

加入者系ATM無線リングシステム

ATM Wireless Access Ring System

大西 和男
OHNISHI Kazuo

矢野 陽一
YANO Yoichi

大崎 善朗
OSAKI Yoshiro

芦川 栄晃
ASHIKAWA Sakaaki

都市部を中心とした通信加入者収容方式として、回線敷設工事が簡易な無線を用いることで、迅速かつ安価にサービスを提供する加入者無線収容方式が検討されている。特に、加入者アクセス回線を保有しないNCC(New Common Carrier)においては、加入系市場への早期参入手段として注目されている。

今回開発したシステムは、ATM(非同期転送モード)伝送方式を用いた伝送ノードをリング状に配置し、ノード間は無線により接続するものであるが、マルチメディア情報の通信に適したATM方式を用いることで、様々な既存インタフェースの収容と、今後広帯域化されるATM通信や、IP(Internet Protocol)通信サービスに対応することが可能なネットワークシステムの提供を行うことができた。

As a method of responding to the needs and promoting the expansion of communication line users mainly in urban areas, we are considering the establishment of a radio network system that will enable us to provide services rapidly and at low cost since the construction work for installing radio communication lines is relatively easy to complete. The main reason why we have decided to develop and thus propose such a system was that it came to our attention as an effective means of rapidly entering the subscription-based market, especially for New Common Carriers (NCCs) that have no subscriber network.

The system that we have developed this time is based on an asynchronous transfer mode (ATM) transmission method using radio communication lines established between transmission nodes that are arranged in a ring configuration. By using the ATM method, which we consider to be the most suitable for exchange of data and information in multimedia communication, we can now provide a network system that is applicable to a wide variety of communication interfaces.

1 まえがき

都市部を中心に、回線敷設工事が簡易な無線(準ミリ波・ミリ波帯: 22/26/38GHz帯)を用い、迅速かつ安価にサービスを提供する加入者無線収容方式が脚光を浴びている。特に、加入者アクセス回線を保有しないNCCでは、加入系サービス市場への早期参入手段として注目されている。

そこで、日本テレコム(株)と東芝は上記の新加入者無線周波数の割当に対応した“加入者系ATM無線リングシステム”の共同開発を行い、システムの所期性能を確認完了したので以下に紹介する。

今回開発したシステムは、ATM伝送方式を用いた伝送ノードをリング状に配置し、ノード間は無線により接続するものである。

ATM伝送方式は、次世代のマルチメディア伝送技術として国際標準でも注目され、すでに様々な通信装置がATM方式を採用している。

東芝においても、すでにATMスイッチを始めとするATM製品を提供しているが、今回開発したシステムはこうしたATM伝送技術を応用し、加入者収容部分の伝送媒体として高速・広帯域な無線を用いたシステムであり、これらの技術を融合した新たなシステムである。

ATM方式を用いることによるメリットは次のとおりである。

- (1) ATMアダプテーション機能により様々なインタフェースの提供が可能であり、マルチメディアに容易に対応できる。
- (2) インターネットなど近年増大するバースト的なトラヒック^(注1)にも柔軟に対応することができ、伝送路のトラヒックを有効に活用することができる。
- (3) 様々なメディアの品質に応じて、適切な伝送環境を割り当てることができ、伝送路を効率的に利用できる。
- (4) 今後増加するATM専用線、IP高速通信への対応が容易である。

また、リングネットワーク方式は、今回の無線環境(伝送距離が数km)を考慮し、効率的にエリアをカバーできること、また障害時の復旧能力にも優れた方式として採用した構成である。

図1に示すように、システムを構成するノードは主に都市部のビル上などに設置されノード間は無線で接続、近傍の加入者を収容するが、基幹ネットワークへの中継・接続

(注1) ATM方式では、情報の発生に合わせて必要なセルを生成することで通信を行う。このため、画像などの通信では画像の情報量に合わせて、突然大容量のデータが流れたり、また突然ほとんどデータが流れなくなったりする。

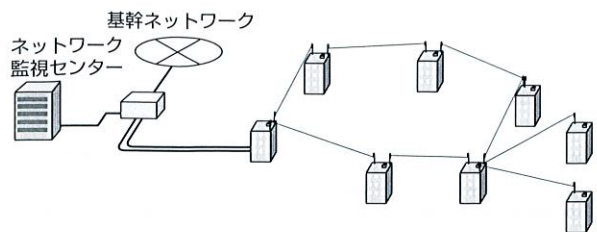


図1. 加入者系ATM無線リングシステム 都市部のビルなどに設置され、無線を用いた加入者収容ネットワークが構成される。

Subscriber ATM radio ring system

統部分では光ファイバなども用いる構成のシステムである。

このシステムの特長は次のとおりである。

- (1) 無線機を用いた効率的な加入者の収容
- (2) マルチメディア対応の容易性と将来性を重視したATM伝送方式の採用
- (3) リング型ネットワークによる障害時の迂回機能の実現
- (4) リング形態による加入者収容ノードの効率的な配置

2 ATMリングノード

2.1 システム構成

ATMリングノードは、加入者無線リングシステムを構成するノード装置であり、CN(Center Node), BN(Base Node), RN(Remote Node), LN(Local Node)で構成される(図2)。

CNは、加入者の通信を集線しネットワークの幹線との接続を行うとともに、加入者無線リングシステムを制御するノードである(図3)。BNはCNと接続し、基幹ネットワークと、加入者収容ノードRNとを中継するノードである。BNからリング状に複数のRNが接続されるが、リングは最大4リングまで拡張することができ、BN1拠点から効率よくエリアをカバーすることが可能である。

RNは、加入者を収容するノードであり、サービス提供さ

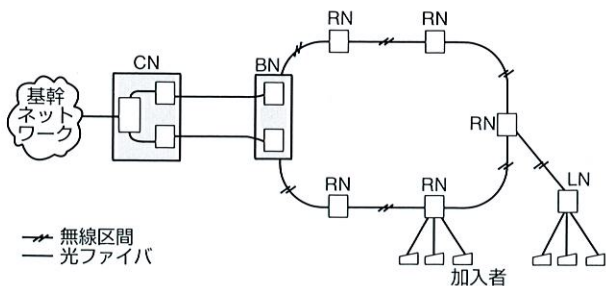


図2. リングノードの構成 リングネットワークはCN, BN, RN, LNの各ノードによって構成される。

Ring node structure

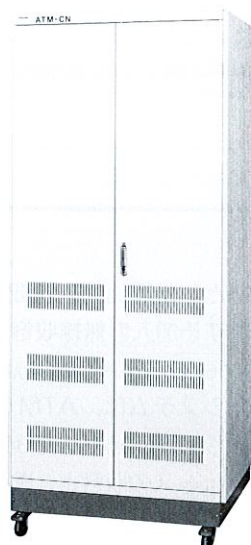


図3. CN 加入者の通信接続を基幹ネットワークと接続する。

Center node (CN)

れる通信インタフェースを収容している(図4)。

LNは、6MbpsのATMインタフェースを用いRNと無線で接続、RN近傍では収容不可能な加入者を、さらに数km延長して収容するためのノードである。



図4. RN インタフェース機能を持ち加入者を収容する。

Remote node (RN)

2.2 システムの機能

2.2.1 通信機能 このシステムにおける通信は、各種インタフェースをATMアダプテーション機能を用いることで、ATMに統一化して伝送するものである。

ATMアダプテーション機能は加入者を収容するRN、およびネットワーク基幹と接続されるCNノードのそれぞれで行われ、両ノード間をATM接続で接続することで、加入者-基幹ネットワーク間の通信を実現している。

表1にこのシステムで提供するインタフェースを示す。

表1. 提供インタフェース一覧
Supporting user interfaces

インタフェース	インタフェース速度	準拠する規格*
1.5Mbps 高速デジタル伝送サービス ユーザー・網インタフェース	1.5Mbps	JT-I431a
ISDN 一次群 ユーザー・網インタフェース	1.5Mbps	JT-I431
6.3Mbps 高速デジタル伝送サービス ユーザー・網インタフェース	6.3Mbps	JT-G703a

* 電信電話技術委員会(TTC)のTTC標準番号

2.2.2 耐障害機能—障害迂回(ループバック)機能 リングネットワークでは、ツリー(メッシュ)状のネットワークに比べ、障害の部位によってシステム全体に及ぼす影響が少ないという特長をもっている。

このシステムでは、リング内の障害部位をリング内の通信経路を折り返す(ループバックする)ことにより高速に迂回する。

図5は、ノードに障害が発生した場合、その両端のノードでループバックが設定され、通信を継続的にするようすを示している。

図5に示すように、リングシステム内にはそれぞれ双方向の伝送路があり、通常は一方の伝送路だけを用いて通信しているが、伝送路やノードの障害により途中が途切れた場合、途絶した部分で経路を折り返し、もう一方の伝送路に迂回することで通信を保証している。

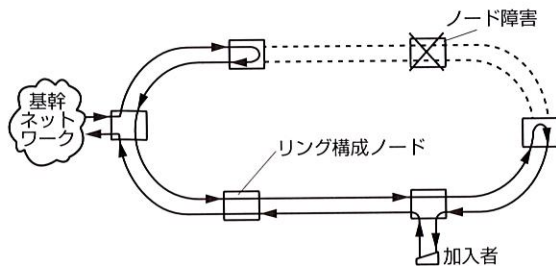


図5. 障害時ループバック ノードや回線の障害により自動的にループバックを実行する。
Loop-back at node/line failure

2.2.3 耐障害機能—制御機能二重化 CNは、RN相当のノードを複数収容した構成のノードであり、基幹ネットワークとの接続を行うインタフェースを収容する“インタフェース収容ノード”，BNとの中継接続を行う“CN中継伝送ノード”から構成されている。

CN中継伝送ノードは、2台1組のACT(現用系)/SBY(待機系)構成でリングを制御する機能をもっており、これにより加入者無線リングシステム全体の信頼性向上を図って

いる。

通常、一方のCN中継伝送ノードによりリング全体の制御が行われているが、その時点で制御をしているACTノードがダウンした場合、もう一方のノード(SBYノード)がその状態を検出し、リング全体の制御を引き継ぐようになっている。

この制御ノードの二重化機能により、後で説明する障害時の自動迂回制御など、加入者無線リングシステム内の通信継続に必須な制御機能を、システムを停止することなく提供することが可能である。

2.3 監視装置

監視装置は、このリングシステムの運用状態を監視するための装置であり、NMS(Network Management System)と呼んでいる。

NMSは、HewlettPackard社の標準ネットワーク管理システムであるOpenViewをベースソフトウェアとして採用し、業界標準であるSNMP(Simple Network Management Protocol: IETF(Internet Engineering Task Force) 準拠)ベースで、装置単体、加入者無線リングシステム全体のそれぞれを管理する画面を新たに開発することで実現している。このNMSの機能一覧を表2に、NMSの操作画面の一例を図6に示す。

装置の監視や操作には了解性(保守者が操作しやすい状態)を高めるため、装置そのものの画面を作成するなどのくふうが加えられており、使い勝手の良いシステムに仕上げることができた。NMSはまた、階層構成を組むことができ、それぞれのエリアごとに配置された監視装置を統括的に監視する上位のNMSを構成することが可能である。

表2. 監視装置(NMS)機能一覧

Function list of network management system (NMS)

機能分類		インタフェース速度
リング管理機能	構成機能	リング構成定義, 構成情報保存
	運転機能	リング起動・停止, 工事区間操作, 障害ループバック切り戻し, 制御ノード二重化操作(切替/情報継承)ノード状態参照
ノード管理機能	構成機能	構成定義(基板定義/回線定義), 構成情報保存, クロック操作, IP 関連情報操作(IP アドレス/経路情報など)ノード/回線名称定義
	運転機能	基板・回線操作(起動, 停止), リセット
	障害機能	障害監視制御(監視抑止), 状態型警報操作, ゲージ型警報操作, 接点警報操作
	バス操作機能	バス設定/解放/参照, VC 交換/VP 交換設定, トラフィック優先度設定, ポイントポイント/ポイントマルチポイント設定
	性能管理機能	トラフィック表示(正常ATMセル数/廃棄ATMセル数)
	試験機能	インタフェースループバック操作, スイッチループバック操作, F4/F5 OAMセル試験機能, テストデータ試験機能
セキュリティ機能	パスワード管理	

VC: Virtual Channel VP: Virtual Path OAM: Operation and Management F4/F5 OAM: VPC(VP Connection)レベルのメンテナンスフロー, VCC(VC Connection)レベルのメンテナンスフローの制御が行える。

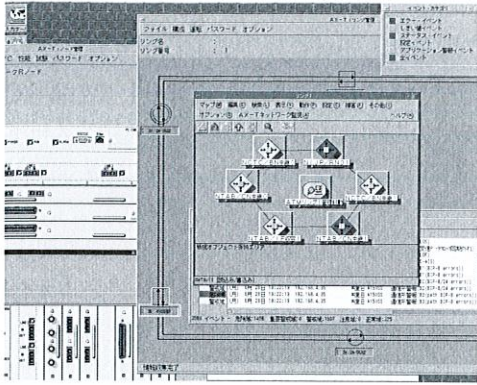


図6. NMS画面例 画面とマウス操作により、リングやノードの状態監視、構成制御などを行うことができる。
Example of NMS display

この階層構成により、基幹ネットワークに接続されるすべてのエリアの警報を集中で監視したり、各エリアのNMS自体の故障に対する保証や、エリアをまたがった構成定義(パスの定義など)を統括的に行うことができる。

これにより通信事業者などネットワークサービスを提供する顧客においても、全国規模のネットワーク管理を実現することができる。

3 PTP(Point To Point)無線装置

加入者系ATM無線リングシステムは経済活動が集中する都市部に多く構築される。都市部の場合、土地利用率がきわめて高く地下道から高層ビルまで三次元空間での過密化が著しい。このような環境下で、光ファイバによる通信路の確保は物理的、コスト的に難しい場合が多い。

そこで、ノード間の通信路を無線によって確保する方法がきわめて有効である。例えば、ビルの屋上などに簡易的に無線機を設置し、相手ノードとの見通しさえあれば、容易に通信路を確保しシステム構築ができる。

3.1 ミリ波帯無線回線の活用

高度情報社会の都市部では電波利用率が非常に高く、周波数選択が難しい。一方、従来ミリ波帯は降雨減衰が大きいため、必ずしも高い利用率ではなかった。

表3. 降雨減衰による回線不稼働率と最大伝搬距離例
Traffic reliability in terms of rain attenuation and maximum transmission distance

回線不稼働率	不稼働時間	最大伝搬距離
0.0001 %	3秒/年	0.9 km
0.0004 %	12秒/年	1.0km
0.001 %	32秒/年	1.1km
0.001 %	5分/年	1.5km
0.01 %	53分/年	2.4km

しかし、回線瞬断率と回線マージンの確保などの回線設計の最適化と符号誤り訂正方式の採用などにより、ミリ波帯においても、信頼性の高い無線回線を実現できる(表3)。

3.2 PTP無線装置の概要

このようなミリ波帯において、設置場所を選ばず、容易にシステム構築ができる経済的な小型、低消費電力、高信頼性の無線装置を開発した。以下に述べるように、工事性、保守性にも優れており、スピーディでコストパフォーマンスの高い無線リングネットワーク形成によって、加入顧客のニーズを的確にとらえることができる。

PTP無線機の外観を図7に示す。PTP無線機は、ODU(屋外ユニット)とIDU(屋内ユニット)で構成される。

ODUは小型で洗練されたデザインで、ビル設置時のオーナーとテナントへの美観も配慮した。ODUはアンテナと一体構造となっており、方向調整機構を搭載した雲台によってビルの屋上などのポールへ容易に設置できる。構造は信頼性の高い密閉筐体(きょうたい)である。アンテナ方向調整時に、デジタルボルトメータなどでその場で受信レベルが読めるモニタ端子、干渉波の有無を確認するためスペクトラムアナライザを接続できるIF(中間周波数)モニタ端子が装備されおり、設置調整時のフィールド作業性に優れている。

IDUは19インチ標準ラックへの高密度実装を考慮して、従来になくきわめて薄形のデザインとしている。これにより、スペースファクタと放熱特性を向上させ、低消費電力化ともあいまって、自然空冷を実現し、ファン交換などの煩わしい保守作業を不要とした。装置前面には警報の発生と装置動作状態を一目で確認できる表示を設けた。

両ユニットともメンテナンスフリーで、保守性に優れており、運用開始後、設置ビルへの立ち入りを最小化できる。

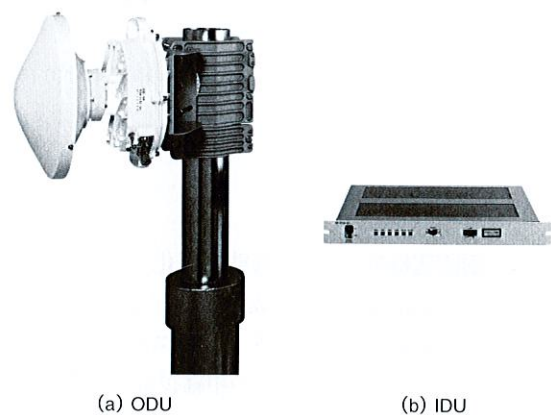


図7. PTP無線装置 ODUとIDUの両ユニットは同軸ケーブルで接続され、ODUの電源、監視信号などはこれを通じIDUで一括して扱われる。

PTP radio equipment

3.3 PTP 無線装置の主要諸元

PTP 無線装置の主要諸元を表 4 に示す。基本性能は ARIB (Association Radio Industries and Businesses) スタンダードに準拠している。

表 4. PTP 無線装置の主要諸元

Specifications of point-to-point (PTP) radio equipment

項目	諸元
周波数	22GHz 帯
送信電力	+12dBm
伝送容量	156Mbps
変調方式	16 値直交振幅変調方式 (16QAM)
占有周波数帯幅	54.2MHz
符号誤り訂正方式	リードソロモン符号 (255/239)
アンテナ	軸対象力セグレンアンテナ 30cm (32.7dBi) または 60cm (38.8dBi)
IDU-ODU インタフェース	8D-FB 同軸ケーブル最大 300m
ユーザーインタフェース	ITU-G957 S-1.1 準拠
電源	AC 100V または DC -48V
温度条件	IDU : 0 ~ 40 °C, ODU : -10 ~ 50 °C
寸法	IDU : 幅 480mm × 高 49mm × 奥行 370mm ODU : 直径 320mm 以下
警報監視	無電圧接点出力 5 接点 パソコンによる保守コンソールで現地点検

世界標準の STM-1 (Synchronous Transfer Mode-1) 光インタフェースに適用し、しかも ATM ノード装置と組み合わせることで経済的なシステムを構築するため、STM-1 信号をトランスペアレントに伝送する。156Mbps の高速データを最小の占有周波数帯域幅で伝送するため、16QAM (16 値直交振幅変調方式) を採用した。

気象状況などによる回線稼働率低下を避けるため、FEC (Forward Error Correction) 方式リードソロモン符号訂正を採用し、最大 8 バイトの連続パーストエラーを訂正できる。さらに、伝送符号誤り特性の許容限界値は ATM 伝送に適用するため、セル破棄率が問題なく使用できる 10^{-8} 以下とした。

受信レベル対符号誤り特性例を図 8 に、送信変調スペクトラム特性例を図 9 に示す。

3.4 構成

PTP 無線装置の構成を図 10 に示す。

22GHz 帯送受信部分は小型モジュール化し、局部発振器を送受信共用とすることにより、経済性、高信頼化を実現した。

このモジュール部の局部発振器は PLL (Phase Locked Loop) シンセサイザ方式を用い、22GHz 帯で自在に周波数設定できる。さらに、この周波数帯の PLL としてはきわめて優れた位相雑音特性を実現し、ピュリティの高い搬送波を送出している。

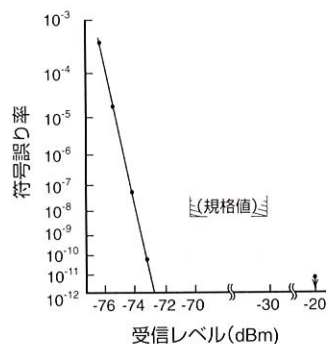


図 8. 受信レベル対符号誤り特性例 リードソロモン符号による FEC 誤り訂正方式によって、ATM 伝送においてセル破棄が問題とならない 10^{-8} を受信レベル -70.2dBm で実現している。

Receiving power level vs. error rate

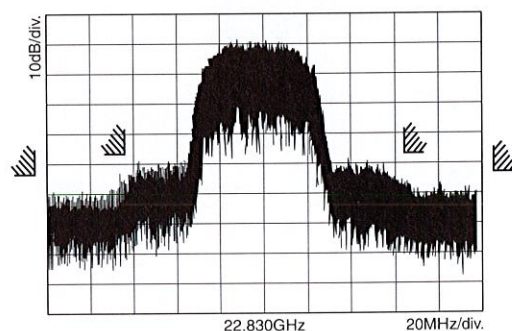


図 9. 送信変調スペクトラム特性例 16QAM 方式の変調スペクトラムは、リニアリティの良い送信パワーアンプによって十分な側波帯抑圧比となっている。

Characteristics of transmitter modulation spectrum

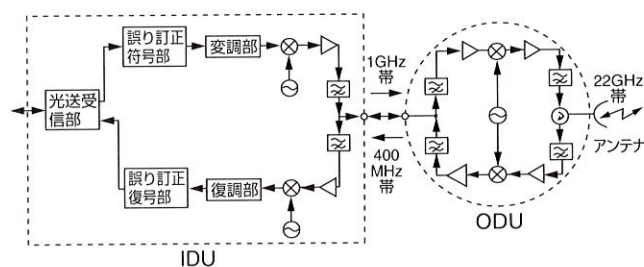


図 10. PTP 無線装置の構成 変復調部は回路構成のくふうと最新の集積回路の採用、ミリ波送受信部は超高周波モジュール化技術により小型化、高信頼化、低消費電力化を経済的に実現した。

Configuration of PTP wireless equipment

FEC リードソロモン誤り訂正部、16QAM 変復調部には LSI を用いて小型、低消費電力、経済的な IDU を実現した。

3.5 保守機能

無線装置の動作状態と警報はパソコン (保守用端末) を接続して、情報収集できる。これは Windows[®] (注2) 95 上で動

(注2) Windows は、Microsoft 社の商標。

く専用ソフトウェアでGUI(Graphical User Interface)イメージで操作する。その画面例を図11に示す。

保守端末により、11種類の警報項目と送受信レベルなどのモニタ項目、送受信周波数、送信ON/OFF、ルート識別信号などの設定制御などをすべて一括管理でき、保守操作を容易に効率化できる。

さらに、無線装置からは警報接点信号を5接点出力しており、これを接点収集装置で収集してATMノード装置に入力することで、監視センターのNMSで無線装置を遠隔監視できる。

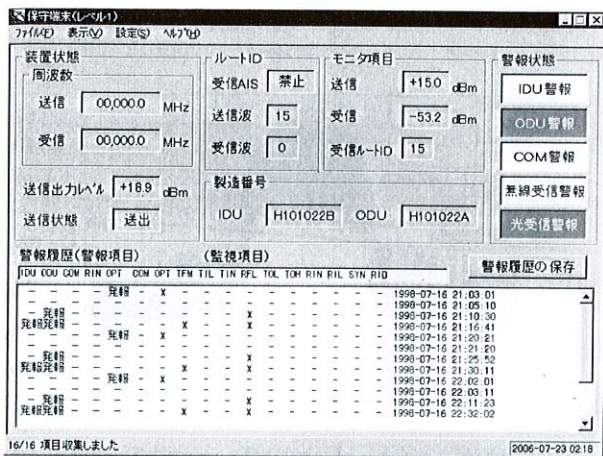


図11. 保守端末画面—警報項目の履歴表示例 市販パソコンに専用ソフトウェアを搭載した保守端末で、無線機の動作状態の把握やすべての制御を一括管理できる。操作性の容易な画面構成となっている。

Example of maintenance terminal display

4 あとがき

加入者系ATM無線リングシステムを経済的に実現した。このシステムにより156Mbps加入者線を無線伝送により構築でき、都市部などの光ファイバ伝送路の確保が難しい地域での加入ユーザー取込みが可能である。

謝辞

このシステムの開発にあたり、各方面でご協力いただいた日本テレコム(株)ならびに東芝の関係各位に深く感謝の意を表する次第である。



大西 和男 ONISHI Kazuo

日本テレコム(株) 営業本部 地域事業推進部長。
加入者系無線システムの企画、開発業務に従事。
Japan Telecom Co., Ltd.



矢野 陽一 YANO Yoichi

日本テレコム(株) 技術部部長。
加入者系無線システムの企画、開発業務に従事。
Japan Telecom Co., Ltd.



大崎 善朗 OSAKI Yoshiro

情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部ワイヤレスアクセス開発担当主務。ワイヤレスアクセスATMノード装置の開発・設計に従事。
Hino Operations



芦川 栄晃 ASHIKAWA Sakaaki

情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部通信システム設計担当 参事。ワイヤレスアクセス無線システムの無線装置の開発・設計に従事。
Hino Operations