

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00200**

(22) Data de depozit: **19/04/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**30/10/2023** BOPI nr. **10/2023**

(71) Solicitant:  
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **PUȘCHIȚĂ EMANUEL-DUMITRU,  
STR.NIRAJULUI, NR.3, BL.P2, SC.II, AP.11,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**  
• **KIREI BOTOND SANDOR,  
STR.MAGNOLIEI, NR.1, SC.A, BL.1, AP.7,  
BACIU, CJ, RO;**

• **PALADE TUDOR, PIAȚA CIPARIU, NR.9,  
AP.13, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**  
• **PĂSTRĂV ANDRA ELENA IULIA,  
ALEEA CIOPLEA, NR.10, BL.S12, SC.II,  
ET.I, AP.14, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**  
• **BUTA RAREȘ CĂLIN,  
STR.GRIGORE ALEXANDRESCU, NR.55,  
SC.3, AP.24, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**  
• **CODĂU CRISTIAN, STR.ÎNFRĂȚIRII,  
NR.12, AP.40, TÂRGU MUREȘ, MS, RO;**  
• **FĂRÇAȘ ADRIAN CĂLIN,  
STR.ALMAȘULUI, NR.5, BL.S, SC.5, AP.47,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

## (54) PUNTE SPACEWIRE-IEEE802.11 PENTRU COMUNICAȚII CU DEBIT RIDICAT PE BORDUL VEHICULELOR SPAȚIALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o punte pentru comunicații radio la bordul vehiculelor spațiale care permite înlocuirea legăturilor de comunicații prin cablu, efectuate folosind protocolul SpaceWire, dintre echipamentele/sistemele de la bordul unui vehicul spațial, cu legături de comunicații radio efectuate folosind protocolul IEEE 802.11. Puntea conform invenției este echipată cu una sau mai multe interfețe SpaceWire (19), unu sau mai multe transatoare de nivel (20), o unitate de comandă (21), un trans-receptor radio (22) și o arie de antene (35), toate aceste elemente fiind integrate pe o placă (23) de cablaj imprimat, în care unitatea de comandă (21) cuprinde un subsistem (32) pentru gestionarea unei legături prin cablu și un sistem (33) programabil care permite controlul subsistemului (32), al trans-receptorului radio (22) și coordonarea transferului bidirecțional de date.

Revendicări: 4  
Figuri: 3

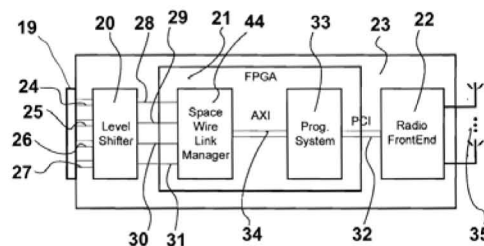


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. a 2022 00200	
Data depozit 19-04-2022	

## Punte SpaceWire – IEEE 802.11 pentru comunicații cu debit ridicat pe bordul vehiculelor spațiale

Invenția cu titlul "Punte SpaceWire – IEEE 802.11 pentru comunicații cu debit ridicat pe bordul vehiculelor spațiale" se referă la un dispozitiv/aparat care înlocuiește legăturile de comunicații prin cablu între dispozitive/sisteme care utilizează procedurile și principiile de comunicare definite în standardul SpaceWire la bordul vehiculelor spațiale cu o legătură de comunicații radio cu rată de transfer ridicată.

Vehiculele spațiale integrează la bordul lor diverse echipamente și sisteme interconectate prin intermediul unor rețele de comunicații prin cablu. Realizarea acestor legături este specifică fiecărei misiuni ceea ce face ca procesul de asamblare, integrare și testarea a vehiculului spațial să fie unul complex, ce implică un efort costisitor și de lungă durată. Utilizarea legăturilor de comunicații prin cablu are două dezavantaje majore. În primul rând, legăturile au un gabarit considerabil (volum și masă) în raport cu dimensiunile vehiculului spațial ceea ce crește semnificativ costul de lansare a vehiculului spațial. În al doilea rând, utilizarea legăturilor prin cablu reduce flexibilitatea în proiectarea vehiculelor spațiale și este o limitare majoră în realizarea acestora. Dacă modificările de proiectare trebuie făcute în etapele ulterioare ale construcției satelitului, acestea implică procese de recablare și reconfigurare costisitoare.

Pentru a se soluționa aceste limitări, legăturile prin cablu pot fi înlocuite cu legături radio. Deoarece echipamentele/sistemele de la bordul vehiculului spațial folosesc protocoale standardizate de comunicații (e.g., MIL1553B, SpaceWire, CAN bus, UART, I2C SPI) este necesară realizarea unei punți ce interfațează aceste echipamente/sisteme și mediul de transmisie radio.

Brevetul EP3293922B1 se referă la un nod inteligent de date pentru utilizare într-un satelit, cuprinzând o unitate de procesare a datelor, o unitate de stocare a datelor și conțin o interfață de date calificată în spațiu pentru o conexiune de date la un subsistem, în special o sarcină utilă sau avionică, și/sau la un computer de bord. Intenția invenției este flexibilizarea construcției/realizării cablajelor/conexiunilor din interiorului sateliților.

Brevetul EP3288220A1 prezintă o punte Ethernet – SpaceWire. Invenția cuprinde un procesor care include un controller de pentru accesul mediului (MAC-Medium Access Controller) Ethernet, un procesor și un subsistem pentru conectarea la rețea SpaceWire. Dispozitivul punte cuprinde o interfață fizică SpaceWire care primește pachete de date SpaceWire și un generator de pachete Ethernet MAC care include logica digitală pentru segmentarea pachetelor de date în segmente de pachete compatibile Ethernet. Această invenție face posibil înlocuirea unei rețele cablate SpaceWire cu o altă rețea cablată conform procedurilor și metodelor de comunicare IEEE 802.3 (Ethernet).

Înlocuirea unei legături cablate cu o legătură radio se poate face printr-un ansamblu de convertoare cascade. Un exemplu reprezentativ este cascada unui convertor SpaceWire/Ethernet (vezi aparatul descris de RU187642U1) și a unui convertor Ethernet/Wireless realizat pe o platformă radio definită soft (KR100793059B1, US9106492B2).

Un convertor SpaceWire/Ethernet a fost realizat și testat folosind platforme de dezvoltare FPGA în lucrarea științifică „Design and Validation of a SpW Converter for Intra-Spacecraft Communications” (2021 44th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP2021), 26-28 July 2021). De asemenea, un convertor Ethernet/IEEE 802.11g a fost realizat și testat în lucrarea științifică „Design and Validation of a Wireless Bridge for



Intra-Spacecraft Communications” (2021 44th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP2021), 26-28 July 2021). Aceste două convertoare sunt conectate printr-o legătură directă Ethernet. Dezavantajul soluției este gabaritul și greutatea semnificativă ale convectoarelor cascade.

Invenția prezentată în această cerere de brevet se referă la puntea SpaceWire și IEEE 802.11 care poate fi realizată utilizând componente electronice (hardware și software) integrate pe o plăcuță electronică imprimată miniaturizată. Puntea, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că este un dispozitiv compact bidirecțional care este capabil să preia de la echipamentele/sistemele de la bordul vehiculului spațial traficul specific protocoalelor de comunicație prin cablu, să îl convertească și să îl transmită folosind mediul de transmisie radio și reciproc, să preia traficul recepționat pe interfața radio, să îl convertească și să îl transmită echipamentelor/sistemelor de la bordul vehiculului spațial folosind protocoalele de comunicație prin cablu specifice. Astfel, sunt eliminate legăturile de comunicații prin cablu dintre echipamentele/sistemele de la bordul vehiculului spațial.

În figura 1 este prezentat un exemplu tipic de legătură de comunicații prin cablu, folosind metodele și principiile de comunicații definite în standardul SpaceWire. Aparatele (1) și (2) dotate cu interfețe specifice protocolului de comunicații SpaceWire (3) și (4) și sunt interconectate fizic prin intermediul unui cablu (5) realizat conform standardului SpaceWire. Aparatele pot fi orice tip de echipamente/sisteme de la bordul vehiculului spațial, de exemplu un computer de bord (on-board computer) sau o unitate de date (payload data unit). Pentru a se elimina legătura prin cablu (5) dintre cele două aparate (1) și (2), se propune utilizarea soluției din figura 2.

Dispozitivele (6) și (7) din Figura 2, reprezintă echipamente/sisteme de la bordul vehiculului spațial care folosesc un protocol de comunicații SpaceWire și sunt echipate cu interfețele (8) și (9) corespunzătoare aceluiași standard de comunicații. Legătura de comunicații prin cablu (5) (din figura 1) este înlocuită cu o legătura radio formată din două punți SpaceWire – IEEE 802.11 (10) și (11), două legături de comunicații prin cablu (12) și (13) și mediul de transmisie radio (14). Punțile (10) și (11) sunt echipate cu interfețe de comunicații SpaceWire (15), respectiv (16) și arii de antene (17) respectiv (18) pentru transmisia în mediul radio.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figura 3 care reprezintă schema bloc a punții pentru comunicații radio de debit ridicat pentru vehicule spațiale, folosind protocolul de comunicații SpaceWire (pentru transmisiile prin cablu) și protocolul IEEE 802.11 (pentru comunicații radio). Puntea este echipată cu una sau mai multe interfețe SpaceWire (19), una sau mai multe transatoare de nivel (level shifter)- (20), o unitate de comandă (21) și un trans-receptor radio (radio front-end) (22), toate elementele fiind integrate pe o placă de cablaj imprimat (23). Semnalele transmise la nivelul fizic al standardului SpaceWire sunt semnalele diferențiale Din<sub>p</sub>/Din<sub>n</sub> (24), Sin<sub>p</sub>/Sin<sub>n</sub> (25), Dout<sub>p</sub>/Dout<sub>n</sub> (26), Sout<sub>p</sub>/Sout<sub>n</sub> (27) care sunt obținute cu ajutorul unui translator de nivel (20). Translatorul de nivel (20) are rolul de a converti semnalele digitale diferențiale sau asimetrice Din (28), Sin (29), Dout (30), Sout (31) recepționate/transmise de la o unitate de comandă (21). Unitatea de comandă (21) poate fi realizată prin utilizarea unui sistem pe un cip, precum dispozitivul Xilinx UltraScale+ MPSoC, sau prin utilizarea de microcontrolere de uz general, procesoare de semnal digital, procesoare de uz general și altele. O realizare tipică a unității de comandă (21) cuprinde un subsistem pentru gestionarea unei legături SpaceWire (32) și un sistem programabil (programmable system) (33). Subsistemul pentru gestionarea unei legături SpaceWire (32) poate fi realizat prin



instanțierea nucleelor de proprietate intelectuală SpaceWire Lite ([https://opencores.org/projects/spacewire\\_light](https://opencores.org/projects/spacewire_light)), SpaceWire AHB-Lite DMA IP Core, SpaceWire Interface IP Core și altele. Interfața dintre subsistemul (32) și sistemul programabil (33) se realizează tipic prin utilizarea standardului AMBA AXI4 (34), însă se poate realiza și cu alte interfețe, precum AMBA AXI3, Wishbone și altele. Un trans-receptor radio (22) compatibil cu standardul de comunicații IEEE 802.11, este utilizat pentru realizarea legăturii între unitatea de comanda (21) și o arie de antene (35). Realizarea preferată a trans-receptorului radio (31) se face utilizând un modulator/demodulator integrat compatibil cu standardul de comunicații IEEE 802.11, precum RTL8822BS (Realtek), MT7668 (Mediatek) și altele. Interfața preferată pentru conectarea unității de comandă (21) cu a trans-receptorului radio (31) este standardul PCI Express x4, însă se pot folosi și alte interfețe precum SDIO, SPI, I2C, etc. Sistemul programabil (33) are următoarele funcționalități: (i) controlul subsistemului pentru gestionarea unei legături SpaceWire (32) (inițializare, transferul de date bidirecțional, tratarea erorilor ce intervin pe legătura de comunicații SpaceWire); (ii) controlul trans-receptorului radio (31) (inițializarea unei legături de comunicații radio conform standardului IEEE 802.11, transferul de date bidirecțional, tratarea erorilor ce intervin pe legătura de comunicații radio). Componentele punții SpaceWire - IEEE802.11 pentru comunicații radio cu debit ridicat sunt integrate pe o placă de cablaj imprimat (23).

În concluzie, avantajele utilizării acestei punți reprezintă o reducere semnificativă a costurilor de lansare a vehiculelor spațiale, prin diminuarea gabaritului și masei echipamentelor care se găsesc la bordul acestora. De asemenea, versatilitatea acestei punți pentru fiecare misiune în parte, conduce implicit la scăderea cheltuielilor privind reproiectarea, asamblarea, integrarea și testarea de fiecare dată a altor echipamente de comunicație specifice fiecărei misiuni în parte.



**REVEDICĂRI**

1. Aparat de tip punte pentru comunicații radio la bordul unui vehicul spațial care permite înlocuirea legăturilor de comunicații SpaceWire cu legături de comunicații radio IEEE 802.11, **caracterizat prin aceea că** este compus din: translator de nivel (20), unitate de comandă (21), trans-receptor radio (22), arie de antene (35), sursă de alimentare, circuite pentru gestionarea puterii, mijloace de descărcare a configurației/programului în componentele reconfigurabile/programabile, integrate pe plăcuța electronică (23).
2. Unitate de comandă (21) realizată pe o arie de porți logice programabile/reconfigurabile **caracterizată prin aceea că** are în componență subsistemul pentru gestionarea unei legături prin cablu SpaceWire (32) echipat, pe de o parte, cu o interfață SpaceWire și, pe de altă parte, o interfață AMBA AXI4 și sistemul programabil (33) echipat cu interfețe conform protocoalelor AMBA AXI4 și PCI Express.
3. Sistem programabil echipat cu interfețe conform protocoalelor AMBA AXI4 și PCI Express (33) **caracterizat prin aceea că** efectuează controlul subsistemului pentru gestionarea unei legături prin cablu SpaceWire (32) prin intermediul interfeței AMBA AXI4 implementând funcții de inițializare, de transfer bidirecțional de date și de tratare a erorilor ce intervin pe legătura de comunicații prin cablu SpaceWire;
4. Sistem programabil echipat cu interfețe conform protocoalelor AMBA AXI4 și PCI Express (33) **caracterizat prin aceea că** efectuează controlul trans-receptorului radio (22) prin intermediul interfeței PCI Express implementând funcții de inițializare a unei legături de comunicație radio conform standardului IEEE 802.11, de transfer bidirecțional de date și de tratare a erorilor ce intervin pe legătura de comunicații radio IEEE 802.11.



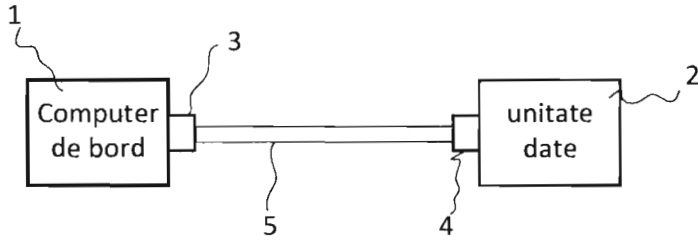


Figura 1. Legătură de comunicații cablată între două dispozitive care folosesc principii și metode de comunicație SpaceWire

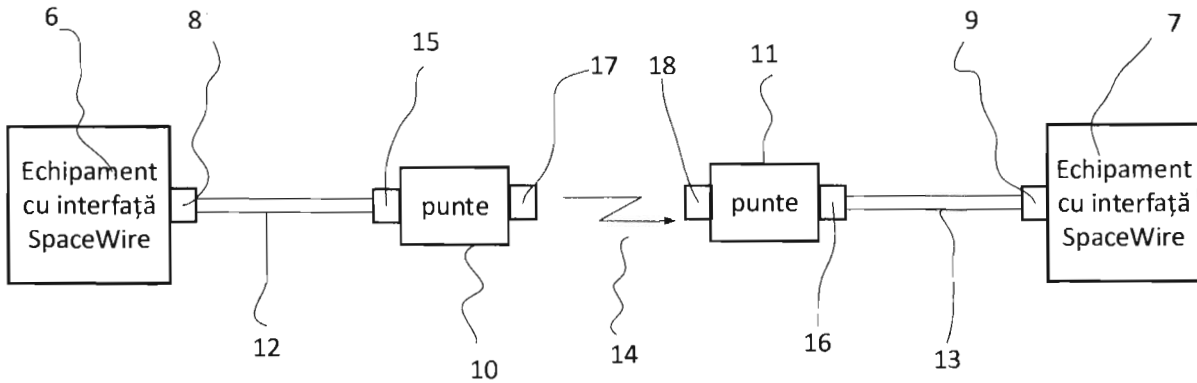


Figura 2. Legătură de comunicații radio între două dispozitive care folosesc principii și metode de comunicație SpaceWire

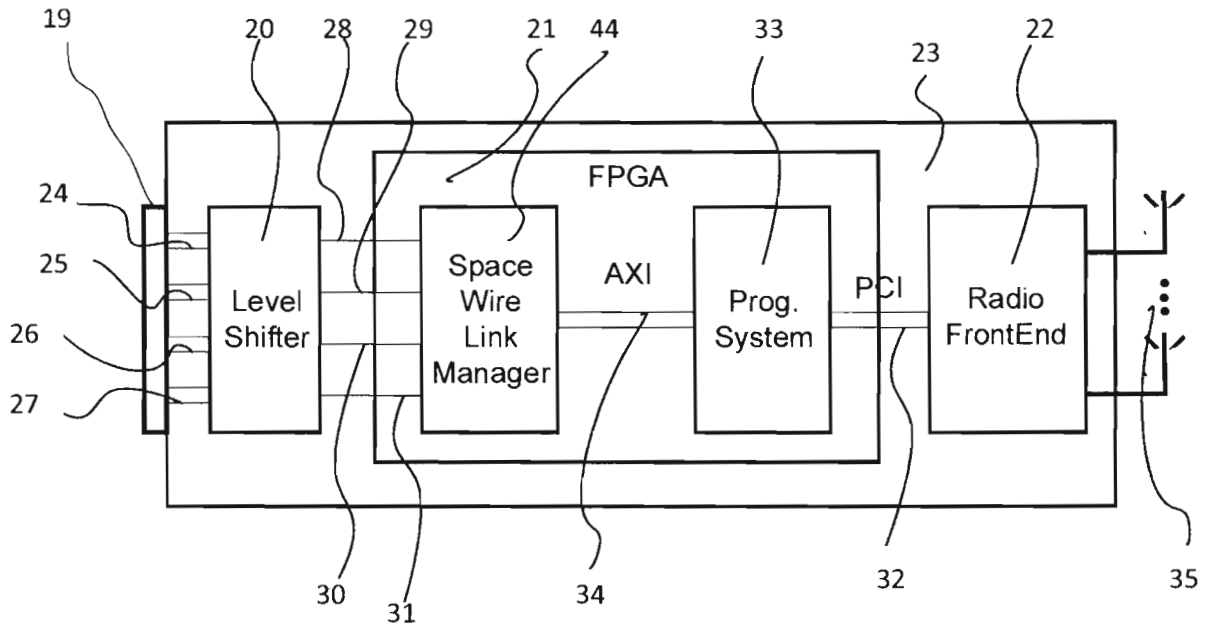


Figura 3. Punte SpaceWire – IEEE 802.11 pentru comunicații intra-satelitare cu debit ridicat

