

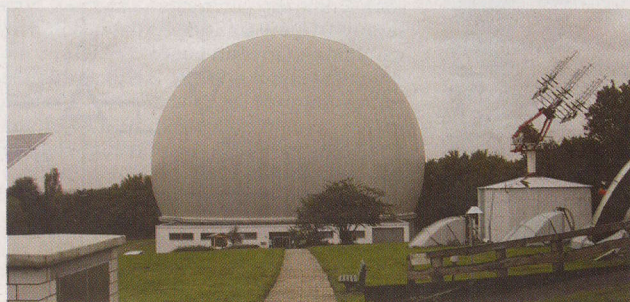
Přijem signálů sondy Voyager 1 s 20 m anténou IUZ v Bochumi

Na observatoři IUZ (Institut für Umwelt- und Zukunftsforschung) v Bochumi (obr. 1), pracuje již delší dobu skupina členů AMSAT-DL, kteří se snaží s využitím zdejšího 20 m teleskopu vybudovat pracoviště srovnatelné s těmi, která tvoří pozemní segment DSN (Deep Space Network - jejich základem je obvykle parabolické zrcadlo o \varnothing 34 nebo 70 m a slouží pro spojení meziplanetárních sond se Zemí). Tento tým zaznamenal již několik úspěchů a jedním s největších byl zajistit příjem signálů sondy Voyager 1 v loňském roce, která byla tehdy vzdálená od Země 14,7 miliardy km (98 AU, tj. téměř stonásobek vzdálenosti Země od Slunce) a byla nejdále putujícím tělesem stvořeným lidskou rukou.

Voyager 1 byl vypuštěn v roce 1977 jako druhý z dvojice sond, které měly primárně prozkoumat dvě největší planety naší sluneční soustavy - Jupiter a Saturn, včetně jejich okolí. Zatímco Voyager 2 po průletě kolem obou planet pokračoval k Uranu a Neptunu, Voyager 1 oblétl nejprve Saturnův měsíc Titan a po průletu nad jižním pólem Saturnu byl naveden na dráhu do severní hemisféry vzhledem k ekliptice. S oběma sondami udržuje NASA (prostřednictvím JPL - Jet Propulsion Laboratory) stále pravidelné spojení. Kromě telemetrie jsou rychlostí 160 b/s přenášeny zejména údaje senzorů indikujících tzv. plasmový vítr a změny magnetického pole na hranici naší sluneční soustavy a mezihvězdného prostoru. Voyager 1 vysílá na dvou frekvencích v kosmické části pásma X - 8,4 GHz. Výkon palubního vysílače je 12, resp. 18 W a anténa sondy o \varnothing 3,66 m má zisk 48 dBic. Nepřesnost směřování antény sondy představuje pokles levotočivě (kruhově) polarizovaného signálu o 6 dB. Maximální EIRP jednoho majáku je tedy 285 kW. Ztráty šířením na tuto vzdálenost jsou při výše uvedené frekvenci 314,3 dB. Při efektivní ploše antény v Bochumi 160 m² (zisk 62 dBic) a ekvivalentní šumové teplotě systému 180 K lze očekávat poměr výkonu modulované nosné vlny ku spektrální hustotě šumu $C/N_p = 8,3$ dB [Hz]. Takový signál nelze přijímat sluchátky, ale mělo by být možné jej pozorovat po spektrální analýze na stínítku.

V IUZ Bochum se o to poprvé pokusili na konci března 2006 James Miller, G3RUH, Freddy de Guchteneire, ON6UG, Hartmut Päsler, DL1YDD, a Achim Vollhardt, DH2VA. Experimentu předcházela pečlivá příprava. Šířka svazku antény je 0,125° a s touto přesností musí být anténa nasměrována k sondě. Rovněž znalost přesné frekvence signálu je nezbytná, neboť detekovat ho lze pouze při velmi malé šířce pásma. Tomu musí odpovídat i konvenční stabilita celého systému. Konvertor 8,4/1,25 GHz pozemního přijímače byl řízen rubidiovým oscilátorem. V r. 1992 však přestal fungovat na sondě Voyager 1 ultrastabilní řídicí oscilátor a záložní oscilátor má menší stabilitu. Přesně musí být také kompenzován Dopplerův posuv. Před vlastním experimentem byly vlastnosti systému ověřeny příjmem signálů „bližších“ sond - Venus Express, Messenger (sonda k Merkuru) a Rosetta. Se silným signálem byl přijímán také Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), který právě dolétl k Marsu. Následující ráno (31. 3. 2006) byl Voyager 1 relativně vysoko nad horizontem (30°), kdy je již malý příspěvek šumu od Země, a byl v módu, kdy vysílá s vyšším výkonem (18 W), tedy optimální podmínky. Bohužel ani po dvou hodinách hledání signál zachycen nebyl. Po opětovné kontrole celého systému pomohl telefonát do stanice DSN v Madridu. Operátor tým ujistil, že režim vysílání nebyl změněn a hlavně upřesnil frekvenci. Po přeladění a zapnutí FFT (Fast Fourier Transform) integrátoru se objevil po 15sekundovém záznamu na stínítku signál Voyageru 1 (obr. 2). Kde byla chyba? Majáky Voyageru 1 pracují na dvou různých frekvencích, lišících se o 5,5 MHz. V souvislosti se záložním řídicím oscilátorem pracovala sonda na druhé frekvenci místo na první. Signál Voyageru 1 byl pak sledován další dvě hodiny až do elevace 10°. Po celou dobu perfektně „sedící“ korekce Dopplerova posuvu definitivně potvrdila, že jde o signál Voyageru 1. Experiment byl později ještě několikrát opakován. Jedná se bezesporu o velmi významný úspěch, který je respektován i odborníky mimo radioamatérskou komunitu. Letos v červnu blahopřáli k tomuto úspěchu skupině AMSAT-DL pracovníci JPL.

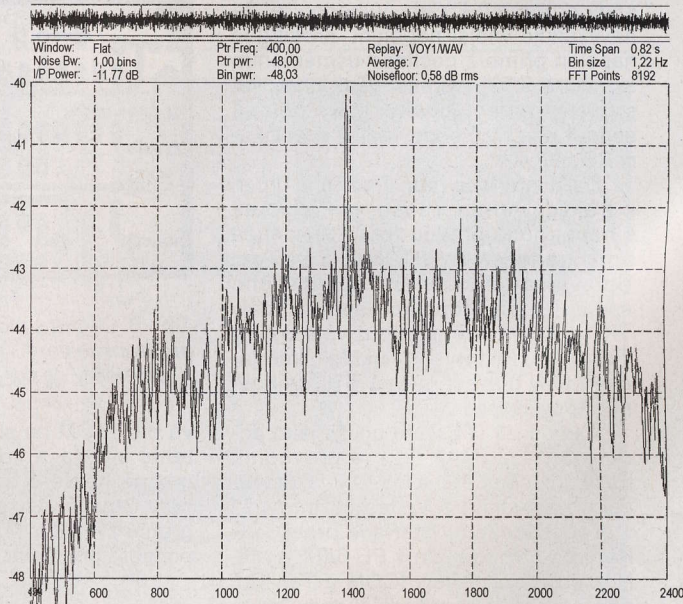
OK2AQK



NAME	EPOCH	INCL	RAAN	ECCY	ARGP	MA	MM	DECY	REVN
AO-07	7178.59613	101.51	216.30	0.0012	235.15	124.85	12.53572	-2.8E-7	49242
AO-10	7178.25665	26.42	269.86	0.6064	34.03	352.98	2.05869	-4.5E-7	18077
UO-11	7179.48461	98.19	202.40	0.0010	129.72	230.49	14.79561	-2.5E-6	25140
RS-15	7178.89187	64.82	349.61	0.0159	188.79	171.02	11.27552	-3.9E-7	51490
PO-29	7178.92760	98.55	137.13	0.0352	55.49	307.89	13.52931	-6.2E-7	53635
SO-33	7178.40070	31.43	168.00	0.0355	156.72	204.99	14.28170	2.1E-6	45271
AO-40	7177.89233	5.73	137.06	0.7984	333.78	1.58	1.25588	-2.9E-6	3056
VO-52	7178.78172	97.83	249.26	0.0027	217.15	142.78	14.81332	3.9E-6	11598
PO-63	7179.53761	97.92	238.54	0.0016	92.06	268.24	14.79741	5.2E-6	2501
AO-16	7178.57328	98.20	172.56	0.0011	150.77	209.42	14.31764	-5.0E-8	91003
LO-19	7179.44847	98.18	182.72	0.0012	147.72	212.47	14.32004	5.1E-7	91030
AO-27	7178.48938	98.33	147.92	0.0008	228.13	131.92	14.29212	-3.4E-7	71696
IO-26	7178.81492	98.32	149.30	0.0008	225.90	134.15	14.29458	1.8E-7	71709
PO-28	7178.48588	98.31	150.15	0.0009	197.86	162.23	14.30158	-4.0E-8	71728
GO-32	7178.70633	98.41	225.46	0.0001	156.85	203.28	14.23127	-8.9E-7	46565
MO-46	7178.77014	64.55	149.92	0.0014	196.83	163.24	14.83154	2.0E-7	36510
NO-44	7178.86313	67.05	119.99	0.0008	265.06	94.97	14.29488	-9.3E-7	29962
SO-50	7178.79491	64.56	52.83	0.0055	357.07	3.01	14.71269	-5.2E-7	24268
CO-55	7178.66987	98.72	186.83	0.0011	63.32	296.91	14.20518	2.6E-7	20696
CO-57	7178.48044	98.72	185.83	0.0011	65.73	294.50	14.20337	3.7E-7	20691
AO-51	7179.61204	98.11	218.34	0.0084	147.17	213.47	14.40573	2.2E-7	15735
CO-56	7178.79266	98.13	241.28	0.0224	234.52	123.50	15.40131	7.0E-5	7509
HO-59	7179.32891	98.28	230.80	0.0205	225.66	132.78	15.51707	1.8E-4	4280
NO-60	7190.05824	51.62	176.50	0.0007	190.77	188.73	16.52053	1.3E-1	2554
NO-61	7179.47420	51.63	32.90	0.0012	33.74	326.44	15.92328	2.7E-4	2995
CP4	7178.15989	98.08	251.12	0.0086	355.33	4.70	14.55014	6.0E-6	1030
CP3	7178.45220	98.09	251.05	0.0102	355.10	4.92	14.51842	-4.8E-7	1031
LIBERT	7179.68848	98.08	252.24	0.0103	350.98	8.95	14.51935	3.8E-6	1047
NOAA-10	7179.44914	98.74	196.64	0.0013	131.87	228.36	14.27328	-4.7E-7	8083
NOAA-11	7179.16364	98.81	268.19	0.0012	4.28	355.85	14.14846	7.2E-7	96770
NOAA-12	7179.18238	98.75	176.40	0.0014	77.05	283.22	14.25540	4.4E-7	83781
MET-3/5	7178.96008	82.56	355.33	0.0013	176.32	183.81	13.17011	5.1E-7	76282
MET-2/21	7178.71008	82.55	33.57	0.0022	203.36	156.65	13.83618	8.0E-8	69797
OKEAN-4	7179.78930	82.54	285.71	0.0021	210.51	149.49	14.82513	-1.3E-7	68577
NOAA-14	7179.47419	98.99	245.72	0.0010	71.54	288.69	14.13720	-1.7E-6	64423
SICH-1	7179.75733	82.53	67.62	0.0023	205.36	154.65	14.81495	1.4E-6	63759
NOAA-15	7179.47919	98.53	175.84	0.0011	3.06	357.06	14.24650	-2.9E-7	47429
RESURS	7178.74713	98.44	232.86	0.0002	126.04	234.09	14.24139	-0.0E-8	46585
FENGYUN1	7179.51039	98.69	162.95	0.0022	94.81	265.55	14.07541	6.9E-6	41906
OKEAN-0	7178.55411	97.73	180.32	0.0002	41.12	319.01	14.73460	2.9E-7	42702
NOAA-16	7179.45316	99.12	156.59	0.0011	138.14	222.06	14.12434	-2.6E-6	34869
NOAA-17	7179.48088	98.58	248.51	0.0013	64.78	295.47	14.23890	3.9E-7	26032
NOAA-18	7179.45665	98.83	120.55	0.0013	234.92	125.07	14.11076	3.4E-6	10844
HUBBLE	7178.25287	28.47	124.49	0.0004	200.09	159.95	15.00254	2.9E-6	74147
UARS	7178.73996	56.98	268.14	0.0089	209.20	150.40	15.48367	3.4E-5	86738
PO-34	7178.96451	28.46	36.62	0.0005	14.77	345.31	15.17014	3.4E-6	47916
ISS	7179.97527	51.63	42.98	0.0008	12.52	128.84	15.78454	1.4E-4	49263
CO-38	7178.62236	100.23	183.17	0.0037	129.91	230.54	14.35809	-6.0E-8	38854
UWE-1	7178.70085	98.13	75.14	0.0019	79.65	289.47	14.59517	6.8E-7	8874
CO-58	7178.26786	98.13	74.93	0.0019	80.90	279.64	14.59562	2.2E-7	8856
NCUBE2	7178.68427	98.13	75.29	0.0018	80.69	279.64	14.59726	9.9E-7	8090
NMARS	7126.39604	51.61	302.37	0.0004	252.17	110.74	16.47981	7.0E-2	2165
FCAL	7178.96058	51.63	37.78	0.0014	31.68	328.51	15.88555	9.9E-5	2971
FALCON	7178.95062	35.43	147.41	0.0001	239.00	121.06	15.02727	1.5E-6	1667
MAST	7178.79163	98.08	251.54	0.0095	353.43	6.56	14.53349	3.9E-6	1039
CAPE1	7178.86483	98.08	251.44	0.0103	353.71	6.28	14.51862	-4.7E-7	1016

Reference:

[1] Miller, J.; Vollhardt, A.: Empfang von Voyager 1 mit der 20-m-Antenne des IUZ Bochum. AMSAT-DL Journal, Nr. 2, Jg. 33, s. 9.



Obr. 2. Spektrum přijatého signálu sondy Voyager 1 (nahore)

Obr. 1. Kopule radioteleskopu IUZ Bochum o \varnothing 20 m (vlevo)