Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 34 (1961)

Heft: 5

Artikel: Nachrichtenübermittlung zwischen Satelliten und Bodenstationen

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-562185

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

actuellement par les patrouilles de casques bleus gardant les stations.

A Léopoldville, plus de 80 émetteurs de 50 kW à 150 W sont groupés au beam, près du quartier indigène, tandis qu'une soixantaine de récepteurs sont montés à Binza, centre de réception radio à 20 km.

Exploitation

L'immense étendue du réseau des télécommunications exige l'emploi de tous les moyens de transport disponibles: véhicules à moteur, vedettes, avions et hélicoptères. Grâce à l'aide de l'ONU, des transports aériens de personnel et de matériel peuvent être effectués, mais les difficultés n'en demeurent pas moins grandes.

Le simple fait suivant donne un aperçu des obstacles auxquels se heurte actuellement l'exploitation de ce vaste réseau.

En octobre dernier, un technicien de l'UIT partit en automobile de Kikwit, accompagné d'un aide congolais, pour réparer une station de radio située à une centaine de kilomètres. A mi-chemin la voiture s'arrêta: plus moyen de repartir. Les deux occupants, non armés, attendirent au bord de la «route» le passage d'un autre véhicule. Ils y restèrent sept jours... puis ils furent transportés à l'hôpital où un repos de quatre jours les remit sur pied. Ils en sortirent rétablis et bien décidés à ne pas oublier d'annoncer leur départ avant d'entreprendre une autre randonnée de ce genre!

*

Cette description superficielle des télécommunications au Congo permet de se rendre compte des difficultés multiples que les spécialistes de l'UIT ont à surmonter. Les buts de la mission qui leur est confiée ont été atteints jusqu'à présent. Tous les techniciens qui se relayent là-bas y trouvent une occasion unique de mettre leurs connaissances professionnelles au service d'une belle tâche d'entr'aide internationale.

C'est la collaboration de tous qui a permis de réaliser une aide efficace, et le soussigné tient particulièrement à remercier ceux qui, au Congo comme en Suisse, l'ont secondé dans l'accomplissement de sa mission.

H. Challet
chef de la mission UIT au Congo
du 4 août au 6 novembre 1960

Nachrichtenübermittlung zwischen Satelliten und Bodenstationen

Zu den wichtigsten Problemen der Raumfahrttechnik gehört die Herstellung von Funkverbindungen zwischen Satelliten und Erde. In den meisten Fällen führen Satelliten Instrumente für wissenschaftliche Messungen mit, deren Ergebnisse wir unverzüglich erfahren wollen, auch wenn die — stets problematische — Bergung der Nutzlastkapsel vorgesehen ist. Nun, hierfür gibt uns die Hochfrequenztechnik ein geeignetes Mittel in die Hand. Ferner interessieren uns Bahn und jeweilige Position des Satelliten. Wenn er sich der optischen Beobachtung entzieht, lässt sich seine Verfolgung auf Grund der von ihm ausgesandten Funksignale wieder aufnehmen. Darüber hinaus können auf dem gleichen Wege Befehle an den Satelliten übermittelt werden, beispielsweise um für Bahnkorrekturen das Zünden seiner Raketenmotoren auszulösen. Schliesslich dienen manche Satelliten als Relaisstationen für die Nachrichtenübermittlung zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche. Dass hier der Fernmeldeverbindung Satellit-Erde eine grundlegende Bedeutung zukommt, versteht sich von selbst.

Fortpflanzung von Wellen im leeren Raum

Schon seit langer Zeit kennen die Funktechniker das Gesetz der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im sogenannten leeren, als völlig hindernisfreien Raum, obwohl sich dessen Bedingungen auf der Erde kaum herstellen lassen. Fernmeldeverbindungen zu Erdsatelliten können jedoch nahezu als Idealfall für eine solche Wellenausbreitung gelten.

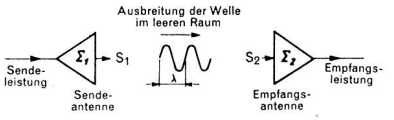

Abb. 1: Schema einer Funkverbindung im leeren Raum. Σ_1 und Σ_2 bezeichnen die äquivalenten Strahlungsflächen der Sende- bzw. Empfangsantenne.

Diesem Gesetz zufolge bestimmt sich die Empfangsleistung P_E zu

$$P_E = P_S \frac{\Sigma_1 \Sigma_2}{\lambda^2 d^2} \qquad (1)$$

wobei P_S = Sendeleistung
Σ_1 = Strahlende Fläche der Sendeantenne
Σ_2 = Strahlende Fläche der Empfangsantenne
λ = Wellenlänge
d = Abstand zwischen Sender und Empfänger.

Als Antennenfläche ist hierbei nicht die wirkliche geometrische Oberfläche einzusetzen, sondern eine meist nur wenig davon abweichende äquivalente Fläche.

Der Wirkungsgrad einer derartigen Funkverbindung ist stets sehr niedrig — beispielsweise ein Millionstel, bisweilen noch erheblich weniger. Formel (1) zeigt, welche Massnahmen zu einer Steigerung der Empfangsleistung führen: Vergrössern der Antennen, Verringern der Wellenlänge, schliesslich Erhöhen der Sendeleistung.

Da die Strahlen mit wachsender Fläche der Sendeantenne schärfer gebündelt werden, verbessert das Vergrössern der Antenne auch ihre Richtwirkung. Dies ist an sich kein Nachteil, zwingt jedoch zu einer genaueren Ausrichtung der Antennen aufeinander, was im Falle eines sich ständig bewegenden Satelliten beträchtlichen Aufwand erfordert.

Dämpfung durch die Schichten der Erdatmosphäre

Im allgemeinen wird es sich entweder beim Sender oder beim Empfänger um eine Bodenstation handeln, so dass die Radiowellen alle Schichten der Erdatmosphäre durchdringen müssen: Troposphäre, Stratosphäre, Ionosphäre. Man kann die Atmosphäre als Dämpfungsschirm auffassen, der von den Wellen mehr oder weniger schräg getroffen wird *(Abb. 2)*. Betrachten wir zunächst die Ursache dieser Dämpfung:

In der untersten Schicht der Atmosphäre, bis zu maximal 20 Kilometer Höhe, ist die Luft verhältnismässig dicht und enthält überdies viel Wasserdampf. Dies führt zu einer Absorption der elektromagnetischen Strahlung —

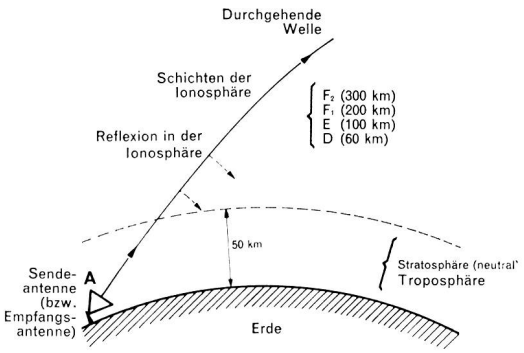

Abb. 2: Verhalten von Funkstrahlen in der Atmosphäre.

einerseits durch den Luftsauerstoff mit dem Dämpfungsmaximum im Bereich der Frequenz 60000 MHz, andererseits durch den Wasserdampf, der sich bei Frequenzen von mehr als 10000 MHz, namentlich in der Nähe von 20000 MHz, störend bemerkbar macht. Die Troposphäre schwächt also vor allem die kurzwellige Strahlung von 10000 MHz aufwärts.

In höheren Schichten (bis zu 50 km Distanz von der Erdoberfläche), wo die Luft schon sehr dünn ist, kommt es infolge der Sonnenstrahlung zu einer Ionisation. Auf niederfrequente Strahlung, also Langwellen, wirkt diese ionisierte Schicht wie ein Spiegel, der alle Frequenzen unter 30 MHz zurückwirft. Um jedoch ganz sicher zu gehen, das heisst auch gelegentliche Reflexionen höherer Frequenzen auszuschliessen, wird man möglichst über 100 MHz hinausgehen.

Mithin erkennen wir, dass der Schirm der sich zwischen Satelliten und Erde schiebt, für den breiten Frequenzbereich zwischen 100 MHz und 10 000 MHz durchlässig ist, oder, wie die Radiotechniker zu sagen pflegen, ein Fenster hat (siehe *Abb. 3*). Dies schliesst

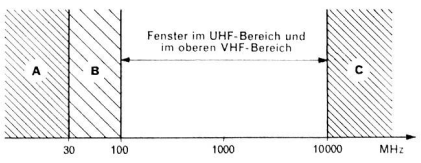

Abb. 3: Frequenzspektrum der atmosphärischen Dämpfung. Es bedeuten: A: HF-Bereich, verschlossen wegen Reflexion der Wellen in der Ionosphäre; B: VHF-Bereich zweifelhaft, da Reflexion in der Ionosphäre möglich; C: Zentimeterwellen und kürzere werden in der Troposphäre absorbiert.

indessen gewisse schädliche Effekte nicht aus: Drehung der Polarisationsebene (Faraday-Effekt in der Ionosphäre, vom Magnetfeld der Erde ausgelöst); Ablenkung der Strahlen durch Brechung in der Troposphäre; scheinbare Empfangsfrequenz infolge des Dopplereffektes. Diese Nachteile lassen sich jedoch durch wenige Massnahmen auf der Empfängerseite ausgleichen. Es genügt, die Antennennachführung zu berichtigen und den Empfänger entsprechend abzustimmen.

Gesamtrauschen beim Empfang

Um die gewünschten Informationen übermitteln zu können, ist natürlich eine Modulation der Ausstrahlung notwendig. Dies bedeutet, dass eine einzige Übertragungsfrequenz f_0 nicht ausreicht, sondern eine gewisse Bandbreite B zur Verfügung stehen muss, was einen entsprechenden Empfänger erfordert.

Dank der fortgeschrittenen Verstärkertechnik wäre die geringe Leistung P_E des empfangenen Signals kein Hindernis. Jedoch wird neben dem Nutzsignal eine Reihe schädlicher Signale eingefangen, die eine bestimmte Rauschleistung P_R zur Folge haben. Erst oberhalb eines bestimmten Verhältnisses Nutzsignal/Rauschsignal lässt sich ein befriedigender Empfang gewährleisten. Das Rauschen hat zwei Ursachen:

— Eigenrauschen, das in den einzelnen Teilen des Empfängers entsteht;
— Fremdrauschen, das von der Antenne aus dem Raum eingefangen wird.

Aus der bekannten Formel für das thermische Rauschen von Widerständen

$$P_E = k\, T_E\, B \qquad (2)$$

ergibt sich die Formel für die äquivalente Rauschtemperatur

$$T_R = \frac{P_E}{kB} \qquad (2a)$$

worin k die Boltzmann'sche Konstante aus der Thermodynamik ist. Die Rauschtemperatur stellt einen vereinfachten Wert dar, aus dem sich Rückschlüsse auf die Güte eines Empfängers ziehen lassen.

Eigen- und Fremdrauschen werden durch Summieren der entsprechenden absoluten Temperaturen zusammengefasst, und aus den Gesamttemperaturen errechnet sich nach Gleichung (2) die gesamte Rauschleistung. Sie ist der Bandbreite B proportional, weshalb man diese möglichst gering zu halten trachtet.

Fremdrauschen, galaktisches Rauschen

Im Weltraum finden sich zahllose Strahlungsquellen, riesige Gasmassen geringster Dichte, von denen elektromagnetische Wellen aller Frequenzen ausgehen. Besonders starkes Rauschen empfangen wir aus der Richtung unserer Milchstrasse, der Galaxis. Die aus dem Raum kommende Strahlung können wir als Rauschleistung messen und daher nach Formel (2a) durch die äquivalente Rauschtemperatur ausdrücken. Trägt man diese — nach Wellenlängen aufgeschlüsselt — in eine Himmelskarte ein, so ergibt sich ein vollständiges Bild von der Verteilung der elektromagnetischen Strahlungsquellen im Raum. Um den Überblick zu erleichtern, stellten wir in *Abb.4* für

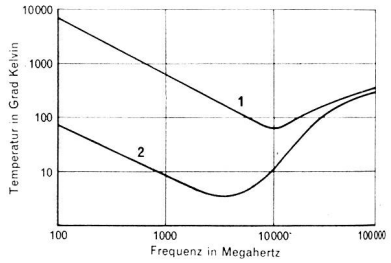

Abb. 4: Kosmisches Rauschen aus den Richtungen einer sehr aktiven Zone (Milchstrasse, Kurve 1) und einer ruhigen Zone (Kurve 2).

zwei Extremfälle die Rauschtemperatur als Funktion der Frequenz dar: Kurve 1 gilt für das Strahlungsmaximum (Milchstrasse), Kurve 2 für eine ruhige Zone. Mit Rücksicht auf den Rauschpegel kommt also namentlich der Bereich zwischen 400 und 10000 MHz für extraterrestrische Fernmeldeverbindungen in Frage.

Eigenrauschen des Empfängers

Durch das in seinen Eingangskreisen entstehende Eigenrauschen sind jedem Empfänger bestimmte Grenzen gesetzt, besonders bei schwachen Nutzsignalen. Mit Hilfe von Gleichung (2a) drücken wir das Eigenrauschen wieder mittels absoluter Temperaturen aus (Grad Kelvin). Der absolute Nullpunkt der Temperatur (minus 273 Grad Celsius) bezeichnet man nach dem englischen Physiker Sir William, Lord Kelvin of Largs als 0 Grad Kelvin. 0 Grad Celsius entspricht demnach 273 Grad Kelvin. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik lassen sich im nutzbaren Frequenzbereich folgende Verstärker verwenden:

(Fortsetzung auf Seite 153)