

- 集中型有線・ワイヤレス・アクセス (Converged Wireline and Wireless Access) : アンビエント・ネットワーク (ambient networks)、3G 技術の展開、無線ネットワークの QoS といった課題の研究など¹⁷。
- 無線技術 (Radio Technology) : 機動的/認知無線 (agile/cognitive radios)、RF 二重フィルタ用メタマテリアル、高効率スイッチ・モード RF 電力増幅器の研究¹⁸。
- 無線とブロードバンド・アクセス (Wireless and Broadband Access) : スマート・アンテナ、屋内携帯電話、次世代無線システム、再構成可能な MIMO、アドホックとハイブリッド・マルチホップ・ネットワークにおけるコネクティビティといった無線技術に関する研究など¹⁹。

¹⁷ [Bell Labs.](#)

¹⁸ [Bell Labs.](#)

¹⁹ [Bell Labs.](#)

4.2 SRI デイビッド・サーノフ研究所(SRI David Sarnoff Laboratory) —動画・通信・ネットワーク R&D サービス(Video, Communications and Networking R&D Services)

所在地	Princeton, NJ
ディレクター	Dr. Don Newsome, 社長兼最高経営責任者 (IPresident and Chief Executive Officer) John P. Riganati, 動画・通信・ネットワーク・システム担当副社長 (Vice President, Video, Communications and Networking Systems)
研究者数	非公開
予算	非公開
URL	http://www.sarnoff.com/

ミッション

サーノフ・コーポレーション(Sarnoff Corporation)は、電気、動画、そしてビジョン技術において革新を生み出し、政府や世界の民間顧客に新製品やサービスを提供し、成功を収めてきた。

歴史

1942年にRCA研究所(RCA Laboratories)として設立され、その後、IC、レーザー、イメージングとセンシング・デバイス、バイオ医療診断、デジタルテレビ、セキュリティ用動画、監視、娯楽、高性能ネットワーク、ワイヤレス通信の分野でブレイクスルー達成を続けている。サーノフは、SRIインターナショナル(SRI International)の子会社である。

通信とネットワーク分野における注力分野は以下の通りである：

- モバイル・アドホック・ネットワーク・プロトコル (Mobile Ad-Hoc networking protocols)
- GPS ディナイド・ナビゲーション (GPS Denied Navigation)
- マルチメディア通信ソリューション (Multi-media communications solutions)
- モデル・ガイド式検索、発見、学習 (Model-guided search, discovery and learning)

4.3 テルコーディア(Telcordia)：ワイヤレス・モバイル・ネットワーキング R&D (Wireless and Mobile Networking R&D Activities)

所在地	Piscataway, New Jersey
ディレクター	Dr. Adam T. Drobot 最高技術責任者兼社長 (CTO & President) 先端技術ソリューションズ (ATS: Advanced Technology Solutions)
研究者数	ATS 内に 220 名
予算	非公開
URL	http://www.telcordia.com/

ミッション

テルコーディア・テクノロジーズ(Telcordia Technologies)は、IP、有線、ワイヤレス、そしてケーブル向け通信ネットワーク・ソフトウェアとサービスを世界的に展開する最大手供給会社である。テルコーディアの高品質ソフトウェアは、米国音声通話の80%に使われており、顧客の積極的なコスト削減と増収を支援している。

歴史

テルコーディアは株式非公開会社である。プロビンス・エクイティ・パートナーズ(Providence Equity Partners)とウォーバーク・ピンカス(Warburg Pincus)が2005年3月15日、サイエンス・アプリケーションズ・インターナショナル(SAIC: Science Applications International Corporation)からのテルコーディア買収完了を発表した。

主要プロジェクトとイニシアチブ

テルコーディアの高度ネットワーク R&D(R&D for Advanced Networks)は、以下に示す分野に重点を置いて実施されている:

- ワイヤレス(Wireless)
- モバイル・ネットワーキング(Mobile Networking)
- ブロードバンド(Broadband)

同社のワイヤレス研究をけん引しているのは、“効率性” ネットワーク・リソースの物理的・リンク層、特に電磁スペクトル利用の最大化 という問題である。

テルコーディアのワイヤレス分野の R&D は、これまでにマルチプル・インプット/マルチプル・アウトプット(MIMO: Multiple Input/Multiple Output)技術の応用開発につながり、周波数が固定された環境でワイヤレス通信容量の拡大に成功した。

モバイル・ネットワーキング分野では、米国陸軍の通信・エレクトロニクス研究開発・エンジニアリング・センター (CERDEC: Communications-Electronics Research, Development and Engineering Center) と協力し、“ネットワーク・オン・ザ・フライ (network on the fly)” の設計に取り組んでいる。このネットワークは、自己回復が可能であり、兵士を常に接続された状態に保ち、ノードの移動、状況やアプリケーションの変化(変更)が発生した場合、またネットワークに傷害が生じた場合でも、性能を維持することができる。

5 まとめ

米国は、ワイヤレス・無線技術 R&D 分野におけるリーダーシップの維持を、技術的競争力を示す重要な指標と捉えている。ワイヤレス通信は、テレコム業界で急成長中のセグメントのひとつであり、テレコム投資は、生産性と効率性向上からもたらされる経済的利益の助長につながる²⁰。そのため、ワイヤレス R&D プロジェクトには、今後も政府の関心がますます集まるものと思われる。

しかし、ワイヤレス研究に対する政府の全体的投資額は、他の IT 分野への投資、また特に新たなワイヤレス技術への市場の需要に比べると、比較的小さいのが現状である。政府研究機関は、各種プログラムを通じワイヤレス分野の一層の革新を支援することに、関心があることを明確に示している。

5.1 連邦ワイヤレス・衛星技術 R&D の主要テーマ

本レポートでは、無線・衛星通信分野における主な R&D プログラムについて紹介したが、それぞれがどのような分野の研究に関わっているかをまとめると以下ようになる。

²⁰ For an economic justification of telecommunications research investment, see *Renewing U.S. Telecommunications Research*, Computer Science & Telecommunications Board, National Academy of Science, 2006, at http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11711.

プログラム名	分野
ネットワーク技術・システム Networking Technology and Systems (NeTS)	地上ワイヤレス・ネットワーク アドホックネットワーク モバイル・ワイヤレス・ネットワーク
ダイナミック・データ・ドリブン・アプリケーション・システム Dynamic Data-Driven Applications Systems (DDDAS)	地上ワイヤレスセンサー・ネットワーク
モバイル・アドホック・ネットワーク Mobile Ad-Hoc Networks (MANET)	地上ワイヤレス・ネットワーク アドホックネットワーク モバイル・ワイヤレス・ネットワーク
ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト Wireless Network after Next (WNaN)	地上ワイヤレス・ネットワーク アドホック・ネットワーク モバイル・ワイヤレス・ネットワーク
補助的の光 Rf 通信 Optical Rf Communications Adjunct (ORCA)	固定ワイヤレス通信 空上ワイヤレス基地局ネットワーク
画期的衛星通信 Novel Satellite Communications	モバイル・ワイヤレス・ネットワーク ブロードバンド衛星 ミリ波通信衛星
変換型衛星通信システム Transformational Satellite Communications Systems (TSAT)	モバイル通信衛星 ブロードバンド衛星
ワイドバンド・ギャップフィラー衛星プログラム Wideband Gapfiller Satellite Program (WGS)	ミリ波通信衛星 モバイル通信衛星 ブロードバンド衛星
通信・ネットワーク・コラボラティブ技術 アライアンス Communications and Networks Collaborative Technology Alliance (C&N CTA)	地上ワイヤレス通信 モバイル・ワイヤレス・ネットワーク
アドホック・ネットワーク研究 Ad Hoc Networks Research	地上ワイヤレス・ネットワーク アドホックネットワーク モバイル・ワイヤレス・ネットワーク
ノマディック・ネットワーク・プログラム Nomadic Networking Program	モバイル・ワイヤレス・ネットワーク 地上・衛星ハイブリッドネットワーク 光通信衛星
組み込み型システムの再構成可能な ユビキタス・ネットワーク Reconfigurable Ubiquitous Networks	モバイル・ワイヤレス・ネットワーク アドホック・ネットワーク ワイヤレス・センサ・ネットワーク

of Embedded Systems (RUNES) Program	
-------------------------------------	--

政府機関の主要なワイヤレス研究プログラム、およびこれらプログラムを実際に行っている研究センターをレビューした結果、共通テーマとして以下が挙げられる。

➤ 無線通信に対する画期的アプローチ:

複数の政府研究プログラムが、既存ワイヤレス技術のデータ転送率改善に焦点を置いている。強い関心があったのは、様々な議論も呼んでいる MIMO 技術である。MIMO は、もともと障害(マルチパス)のソースと考えられてきた現象に着目し、既存周波数帯の容量を拡大する方法を導き出したという点で、セクターに革命をもたらした。

➤ モバイル・アドホック・ネットワーク(MANET):

複数の研究プログラムや研究センターのプロジェクトが MANET に注目している。自己設定と自活の可能なメッシュ・ネットワークの開発能力は、軍隊と危機管理機関、そして民間にとっても必要不可欠である。MANET の研究は、単なるネットワーキングとコネクティビティを超え、分散ネットワーク管理や MANET のセキュリティといった問題に焦点が置かれている。

➤ ワイヤレス・セキュリティ:

ワイヤレス・システムは、セキュリティの維持、特にデバイスをワイヤレス・ネットワークに接続、また引き離す過程で問題に直面する。また、インターネット・プロトコル・スイートに生来の機能もあり、それは有線通信のセキュリティ確保に最適化されているが、ワイヤレス環境では問題となる。そのため、保証されたシステム、妨害電波対策技術、ワイヤレス暗号化に関する研究は今後も続くと思われる。

➤ ワイヤレス・センサー・システム:

全米科学財団のコンピュータ・ネットワーク・システム課は、ワイヤレス・センサーを“確立された科学”と評価しており、NeTS プログラムの NOSS トピックが中止される可能性がある。しかし、センサー・システムと特にセンサー管理は、多くの機関で強い関心が寄せられているトピックであり、国土安全保障省と国防総省に特にニーズがあると思われる。NITRD 国家調整局(National Coordinating Office)によると、複数機関の 2009 年度活動は、堅牢かつセキュアでダイナミックなモバイル・ネットワーク(ワイヤレス、ラジオ、センサー)の標準、機能、管理(パワー、データ融合、異種インターフェース、周波数帯制約など)の向上と、センシングと制御システムに焦点が置かれる見通しである²¹。

²¹ National Coordinating Office for Networking & Information Technology R&D (2008). *FY2009 Supplement to the President's Budget*. Arlington, VA, February.

最後にまとめとして、ワイヤレス・衛星ネットワークは国家の経済はもとより、連邦機関のミッションと明らかに関連がある。実際のところ、このことがワイヤレス研究における官・民セクターの活動を目立ち難くしている。というのは、ワイヤレス通信の研究のほとんどはシステム導入や製品開発プロジェクトの一環として実施されており、単独の研究プログラムとしてではないからである。つまり、有力な連邦ワイヤレス研究プログラムを全て正確かつ包括的に把握し、さらに詳細な分析を行うことは、本調査のスコープを超えることになる。

5.2 無線・衛星通信分野における今後の R&D 展望

政府のワイヤレス・ネットワーク R&D 投資額全体の正確な数字を入手することができなかつたため、投資額の成長率を算出することは困難である。しかし、ワイヤレス・ネットワークに対する関心は、政府全体に広がっているようである。

例えば、DARPA では現在、ワイヤレスセンサー・ネットワークに関係するものを除いても、3つのプロジェクトが同時進行している。NSF ではワイヤレス・ネットワークプログラムが削除されているが、既に有線ネットワーク分野における研究コミュニティにおいて、技術がほぼ確立されており、別途支援が不要と判断されたためと見られる。

今後注目すべき分野としては、まずは衛星通信であり、特に国防総省がひとつの牽引役になることが予想される。またこの動きは、連邦政府の他省庁のみならず、民間セクターへも影響を及ぼすものと見られる。しかし、衛星通信分野において、懸念される点もある。具体的には、TSATに関するプロジェクト管理に問題が指摘されており、今後連邦議会などから政治的な圧力がかかり、このような大規模プロジェクトへの予算配分が厳しくなることも一部で予想されている。このような課題があるものの、全般的には無線・衛星通信分野における大規模プロジェクトは、今後も増大傾向にあるものと予想され、他省庁へのポジティブな影響も期待されている。