

**米国ワイヤレス通信分野における
R&D 活動について:**

調査報告書

NICT ワシントン事務所

委託先 Washington | CORE

2007年3月

米国ワイヤレス通信分野における R&D 活動について:

目次

1	ワイヤレス・ネットワーク R&D における連邦政府の役割と活動	1
1.1	ワイヤレス・ネットワーク R&D に対する歴史的支援.....	2
1.2	連邦政府 IT R&D ポートフォリオにおけるワイヤレス・ネットワーク.....	3
2	主要ワイヤレス R&D 研究プログラムについて	6
2.1	国防総省におけるワイヤレス・ネットワーク R&D.....	6
2.2	NASA におけるワイヤレス・ネットワーク R&D.....	12
2.3	国土安全保障省におけるワイヤレス・ネットワーク R&D	16
2.4	全米科学財団におけるワイヤレス・ネットワーク R&D.....	18
3	主要ワイヤレス・ネットワーク R&D センターの プロファイル.....	20
3.1	ラトガース大学 (Rutgers University)—WinLAB	20
3.2	テキサス大学オースチン校 ワイヤレス・ネットワーク・通信グループ (University of Texas at Austin-Wireless Networking and Communications Group)	24

3.3 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)	28
3.4 NIST 情報技術ラボラトリー・高度ネットワーク技術課 (Information Technology Laboratory, Advanced Network Technologies Division)	31
4 まとめ.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
4.1 連邦ワイヤレス・ネットワーク R&D の主要テーマ.....	33
4.2 ワイヤレス・ネットワーク R&D 投資の傾向	34

1 ワイヤレス・ネットワーキング R&D における連邦政府の役割と活動について

米国連邦政府は通信技術 なかでもワイヤレス・ネットワーキング分野における R&D 投資において、投資額的には他分野に比べて大規模ではないものの、極めて重要な役割を果たしている。一般的にワイヤレス技術の開発は、ルーセント (Lucent)、モトローラ (Motorola)、クアルコム (Qualcomm) などのベンダの独占領域と考えられている。AT&T ベル研究所 (AT&T Bell Laboratories) が開発した携帯電話システムや、クアルコムの移動通信技術である CDMA (符号分割多元接続) など、ワイヤレス通信分野における主要な開発の多くは、民間研究所や研究者によってもたらされてきた。

このように実際に商業化された技術は、企業の手によるものだが、連邦政府は以下に示す 2 つの点において、これらの開発を支援してきた：

- 第一に、連邦政府はワイヤレス・システム、特に米軍の要求と緊急時通信に応えるシステム調達を積極的に進めることにより、無線技術の需要増大をけん引している。
- 第二に、国防高等研究事業局 (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)、米国標準技術院 (NIST: National Institute of Standards and Technology)、そして全米科学財団 (NSF: National Science Foundation) といった資金拠出機関は、パケット無線ネットワーク、電波伝搬、ワイヤレス・セキュリティなどの分野における極めて基礎研究に研究資金等を付与している。

米国政府は、これら 2 つの方法で、現在もワイヤレス・ネットワーキング研究の促進を続けている。現行の大規模通信プログラムは、各種 R&D 機関に対し、新しいワイヤレス・ネットワーキング手法の開発を強く求めている。それらプログラムは、例えば国防総省 (DOD: Department of Defense) の「変換型通信衛星 (TSAT: Transformation Satellite Communications)」や、陸軍の「統合戦術無線システム (JTRS: Joint Tactical Radio System)」などである。また、規模的には小さいものの、先進的研究に出資するプログラムは、無線ネットワーキング分野の新しいディストラティブ技術 (disruptive technologies) 開発につながることを期待されている。DARPA の「制御ベース・モバイル・アドホック・ネットワーク (Control-Based Mobile Adhoc Networks)」や、NSF の NeTS (Networking Technology and Systems の一部でもある「無線ネットワーク (Wireless Networks)」といったプログラムがこれに該当する。

本章では、連邦政府のワイヤレス・ネットワーキング R&D 投資の状況を紹介し、続く章でワイヤレス技術に焦点を当てた特定のプログラムと技術を取り上げる。

1.1 ワイヤレス・ネットワーキング R&D に対する歴史的支援

一般的にワイヤレス通信は、米国政府が基礎的、および先駆的研究支援において主要な役割を果たさなかった商業技術の一つとして認識されることが多い。携帯電話など、一般消費者のほとんどに馴染みある技術の場合、連邦政府 R&D 活動の役割は、その開発に非常に限定的な影響しか与えていないといわれている。NSF がコンサルティング会社 SRI インターナショナル(SRI International)が委託し、実施した携帯電話開発に関する調査では、NSF はその技術開発に、直接的影響をほとんど及ぼしていないことが示されている¹。米国初の携帯電話ネットワーク・システム「高度携帯電話システム (AMPS: Advanced Mobile Phone System)」は、モトローラの一部協力を得て、ベル研究所がほぼ全て開発したものである。

しかしながら、少し観点を変えれば、連邦政府は携帯電話、そして特に他のワイヤレス通信技術の R&D 活動に間接的ではあれ、大きな役割を果たしてきたと言える。携帯電話の場合、米連邦通信委員会 (FCC: Federal Communications Commission) が「地上移動無線サービス (Land Mobile Radio Services)」向け新システムへの周波数分配に合意する 1970 年代まで、ベル研究所は R&D に資金や稼働をほとんど投資していなかった。また、この領域の研究は、1970 年代前半に電気電子技術者協会 (IEEE) 車両技術部 (Vehicular Technology Section) と米国標準局 (National Bureau of Standards、現 NIST) が組織した一連の無線通信作業部会など、連邦政府の措置によって促進されてきた経緯がある。

¹ “The Role of NSF’s Support of Engineering in Enabling Technological Innovation - Phase II. Chapter 4: The Cellular Telephone.”: <http://www.sri.com/policy/csted/reports/sandt/techin2/chp4.html>参照

国防総省は、主に DAPRA を通じ、ワイヤレス分野の新技术開発を促す少数の重要なプログラムに資金を拠出してきた。DARPA が出資し、ハワイ大学 (University of Hawaii) で 1970 年に実施されたプロジェクト「ALOHANET」は、「ARPANET」の packets ネットワーキング技術を無線に応用した。ALOHANET からは、後にネットワークング・プロトコル「イーサネット (Ethernet)」開発の基本的技術となるネットワークング技術が生まれた。DARPA はまた、1972 年に「パケット無線プログラム (Packet Radio Program)」、1983 年に「存続・適応可能ネットワーク (Survivable Adaptable Networks)」の各プログラムに出資している。1994 年に発足したプログラム「グローバル・モバイル情報システム (GloMo: Global Mobile Information Systems)」は、ユビキタス・ネットワークングを目指し、地上と衛星無線通信の融合を研究したものである²。

1990 年代後半の商業用デジタル携帯電話システム (2G 無線) の導入以降、米国ではワイヤレス・ネットワークング研究に対する学術方面の関心が高まっている。ラトガース大学 (Rutgers) の Dipankar Raychaudhuri 教授によると、ほとんどの大学では、ワイヤレス・ネットワークング分野の研究投資と活動が、固定網分野におけるそれを上回ると述べている。その結果、ワイヤレス・ネットワークングは、今や米国通信研究で最も注目される領域の一つとなっている。

1.2 連邦政府 IT R&D ポートフォリオにおけるワイヤレス・ネットワークング

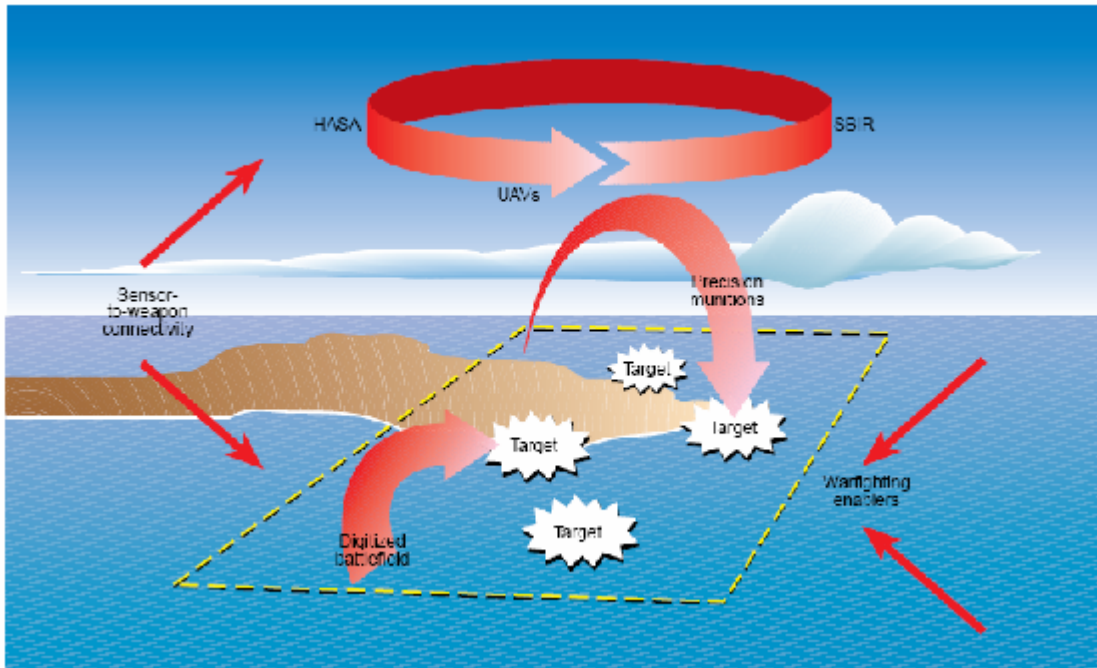
ワイヤレスには強い関心が寄せられているにも関わらず、米国政府による実際のワイヤレス研究投資は、少数の小規模な戦略的プログラムに集中している。一般的な電子通信分野の研究は、基本的に DARPA と NSF の 2 機関に限定して実施されている。米航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration)、国土安全保障省 (DHS: Department of Homeland Security) といった機関は、それぞれのミッション遂行に関わる無線ネットワーク開発に投資しているが、これら機関が注目するのはシステムそのものの調達であり、純粋な研究ではない。

² *The Evolution of Untethered Communication*, Computer Science and Telecommunications Board, National Academy of Sciences, 1997: <http://books.nap.edu/openbook.php?isbn=0309059461>. 参照

米国政府の通信関連 R&D 投資のほぼ全てを包含するプログラム「ネットワーキング・IT R&D (NITRD: Networking and IT Research and Development)」では、同プログラムの 2008 年度予算要求額 30 億 5,600 万ドルのうち、「大規模ネットワーキング(Large Scale Networking)」への拠出が 4 億 1,880 万ドルを占めた。これは、投資額全体の 14%未満である。このうち、純粋なワイヤレス・ネットワーキングに当てられた金額を推定するのは不可能だが、DARPA、他の DOD 傘下機関、および NSF のプログラムは 2 億 8,690 万ドルを計上している。前出の Raychaudhuri 博士によるコメントと、他の指標を基に分析すれば、おそらく拠出額の半分、つまり 2008 年度は約 1 億 4,000 万ドルがワイヤレス研究に割り当てられたと考えられる。あくまでも目安の一つだが、NSF のプログラム「無線ネットワーク(Wireless Networks)」が 2006 年に助成金として拠出した額は、わずか 1,340 万ドルに過ぎない。

注目すべき点は、ワイヤレスは他の NITRD プログラムの構成要素になっているということである。例えばワイヤレス・セキュリティは、「サイバー・セキュリティと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。にもかかわらず、ワイヤレス・ネットワーキング研究への全体投資額は、年間 2 億ドル未満である。

ワイヤレスに焦点を当てたシステム調達への投資額は格段に大きく、これはワイヤレス技術開発をけん引するための、連邦政府による最も重要な役割ともいえる。例えば、ボーイング(Boeing)が開発中の「未来戦闘システム(Future Combat System)」のビジョンでは、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が明確に示されている。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。



出典: Boeing Corp.

2 主要ワイヤレス R&D 研究プログラムについて

デジタルデバイドの解消、科学研究、軍事通信、公安を含む多くの公的なミッション遂行において、多数の連邦政府機関がワイヤレス・ネットワーキングに関心を示している。ワイヤレス技術は進化を続け、リッチ・マルチメディア、音声通信、大規模データセットといった、より堅牢なサービスを効率的に伝送できるようになった。これは言い換えれば、ワイヤレス・ネットワークの信頼性、セキュリティ、そして費用対効果について、より多くの問題が提起されてきたということである。連邦政府の研究プログラムは、米国の安全性と競争力の水準を引き上げる手段として、これら全ての問題や課題に取り組んでいる。

本項では、以下の機関を取り上げる：

- 国防総省 (Department of Defense) - 国防高等研究事業局 (Defense Advanced Research Projects Agency) を含む。
- 航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration)
- 国土安全保障省 (Department of Homeland Security)
- 全米科学財団 (National Science Foundation)

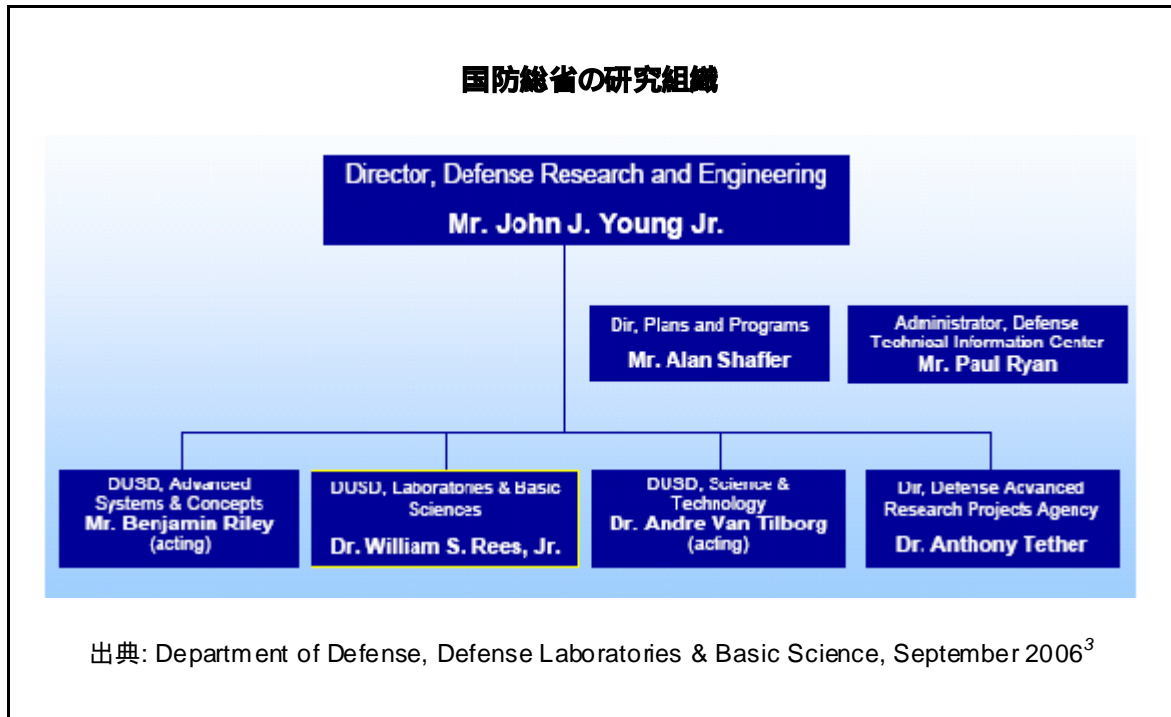
2.1 国防総省におけるワイヤレス・ネットワーキング R&D

組織

国防総省 (DOD) を構成する組織は、DOD 傘下で様々な研究プロジェクトを行っている。組織の頂点にあるのは国防研究技術局 (Office of Defense Research & Engineering) で、その下に次ページ図に示すようなサブカテゴリーがある。

- 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、陸軍研究所 (Army Research Laboratory)、海軍研究所 (Naval Research Laboratory)、空軍研究所 (Air Force Research Laboratory) を含む DOD 内部研究所の責任者である (これら軍事研究所は Rees 博士の他に各軍省にも報告している)。
- 科学・技術担当国防副次官 (Deputy Under Secretary of Defense for Science & Technology) の Tilborg 博士は、特定技術を推進するための分野横断的投資プログラムを管理している。

- R&D 投資機関として知られる国防高等研究事業局 (DARPA) は、2008 年度予算として 30 億ドル超を確保している。責任者は局長の Tether 博士である。



国防総省内の研究組織

DOD 研究プログラムの中でも基礎研究要素の強いプログラムは、ほとんどが軍 (陸軍、海軍、空軍) の研究組織から資金の助成を受けている。DOD レベルのネットワーキング R&D 投資は比較的小さいが、非常に戦略的なトピックスに焦点に置かれている。

科学技術担当国防副次官室 (DUSD, Science & Technology)

同室は、複数部署にまたがる R&D 領域の一連の“戦略的イニシアチブ”を管理している。イニシアチブの 1 つ、「監視とナレッジ・システム (Surveillance and Knowledge Systems)」は“ネットワーク中心型オペレーション (network-centric operations)”の実現を目指しており⁴、情報への“常

³ http://www.dod.mil/ddre/downloads/lab_briefings/Advanced_Technology_Symp_v2.pdf

⁴ http://www.dod.mil/ddre/text/t_sks.html

時(Always-on)”モバイル・アクセスを保証する方法への研究助成を行っている。モバイル・コンポーネントへの助成を含む、イニシアチブへの具体的な資金拠出額は公開されていない。

空軍研究所、ソフトウェアとシステム (Air Force Research Laboratory, Software and Systems)

空軍は、ソフトウェアとシステム (Software and Systems) と呼ばれる研究領域下で、無線ネットワークに関連した幾つかの研究を行っている。以下は、その例である⁵：

- 無線および有線ネットワークのシームレスな統合
- アドホック無線ネットワーク
- ネットワーキングの監視と測定、および干渉

海軍研究室 (ONR: Office of Naval Research)

ONR も、無線領域に多大な関心を持ち、研究を行っている。以下は、その例である⁶：

- モバイル・アドホック無線ネットワークのアルゴリズム / プロトコル
- 終端間 QoS (end-to-end Quality-of-Service)
- 合同 / 連携・相互運用性 (joint/coalition interoperability)
- IPv6
- ネットワーク管理とセキュリティ

陸軍研究室 (Army Research Office)

陸軍の研究は、従来の VHF と HF 通信を超える、戦術的モバイル通信に対する兵士ニーズの理解と対応の向上に焦点を置いている。以下は、その例である⁷：

⁵ Air Force Research Laboratory: http://www.afosr.af.mil/ResearchAreas/research_math_software.htm

⁶ Office of Naval Research, Science & Technology:
http://www.onr.navy.mil/sci_tech/31/312/communications.asp

- モバイル・アドホック・ネットワーキング
- 無線マルチメディア・ルーティング
- 耐途絶性ネットワーキング (革新的な無線トランスポート層など)
- 無線通信 QoS
- 物理層技術 (多元接続、抗混雑、秘密無線技術)

変換型通信衛星 (TSAT: Transformational Communications Satellite)

TSAT プログラムは、基本的に宇宙にインターネット・バックボーンを構築することによってインターネット・サービスの提供を目指す、軌道 - 地上通信システムの開発プログラムである。高スループットなネットワークを構築し、米軍兵士の戦場での通信や、無人飛行体 (UAV) などの操作や命令に利用できるようにする⁸。システムはレーザー通信技術を採用し、高速および低速通信の両方を提供する：

- ハイエンド・システムでは、通信速度 2.5Gbps ~ 10Gbps のリンクを 20 ~ 50 提供する。
- RF 通信経由で最大 8,000 の低速リンクも提供する。

TSAT システムは、「変換型通信アーキテクチャ (TCA: Transformational Communications Architecture)」の 1 コンポーネントに過ぎない。TCA では、アプリケーションごとに異なる複数のワイヤレス技術を包含する、グローバルな多機能ネットワークが計画されている。TCA と TSAT のプログラムは、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 DOD 最高情報責任者 (Chief Information Officer) の 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。同センターは最近、TSAT を含むプログラムの調達プロセスと衛星開発の抜本的見直しを実施した⁹。

⁷ ARO Computing and Information Sciences:
<http://www.arl.army.mil/main/main/default.cfm?Action=29&Page=205>

⁸ Winds of Change: <http://www.windsofchange.net/archives/006660.php>

⁹ <http://aimpoints.hq.af.mil/display.cfm?id=15296>

DOD は 2003 年、コンサルティング会社ブーズ・アレン・ハミルトン (Booz Allen Hamilton) に対し、総体的なシステム・エンジニアリングと統合を委託発注している。また、リスク軽減対策の実施と TSAT 衛星開発計画作成に関する 5 億 1,800 万ドル規模の 2 件の契約を、競合する請負業者 2 社、ロッキード・マーチン・スペース・システムズ (Lockheed Martin Space Systems) / ノースロップ・グラマン・スペース・テクノロジー (Northrop Grumman Space Technology) と、ボーイング・サテライト・システムズ (Boeing Satellite Systems) に、発注した。この二重契約は、請負業者の一方がプロジェクトを完遂できない場合に備え、DOD に冗長性を持たせるために実施されている。DOD は 2007 年、これら請負業者のいずれか一方に、衛星の設計と構築契約を発注する計画である。最後に、DOD は 2006 年 1 月、ロッキード・マーチン・インテグレートド・システムズ・アンド・ソリューションズ (Lockheed Martin Integrated Systems and Solutions) と、TMOS と総合ネットワーク・アーキテクチャ開発に関する 20 億ドル規模の契約を締結した。このネットワーク開発の請負業者は、TSAT ネットワークと宇宙セグメント、ユーザー端末、そして外部ネットワークとのインターフェースを担当する。ロッキード・マーチンは 2006 年 12 月、TSAT 通信のテストベッドを完成している¹⁰。

2004 年に作成されたオリジナルの TSAT 計画では、システムの 2011 年の稼動開始を目指し、プログラム総費用は 155 億ドルを見込んでいた。しかし、政府説明責任局 (GAO: Government Accountability Office) の 2006 年 5 月の報告によると、TSAT 打ち上げ予定日は 2014 年 9 月に、プログラム総費用は 160 億ドルに変更された¹¹。2007 年 2 月に発表された空軍の 2008 年度予算要求では、打ち上げ予定日は 2016 年第 1 四半期となっている¹²。

DARPA

DARPA の情報処理技術室 (ITPO: Information Processing Technology Office) は、インテリジェント・システム、高信頼システム、セキュリティ、電子ラーニングを含む、様々なコンピューティング関連トピックスを担当している。数あるプログラムのうち、ワイヤレス関連研究プロジェクトは以下の 2 件である：

¹⁰ “Test bed for TSAT satellite in operation,” UPI, December 12th 2006.

¹¹ *Space Acquisitions: DOD Needs Additional Knowledge as it Embarks on a New Approach for Transformational Satellite Communications System*, GAO Report 06-537, May 2006.

¹² https://www.saffm.hq.af.mil/FMB/pb/2008/AF_Rollout_FY08_PB.pdf

- **制御ベース・モバイル・アドホック・ネットワーク (CBMANET: Control-Based Mobile Ad-Hoc Networks):** 「トラストワージー・システム (Trustworthy Systems)」と「DARPA 将来情報保証イニシアチブ (DARPA Future Information Assurance Initiatives)」の後継プログラム。全ネットワーク層の統合最適化と制御を同時にサポートする新規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。CBMANET は、最近の最適化理論と情報理論における飛躍的進歩と、さらに包括的なクロスレイヤー設計を活用し、マルチキャスト音声や状況認識といった DOD アプリケーションのサポートに配慮し、原則からネットワーク・スタック開発を試みる。本プログラムの 2008 年度予算は 1,150 万ドルが見積もられている。
- **適応認知強化ラジオ・チーム (ACERT: Adaptive Cognition-Enhanced Radio Teams):** “分散型コンピューティング”を自己設定し、さらにその能力を活用する“チーム”を直感的に組織できるようなソフトウェア無線の開発を目指すプログラム。プロジェクトの関心事は他に、規模、重量、消費電力を最適化する無線技術(ユニットは、近在する他のユニットのリソースにアクセスできるため)、減退と干渉への耐性、クライアント・デバイスの障害に対するネットワーク耐性など。ACERT は、2008 年度予算 3,100 万ドルの認知ネットワークング・プログラムの一部として実施されている。
- **ワイヤレス・ネットワーク・アフター・ネクスト(WNaN: Wireless Network after Next):** DARPA が提案公募、実施されるこのプログラムは、従来のワイヤレス・アーキテクチャを、高コスト高出力なノードが少数存在するものから、低コストなノードが密集するものに切り換えることを目指す。そのためには、戦闘状況に応じて、ネットワークが柔軟性を確保できるよう、ネットワーク・アーキテクチャはダイナミックな再設定に対応する必要がある。他に、高可用性、低コスト、アドホック・ネットワークも必要条件である。WNaN の 2008 年度予算は 400 万ドルである。

2.2 NASA におけるワイヤレス・ネットワーク R&D

組織

NASA の研究は幾つかのロケーションに分散されているが、無線関連研究の大部分は NASA 研究・エンジニアリング・ネットワーク (NREN: NASA Research and Engineering) の一部として実施されている。NREN は、次世代ネットワーク技術と NASA のプロジェクト「ハイエンド・コンピューティング・コロムビア (High-End Computing Columbia)」の統合に注力している。研究領域は、アドホック・ネットワーク、ハイブリッド・ネットワーク (特に衛星 - 地上ネットワーク)、ノマディック (nomadic) ネットワーク、そして深宇宙通信光学などである¹³。

アドホック・ネットワーク

NREN のアドホック・ネットワーク・イニシアチブが主に力を入れるのは、宇宙における長距離無線ネットワークの体験と性能を改善すると期待される、ネットワーク・プロトコルの研究である。これらプロトコルの例を以下に示す：

- **アドホック・オンデマンド距離ベクター (AODV: Ad hoc On-Demand Distance Vector)**：ノードの動的なリンク付けとリンク取り消し (link/unlink)、処理能力とメモリー必要条件の軽減、ネットワーク内の自動ルーティングなどを実現し、モバイル・ノード・ネットワークに資するプロトコル¹⁴。
- **最適化リンク・ステート・ルーティング (OLSR: Optimized Link State Routing)**：モバイル LAN ニーズを念頭に設計されたプロトコル。“マルチ・ポイント・リレー (multi-point relays)” と呼ばれる方法を採用し、ブロードキャストされたメッセージを再送する。従来のネットワークでは、ネットワーク内の全ノードが受け取ったメッセージを送信するが、OLSR を使えば、ブロードキャスト・メッセージが送信された際のネットワークの負荷を削減できる¹⁵。

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

¹⁴ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>

¹⁵ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>

- **リバース経路フォワード・ベースのトポロジー散布 (TBRPF: Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding):** ネットワーク上のノードに、ホップ・バイ・ホップのルーティング情報を提供するためのプロトコル。プロトコルを稼動するピアが、ルーティング情報を盛り込んだトポロジー・テーブルを作る。しかし、このプロトコルでより重要なことは、ネットワーク上の全ノードがこのルーティング情報を近隣ノードに定期的送信することにより、全ネットワーク・アーキテクチャの情報を収集するために個々のノードにかかる負荷を軽減できることである¹⁶。

ハイブリッド・ネットワーク (Hybrid Networks)

NREN のハイブリッド・ネットワーク・プログラムは、遠隔地でアプリケーションを実行するための新たなソリューション開発に焦点を置いている。ソリューションは、「トランスポータブル・アース・ステーション (Transportable Earth Station)」、携帯型衛星放送受信アンテナ、NASA グレン研究センター (Glenn Research Center) の衛星ダウンリンク、そして NREN 地上波 WAN から構成される。携帯型ユニットをロケーション (遠隔地) で衛星ネットワークに接続し、モバイル・ネットワーク・アクセスを確立する。このソリューションは NASA アプリケーションの概念実証のために利用されており、例えば NASA の火星着陸ミッションでは、地質データのほぼリアルタイムな検証試験に使われた¹⁷。

深宇宙通信光学 (Optics for Deep Space Communications)

このプログラムは、長距離データ通信ニーズに着眼したものである。長距離データ通信の問題の 1 つは、“スポット・サイズ (spot size) ”、つまり、通信距離が長くなるにつれ拡散を通じて増加するデータ・ストリームを運ぶビーム (光束) のサイズが、自然に大きくなることである。距離が長くなればそれだけ、データ・ストリームを目的地に確実に届けるために高出力が必要になる。

「火星レーザー通信デモンストレーション (MLCD: Mars Laser Communication Demonstration)」は、10Gbps の高速転送を目標に掲げたプロジェクトである (10Gbps は、動画、静止画像、ハイパースペクトル画像などの宇宙アプリケーションを十分にサポートできる速度である)。プロジェクトは問題に対し、火星への有人着陸と、火星から地球への通信の実現を最終目的にアプローチしている。

¹⁶ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3684.txt>

¹⁷ <http://www.nren.nasa.gov/hybrid.html>

ジェット推進研究所 (Jet Propulsion Laboratory)

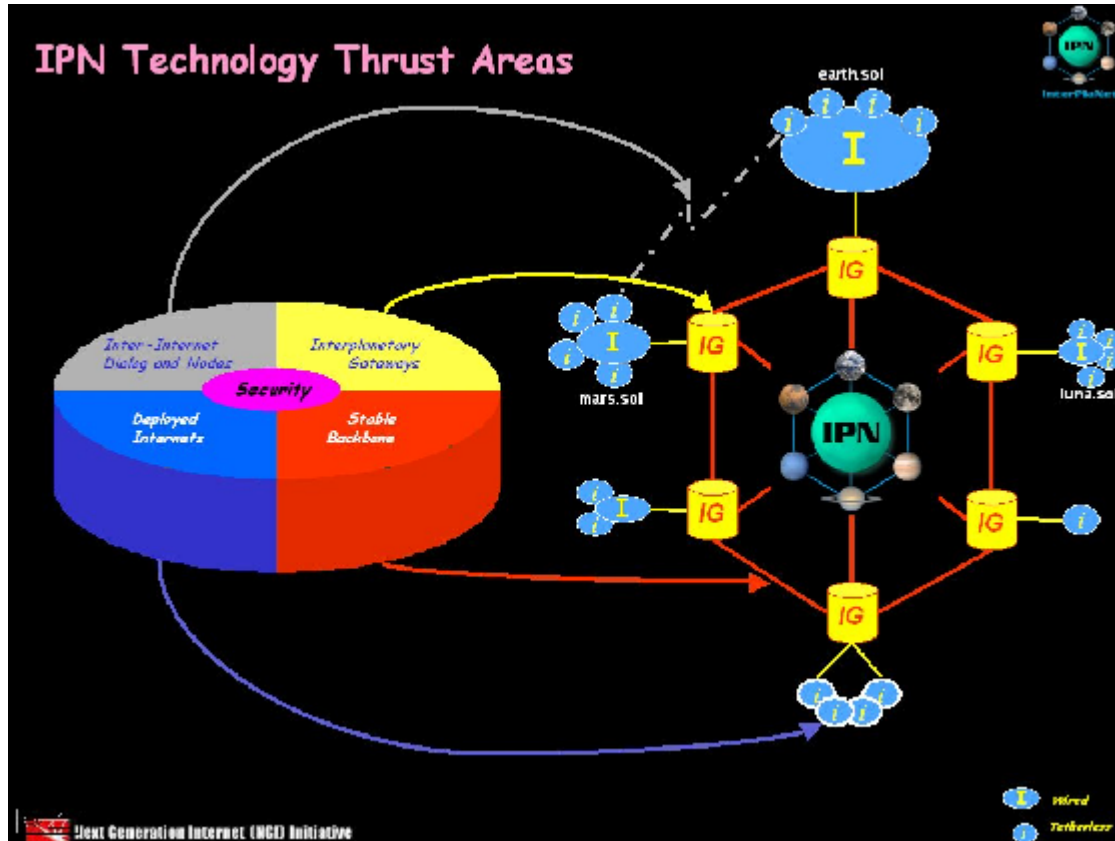
CalTech のジェット推進研究所では、「惑星間インターネット (IPN: Interplanetary Internet)」を通じ、宇宙の長距離インターネット通信ニーズの研究を行っている。以下に示すように、宇宙では、距離がインターネット・プロトコルに関する様々な問題の原因になっている：

- インターネットのリクエスト間の「遅延 (lag)」が大きく、多くのアプリケーションの稼動が妨げられることから、IPN は「蓄積交換 (store and forward) アーキテクチャ」を採用し、問題解決を試みている。
- 長距離通信に関わる消費電力問題は、既存製品より高出力な太陽電池を利用するノードによって解決を模索する必要がある。
- 通信距離の問題は、故障したハードウェアの処理をどうするかといった問題も提起している。
- 惑星体は動いているため、通信には冗長アーキテクチャが必要である。例えば、通信を確立したい 2 つのノードの間に、月や太陽が入って来てしまうこともあり得る。

プロジェクトは現在、次に示す 5 つの隣接分野で研究が進められている：具体的には、展開インターネット (Deployed Internets)、インタ・インターネット・ダイアログとノード (Inter-Internet Dialog and Nodes)、惑星間ゲートウェイ (Interplanetary Gateways)、安定基幹回線 (Stable Backbone)、セキュリティ (Security) である。これらが、次ページ図に示す IPN アーキテクチャを構成している¹⁸。

¹⁸ <http://www.spaceref.com/focuson/ipn/>

惑星間インターネット・アーキテクチャ (Interplanetary Internet Architecture)

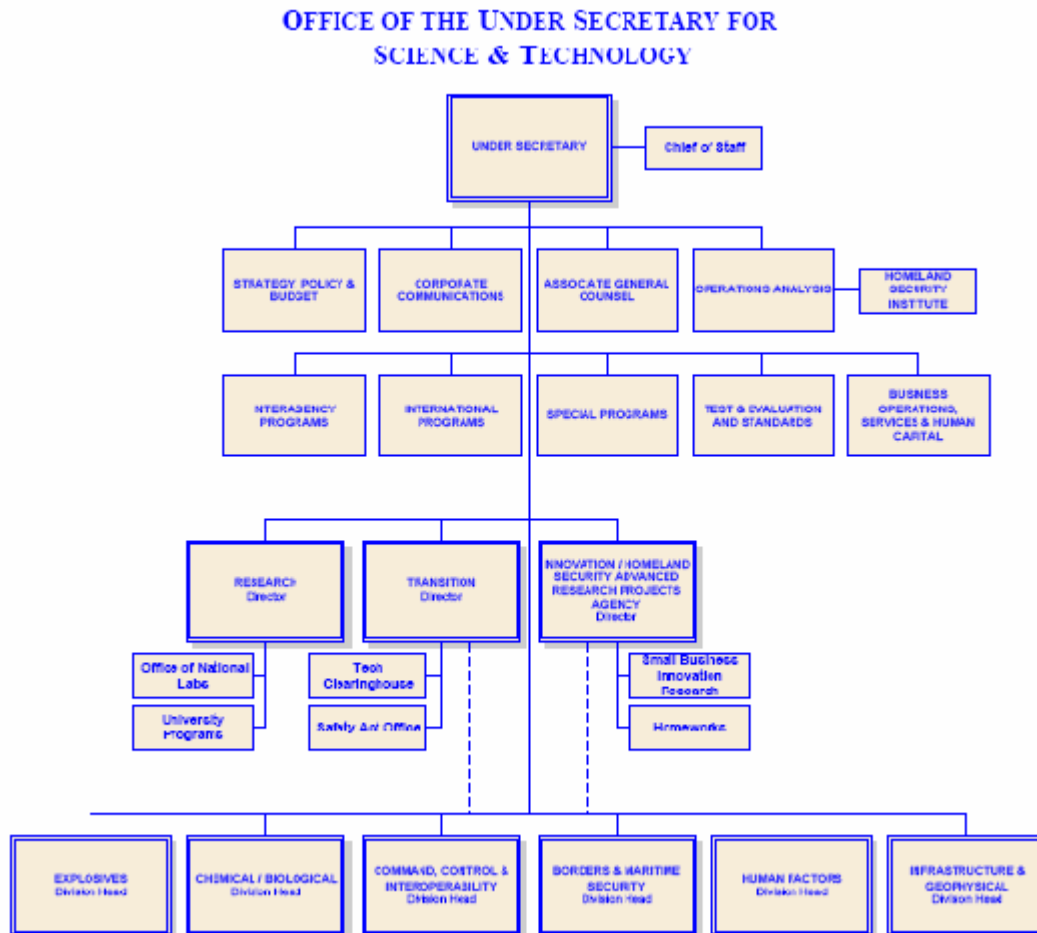


出典: SpaceRef.com

2.3 国土安全保障省におけるワイヤレス・ネットワーキング R&D

組織

DHS の研究組織は、Jay M. Cohen 科学・技術担当次官 (Under Secretary for Science & Technology) 率いる科学技術局 (Directorate for Science and Technology) の管轄下に置かれている。無線技術開発は、国土安全保障高等研究事業局 (HSARPA: Homeland Security Advanced Research Projects Agency) から一部予算を得て、「命令・制御・互換プログラム (Command, Control and Interoperability program)」の領域で主に実施されている。



DHS の科学・技術プログラム

DHS の研究分野は、爆発物探知やバイオテロ対策、国境警備まで多岐にわたるが、ワイヤレス関連イニシアチブも幾つか実施されている。以下は特に重要と思われる 3 件である：

- ワイヤレス・セキュリティに関する米加協調 (U.S.-Canada Cooperation on Wireless Security): DHS サイバー・セキュリティ R&D センター (Cyber Security R&D Center) は「スマート国境宣言 (Smart Border Declaration)」の一環として、米加両国の国境警備機関間でセキュアなワイヤレス通信を確立することで協力している¹⁹。
- HSAPRA は、セルラー通信インフラを試験するプロジェクトを実施している。プロジェクトのプログラム・マネージャである Douglas Maughan 氏は、FCW イベント無線・RFID 会議と見本市 (FCW Events Wireless and RFID Conference and Exhibition) において、プロジェクトでは毎日約 1,000 件のメッセージを送信しており、エントラスト (Entrust) を含む様々なベンダーのソリューションやセキュリティ製品、その他要素を検証していることを明らかにしている。プロジェクトでは、衛星インフラの試験も実施中である²⁰。
- SAFECOM は、国家の緊急事態や危機に備え、“緊急救援隊員 (第一応答者)”による利用を想定して設計された、ワイヤレス通信システムの全米標準開発を管理する DHS のプログラムである。SAFECOM プログラム室 (SAFECOM Program Office) の責任者は、DHS の命令・制御・互換性局長 (Director for Command, Control and Interoperability) と DHS 研究開発室オペレーション担当次官 (Deputy Director for Operations at the DHS Office of Research and Development, S&T) を兼任する David Boyd 博士である。

¹⁹ <http://www.cyber.st.dhs.gov/wireless.html>

²⁰ [“DHS wireless experiment takes to orbit.” FCW.com, March 1st 2006.](#)

2.4 全米科学財団におけるワイヤレス・ネットワーク R&D

組織

NSF では、サイバー・インフラ室 (Office of Cyber infrastructure、責任者 Daniel Atkins 氏)、コンピュータ・情報科学・エンジニアリング局 (Directorate for Computer & Information Science & Engineering) コンピュータ・ネットワーク・システム部 (Division of Computer and Network Systems、責任者 Suzanne Iano 氏) など、複数の組織がネットワーク領域の研究開発に携わっている。前者は GENI プログラム、後者は NeTS プログラムの監督機関である。これらプログラムは、いずれもワイヤレス・ネットワークに関するものである。

サイバー・インフラ室 (OCI: Office of Cyber Infrastructure)

広範にわたる GENI プロジェクトは、モバイル・ネットワークを含む先進的概念のテストベッドを構築している。テストベッド開発プログラムは、以下を含む複数領域のワイヤレス・ネットワーク開発に参与している²¹：

- 物理層 (通信に利用する周波数など) とネットワーク層 (通信可能な範囲にあるワイヤレス機器のアドホック・ネットワーク形成など) の両視点から、自動的に自己設定できる認知無線 (Cognitive Radios)
- ワイヤレス通信を保護するための暗号法、防御ツール (なりすまし、サービス拒否攻撃、その他攻撃への対策など)、新攻撃アーキテクチャ (“クライアント・ツー・エッジ” に代わる “クライアント・ツー・クライアント” など) などセキュリティ
- 耐遅延アーキテクチャ (Delay-tolerant architectures) と自動コンテンツ配信アーキテクチャ
- ワイヤレス・ネットワークの視覚化は、ユーザーが GENI を正確に利用し、実験用無線ネットワークをシミュレーションできるようにするための領域である。GENI プロジェクトは、ハイブリッド無線 / 有線ネットワークと同様に、孤立したワイヤレス・ネットワークを仮想化するイニシアチブも発足している。

²¹ <http://www.geni.net/dev.php>

コンピュータ・情報科学・エンジニアリング局 (Directorate for Computer & Information Science & Engineering)

ネットワーキング技術・システム (NeTS: Networking Technology and Systems) プログラムの無線ネットワーク (WN: Wireless Network) 分野では、以下に示すような、ワイヤレス研究プロジェクトに対する補助金を提供している²²：

- NeTS-ProWIN: マルチ・ティア・ハイブリッド無線ネットワーク (Multi-Tier Hybrid Wireless Networks)
- 協調研究 (COLLABORATIVE RESEARCH): 協調無線ネットワーキングの新分類
- 次世代インターネットのための協調ハイブリッド無線アーキテクチャ (CHARIoT: A Cooperative, Hybrid wireless ARchitecture for the next generation Internet)
- イーサーの指紋 (Fingerprints in the Ether): ワイヤレス・セキュリティを強化する無線チャンネル開発 (Exploiting the Radio Channel to Enhance Wireless Security)
- マルチホップ無線ネットワーク内のチャンネル情報の実用 (Practical Use of Channel Information in Multihop Wireless Networks)
- 異種認知無線ネットワークのためのリソース管理と分散プロトコル (Resource Management and Distributed Protocols for Heterogeneous Cognitive-Radio Networks)

²² http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=12765&org=CNS

3 主要無線ネットワーク R&D センターのプロフィール

3.1 ラトガース大学 (Rutgers University)—WinLAB

所在地	New Brunswick, NJ
ディレクター	Dipankar Raychaudhuri
研究者数	研究者約 25 名、学生 40~50 名
予算	N/A
URL	http://www.winlab.rutgers.edu/

ミッション

ラトガース大学同研究所の主なミッションは、他の学術機関はもとより、連邦政府や民間セクターと協力し、ワイヤレス技術研究を行うことである。また、高度無線概念と技術分野の、研究者の教育にも力を入れている²³。

研究センターでは具体的に、以下に示す 2 つの主要概念に焦点を当てている²⁴：

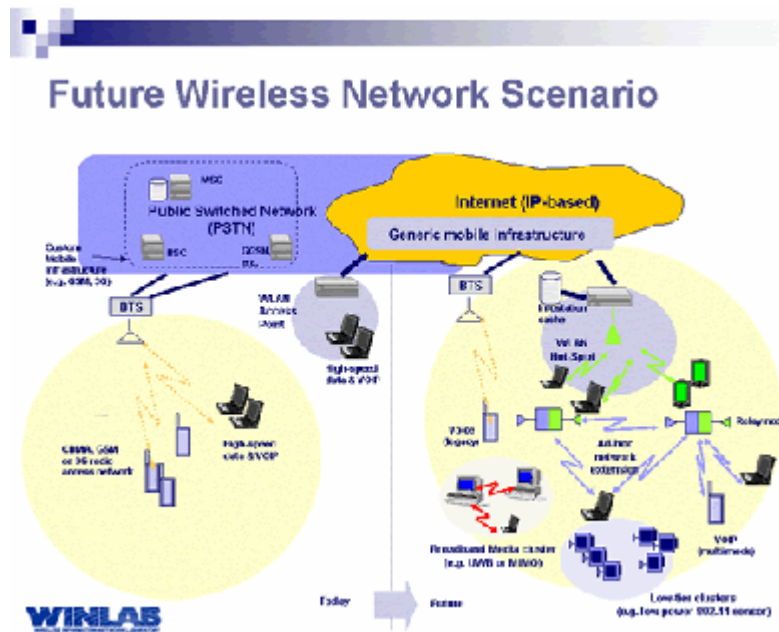
- **モバイル・インターネット(Mobile Internet)**： WinLAB の主な目的は、“モバイル・インターネット”を推進することである。具体的には、ワイヤレス・データ転送(無線アクセス技術と周波数帯利用)を、付随するプロトコルと機能(セキュリティなど)により改善する技術を研究する。
- **コネクティビティ(Connectivity)**： モバイル・インターネットでは、従来の“有線”インターネットに比べ、異なるデバイス間でより多くのコネクションが必要になる。これを踏まえ、自己組織、アドホック・ネットワーク、センサー・ネットワーク、新ルーティング/配信モデルといった課題に取り組む。

²³ <http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/about/about.html>

²⁴ <http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/about/vision.html>

歴史

WinLAB は 1989 年、David Goodman 博士によって設立された。同博士はベル研究所の元研究員で、1988 年にラトガース大学に着任した。センターは当初、商用化と技術移転実現の高い可能性を備えた研究施設に助成する NSF のプログラム「産業界/大学共同研究センター (Industry/University Cooperative Research Centers)」から多年度“シード資金 (Seed Funding)”を獲得して運営された。このことは、WinLAB がベル研究所やニュージャージー地域の他の研究組織と関係を構築する上で役立った。これら研究施設は、現在も WinLAB の研究を支援している。



出典: Rutgers WinLAB

組織とリーダーシップ

WinLAB の研究オペレーションは、ニュージャージー州ニューブランズウィック (New Brunswick) のラトガース技術センター II (Rutgers Technology Center II) 内にある。ワイヤレス研究は、以下に示す 4 領域に分割されている²⁵：

- **無線/モデム技術 (Radio/Modem Technology)** (認知無線、周波数帯測定、センサー・ネットワークなど)
- **無線リソース管理 (Radio Resource Management)** (干渉回避、周波数帯共有アルゴリズムなど)
- **モバイル・ネットワークとプロトコル (Mobile Networks and Protocols)** (QoS、アドホック・ネットワーク発見とルーティング、セキュリティなど)
- **モバイル・コンピューティング (Mobile Computing)** (文脈および位置情報認識、コンテンツ・キャッシング/配信といった課題など)

研究室の責任者は、ディレクターの Dipankar Raychaudhuri 博士である。同博士は約 120 の学術論文を発表し、ブロードバンド/無線ネットワーク、MAC プロトコル、デジタル動画、そして VSAT 衛星分野の特許 10 件に携わった経歴を持つ。

提携と関係

研究室は、他大学はもちろん、連邦政府や民間企業にも提携関係を拡大している。連邦政府および民間企業パートナーには、以下に挙げる 2 段階レベルのスポンサーシップを提供している²⁶：

- **フル・スポンサーシップ (Full Sponsorship)**：年間費用 7 万ドル。パートナーには研究室の産業諮問ボード (Industry Advisory Board) の議決権付きメンバーシップに加え、全中核的研究活動と(コード・ライセンスと同様に)成果技術の IPR に対する直接アクセスが与えられる。

²⁵ <http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/research/research.html>

²⁶ <http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/sponsorship/sponsorship.html>

- **準スポンサーシップ(Associate Sponsorship)**: 準レベルのスポンサーシップを選んだ組織には、中核的研究活動とコード・ライセンスの他、チュートリアルやワークショップなど、研究室のその他活動に対するアクセスが与えられる。年間費用 4 万ドル。

研究室の現在のスポンサーは、ルーセント(Lucent)、フランス・テレコム(France Telecom)、インテル(Intel)、NTT ドコモ、クアルコム(Qualcomm)、ベライゾン・ワイヤレス(Verizon Wireless)、米国陸軍などである。また、研究室はアルバ・ネットワークス(Aruba Networks)、PnP ネットワークス(PnP Networks)などの組織とも協力関係にある²⁷。

主要プロジェクトとイニシアチブ

WinLAB で現在進行中の研究の一部を以下に示す:

- **次世代ワイヤレス・ネットワークのためのオープン・アクセス研究テストベッド(ORBIT: Open Access Research Testbed for Next-Generation Wireless Networks) - ワイヤレス・ネットワーク・テストベッド(Wireless Network Testbed)**: 2003 年に始まった NSF 助成プロジェクト。“無線グリッド”の構築を目指し、屋内“エミュレータ”と試験ネットワークから構成される。
- **車両ネットワーキング(Vehicular Networking)**: 2006 年に開始された NSF と民間セクターが出資するプロジェクト。ネットワーク・ノード・ハンドオフ、位置情報ベース・サービス、そしてメッセージングなどアプリケーションを含む、高度モバイル車両ネットワーキングに関する課題を研究する。
- **アドホックと 4G モバイル・ネットワーク・プロトコル(Ad-Hoc and 4G Mobile Network Protocols)**: 将来の“4G”ネットワークと同様に、現在のネットワーク(WLAN、現行の“3G”モバイル・ネットワークなど)に関する課題に着目。トピックスは具体的にデータ・キャッシング/配信、自己組織ネットワーク、無認可周波数帯のデバイス政策などである。
- **インフォステーション(Infostations)**: 1998 年に DAPRA から資金援助を受けて始まったプロジェクト。公安と緊急救援隊員(第一応答者)を対象とするアプリケーションおよび位置特定デバイス(application- and location-specific devices)向け広帯域・短距離通信の開発に取り組んでいる(現在は技術移転段階にある)。

²⁷ <http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/sponsorship/sponsorlist.html>

3.2 テキサス大学オースチン校 ワイヤレス・ネットワーキング・通信グループ (University of Texas at Austin-Wireless Networking and Communications Group)

所在地	Austin, TX
ディレクター	Gustavo de Veciana
研究者数	研究員 14 名、学生約 80 名
予算	入手不可
URL	http://wncg.ece.utexas.edu/

ミッション

テキサス大学オースチン校のワイヤレス・ネットワーキング・通信グループ(WNCG)は、ワイヤレス分野の基礎研究と技術の進展に特化した研究を進めている。また、研究結果の商業化に非常に力を入れており、このため、民間セクターとの協業は言うまでもなく、起業家精神も重視している²⁸。

歴史

WNCG は 2002 年、Ted Rappaport 氏によって設立された。Rappaport 教授はこれより先にバージニア工科大学に所属し(同氏はそこでもモバイルとポータブル無線研究グループを設立した)、TSR テクノロジーズ(TSR Technologies)とワイヤレス・バレー・コミュニケーションズ(Wireless Valley Communications, Inc.)のワイヤレス関連企業 2 社を起業した。NSF での先のコネクションを利用し、NSF プログラムと業界筋から資金の獲得に成功、WNCG を組織した。同氏は現在、学術界におけるネットワーキング研究第一人者の一人であり、GENI イニシアチブで主導的役割を担っている。

²⁸ <http://wncg.ece.utexas.edu/about/>

組織とリーダーシップ

WNCG は、以下に示す複数の研究室から構成される：

- アドホックとセンサー・ネットワーク・ラボ (Ad Hoc and Sensor Network Lab)
- デジタル・タイム・シリーズ・ラボ (Digital Time Series Lab)
- 組み込み型信号処理ラボ (Embedded Signal Processing Lab)
- 画像と動画エンジニアリング・ラボラトリー (Laboratory for Image and Video Engineering)
- ネットワーク・エンジニアリング・ラボラトリー (Network Engineering Laboratory)
- RFシステムと伝播ラボ (RF Systems and Propagation Lab)
- シミュレーション・ラボ (Simulation Lab)
- ソフトウェア MIMO 試作ラボラトリー (Software-defined MIMO Prototyping Laboratory)
- ワイヤレス・ネットワーキング・ラボ (Wireless Networking Lab)
- ワイヤレス・システム革新ラボ (Wireless Systems Innovation Lab)

研究室は、Gustavo de Veciana 氏と Jeff Andrews 氏 (アソシエート・ディレクター) が率いている。Rappaport 教授は、今も現役の WNCG メンバー兼設立ディレクター (Founding Director) である²⁹。

²⁹ <http://wncg.ece.utexas.edu/people/facultydetail.php?id=12>

提携と関係

WNCG は企業に対し、様々なスポンサーシップ機会を提供している。以下はその例である³⁰：

- **産業アフィリエイト・メンバーシップ(Industrial Affiliate Membership)**：年間費用 5 万ドル。企業には研究室科学者による季刊研究出版物の他、オンサイト会合、電話会議、年次会合を通じ、研究者へのアクセスが提供される。
- **産業アフィリエイト出資研究 (Industrial affiliate sponsored research)**：年間費用 10 万ドル。スポンサーには研究室の研究者、または複数の研究者と共同開発した成果に対する IPR が与えられる。
- **指定研究(Directed Research)**： 研究プログラムを設計する機会を与える。この方法は、州および地方政府機関との提携で一般的に利用されている。

研究室の現在のスポンサーは、AT&T、 デル (Dell)、 エリクソン (Ericsson)、 クアルコム (Qualcomm)、 サムソン (Samsung)、 モトローラ (Motorola)、 テキサス・インスツルメンツ (Texas Instruments) などである。

主要プロジェクトとイニシアチブ

現在、WNCG で実施されているプロジェクトを以下に示す³¹：

- **高度無線技術 (Advanced radio technologies)**： アンテナと伝播、多重アンテナ送信機と受信機 (MIMO: Multiple Antenna Transmitters and Receivers)、符号分割多元接続 (CDMA: Code Division Multiple Access)、直交周波数分割多重・多元接続 (OFDM/OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiplexing and Multiple Access)

³⁰ <http://wncg.ece.utexas.edu/sponsorship/>

³¹ <http://wncg.ece.utexas.edu/research/>

- **システム設計、導入、試験 (System design, implementation, and experimentation)**: 信号処理実施 (Signal Processing Implementation)、テストベッドとしての UT ネットワーク (UT Network as Testbed)、WIMAX 標準化 (WIMAX Standardization)、802.11n
- **ワイヤレス・ネットワーク**: メッシュ・ネットワーク (Mesh Networks)、モバイル・アドホック・ネットワーク (MANETs: Mobile Ad hoc Networks)、センサー・ネットワーク (Sensor Networks)、無線ネットワーク管理とセキュリティ (Wireless Network Management and Security)、無線ネットワーク制御と最適化 (Control and Optimization Over Wireless Networks)
- **ワイヤレス・マルチメディア**: 画像通信 (Image Communication)、動画通信 (Video Communication)、QOS、動画品質評価 (Video Quality Assessment)
- **新興アプリケーションと技術**: 分散型動画監視 (Distributed Video Surveillance)、センサー・ネットワーク (Sensor Networking)、パーベイシブ/ユビキタス・コンピューティング (Pervasive/Ubiquitous Computing)、ピア・ツー・ピアとオーバーレイ・ネットワーク (Peer-to-Peer and Overlay Networks)、マルチホップ無線ネットワーク (Multihop Wireless Networks)、クロスレイヤー設計 (Cross Layer Design)、認知無線 (Cognitive Radio)

その他、WNCG はモバイル・ネットワーク・デバイスの実際のネットワーク機能を検証する、DARPA が出資する予算 650 万ドルの新プロジェクトを指揮することが決まっている。向こう 5 年間に他 7 研究機関の研究者と協力し、技術および環境の両因子が、ネットワーク・デバイスの性能にどのように影響を与えるかに関する基礎理論の解明を目指す³²。

³² “UT to look at mobile network approach,” Austin American-Statesman, October 5th 2006.

3.3 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)

所在地	Murray Hill, NJ
ディレクター	Jeong Kim
研究者数	N/A
予算	12 億ドル (ルーセントの 2006 年度 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 (Alcatel-Lucent) の事業を活性化することである。ベル研究所は従来、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一つだったが、最近では研究のビジネス傾向が強くなっている。

歴史

ベル研究所は 1925 年に設立され、以来、通信産業に限らず、米国経済全般の重要な革新者の一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置かれ、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なる革新 (イノベーション) の大部分をもたらすものと期待されている。

組織とリーダーシップ

ベル研究所の無線研究は、組織内の 2 つの研究室で実施されている：

- **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、無線技術のネットワーク側面の研究を行っており、それにはメッシュ・ベース無線帰路 (backhaul)、携帯電話の屋内カバレッジ、新無線インターフェース (MIMO など)、無線ネットワーク分析・設計・維持ツール、デジタル衛星ネットワークなどが含まれる。

- **ワイヤレス研究ラボラトリー (Wireless Research Laboratory):** 物理科学研究 (Physical Science Research) の一環として、ベル研究所無線研究ラボラトリーは、一部の低レベルなネットワーキングに関する課題 (PHY、MAC レイヤーなど) に加え、無線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。

ベル研究所長である Jeong Kim 氏は最近、「革新を活かしたい」とコメントしている。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³³。

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することができる：

- **産業パートナーシップ (Industry Partnerships):** 通信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)³⁴。
- **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も頻繁に実施している。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進める意向を示している。

主要プロジェクトとイニシアチブ

ベル研究所で実施されている無線技術に関する主要イニシアチブの一部を以下に示す：

³³ “New mission for Bell Labs: Profit,” The International Herald Tribune, December 6th 2006.

³⁴ *Thompson Securities Data Corporation.*

- **集中型有線・無線アクセス (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³⁵。
- **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³⁶。
- **ワイヤレス・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³⁷。
- **高速回路とシステム研究 (High-speed Circuits and Systems Research):** 企業の製品に統合されるシングル・チップ無線の開発³⁸。
- **ワイヤレス・システムと技術研究 (Wireless Systems and Technology Research):** アンテナとその材質の開発といった課題の研究など³⁹。
- **ワイヤレス通信研究 (Wireless Communications Research):** ワイヤレス・ネットワークの開発と導入に関する研究と、無線カパレッジを増やすための新アーキテクチャ開発⁴⁰。
- **グローバル・ワイヤレス・システム研究 (Global Wireless Systems Research):** UTMS と他の“4G”技術のエア・インターフェース層の研究⁴¹。

³⁵ [Bell Labs.](#)

³⁶ [Bell Labs.](#)

³⁷ [Bell Labs.](#)

³⁸ <http://www.bell-labs.com/org/wireless/>

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ *Ibid.*

3.4 NIST 情報技術ラボラトリー・高度ネットワーク技術課 (Information Technology Laboratory, Advanced Network Technologies Division)

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	入手不可
URL	http://w3.antd.nist.gov/

ミッション

NIST 情報技術ラボラトリー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。同課は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の貢献を通じ、これを実現している⁴²。

組織とリーダーシップ

NIST では、無線研究は情報技術ラボラトリー (ITL: Information Technology Laboratory) 内で実施されている。ITL を主導するディレクターの Cita Furlani 氏は、もともと連邦政府内の情報技術と、連邦政府機関に対する情報技術分野の革新者兼アドバイザーとしての NIST の役割を強力に支持してきたことで知られる。

ANTD を率いるのは、David Su 氏である。Su 氏は ANTD のチーフであると同時に、WDM ネットワーク計測学 (WDM Network Metrology)、WDM ネットワーク・プランニングとモデリング (WDM Network Planning and Modeling)、WDM ネットワーク QoS (WDM Network Quality of Service) といった複数のプロジェクトにも参加している。

⁴² <http://w3.antd.nist.gov/whatantddoes.shtml>

提携と関係

ANTD は、以下に示す連邦政府および標準策定組織を外部パートナーとして挙げている⁴³：

- **IEEE**: 802 標準規格の下、WPAN 標準化について IEEE と協力。
- **IETF**: モバイル・アドホック・ネットワーキングについて IETF と協力。
- **全米通信システム(NCS: National Communications System)**: 高速ネットワーキング、2.4GHz 干渉問題、ネットワーク復旧を含む問題について NCS と協議。
- **NTIA**: LMDS 帯域の伝播チャンネル・モデルについて NTIA と協力。

主要プロジェクトとイニシアチブ

NIST の ANTD で実施されている主要プロジェクトは以下の通りである：

- **シームレス・セキュア・モビリティ(Seamless and Secure Mobility)**: ユーザーが介入することなく“利用可能なベスト”のネットワークに無理なく接続できるデバイスを取り巻く課題に対処する、標準設定を目指すプロジェクト。プロジェクトが排除に努める障害には、ベンダーごとに異なるソリューション間の互換性の欠如、“複雑なネットワーク (complex networks)”の性能とセキュリティを効率的に測定する能力の欠如などがある⁴⁴。
- **ワイヤレス・アドホック・ネットワーク(Wireless Ad-Hoc Networks)**: 公安、災害復旧、軍事などのアプリケーション向けモバイル・アドホック・ネットワークの利用を研究するプロジェクト。解決を目指す問題には、ネットワークのトラフィックを組織・予定するための効率的な分散型アルゴリズムなどがある⁴⁵。また、類似アプリケーション (生物学的または化学的攻撃の発見など)用に、特に無線アドホック・センサー・ネットワークに着目している⁴⁶。

⁴³ http://w3.antd.nist.gov/ext_re1.shtml

⁴⁴ <http://w3.antd.nist.gov/seamlessandsecure.shtml>

⁴⁵ http://w3.antd.nist.gov/wahn_mahn.shtml

⁴⁶ http://w3.antd.nist.gov/wahn_ssn.shtml

4 まとめ

米国は、ワイヤレス・ネットワーキング R&D 分野におけるリーダーシップを、技術的競争力の重要な指標と捉えている。ワイヤレス通信は通信業界における急成長分野の一つであり、通信分野の投資は生産性と効率の向上をもたらし、それによる一層の経済的利益が期待されている⁴⁷。これを背景に、ワイヤレス R&D プロジェクトには今後、連邦政府の関心がさらに集まることと思われる。

しかし、連邦政府の全体的なワイヤレス研究投資は、IT の他の領域への投資、特に新ワイヤレス技術に対する市場の需要に比べ、比較的小さな規模に留まっている。連邦政府研究機関は、将来的に様々なプログラムを通じ、連邦分野の一層の革新を支援することについて関心を明確に示している。

4.1 連邦ワイヤレス・ネットワーキング R&D における主要テーマ

連邦政府機関の主要なワイヤレス研究プログラムと、これらプログラムの研究を実際に行う研究センターをレビューしたところ、それらに共通するテーマが明らかになった。

- **ソフトウェア・ラジオ(SDR: Software-defined radio)**: 複数の連邦政府機関が SDR、特にオープン・ソース・ソフトウェアを利用する新 SDR 機能とプラットフォーム開発に興味を示している。SDR 技術はワイヤレス・ネットワーキング・デバイスの柔軟性を高め、費用を削減すると期待されている。
- **モバイル・アドホック・ネットワーク(MANETs: Mobile Adhoc Network)**: MANETs は、複数の研究プログラムと研究センターのプロジェクトの焦点になっている。自己設定・自己存続するメッシュ・ネットワークを構築する能力は、軍部、危機管理機関、そして民間利用において、非常に重要と考えられている。MANETs に関する研究は、単純なネットワーキングとコネクティビティに着目したものから進化し、今では MANETs のセキュリティと分散型ネットワーク管理といった課題に焦点が当てられている。

⁴⁷ 通信研究投資の経済的正当化については次を参照： *Renewing U.S. Telecommunications Research*, Computer Science & Telecommunications Board, National Academy of Science, 2006, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11711.

- **ワイヤレス・センサー・ネットワーク(Wireless sensor networks)**: いくつかの米国の研究プログラムは、ワイヤレス・センサーに着目している。ワイヤレス・センサーは、軍部と本土防衛アプリケーションの主要技術でもある。他にも RFID とその類似技術の成長は、広く分散されたセンサー・ネットワークには、同様に商業的アプリケーションの可能性もあることを示唆している。
- **4G ワイヤレス(4G Wireless)**: 4G ワイヤレス技術に関する研究のほとんどは、HP ラボ(HP Labs)やルーセント・ベル研究所といった企業の研究施設で実施されているが、連邦政府は干渉と周波数帯管理といった領域において、4G 研究促進への投資で重要な役割を担っている。また、NIST と NTIA は、将来の 4G システムの主要標準作成において、密接に協力している。

4.2 ワイヤレス・ネットワーキング R&D 投資に関する傾向

ワイヤレス・ネットワーキング R&D に対する連邦政府による全体投資額を正確に割り出すことは難しく、投資額成長率も困難である。しかし、ワイヤレス・ネットワーキングへの関心は、連邦政府全体に広がっているようである。DARPA は現在、ワイヤレス・センサー・ネットワーク領域のプログラム以外に、3 件のワイヤレス・プログラムを同時進行させている。NSF のワイヤレス・ネットワーキング・プログラムは開始からまだわずか数年だが、無線に焦点を当てた NSF 初の資金拠出プログラムである。DHS、国立衛生研究所(National Institutes of Health)、そして NASA も同様に、それぞれの使命志向型研究にワイヤレスを統合している。

これらプログラムと様々な機関で実施されている超大型システム調達プロジェクトは、連邦政府内でワイヤレス R&D に対するリーダーシップ・サポートが増加していることを示している。それでもなお、連邦政府が拠出額を現行レベルから相当な額に増やすには、機関トップ、行政予算管理局(OMB)、そして連邦議会の承認が必要なことから、しばらく時間を要するものと見られる。