

## **Effiziente TCP/IP-Fernanbindung via Kurzwelle: WWAN mit der PACTOR-IP-Bridge, PTC-II-net als Gateway**

Dipl.-Ing. Martin Clas, SCS GmbH & Co. KG, Hanau

TCP/IP via Kurzwelle (HF) ist schon lange nichts mehr Exotisches und hat das Experimentierstadium bereits verlassen: Einige professionelle Küstenfunkstellen weltweit (für Deutschland sei KielRadio genannt) verwenden schon seit Jahren die von SCS entwickelte PACTOR-IP-Bridge (PIB), um ihren Kunden einen erstklassigen, flexiblen HF-Dienst anbieten zu können.

TCP/IP, ein grundlegendes „Internet-Protokoll“, dient dazu, Computer zu vernetzen. Hierbei ist es nicht relevant, ob es sich um ein lokales (hausinternes, LAN) oder globales (Internet, WAN) Netzwerk handelt. Neben der entsprechenden Protokoll-Software benötigt jeder Computer allerdings auch ein physikalisches Interface, um mit einem anderen Computer verbunden/vernetzt werden zu können. Im Falle einer lokalen LAN-Verbindung weist ein moderner Computer dieses Interface bereits auf: den Ethernet-Anschluss.

Will man Verbindung mit einem weit entfernten Computer aufnehmen, ist die Telefonleitung das Mittel der Wahl auf physikalischer Ebene. Über die Telefonleitung erfolgt heute üblicherweise auch die Anbindung an das Internet. Da ein Computer keine Anschlussmöglichkeit für ein Telefonkabel besitzt, muss ein Modem zwischengeschaltet werden, z. B. ein DSL-Modem. Dieses Modem verbindet den Computer mit der Telefonleitung und somit auch mit dem Internet. Will (oder muss) man kabellos ins Internet gehen oder Daten übertragen, ist man auf Funktechnik angewiesen. Soll nur das Kabel zwischen DSL-Modem und PC ersetzt werden, um sich im Umkreis von einigen Metern frei bewegen zu können, kann man auf Bluetooth oder WLAN (Wireless Local Area Network) zurückgreifen, eine relativ breitbandige Datenübertragungstechnik über Funk auf 2.4 GHz.

Doch was macht derjenige, der von seiner Telefonleitung und seinem DSL-Modem viele Kilometer, ggf. sogar viele 1000 km entfernt ist? Der bräuchte so etwas wie ein „WWAN“, also ein „Wireless Wide Area Network“. Genau diese Möglichkeit bietet die PACTOR-IP-Bridge in Verbindung mit einem Kurzwellen-Transceiver. Im Prinzip funktioniert die PIB wie ein WLAN-Accesspoint, jedoch mit einigen kurzwellenspezifischen Besonderheiten: Während ein WLAN-Accesspoint das Modem, den Transceiver und die Antenne in einem zum Teil winzigen Gehäuse vereint, muss zum Aufbau einer PIB das Kurzwellenfunkgerät mit dem PACTOR-Modem zusammenschaltet und das Ganze natürlich mit einer leistungsfähigen Kurzwellenantenne verbunden werden. Vergleichbar mit einem WLAN besteht allerdings auch das PIB-Übertragungssystem aus zwei prinzipiellen Teilen: Einer fest installierten Send-Empfangseinrichtung (bei WLAN dem sog. Accesspoint), welche üblicherweise per Telefonkabel ans Internet angeschlossen ist - diese „Basisstation“ nennt man Host, sowie der/den „mobilen“ Send-Empfangseinrichtung(en). Hierbei handelt es sich um die eigentlichen Teilnehmer an einem Dienst, also die „User“. Diese Teilnehmer, zumindest die physikalische Seite (ausgenommen dem Individuum vor dem PC), nennt man auch „Clients“.

Während der typische WLAN-Client beispielsweise ein batteriebetriebener Laptop-PC oder PDA ist, besteht der PIB-Client (ebenso wie der Host) natürlich aus einer vollwertigen Kurzwellenstation. Üblicherweise wird ein PIB-Client in einer mobilen Einrichtung installiert, z. B. einem Schiff oder einem größeren Landfahrzeug, aber auch die Anbindung entlegener fes-

ter Einrichtungen, z. B. eines Busch-Krankenhauses, einer Polarstation, usw. an die weltweite Internet-Kommunikation kann durch einen PIB-Client erfolgen.

Durch den Betrieb auf Kurzwelle ist der mögliche Abstand zwischen Host und Client bei PIB nur durch die hier geltenden Ausbreitungsbedingungen limitiert. Somit sind Entfernungen von mehreren 1000 km überbrückbar. Natürlich ist jetzt die Frage nach der Datenrate naheliegend. Jeder will seine Daten möglichst schnell übertragen - dazu ist jedoch eine hohe Bandbreite nötig. Während bei WLAN eine hohe Bandbreite bei hoher Sendefrequenz und kurzem Abstand realisiert ist, verhält es sich bei PIB genau umgekehrt. Die Bandbreite ist gering, da die Sendefrequenz niedrig ist (Kurzwelle eben), aber der Abstand kann dafür sehr groß werden. In Zahlen ausgedrückt steht für PIB Betrieb in der Regel ein 2.4 kHz breiter Kurzwellen-SSB-Sprachkanal zur Verfügung. Durch Beschränkung auf diese relativ kleine Bandbreite wird die Verwendung handelsüblicher Amateurfunk-Transceiver ermöglicht. Die erreichbare Datenrate ist dabei weitgehend von der Kanalqualität abhängig und kann unter optimalen Bedingungen bis zu 5000 Bit/s netto betragen.<sup>1</sup>

Das klingt nach „sehr wenig“ für DSL- und WLAN-verwöhnte User, ist jedoch „sehr viel“, wenn die Alternative dazu überhaupt keine oder nur sehr teure Satelliten-Kommunikation ist. Für textbasierende eMails und kleinere Dateien ist die Übertragungsgeschwindigkeit völlig ausreichend. Wer große Datenmengen übertragen will, muss schon etwas Geduld aufbringen. Auch das „richtige“ Surfen im Internet, das theoretisch natürlich möglich ist, erscheint weniger praktikabel bei den heutigen Websites, die sich bereits via ISDN durch lange Ladezeiten „auszeichnen“. Für spezielle Anwendungen könnten sich aber PIB-freundliche Webseiten etablieren, ähnlich wie WAP für Mobiltelefone.

Wer sich mit Netzwerktechnik etwas beschäftigt hat, mag einwenden, dass TCP/IP als Netzwerkprotokoll nicht gerade „funkfreundlich“ ist. Es geht relativ großzügig mit der Bandbreite um und produziert einen nicht unerheblichen „Overhead“, also „Verwaltungsdaten“, die der Benutzer eigentlich nie zu sehen bekommt. Um eine kleine eMail zu übermitteln, muss ein Vielfaches der eigentlichen Nutzdatenmenge übertragen werden, nur um den Netzwerkprotokollen selbst Rechnung zu tragen. Dieser Nachteil wird von der PIB jedoch nahezu völlig eliminiert. Die PIB überträgt nur das wirklich Notwendige über Funk und rekonstruiert auf beiden Seiten der Funkverbindung das Fehlende, um den Erfordernissen der Netzwerkprotokolle letztlich doch gerecht zu werden.

Wie oben bereits beschrieben, muss man bei der PIB zwischen Host und Client unterscheiden. Für beide gilt gleichermaßen, dass sich ein PACTOR-Modem (PTC) im PIB-Betrieb wie ein normales Telefonmodem verhält. Auch wenn Telefonmodems im Zeitalter von ISDN und DSL nicht mehr so gebräuchlich sind, können die meisten Betriebssysteme mit Telefonmodems umgehen. Telefonmodems benutzen keinen normalen Kommandointerpreter, wie z. B. ein PTC im „Kommandomodus“, der mit cmd: seine Bereitschaft signalisiert und ein in Klartext gegebenes Kommando mit verständlichem Klartext quittiert. Ein Telefonmodem wird mit den sogenannten HAYES-Kommandos gesteuert. Genau diese HAYES-Kommandos versteht ein PTC im PIB-Modus und antwortet dem PC exakt wie ein Telefonmodem.

Wie sieht nun also die Anbindung des PTC an den PC in der Praxis aus?

Die Client-Seite: Das Betriebssystem Windows kann den PTC genau wie ein Telefonmodem zum Einwählen verwenden. Die Einrichtung des Modems bzw. des DFÜ-Netzwerkeintrages kann z. B. mit dem Windows Verbindungsassistenten erfolgen. Als einzige Besonderheit ist hierbei zu beachten, dass als „Telefonnummer“ des „Serviceproviders“ üblicherweise keine

---

<sup>1</sup> Im praktischen Betrieb erreicht der Nettodurchsatz häufig höhere Werte als bei „9600 Bit/s“-MIL-STD-Modems mit 3.4 kHz nötiger Bandbreite.

Nummer, sondern das alphanumerische Rufzeichen der Host-Station des PIB-Systems für die Einwahl angegeben werden muss. Der als Telefonmodem „getarnte“ PTC stellt dann via PACTOR die Verbindung her und signalisiert dem Betriebssystem, dass es online ist. Alle Dienste, die eine Internet-Verbindung benötigen, können nun über diesen Verbindungskanal arbeiten, z. B. HTTP, FTP, POP3, SMTP...

Natürlich können die gewohnten Programme für die entsprechenden Dienste verwendet werden, z. B. Outlook für eMail und Netscape zum Surfen im Internet. Dieses generelle „Online-Sein“ hat bei kleiner Bandbreite aber auch Nachteile: Viele Programme, wie Virens Scanner, Realplayer und auch das Betriebssystem selbst, suchen nach Updates und versuchen diese auch zu laden, sofern sie fündig werden. Solche „Downloads“ im Hintergrund überlasten eine PIB-Verbindung natürlich hoffnungslos und der User tut gut daran, diese Eigenschaft der Programme abzuschalten, bevor er die PIB benutzt. Eine Firewall, die Internetanfragen nach außen überwacht, ist auf dem PC der PIB-Client-Seite sehr empfehlenswert.

Die Host-Seite: Die Host-Station hat zwei wesentliche Aufgaben. Zum einen muss sie den „Connect“ via PACTOR von der Client-Station akzeptieren und den Datenverkehr über Kurzwelle regeln. Dies ist in erster Linie die Aufgabe des PACTOR-Modems. Zum anderen muss sie die Verbindung zum Internet herstellen und als Gateway die Daten zwischen HF und Internet vermitteln. In der Standardkonfiguration besteht die Host-Station aus einem HF-Transceiver (mit Antenne), einem PTC-IIpro als Modem und einem internetfähigen PC. Der PC stellt also den Internetanschluss zur Weiterleitung der PIB-Daten bereit, z. B. via DSL, ISDN oder analogem Modem. An diesem PC ist der Host-PTC angeschlossen. Das Betriebssystem auf diesem PC muss nun so konfiguriert werden, dass es die oben beschriebene Gateway-Funktion ausüben kann. Ein dafür geeignetes Betriebssystem ist natürlich Pflicht, genauso wie die Sachkenntnis des Benutzers, wie dieses Betriebssystem für die Gateway-Aufgabe einzurichten ist. Letzteres hat sich in der Vergangenheit als besondere Schwierigkeit bzw. Hürde erwiesen.

Die meisten PIB-Host-Stationen arbeiten mit dem Betriebssystem Linux: Es ist kostenlos, und wichtige Einstellparameter sind leichter zugänglich. Alles in allem ist Linux für die PIB-Konfiguration etwas transparenter als z. B. Windows. Das bedeutet nicht, dass es mit Windows nicht genauso funktionieren würde.

Um dem Anwender die Konfiguration des Gateway-PC's unter Linux zu erleichtern, bietet SCS eine CD an, die einen Standard-PC mit Linux (basierend auf KNOPPIX) bootet. Hier sind alle für PIB-Gateway-Betrieb nötigen Einstellungen bereits vorgenommen und können als Beispiel für die eigene Konfiguration eines Host-PC's dienen.

### **PTC-IInet, die einfachste Lösung für die Host-Seite:**

Um den Einsatz der PIB auf der Host-Seite noch stärker zu vereinfachen, wurde der Linux-PC in einem weiteren Schritt in das PACTOR-Modem (!) integriert. Diese Kombination aus PACTOR-Modem und Linux-PC nennt sich PTC-IInet und ist das neueste Derivat der PTC-II-Serie. Den sehr „abgespeckten“ integrierten Linux-Rechner noch „PC“ zu nennen, mag etwas übertrieben erscheinen, denn er besitzt weder einen Anschluss für Tastatur, Maus noch für einen Bildschirm. Das einzige Interface, das der Linux-Rechner im PTC-IInet nach „außen“ bietet, ist ein Netzwerkanschluss (RJ45/Ethernet 10/100). Natürlich besitzt der PTC-IInet auch einen Funkgeräte-Anschluß, sowohl für Audio und PTT, als auch zur Transceiversteuerung. Der PTC-IInet wird mit Hilfe eines Patchkabels einfach mit einem Router verbunden, so wie jeder andere PC in einem Netzwerk auch. Ist der Router mit einem DSL-Modem verbunden, sind alle am Router angeschlossenen Rechner sowie der PTC-IInet automatisch „online“. Dabei bekommt der PTC-IInet vom Router via DHCP eine IP-Adresse zu-

geteilt. Alternativ kann man natürlich auch eine fixe IP-Adresse verwenden. Der im PTC-II-net integrierte Linux-Rechner ist so vorkonfiguriert, dass der Benutzer (Systemadministrator der Host-Station) nur noch minimale Einstellungen vorzunehmen hat. Er muss z. B. das eigene Rufzeichen setzen und die Audio-Ausgangsamplituden zur Modulation des Transceivers einstellen. Andere Einstellungen, z. B. die Transceiversteuerung betreffend, sind optional. Zur Einstellung aller Parameter besitzt der PTC-II-net ein Web-Interface. Die Konfiguration des PTC-II-net lässt sich also mit einem Webbrowser auf einem im Netzwerk befindlichen PC durchführen. Theoretisch ist es sogar möglich, die Konfigurationsseite des PTC-II-net von jedem beliebigen Punkt der Erde über das Internet zu erreichen. Hierfür muss nur der angeschlossene Router entsprechend konfiguriert sein (Firewall teilweise geöffnet).

Somit bietet der PTC-II-net auch eine bequeme Möglichkeit, einen Kurzwellen-Transceiver über das Internet fernzusteuern. Da das Webinterface des PTC-II-net ein kleines Terminal-Programm beinhaltet, ist es sogar denkbar, über das Internet ferngesteuerte PACTOR-Verbindungen durchzuführen. Eine Funkstation mit PTC-II-net kann also von jedem Punkt der Erde aus benutzt werden.

Nachdem der Systemadministrator die wenigen, nötigen Einstellungen durchgeführt hat, ist der PTC-II-net bereit, „Connects“ für sein eigenes Rufzeichen anzunehmen. Ruft ein PIB-Client nun den PTC-II-net via Kurzwelle, ist der Client nach wenigen Augenblicken, die für die automatische Anmeldeprozedur nötig sind, mit dem Internet verbunden und kann so arbeiten, als würde es sich um eine „direkte“ Internet-Verbindung handeln - von der „Funkstrecke“ merkt der Nutzer auf der Client-Seite nur, dass die Datenrate niedriger als bei ISDN oder dergleichen ist. Um zu vermeiden, dass jeder beliebige PACTOR-Nutzer jedes Internet-Gateway benutzen kann, verwaltet der PTC-II-net eine Liste mit zugelassenen Benutzern und deren Passwörtern. Somit ist man auch vor unerwünschten „Besuchern“ geschützt.

### **PTC-II-net als (A)PRS Server:**

Als weitere Anwendung kann der PTC-II-net z. B. als „(A)PRS-Host“ eingesetzt werden. Die über das angeschlossene Funkgerät empfangenen Positionsdatagramme werden hierzu z. B. in einer Email „verpackt“ und automatisch über das Internet an eine frei einstellbare Email-Adresse geschickt oder einfach als UDP-Datagramm an einen Server weitergeleitet, der die gesammelten Positionsdaten via Internet zur Verfügung stellt. Auf diese Weise lässt sich sehr leicht ein vernetztes Positionsdaten-Erfassungssystem einrichten. Man benötigt lediglich einen (V/U)HF-Empfänger mit angeschlossenem PTC-II-net pro Empfangsstelle. Je mehr Empfangsstellen verfügbar sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Datagramm mindestens von einer Empfangsstelle aufgenommen wird, wodurch sich die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems bei (lokalen) Störungen oder Datagramm-Kollisionen erhöht. Da die Einrichtung einer Empfangsstelle mit Hilfe des PTC-II-net sehr einfach ist und auch kaum Ressourcen benötigt werden, steht Netzen mit vielen Empfangsstellen kaum etwas im Wege.

Um die Positionsdatenübertragung auch auf Kurzwelle zuverlässig zu ermöglichen, hat SCS ein neues Modulationsverfahren entwickelt, das sowohl für (A)PRS als auch generell für HF-Packet-Radio verwendet werden kann. Die Schmalbandvariante mit einer Bandbreite von 500 Hz zeichnet sich durch hohe Robustheit gegen Fading, Mehrwegeausbreitung und Bündelfehler („Knackser“) sowie durch eine sehr hohe Toleranz gegen Fehlabbastimmungen aus. Abstimmfehler bis zu  $\pm 250$  Hz werden ohne Empfindlichkeitseinbuße verkräftet. Daher wird kein Abstimmanzeiger mehr benötigt. Dieses neue Verfahren kann deshalb guten Gewissens als „Plug'n Play-Verfahren“ für Kurzwelle bezeichnet werden. Die Datenrate erreicht derzeit bis zu 600 Bit/s netto, vorbehaltlich späterer Ausbaustufen mit bis zu 1200 Bit/s netto in 500

Hz Bandbreite! Das neue Modulationsverfahren kann das bislang gebräuchliche und fehleranfällige 300 Baud FSK-Packet-Radio ersetzen.

Für die (A)PRS-Datagramme können verschiedene „Speedlevel“ des neuen Modulationsverfahrens eingestellt werden. Falls ein Netz nur wenige Nutzer hat (und naturgemäß dann auch nur wenige Empfangsstellen bzw. Repeater), können robustere Datagramme eingesetzt werden, die zwar länger dauern als die weniger robusten/schnelleren Varianten, aber auch bei sehr schlechtem Signal noch aufgenommen werden können. Da der Demodulator alle möglichen Varianten automatisch erkennt („Autobaud“), kann ein Netz sukzessive wachsen: Je mehr Nutzer und Empfangsstellen, desto „schnellere“ (kürzere Pakete) „Speedlevel“ sollten eingesetzt werden.