





(19) **UA** (11) **83 472** (13) **C2**  
 (51) Int. Cl.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF  
 UKRAINE  
 STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL  
 PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: **a200504940, 24.10.2003**

(24) Effective date for property rights: **25.07.2008**

(30) Priority: **25.10.2002 US 60/421,309**  
**25.10.2002 US 60/421,428**  
**25.10.2002 US 60/421,462**  
**10.12.2002 US 60/432,617**  
**07.01.2003 US 60/438,601**  
**30.06.2003 US 10/610,446**

(46) Publication date: **25.07.2008**<sub>H04L</sub> 1/02  
 20080101CFI20080101RHUA <sub>H04L</sub> 25/02  
 20060101CLI20070115RHUA

(86) PCT application:  
**PCT/US03/34520, 20031024**

(72) Inventor:  
**Ketchum John W., US,**  
**Wallace Mark, US,**  
**Walton Jay R., US,**  
**Howard Steven J., US**

(73) Proprietor:  
**QUALCOMM INCORPORATED, US**

(54) **PILOT-SIGNALS FOR A COMMUNICATION SYSTEM WITH MULTITUDE OF INPUTS AND MULTITUDE OF OUTPUTS (MIMO)**

(57) Abstract:

Pilots suitable for use in MIMO systems and capable of supporting various functions are described. The various types of pilot include - a beacon pilot, a MIMO pilot, a steered reference or steered pilot, and a carrier pilot. The beacon pilot is transmitted from all transmit antennas and maybe used for timing and frequency acquisition. The MIMO pilot is transmitted from all transmit antennas but is covered with different orthogonal codes assigned to the transmit antennas. The MIMO pilot may be used for channel estimation. The steered reference is transmitted on specific eigenmodes of a MIMO

channel and is user terminal specific. The steered reference may be used for channel estimation. The carrier pilot may be transmitted on designated subbands/antennas and may be used for phase tracking of a carrier signal. Various pilot transmission schemes may be devised based on different combinations of these various types of pilot.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2008, N 14, 25.07.2008. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

U A 8 3 4 7 2 C 2

U A 8 3 4 7 2 C 2



(19) **UA** (11) **83 472** (13) **C2**  
(51) IIE

IPHNOADHOAI INA2OÈ 2 IAÓÈÈ ÓÈDÀTÈ

AAEAAIEÈ AAIAOAIÁIO  
PÓAEÉOÓAEUII AEAHINO

(12) **IIEH AEIAOIAÓ AI IAÓAIÓÓ ÓÈDÀTÈ**

(21), (22) Aai Poinfaii çà aèè:  
**a200504940, 24.10.2003**

(24) Aaòà íaáòòò +eiiifhò: **25.07.2008**

(30) Aai Poinfaii iðpdeòáòò aPaiiPaii ai Iaðeçúeiç  
eiiíaióç: **25.10.2002 US 60/421,309**  
**25.10.2002 US 60/421,428**  
**25.10.2002 US 60/421,462**  
**10.12.2002 US 60/432,617**  
**07.01.2003 US 60/438,601**  
**30.06.2003 US 10/610,446**

(46) ÍóáePèàò aPaiiPoiáe iðí àèàà+ó Iaòáiòò  
(aaèèàðòPéiíai Iaòáiòò): **25.07.2008**<sub>H04L 1/02</sub>  
20080101CFI20080101RHUA <sub>H04L 25/02</sub>  
20060101CLI20070115RHUA

(86) Iíiað oà aàòà iíaií iPaiáðíaiíç çà aèè aPaiiPaii  
ai aiíaiíðò ÐHÓ:  
**PCT/US03/34520, 20031024**

(72) AèiaðPaièè(è):  
**Èáò+óí Aæíí Ó., US,**  
**Óíèèáéñ íàðè, US,**  
**Óíèòíí Aæáé Ð., US,**  
**Áíààðà NòPaií Aæ., US**

(73) AèaPaièè(è):  
**ÈAAÈÈíí PÉIÐIÐAEÓAA, US**

(54) **IPÉIO-NÈÁIAÈÈ AEB ÈIIOIPEAOEÉI PHENOAIÈ Ç IIPAEIIP AOIAA 2 IIPAEIIP AEÓIAA (IPI)**

(57) Ðaðaðàò:  
Iíèñaií iPeio-ñeáíaeè, iðeaaòí aè àèèiðeñòaií  
ó ñeñòaiáð iPI 3 ðaaéçPaií ç iíæeèaPñòP iPaòðeíeè  
ðçPíèð óóíèóé. ÐçPí òèìè iPeio-ñeáíaePa àèèP+àPòù  
à ñááá: iPeio-ñeáíae íà èà, iPeio-ñeáíae iPI,  
èáðíaiáíèè iíðíeè ñeáíae ááí èáðíaiáíèè iPeio-ñeáíae,  
3 iPeio-ñeáíae íáñó+iç. IPeio-ñeáíae íà èà íaðááàPòù  
+aðaç áñ íaðááááèúíP áíóáiè 3 áPí iíæa áóòè  
àèèiðeñòaiéè aè òàéíóááí ááí çàðííeáíí +áñòíðè.  
IPeio-ñeáíae iPI íaðááàPòù +aðaç áñ íaðááááèúíP  
áíóáiè, àèa áPí iíðeðeááòùñ ðçPíèè iðòíáííeúíèè  
èíááiè, iðeçPí+áièèè íaðááááèúíèè áíóáiè.

iPeio-ñeáíae iPI iíæa áóòè àèèiðeñòaiéè aè iðPíèè  
èáiáèó. Èáðíaiáíèè iíðíeè ñeáíae íaðááàPòù ó  
àèçPí+áièð àèáñíèð iíaað èáiáèó iPI 3 áPí ó  
ñíáòèð+íèi aè èiðeñòóááòùèíaií òaðíPaeè. Èáðíaiáíèè  
iíðíeè ñeáíae iíæa áóòè àèèiðeñòaiéè aè iðPíèè  
èáiáèó. IPeio-ñeáíae íáñó+iç iíæa íaðááááàðèñ  
+aðaç àèçPí+áiP iPaáPaiçPíè/áióáiè 3 iíæa  
àèèiðeñòíáóááòèñ aè aPñèPaeíáóááií òaçè  
ñeáíaeó íáñó+iç. Iíæóòù áóòè ðíçðíáèáiP ðçPí ñðáiè  
íaðááá+ iPeio-ñeáíaeó, áàçòP+èñú íà ðçPíèð  
èíáPíáòP ò àèaçáièð ðçPíèð òèíPá iPeio-ñeáíaePa.

U A 8 3 4 7 2 C 2

U A 8 3 4 7 2 C 2





5 ιόευσήεαεήνοαίι ς είαίαιε δίγαεαίι ι, (5) ό ΜΙΜΟ ηέηόαιε, á εεό áε εαίαεα ίεçðáííç, ε³³ç, áεηð³áííç, ε³³ç ðááεçíáááiε áóíεáεήνιέε çá' çíε ς +áηíáει δίγαεαίι ι (ΤDΔ), áóíεáεήνιέε çá' çíε ς +áηíóíóει δίγαεαίι ι (FDD) ³/ááí áóíεáεήνιέε çá' çíε ς είαίαιε δίγαεαίι ι (CDD), ³ (6) á ³ηεόε ðεíáð ΜΙΜΟ ηέηόαι. Áε ίðíηóíóε, ³εíð-ηέáíáεε ηέηáí³ ίεæ+á ηíí+áðéó áε ΜΙΜΟ ηέηόαιε, úí ðááεç³çó° OFDM (óíáóí, ΜΙΜΟ-OFDM ηέηόαιε), á ηíð³ áε ΤDΔ ΜΙΜΟ-OFDM ηέηόαιε.

10 OFDM áðáεðéáíí δίγαε° ε° áηηρ ηίόáó +áηíóí ηέηόαιε íá ááε³ευσέá (N<sub>F</sub>) ίðóíáíáεεúíεð ³áá³áíáçíí³á, ε³ ðáεíæ íáçεááðóυή ðííáιε, +áηíóíóειε á³íáιε ááí +áηíóíóειε ³áεáíáεεáιε. Ó áεíááεó OFDM εíæíεε ³áá³áíáçíí çá' çáíεε ς á³áíá³áíηρ ³áíáηó+íηρ, éá ηíæá áóðε ηáðéúíááíá ááíειε. Ó áεíááεó ³íí-OFDM ηέηόαιε εíæíεε ³áá³áíáçíí ηíæá áóðε çá' çáíεε ς ááε³ευσéííá áεáηíειε ηíááιε, ³ εíæíá áεáηíá ηíáá εíæíáí ³áá³áíáçíí ηíæá δίçáε ááðεή é íáçáεáæéιε εáíáε íáðááá+³.

15 Áε ίðíηóíóε, ίεæ+á ηέηáíá εííεðáóíá ηóðóεóðóðá ³εíð-ηέáíáεε áε ³εηñóðáðéáííç ΜΙΜΟ-OFDM ηέηόαιε. Ó ó³ε ΜΙΜΟ-OFDM ηέηόαι³ ηίόáá +áηíóí ηέηόαιε δίγαεαίι íá 64 ίðóíáíáεεúíεð ³áá³áíáçííε (óíáóí, N<sub>F</sub>=64), éεí ίðéçíá+áí³ ³íááεήε á³á -32 áí +31. Ç óεé 64 ³áá³áíáçíí³á 48 ³áá³áíáçíí³á (íáíðéééáá, ç ³íááεήáιε ±{1, ..., 6, 8, ..., 20, 22, ..., 26}) ηíæóóó áεéíðéηíóíáóááðéη áε íáðááá+³ ááíεð, 4 ³áá³áíáçííε (íáíðéééáá, ç ³íááεήáιε ±{7, 21}) ηíæóóó áóðε áεéíðéηóáí³ áε ³εíð-ηέáíáεó íáηó+íç³, ηíæééáí, áε ηέáíáε³çáó³ç, ³áá³áíáçíí DC (ç ³íááεήηí 0) íá áεéíðéηíóáó³óυή, ³ ³áá³áíáçííε, úí çáεéηééεήη, ðáεíæ íá áεéíðéηíóáó³óυή ³ ηέóæáóó é ίðíðíí³ ³áá³áíáçííε. Óáεéí +éíí, ç 64 ³áá³áíáçíí³á 52 "áεéíðéηíóáóááíεð" ³áá³áíáçííε áεéηρ+áðóó á ηááá 48 ³áá³áíáçíí³á ááíεð ³ 4 ³áá³áíáçííε ³εíð-ηέáíáεó, á 12 ³áá³áíáçíí³á, úí çáεéηééεήη, íá áεéíðéηíóáó³óυή. Óáεá ηóðóεóðóðá ³áá³áíáçíí³á

25 OFDM á³ευσ ááðáεúíí ηέηáíá ó çáçíá+áí³é áεúá ηíáðááí³é [çá áó³ íá íáðáíð Ν0/421,309]. Áε ΜΙΜΟ-OFDM ηέηόαιε ðáεíæ ηíæá áóðε ðááεçíááíá ð³çíá ε³ευσé³ηóó ³áá³áíáçíí³á ðá ³íð³ ηóðóεóðóðé ³áá³áíáçíí³á OFDM, ³ óá çíáðíáεéóυή ό íáæáð íá³íó ááííáí áεíáðíáó.

Ó áεíááεó OFDM, ááí³, ίðéçíá+áí³ áε íáðááá+³ ό εíæííó áεéíðéηíóáóááííó ³áá³áíáçíí³, ηíí+áðéó ηáóéηρρóó (óíáóí, áεéííóðóó á³áíáðáæááí ηέáíé³á), áεéíðéηíóáó³+é εííεðáóí ηóáíó ηáóé ó³ç (íáíðéééáá, BPSK, QPSK ááí M-QAM), áεáðáíó áε áεéíðéηóáíí ό óúííó ³áá³áíáçíí³. Ó εíæííó áεéíðéηíóáóááííó ³áá³áíáçíí³ ό εíæíéε íáð³íá ηέáíéó ηíæá íáðáááááðéη íáéí ηέáíéε ηáóé ó³ç.

30 Éíæíéε ηέáíéε ηáóé ó³ç áε ° ηíáíη εííéáεήíá çíá+áíí áε áεçíá+áííç óí+éé ό ηέáíáεúííó ηóç³ç, á³áíá³áííó áεáðáíé ηóáí³ ηáóé ó³ç. Ó íááεéíðéηíóáóááíéð ³áá³áíáçííáð ηíæóóó íáðáááááðéη ηέáíáεé ç íóεúíáεí çíá+áíí í. Áε εíæííáí íáð³íáó ηέáíéó OFDM ηέáíéε ηáóé ó³ç áε áεéíðéηíóáóááíéð ³áá³áíáçíí³á ³ íóεúíá³ çíá+áíí ηέáíáε³á áε íááεéíðéηíóáóááíéð ³áá³áíáçíí³á (óíáóí, ηέáíéε ηáóé ó³ç ³ íóε³ áε áη³ð N<sub>F</sub> ³áá³áíáçíí³á) íáðáóáíððóó ό +áηíáεé áíáí, áεéíðéηíóáó³+é íááðíáíá ηááεáεá íáðáóáíðáíí Óóð° (IFFT) áε íááðæáíí íáðáóáíðáííáí ηέáíéó, ééé ³ηóεóó N<sub>F</sub> áεáð³é +áηíáíáí áííáíó. Áε ίðíðéá³ç ³æηέáíéεúí³é ³íáððáðáó³ç (ISI) +áηóéíó εíæííáí íáðáóáíðáííáí ηέáíéó çáε+áεíí ηáóíððóó (úí ðáεíæ íáçεááðóυή áíááááí í ðééé³+ííáí íðáó³εήá) áε óíðíóááí á³áíá³áííáí OFDM ηέáíéó, ééé ηíð³ íáðáááðóó ηí ááçíðíá³íííó εáíáεó.

35 1. ³εíð-ηέáíáε íá éá

³εíð-ηέáíáε íá éá áεéηρ+á° á ηááá áεçíá+áíεé íáá³ð ³εíðíéð ηέáíé³á, ééé íáðáááðóó +áðáç εíæíó ç N<sub>0</sub> íáðáááááεúíéð áíóáí. Óíé æá ηáíεé íáá³ð ³εíðíéð ηέáíé³á íáðáááðóó ίðíó áíí N<sub>B</sub> íáð³íá³á ηέáíé³á, ίðéçíá+áíεð áε íáðááá+³ ³εíð-ηέáíáεó íá éá. Ó çáááεúííó áεíááεó N<sub>B</sub> ηíæá áε ðé ηíáíη áóáú- éá ó³εá +εηέí, á³ευσá ááí ðáéá, úí áíð³áíη³ íáéíéó³.

40 Á íáííó ç ³εηñóðáðéáíεð ááð³áíó³á çá³εήíáí íáá³ð ³εíðíéð ηέáíé³á áε ³εíð-ηέáíáεó íá éá áε ° ηíáíη íáá³ð ç 12 ηέáíé³á ηáóé ó³ç BPSK, ééé íáçεááðóυή OFDM ηέáíé³í "Á". 12 ηέáíé³á ηáóé ó³ç BPSK áε OFDM ηέáíé³é Á íáááááí³ ό ðááééó³ 2.

Í 52 íááεéíðéηíóáóááíéð ³áá³áíáçííáð, úí çáεéηééεήη, íáðáááðóó ηέáíáεé ç íóεúíáεí çíá+áíí í.

Óááééó 2											
³εíðí³ ηέáíáεé											
³íááεήη ³áá³áíáçííó	³εíð-ηέáíáε íá éá b(k)	MIMO ³εíð-ηέáíáε ð(é)	³íááεήη ³áá³áíáçííó	³εíð-ηέáíáε íá éá b(k)	MIMO ³εíð-ηέáíáε Δ(b)	³íááεήη ³áá³áíáçííó	³εíð-ηέáíáε íá éá b(k)	MIMO ³εíð-ηέáíáε P(k)	³íááεήη ³áá³áíáçííó	³εíð-ηέáíáε íá éá b(k)	MIMO ³εíð-ηέáíáε P(k)
	0	0	-13	0	1-j	1	0	1-j	15	0	1+j
-26	0	-1-j	-12	-1-j	1-j	2	0	-1-j	16	1+j	-1+j
-25	0	-1+j	-11	0	-1-j	3	0	-1-j	17	0	-1+j
-24	1+j	-1+j	-10	0	-1-j	4	-1-j	-1-j	18	0	1-j
-23	0	-1+j	-9	0	1-j	5	0	-1+j	19	0	1+j
-22	0	1-j	-8	-1-j	-1-j	6	0	1+j	20	1+j	-1+j
-21	0	1-j	-7	0	1+j	7	0	-1-j	21	0	1+j
-20	-1-j	1+j	-6	0	-1+j	8	-j	-1+j	22	0	-1+j
-19	0	-1-j	-5	0	-1-j	9	0	-1-j	23	0	1+j
-18	0	-1+j	-4	1+j	-1+j	10	0	-1-j	24	1+j	-1+j
-17	0	1+j	-3	0	-1+j	11	0	1+j	25	0	1-j
-16	1+j	-1+j	-2	0	1-j	12	³+³	1-j	26	0	-1-j
-15	0	1-j	-1	0	-1+j	13	0	-1+j	...	0	0
-14	0	1+j	0	0	0	14	0	-1-j			

65 Áε ³εηñóðáðéáííáí ááð³áíó³ çá³εήíáí³, é ηέáçáíí ό ðááééó³ 2, áε ³εíð-ηέáíáεó íá éá ηέáíéε ηáóé ó³ç BPSK (1+j) íáðáááðóó ό ³áá³áíáçííáð -24, -16, -4, 12, 16, 20 ³ 24, ³ ηέáíéε ηáóé ó³ç BPSK - (1+j) íáðáááðóó ό ³áá³áíáçííáð -20, -12, -8, 4 ³ 8. Ó 52 ³áá³áíáçííáð, úí çáεéηééεήη, áε ³εíð-ηέáíáεó íá éá íáðáááðóó ηέáíáεé ç íóεúíáεí çíá+áíí í.



διδιόπου αειάαειάει +είνι 3 ιοίρπου αε οίαι, υία αε αεοε ίαα3δ, έεε ίαο ι3ιαεούο ααδ3αο3ρ κί3αα3αι3άι ι3είαα  
 5 3ία+αί /κ3ααί3 3ία+αί . OFDM κείαίε Δ, ίααααίεε ο οαάεεο3 2, αε ο κίαι3 3εκ3οδ3αοεάίεε OFDM κείαίε, έεε ίααα  
 αόοε αεείδεκ3οαίεε αε MIMO ι3είο-κείαίεο. Ο 3αάαεύίίο αειάαέο, ίαα3δ ι3είοίεο κείαίε3α, υί αεείδεκ3οαίεο3ο3κί αε  
 MIMO ι3είο-κείαίεο, ίααα αόοε ίααδκαίεε, αεείδεκ3οαίεο3ε αόαυ- έο κ3αίο ίααέ ο3. Οαέει +είνι, αε MIMO  
 ι3είο-κείαίεο οαείαε ίααο3ο3 αόοε αεείδεκ3οαίε 333ι3 333 OFDM κείαίεε, ίααδκαίε3 3 αεείδεκ3οαίε ι QPSK ααί έίλ-ίααόαυ  
 3ί3λ κ3αίε ίααέ ο3, 3 οα 3ία3ίεο3κί ο ίαααδ ία3ο ααί3αί αειά3ίαο.

Αε ι3εεααί OFDM κείαίε3α Δ, υί ίαδ3αα3ο3κί +αδ3 33 ιαδ3ααααεύίεο αίοαί, ίααο3ο3 αόοε αεείδεκ3οαίε 333ι3  
 10 ιδ3ο3ίεαεύίε έίαε. Ιδεεεααε οαέεο ιδ3ο3ίεαεύίεο έία3α αεε33+α3ο3υί α κ3αα έίαε Οίε3α 3 ιδ3ο3ίεαεύίε έίαε 33 3ί3ίε  
 οαέο3ί3ι δί3ε3εαί (OVSF). Αε ι3εεααί OFDM κείαίε3α Ρ οαείαε ίααο3ο3 αόοε αεείδεκ3οαίε κ3αααί3ο3ίεαεύίε έίαε 3  
 εαα33ι3ο3ίεαεύίε έίαε. Ιδεεεααί κ3αααί3ο3ίεαεύίεαί έίαο ο Μ κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί, αίαδ3α α3αί3α ο ααί3ε ααέο33 οα3οίεε.  
 Ιδεεεααί εαα33ι3ο3ίεαεύίεαί έίαο ο εαα33ι3ο3ίεαεύίεα ο3ίεο3 (QOF), υί αε3ία+α3ο3κί α ΙS-2000. Ο 3αάαεύίίο  
 αειάαέο, αε ι3εεααί ίααο3ο3 αόοε αεείδεκ3οαίε 333ι3 έίαε, αα έ3 3 έεδ 33αααί3 αεύα. Αε ιδ3ο3ίε, οαδ3ι3  
 15 "ιδ3ο3ίεαεύίε έία" αεείδεκ3οαίεο3ο3κί ο ααί3ο3 κ3ε3 αε 3αάαεύίεαί κ3ία+αί αόαυ- έί3α οείο έίαο, ιδεεαο3ί3αί αε  
 αεείδεκ3οαίε ιδε ι3εεααί ι3είοίεο κείαίε3α. Αί3αεεία (L) ιδ3ο3ίεαεύίεαί έίαο αεαεδ3α3ο3κί οαε, υία αί3α αόεα  
 α3ευ3ο3 ααί αίδ3αί3αεα ε3ευέκ3ο3 ιαδ3ααααεύίεο αίοαί (αί3εεεεαα,  $L \geq N_T$ ), 3 αε αεείδεκ3οαίε αί3ο3ί3 L  
 ιδ3ο3ίεαεύίεο έία3α. Έί3αί3ε ιαδ3ααααεύίε αίοαί3 ιδε3ία+α3ο3υί οί3εαεύίεε ιδ3ο3ίεαεύίεε έί3α. Νρ OFDM κείαίε3α Ρ,  
 ιδε3ία+αί3 αε ίαδ3ααα+3 α Νρ ιαδ3ο3ίεαδ κείαίε3α +αδ3 εί3αο ιαδ3ααααεύίεο αίοαί, ι3εεαα3ο3υί ιδ3ο3ίεαεύίε  
 ιδε3ία+αίε αε ο33 ιαδ3ααααεύίε αίοαίε.

Α ίαί3ο 3 ααδ3ο3α 3α3εκί3αί αί3ο3ί3 +ιδεδε ιαδ3ααααεύίε αίοαίε 3 ιδε3ία+αί3 κ3ε3αί3ί3κ3ο3 Οίε3α 3 4-α  
 20 αεαί3ο3αδ3ίεε κείαίεαίε  $W_1=1111$ ,  $W_2=1010$ ,  $W_3=1100$  3  $W_4=1001$  αε MIMO ι3είο-κείαίεο. Αε ααί3 κ3ε3αί3ί3κ3ο3  
 3ία+αί "1" αεα3ο, υί ίαδ3ααα3ο3κί OFDM κείαίε Δ, 3 3ία+αί "0" αεα3ο, υί ίαδ3ααα3ο3κί OFDM κείαίε -Δ. Αε OFDM  
 κείαίεο -Δ έί3αίεε 3 52 κείαίε3α ίααέ ο3 QPSK α OFDM κείαίε3α Ρ ο ι3αδ3ο3ί3αίε (οί3ο3, κ3ί3αίε ία -1). Δα3οεύοδ3ο  
 25 ι3εεααί αε έί3αί3 ιαδ3ααααεύίε αίοαίε αε ο κίαι3 κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί ι3εεοεδ OFDM κείαίε3α Ρ αε ο33 ιαδ3ααααεύίε  
 αίοαίε. Ι3εεααί κ3ί κ3ο3 αεεί3ο3ο3κί ιδ3ο3ίε αε έί3αί3 3 ι3αα3αί3αί3α αε ααί3αδ3ο3 κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί ι3εεοεδ  
 ι3είοίεο κείαίε3α αε ουί3α ι3αα3αί3αί3ο. Κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί ι3εεοεδ ι3είοίεο κείαίε3α αε κ3ο3 ι3αα3αί3αί3α οί3ο3  
 κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί ι3εεοεδ OFDM κείαίε3α Δ.

Ο οαάεεο3 4 ίαδ3ααδ3ο3ί3αί3 OFDM κείαίεε, ιδε3ία+αί3 αε ίαδ3ααα+3 +αδ3 εί3αο 3 +ιδεδ3υί3 ιαδ3ααααεύίεο αίοαί αε  
 30 ίαδ3ααα+3 MIMO ι3είο-κείαίεο, έα ίαο οδεααε3κ3ο3υί 4 ίαδ3ο3ίε κείαίε3α.

Οαάεεο 4				
MIMO ι3είο-κείαίε				
Ιαδ3ο3α κείαίεο	Αί3οαί3 1	Αί3οαί3 2	Αί3οαί3 3	Αί3οαί3 4
1	+Δ	+Δ	+Δ	+Δ
2	+Δ	-Δ	+Δ	-Δ
3	+Δ	+Δ	-Δ	-Δ
4	+Δ	-Δ	-Δ	+Δ

Αε ουί3αί ίααί3ο 3 κ3ε3αί3ί3κ3ο3 Οίε3α 3 4-α αεαί3ο3αδ3ίεε κείαίεαίε ίαδ3ααα+α MIMO ι3είο-κείαίεο ίααα  
 40 3α3εκί3ααδ3εκί ιδ3ο3 κ3ί ο3εί3α έδ3α3ί3αί +ιδεδ3υί3 ιαδ3ο3ίεα κείαίε3α αε οί3αί, υία ααδ3αί3ο3ααδ3ε ιδ3ο3ίεαεύίεο3κί ι3ε  
 +ιδεδ3α ίαδ3ααα+αίε ι3είο-κείαίεο +αδ3 3ιδεδ3ε ιαδ3ααααεύίε αίοαίε. Κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί Οίε3α κ3αδ3ο3ο3υί αε ίαδ3ααα+3  
 MIMO ι3είο-κείαίεο, έα 3α αί3αεεί3 ιαδ3ααεύο3 αί3αεεί3 κ3ε3αί3ί3κ3ο3 Οίε3α.

Αα3ο3ί3αί3ε έαί3ε αε MIMO-OFDM κείαίε αε οαδ3αεοδ3ε3ο3ααδ3εκί ίααί3ί3 ιαδ3εο3υί  $H(k)$  α3ααόεο έαί3εο, αε  
 45 ι3αεέκ3ο3 ι3αα3αί3αί3ο  $k \in K$ , αα  $K = \{1 \dots 26\}$  αε 3εκ3οδ3αοεάί3 κ3οδ3εοδ3ε ι3αα3αί3αί3α, αεεεαααί3 αεύα. Ιαδ3εο  $H(k)$   
 αε έί3αί3αί3 ι3αα3αί3αί3ο αεε3+α ο κ3αα  $N_T N_R$  3ία+αί3υί,  $\{h_{ij}(k)\}$ , αε  $i \in \{1 \dots N_R\}$  3  $j \in \{1 \dots N_T\}$ , αα  $h_{ij}(k)$  αε ο κίαι3  
 κ3εεαί3 έαί3εο ι3ε j-p ίαδ3ααααεύίε αί3οαί3 οα 3-p ιδεείαεύίε αί3οαί3.

MIMO ι3είο-κείαίε ίααα αόοε αεείδεκ3οαίεε ο ιδεεία+3 αε ι3ίεε α3ααόεο αα3ο3ί3αί3αί3 έαί3εο. 3ίεδ3αί3α, αε  
 50 α3αί3αεαί3 ι3είο-κείαίεο, α3αί3αεαεαί3αί3 +αδ3 ιαδ3ααααεύίεο αί3οαί3 j 3 ιδεεί ο3 ιδεείαεύίε αί3οαί3 3, ιδεεί ο3 OFDM  
 κείαίε α αί3οαί3 ι κ3ί+αδ3εο κ3ί3αδ3ο3 ία κ3ε3αί3ί3κ3ο3υί Οίε3α, ιδε3ία+αί3ο ιαδ3ααααεύίε αί3οαί3 j. OFDM κείαίεε "33  
 3ί οεί ι3εδ3εο3 ι" αε κ3ο3 Νρ ιαδ3ο3ίεα κείαίε3α αε MIMO ι3είο-κείαίεο κ3ο3 ι3ακ3ο3ί3αο3ο3κί, ιδε-κ3ί3ο ι3ακ3ο3ί3αο3αί3  
 ίααα αεεί3ο3ααδ3εκί ιδ3ο3ίε αε έί3αί3αί3 3 52 αεείδεκ3οαίεο3αί3εο ι3αα3αί3αί3α. Ι3ακ3ο3ί3αο3αί3 οαείαε ίααα αεεί3ο3ααδ3εκί ο  
 +ακ3ο3ί3αο3 αί3αί3 αε ιδεεί οεδ OFDM κείαίε3α (κ3ε αεααεαί3 οεεε3+ί3αί3 ιδ3α3εκ3α ο έί3αί3ο OFDM κείαίε3α).  
 55 Ι3ακ3ο3ί3αο3αί3 αεεί3ο3ο3υί κ3ί3αί3 "αεα3δ3εα-αί-αεα3δ3εε" αε κ3ί3αί3ε ιδεεί οεδ OFDM κείαίε3α, αα αεα3δ3εε αε έί3αί3αί3  
 OFDM κείαίεο α3αί3α3α3ο3υί 333ίε ι3αα3αί3αί3αί3, ευί ι3ακ3ο3ί3αο3αί3 αεεί3ο3ο3υί κ3ε FFT, 3 333ίε +ακ3ο3ί3ε ι3αεέκ3αί3,  
 ευί ι3ακ3ο3ί3αο3αί3 αεεί3ο3ο3υί αί FFT. Δα3οεύοδ3ο3υί ι3ακ3ο3ί3αο3αί3 ο  $\{h_{ij}(k)\}$ , αε  $\{r_i(k)\}$ , έ3 ο ι3ί3αίε α3ααόεο έαί3εο

60 α3α ίαδ3ααααεύίε αί3οαίε j αί ιδεείαεύίε αί3οαίε 3 αε 52 αεείδεκ3οαίεο3αί3εο ι3αα3αί3αί3α. Οαεα αε ίαδ3αεα ίααα αόοε  
 αεεί3αί3α αε ι3ί3ε α3ααόεο έαί3εο α3α έί3αί3 ιαδ3ααααεύίε αί3οαίε αί έί3αί3 ιδεείαεύίε αί3οαίε. Ιαδ3αεα  
 ι3είο-κείαίεο αα  $N_T N_R$  έί3αεέκ3ο3 3ία+αί3υί αε έί3αί3αί3 ι3αα3αί3αί3ο, αα έί3αεέκ3ο3 3ία+αί3 ο αεαί3οαίε ιαδ3εο3  $\hat{H}(k)$   
 αε ι3ί3ε α3ααόεο έαί3εο αε ουί3αί3 ι3αα3αί3αί3ο.

Ιαδ3αεα ι3είο-κείαίεο, κ3εκ3αί3α αεύα, ίααα αεεί3ο3ααδ3εκί ο οί3+ο3 αί3ο3ο3ο3 αε ίααδκαί3 ι3ί3ε  $\hat{H}_{up}(k)$  α3ααόεο έαί3εο  
 αε αεκ3ο3αί3 ε33, 3 οαείαε ίααα αεεί3ο3ααδ3εκί ο έί3εκ3ο3ααεύίεο3εύί3ο οαδ3ο3ί3εο3 αε ίααδκαί3 ι3ί3ε  $\hat{H}_{dn}(k)$  α3ααόεο  
 65 έαί3εο αε ιε3ο3αί3 ε33.





11α αε 1δ1η01δ1α1ζ 1αδ1αεε αεε1δεη01α0βου 1α1δ 11εε ααε01δ v1(k). Οαεε1 +ε11, 1ε1ο1α 11ηεα1α1α1η0ου Δη1(n) 1ααα0ουη 1δ1η01δ1αε 1αδ1αο3 ζ 1α1δ 11εε ααε01δ11 v1(-26), 1ε1ο1α 11ηεα1α1α1η0ου Δη2(n) 1ααα0ουη 1δ1η01δ1αε 1αδ1αο3 ζ 1α1δ 11εε ααε01δ11 v1(-7), 1ε1ο1α 11ηεα1α1α1η0ου Δη3(n) 1ααα0ουη 1δ1η01δ1αε 1αδ1αο3 ζ 1α1δ 11εε ααε01δ11 v1(-7), 1ε1ο1α 11ηεα1α1α1η0ου Δη4(n) 1ααα0ουη 1δ1η01δ1αε 1αδ1αο3 ζ 1α1δ 11εε ααε01δ11 v1(26).

11. 1ε1ο-ηεα1αεε αε MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p

1ε1ο-ηεα1αεε, υ1 δ1ζαε ααβουη ο αα11ο 11ηεη, οαε1ε 11αεουο αουε αεε1δεη0α1ε αε MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p, ε3 1α αεε1δεη0α1εου OFDM. Ο ου11ο αε1ααεο, ζαη01η1α1α ααεεεα +αη0ε1α 11ηεη, 1αααα1α αευα, αεα ααζ 1ααεηηο κ 1ααα1αζ1ο. Αε 1ε1ο-ηεα1αεο 1α εα η1αεοε3+1εε 1ε1ο1εε ηε1α1ε b 11αοε ο3ζ 11αα αουε 1αδααα1εε +αδαζ ε1αεο ζ ΝΤ 1αδααααευ1εο α1οα1. Αε MIMO 1ε1ο-ηεα1αεο η1αεοε3+1εε 1ε1ο1εε ηε1α1ε P 11αοε ο3ζ 11αα αουε 11εδεθεε ΝΤ 1δου1α1αευ1ε1ε 11ηεα1α1α1η0 1ε 1αδααα1εε +αδαζ ΝΤ 1αδααααευ1εο α1οα1. 1ε1ο1εε ηε1α1ε b 11αα αουε οαεε1 αε αα1 α3αδ3ζ1 οεη α3α 1ε1ου1α1 ηε1α1εο δ. 1α1δααεα1εε 11δ1εε ηεα1αε 11αα 1αδαααααοεη, ε 11εαζα1 ο δ3α1 113 (2). 1α1αε ααε01δ 0m 1αδααα+3, 1α1δ 11εε ααε01δ vm 1ε1ο1εε ηε1α1ε p 1α ο ου1εο3 1ε 1ααεηηο κ 1ααα1αζ1ο. 1ε1ο-ηεα1αε 1αη0-1ζ 11αα 1αδαααααοεη η11η1α1 1ουεθε1εαεηηοαα1 ζ +αη1αε δ1ζαεαα1 1, αα1 11αα αουε 1δ1η0 11ουα1εε.

Αε MIMO-OFDM ηεη0α1ε οεεε3+1εε 1αδ3εη, ε 1δααεε1, αεε1δεη0α1εου αε ζαααζ1α+α1 ααδ3αο3ζ 1δου1α1αευ1η0ο 1αε 1ααα1αζ1α1ε 1δε 1α α11ηο3 δ1ζεεαο ζαδδε1ε ο ηεη0α1ε, α 1δου1α1αευ1ε ε1αε α1ζα1ε βου 1αα1εοε3εοααε 1εδ3α1 1αδααααευ1ε α1οα1ε. Αε MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p 1δου1α1αευ1ε ε1αε ζαααζ1α+οβου ε 1δου1α1αευ1η0ου, οαε 1αα1εοε3εαο3 α1οα1ε. Οαεε1 +ε11, 1δου1α1αευ1ε ε1αε, υ1 αεε1δεη0α1εου αε 11εδεαα1 1ε1ο1εο ηε1α1ε3α ο MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p, 11αεουο αουε αεαδ3α1 οαεε1 +ε11, υ1 α11ε αουουο 1αοε ο1δ1η3 αεαηηεα1η0ο αζα11ζ ε1δ3ε ο3ζ 1η3αα3α11ηα1 1ε-α1-11α3+11α1 1αεηηεο1ο (ο1αο1, 1δε 1α α11ηο3 δ1ζεεαο ζαδδε1ε ο ηεη0α1ε, ε1δ3ε ο3ζ 1αε αουα- εε1ε αα11α 1δου1α1αευ1ε1ε 11ηεα1α1α1η0 1ε, υ1 αεε1δεη0α1εου αε 11εδεαα1, ο 1αεα1υε1p). 1δεεεαα1 οαε1α1 1δου1α1αευ1ηα1 ε1αο ζ ο1δ1ηε1ε αεαηηεα1η0 1ε αζα11ζ ε1δ3ε ο3ζ 1η3αα3α11ηα1 1ε-α1-11α3+11α1 1αεηηεο1ο ο M 11ηεα1α1α1η0 οα 1ζ ααδη3ζ ζ ζη0α1 1α +αη1. 1α1αε αε 11εδεαα1 1ε1ο1εο ηε1α1ε3α ο MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p οαε1ε 11αεουο αουε αεε1δεη0α1ε 1η3 οε1ε ε1α3α.

Αε ηεδ1ε1η0α1α1ζ MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p 1α1δααεα1εε 11δ1εε ηεα1αε 11αα 1αδαααααοεη δ3ζ1ε1ε η11η1αα1ε, υ1 αδου1αοβου +αη01ο11-ηαεαεοεα1α ζαα1εδ3α1 (ο1αο1, +αη01ο1εε α3ααοε, εεε 1α ο 1ε1ηεε1 11 αηηε ο1α1+3ε η1οζ3 +αη01ο). Ααε3υεα η0α1 αε 1αδααα+3 1α1δααεα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο ο ηεδ1ε1η0α1α1ε MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p 11εηα1 1εα+α. Ο ζαααευ11ο αε1ααεο, 1αδαααα+ 11αα 1αδαααααοε 11δ1εε ηεα1αε, εεε 1αδ1αεα1εε οαεε1 αε αα1 11α3α1ε1 η11η1α1, υ1 1αδ1αεα, εα αεε1δεη0α1εοουη 1δε 1αδααα+3 αα1εδ οδ3αοεο 11 αεζ1α+α1εδ ηεδ1ε1η0α1α1εο αεαηηεο 11ααδ. 11ο3 1δεε1α+ 11αα εε1-1ααοαυ η11η1α1 αεε1αοε ε1δ3ε ο3ζ 1δεε1 ο1α1 ηεα1αεο ζ ε1εαευ1 αα1αδ1αα1p ε1ηο3 1αδααα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο 1αη0αοε 1ο1δ1αο3 1δ1 εα1αε, εα αα 11αεεα3η0ου 1αδααααα+ ο3ζ1εοε οζα1αεα1εε ο3ευοδ εα1αεο.

Ο 1αδ3ε η0α1ε 1αδααααα+ η11+αδεο 1ααδ3εο 1α1δ 11εε ααε01δ vm(k) αε αεαη1ζ 11αε. 1α1δ 11εε ααε01δ vm(k) 11αα αουε 1ααδ3α1εε ζα α111α1p 1αδ1αε+1ζ 1αδααα+3 OFDM 1ε1ο1εο ηε1α1ε3α ζα α111α1p αεε1α1 α1αε3ο ο +αη01ο11ο α11α1 1δεε1 ο1α1 MIMO 1ε1ο-ηεα1αεο, εεε αοα 1αδααα1εε ααζ OFDM αα1 εε1-1ααοαυ 1ηε1 η11η1α1. Αε ε1αε1α1 ζ1α+α1 κ, αα 1≤κ≤ΝΤ, vm(k) αε ο η1α1p ΝΤ-ααε01δ ζ ΝΤ αεα1α1οα1ε αε ΝΤ 1αδααααευ1εο α1οα1. 11ο3 1αδααααα+ αεε11ο 1ααδ1α1α ηαεαεα 1αδουα1δ3α1 Οδ3ο αε ε1αε1α1 ζ ΝΤ 11ε1αα1υ ααε01δ3α αε 1α1δ 11α1 ααε01δ3α vm(k), ζ κ ε +αη01ο11p ζ111p 1δε 1α+εηεα13 IFFT, αε 1ααδ3α1 α3α1α3α1α1 11ουεηηο +αη1α1α1 α11α1ο αε ζα' ζα1ζ 1αδααααευ1ζ α1οα1ε. Ε1αα 11ε1αα1 ααε01δ3α αε ααε01δ3α vm(k) αεε3+α α ηααα ΝΤ ζ1α+α1υ αε ΝΤ +αη01ο1εο 1ααα1αζ1α, 1αα1α3α1εε 11ουεηηο +αη1α1α1 α11α1ο αε ο η1α1p 11ηεα1α1α1η0ου ζ ΝΤ ζ1α+α1υ +αη1α1α1 α11α1ο. 11ο3 οαδ1αε α1αα οεεε3+1εε 1αδ3εη α1 ου1α1 11ουεηηο +αη1α1α1 α11α1ο αε 1ααδ3α1 11ουεηηο 1α1δααεα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο αε 1αδααααευ1ζ α1οα1ε. 1αε 1αα3 ζ ΝΤ 11ουεηηο 1α1δααεα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο αα1αδ3οουη αε ε1αε1ζ αεαη1ζ 11αε 11αα 1αδαααααοεη α 1αε1 ο1ε αε +αη1αεε 1οαδ3αε +αδαζ αη3 ΝΤ 1αδααααευ1ε α1οα1ε. 11αεα1α 1αα1δ3α 11ουεηηο 11αα αα1αδ3οααοεη αε 11αε1ε αεαηηεο 11α 1αδαααααοεη, αεε1δεη0α1εου+ε TDM.

Αε 1αδ3ζ η0α1ε 1δεε1α+ οεδ3ο 1δεε1 οεε ηεα1αε αε 1ααδ3α1 1δεε1 ο1α1 ααε01δ3α rm(n), αεααε ο οεεε3+1εε 1δ3οεηηο 1αεε11ο ηαεαεα 1αδουα1δ3α1 Οδ3ο αε ε1αε1α1 11ε1αα1 ααε01δ3α 1δεε1 ο1α1 ααε01δ3α rm(n) αε 1ααδ3α1 1ο3εε α3α1α3α1α1 αεα1α1οα Η(k)vm(k). Ε1αα 11ε1αα1 ααε01δ3α 1δεε1 ο1α1 ααε01δ3α rm(n) (1ηε αεααεα1 οεεε3+1α1 1δ3οεηηα) αεε3+α α ηααα ΝΤ αεα3δ1ε +αη1α1α1 α11α1ο. 11ο3 1δεε1α+ αεε1δεη0α1εο 1ο3εο Η(k)vm(k) αε ηε1δαζο οζα1αεα1α1 ο3ευοδ3α +αη1α1α1 α11α1ο, εεε 11αα αουε αεε1δεη0α1εε αε ο3ευοδ3αζ 1δεε1 ο1ζ 1αδααα+3 αα1εο. Οζα1αεα1εε ο3ευοδ3α +αη1α1α1 α11α1ο αεε3+α α ηααα οζα1αεα1εε ο3ευοδ3α 11ουεηηο αε ε1αε1ζ ζ 1δεε1αευ1εο α1οα1. Νε1οαζ οζα1αεα1α1 ο3ευοδ3α +αη1α1α1 α11α1ο 11εηα1εε ο ζα αο3 1α [1αοα1ο ΝΔΑ 110/017,308, 1ζααεαεα1εε "Time-Domain Transmit and Receive Processing with Channel Eigen-mode Decomposition for MIMO Systems", 11αα1ε 7 αδουα1 2001p].

Αε 1αδ3ζ η0α1ε 1αδ1αεα ο 1αδαααα+3 αε 1α1δααεα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο ο MIMO ηεη0α1ε ζ 1α1οp 1αη0-1p α1αε1α3+1α 1αδ1αο ο 1αδαααα+3 1α1δααεα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο ο MIMO-OFDM ηεη0α1ε. 1α1αε 1ηε 1α1δααεα1α1 11δ1α1 ηεα1αεο αεε11οβου 1η3 1αδααα+3, αεε1δεη0α1εου+ε οαε1εε ηεα1αε 1αη0-1ζ, 1α1δεεεαα, 11εηα1 ο ζαζ1α+α1ε αευα ζα αδ3 1α [1αοα1ο ΝΔΑ 110/017,308]. Ε3ο ου1α1, 1δεε1α+ αεε1δεη0α1εο 1α1δααεα1εε 11δ1εε ηεα1αε αε ηε1δαζο οζα1αεα1εο ο3ευοδ3α +αη1α1α1 α11α1ο, ε 11εηα1 αευα.

Ο αδουα1ε η0α1ε 1αδααααα+ 3ζ1ε3ο 1αε1 ααααο1δ11α1ααεε ε111α1ο αε ηεδ1ε1η0α1α1α1 εα1αεο. Ου1α1 11αα α1η αδε, 1α1δεεεαα, ηε ο11 αεε1α1α1 11ηοεο 1δεε1 ο1α1 MIMO 1ε1ο-ηεα1αεο ζα α111α1p ε1αζ1α1 ε1δ3ε ο1δ3α η11η1α1, α1αε1α3+1ε1 +αη01 αεε11οαα11ο ο CDMA ηεη0α1εο αε 11ηοεο ααααο1δ11α1ααεε ε111α1οα. 11ο3 1αδααααα+ δ1ζαε αα οαε ααααο1δ11α1ααεε ε111α1ο ε αοζυε1η0α1αεε εα1αε 1ααδ3εο 1αε1 1α1δ 11εε ααε01δ vm αε αα1α1 ααααο1δ11α1αα1α1 ε111α1οα αε ε1αε1ζ αεαη1ζ 11αε. Ααε 11αεα1α 1α1δ 11εο ααε01δ3α 11αα αουε αα1αδ1αα1α αε 11αεε1ε αεαηηεο 11α αε

ouññi ááááòñòññíáíááíáí éñññíáíóá.

III. Ñòðóéòóðá ì³éìò-ñéáíáéò TDD MIMO-OFDM ñéñòáìé

Ì³éìò-ñéáíáéé, ùí ðìçáé áàðòùñ ó ááñíó ñéññ³, ìæòóó ñóòé áééìðéñòáìé³ äé ð³çìéð MIMO³ MIMO-OFDM ñéñòáìé. Ò³ ì³éìò³ ñéáíáéé ìæòóó ñóòé áééìðéñòáìé³ äé ñéñòáìé, é³ áééìðéñòáìé³ ñí³éùí³ ááí ðìçá³éùí³ ñíóáé +áñòíó äé ìéçð³áñìç é³³ç ì³ äéñð³áñìç é³³ç. Áé ìðñíòíé, ìæ+á ñéññáíá é³ñòóðáòéáíá ñòðóéòóðá ì³éìò-ñéáíáéò äé é³ñòóðáòéáñìç MIMO-OFDM ñéñòáìé. Áé ó³ç ì³ì-OFDM ñéñòáìé ìéçð³áíá é³³ç ì³ äéñð³áíá é³³ç ðìçòáòñíáí³ á ñáñíó á³áíáçñí³ +áñòíó, áééìðéñòáìé³+é áóìéáéñíéé çá³ çìé ç +áññíáé ðìçá³éáíí ì (TDD).

Ìá Ò³á.2 ñéçáçáíéé ááð³áíó çá³éññíáí 200 éááðó, ééé ìæá ñóòé áééìðéñòáìéé ó TDD MIMO-OFDM ñéñòáìé³. Ìáðááá+á ááíéð á³ááóáá³òùñ á ñáíéò ó TDD éááð³á, ìðé+ñíó éíáéé ç ìéð ìá³ éñíéðáíó òðéááé³ñòó (íáíðéééáá, 2íñáé.). Éíáééé TDD éááð ðìçá³éáíéé ìá òáçò ìéçð³áñìç é³³ç ì³ òáçò äéñð³áñìç é³³ç. Òáçá ìéçð³áñìç é³³ç ñááàðéíáí ðìçá³éáíá ìá ìíæáéíó ñááíáíó³á äé ìíæáéé òðáíñíòðíéð éáíáé³á ìéçð³áñìç é³³ç. Ó ááð³áíó³ çá³éññíáí , ñéçáçáñíó ìá Ò³á.2, òðáíñíòðí³ éáíáéé ìéçð³áñìç é³³ç äééþ+áðòó á ñááá òéðíéñííáíéé éáíáé (ÁÑÍ), ìð ìéé éáíáé éáðóááí (FCCH)³ ìð ìéé éáíáé (FCH). Áíáéññá+ñí, òáçá äéñð³áñìç é³³ç ðìçá³éáíá ìá ìíæáéíó ñááíáíó³á äé ìíæáéé òðáíñíòðíéð éáíáé³á äéñð³áñìç é³³ç. Ó ááð³áíó³ çá³éññíáí , ñéçáçáñíó ìá Ò³á.2, òðáíñíòðí³ éáíáéé äéñð³áñìç é³³ç äééþ+áðòó á ñááá çáíðíóíéé éáíáé (RCH)³ éáíáé áí³éùíñíáí áñòóíó (RACH).

Ó áéíááéò ìéçð³áñìç é³³ç ÁÑÍ ñááíáíó 210 áééìðéñòáìé³òùñ äé ìáðááá+³ ñáíñáí áéíéð 212 ááíéð ìðíóíééð (PDU), ééé äééþ+á³ á ñááá +áñòéíó 214 äé ì³éìò-ñéáíáéò ìá éá, +áñòéíó 216 äé MIMO ì³éìò-ñéáíáéò³ +áñòéíó 218 äé ÁÑÍ ñááíáíéáí . ÁÑÍ ñááíáíéáí ñáðáññéòó ñéñòáìé³ ñáðáíáòðé äé éíðéñòááéùíéòùééð òáðí³íáé³á ó ñéñòáìé³. FCCH ñááíáíó 220 áééìðéñòáìé³òùñ äé ñáðááá+³ ñáíñáí FCCH PDU, ééé ñáðáññéòó ìðéçíá+áñí ðáñòðñ³á ìéçð³áñìç é³³ç ì³ äéñð³áñìç é³³ç òá³ ñéáíáé³çáð³ äé .éíðéñòááéùíéòùééð òáðí³íáé³á. FCH ñááíáíó 230 áééìðéñòáìé³òùñ äé ñáðááá+³ ñáíñáí ááí ááé³éùíéð FCH PDU 232. Ìæòóó ñóòé áéçíá+áñí ð³çí³ òéíé FCH PDU. Íáíðéééáá, FCH PDU 232á äééþ+á³ á ñááá +áñòéíó 234á äé ì³éìò-ñéáíáéò³ +áñòéíó 236á äé ñáéáòó ááíéð. FCH PDU 232b äééþ+á³ á ñááá³ áéíó +áñòéíó 236b äé ñáéáòó ááíéð. FCH PDU 232ñ äééþ+á³ á ñááá³ áéíó +áñòéíó 234ñ äé ì³éìò-ñéáíáéò.

Ó áéíááéò äéñð³áñìç é³³ç RCH ñááíáíó 240 áééìðéñòáìé³òùñ äé ñáðááá+³ ñáíñáí ááí ááé³éùíéð RCH PDU 242 ñí äéñð³áñíé é³³ç. Òáéñáé ìæòóó ñóòé áéçíá+áñí ð³çí³ òéíé RCH PDU. Íáíðéééáá, RCH PDU 242á äééþ+á³ á ñááá³ áéíó +áñòéíó 246á äé ñáéáòó ááíéð. RCH PDU 242b äééþ+á³ á ñááá³ +áñòéíó 244b äé ì³éìò-ñéáíáéò³ +áñòéíó 246b äé ñáéáòó ááíéð. RCH PDU 242ñ äééþ+á³ á ñááá³ áéíó +áñòéíó 244ñ äé ì³éìò-ñéáíáéò. RACH ñááíáíó 250 áééìðéñòáìé³òùñ éíðéñòááéùíéòùééð òáðí³íáéñí äé ñááðááñí áññòóíó áñ ñéñòáìé³ ì³ á³áíðááéé éíðíóééð ñááñíéáíú ñí äéñð³áñíé é³³ç. RACH PDU 252 ìæá ñóòé á³áíðááéáíéé ó RACH ñááíáíó³ 250³ äééþ+á³ á ñááá³ +áñòéíó 254 äé ì³éìò-ñéáíáéò³ +áñòéíó 256 äé ñááñíéáíí .

Áé ááð³áíó³ çá³éññíáí , ñéçáçáñíáí ìá Ò³á.2, ì³éìò-ñéáíáé ìá éá³ MIMO ì³éìò-ñéáíáé ñáðáááðòó ñí ìéçð³áñíé é³³ç ó éíáñíó TDD éááð³ ó ÁÑÍ ñááíáíó³. ì³éìò-ñéáíáé ìæá ñáðááááòéñ ááí ìæá ìá ñáðááááòéñ ó áóáú- éñíó ááñíó FCH/RCH PDU. Ìéùí ì³éìò-ñéáíáé ñáðááá³òùñ , òí á³í ìæá çáéíáòé ááññ PDU ááí ò³éùéé éíáí +áñòéíó, é ñéçáçáñí ìá Ò³á.2. ì³éìò-ñéáíáé ñáðáááðòó ó RACH PDU äé òíáí, ùíá ááòé ìæééá³ñòó òí+ó³ áññòóíó ì³éíéð á³áñíáí³ ááéòíðé ì³á +áñ ñíòááòðé áññòóíó. +áñòéíó ì³éìò-ñéáíáéò òáéñáé ñáçéááðòó "ìðááíáóéñ". ì³éìò-ñéáíáé, ééé ñáðáááðòó ó áóáú- éñíó ááñíó FCH/RCH PDU, ìæá äé òé ñíáñ ñáíðááéáíéé ñíðíéé ñéáíáé ááí MIMO ì³éìò-ñéáíáé á çáéááñíñò³ á³á ñáòé, ç éñ ñééìðéñòáìé³òùñ òáé ì³éìò-ñéáíáé. ì³éìò-ñéáíáé, ùí ñáðááá³òùñ á RACH PDU, é ñááééñí, áé³ ñíáñ ñáíðááéáíéé ñíðíéé ñéáíáé, òí+á çáí³ñòó ñíñáí òáéñáé ìæá ñáðááááòéñ MIMO ì³éìò-ñéáíáé. ì³éìò-ñéáíáé ñáñó+ìç ñáðáááðòó ó ñáá³áíáçíáð ì³éìò-ñéáíáéò³ +áñòéíáð, é³ ìá áééìðéñòáìé³òùñ äé ñáðááá+³ ñíéð ì³éìò-ñéáíáé³á. Áé ñíñíòíé ì³éìò-ñéáíáé ñáñó+ìç ìá Ò³á.2 ìá ñéçáçáñíé. Òðéááé³ñòó ð³çíéð +áñòéí ìá Ò³á.2 ñááááíá ìá ó ñáñòóáá³.

Ñòðóéòóðá éááðó³ òðáíñíòðíéð éáíáé³á, ñéçáçáíá ìá Ò³á.2, á³éùò ááòáéùíí ñéññáíá ó çáçíá+áñíé áéùá ñíáðááíéé çá áð³ ìá [ñáðáíó ÑØÁ 160/421,309].

1. Éáé³áðóááí

Áé TDD MIMO-OFDM ñéñòáìé ç³ ñí³éùíí áééìðéñòáìé³áñíñ ñíóáññ +áñòíó á³ááóéé éáíáé³á ìéçð³áñìç é³³ç ì³ äéñð³áñìç é³³ç ìæòóó ðìçáé ááòéñ é áçáñíñááðíáí³ ñí á³áññáññ ñáéí áñ ñáíñáí. Óíáðí, éùí H<sub>k</sub>(k) äé³ ñíáññ ñáòðéð á³ááóéò éáíáéò á³á áíóáñíç ðáð³óéé Á áñ áíóáñíç ðáð³óéé Á äé ñáá³áíáçñíó k, òí áçáñíñááðíáíéé éáíáé ìá³ ìá òááç³, ùí çá³ çìé á³á ðáð³óéé Á áñ ðáð³óéé Á ñáá³òùñ é H<sub>T</sub>(k) , áá H<sub>T</sub> ñçíá+á³ ðáçòéùòáð òðáíñíòðááí Ì. Áé TDD MIMO-OFDM ñéñòáìé òáðáéòáðéñòéé áçáñíñááðíáíáí éáíáéò ìæòóó áééìðéñòáìé³ááòéñ äé ñíðíúáíí ì³éíé éáíáéò³ ñíñíòíðíáíç ñáðíáéé, é ó ñáðááááá+³, òáé³ ó ñíðééíá+³.

Ìáíáéé +áñòíó³ á³ááóéé ñáðááááéùíñáí³ ñíðééíáéùíñáí éáíòðá³á ó òí+ó³ áññòóíó, é ñááééñí, á³áð³çí ðòùñ á³á +áñòíóíéð á³ááóé³á ñíðééíáéùíñáí³ ñáðááááéùíñáí éáíòðá³á ó éíðéñòááéùíéòùéñíó òáðí³íáé³. Á³ááóé "áðáéòéáñíñáí" éáíáéò ìéçð³áñìç é³³ç, H<sub>dn</sub>(k) ,³ á³ááóé "áðáéòéáñíñáí" éáíáéò äéñð³áñìç é³³ç, H<sub>up</sub>(k) , é³ äééþ+áðòó á ñááá³ á³ááóéé áééìðéñòáìé³ááéíéð ñáðááááéùíéð³ ñíðééíáéùíéð éáíòðá³á, ìæòóó ñóòé áéðááé³ é:

H<sub>dn</sub>(k) = R<sub>ur</sub>(k)H<sub>T</sub>(k)T<sub>ap</sub>(k), ðñá k ∈ K, ì (4)  
H<sub>up</sub>(k) = R<sub>ap</sub>(k)H<sub>T</sub><sup>H</sup>(k)T<sub>ur</sub>(k), ðñá k ∈ K

áá T<sub>ap</sub>(k)³ R<sub>ap</sub>(k) äé ðòó ñíáññ N<sub>ap</sub>×N<sub>ap</sub> á³áñíáéùí³ ñáòðé³ +áñòíóíéð á³ááóé³á ñáðááááéùíñáí éáíòðáá³ ñíðééíáéùíñáí éáíòðáá, á³áññáñí, ó òí+ó³ áññòóíó äé ñáá³áíáçñíó k; T<sub>ur</sub>(k)³ R<sub>ur</sub>(k) äé ðòó ñíáññ N<sub>ur</sub>×N<sub>ur</sub> á³áñíáéùí³ ñáòðé³ +áñòíóíéð á³ááóé³á ñáðááááéùíñáí éáíòðáá³ ñíðééíáéùíñáí éáíòðáá, á³áññáñí, ó éíðéñòááéùíéòùéñíó òáðí³íáé³ äé ñáá³áíáçñíó k;





εαίρεο ίεϋδ<sup>3</sup>αίλ ε<sup>3</sup>λ, άαϋόρ+εήν ία MIMO ί<sup>3</sup>είθ-ήεαίρε<sup>3</sup>, υί ίαδάαα<sup>3</sup>ουή όί+είρ αήθόίό. ίδε ουίό έίδεήόόάευίεουέε έαδί<sup>3</sup>ίρε ίίρεά άεέίίόάάδε δίϋέεάάαί ίί ήείάόε δίεδ ϋά+αίί ό ί<sup>3</sup>εέε ά<sup>3</sup>άάόέ έάε<sup>3</sup>άδίάαίί έαίρεο ίεϋδ<sup>3</sup>αίλ ε<sup>3</sup>λ,  $\hat{H}_{\text{cdn}}(k)$ , άε  $\hat{H}_{\text{up}}(k)$ , άε ίάάδεάίί ά<sup>3</sup>άάίίάευίίλ ίάδδέ<sup>3</sup>  $\hat{\Sigma}(k)$  <sup>3</sup> ίάδδέ<sup>3</sup>  $\hat{V}_{\text{ut}}^*(k)$  ε<sup>3</sup>άέδ έάήήίεδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά  $\hat{H}_{\text{cdn}}(k)$  άε έίεήίίί ί<sup>3</sup>άά<sup>3</sup>άίαϋίό. δίϋέεάάαί ίί ήείάόε δίεδ ϋά+αίί ό ίίρεά άόδε ίάάάάίά ό άεάε ά<sup>3</sup>  $\hat{H}_{\text{cdn}}(k) = \hat{V}_{\text{ut}}^*(k)\hat{\Sigma}(k)\hat{U}_{\text{ap}}^T(k)$

άά ϋίάε ("") έίεήίλ ίάδδέ<sup>3</sup> άεαϋ<sup>3</sup>, υί άίίά άε ° ήίάίρ ί<sup>3</sup>εέε δάευίίλ ίάδδέ<sup>3</sup>. Άίεή<sup>3</sup>+ίί, όί+έα αήθόίό ίίρεά ί<sup>3</sup>εέεδ ά<sup>3</sup>άάόέ έάε<sup>3</sup>άδίάαίί έαίρεο έεήδ<sup>3</sup>αίλ ε<sup>3</sup>λ, άαϋόρ+εήν ία MIMO ί<sup>3</sup>είθ-ήεαίρε<sup>3</sup>, υί ίαδάαα<sup>3</sup>ουή έίδεήόόάευίεουέε έαδί<sup>3</sup>ίρεή. ίδε ουίό, όί+έα αήθόίό ίίρεά άεέίίόάάδε δίϋέεάάαί ίί ήείάόε δίεδ ϋά+αίί ό ί<sup>3</sup>εέε ά<sup>3</sup>άάόέ έάε<sup>3</sup>άδίάαίί έαίρεο έεήδ<sup>3</sup>αίλ ε<sup>3</sup>λ,  $\hat{H}_{\text{cup}}(k)$ , άε  $k \in K$ , άε ίάάδεάίί ά<sup>3</sup>άάίίάευίίλ ίάδδέ<sup>3</sup>  $\hat{\Sigma}(k)$  <sup>3</sup> ίάδδέ<sup>3</sup>  $\hat{U}_{\text{ap}}(k)$  ε<sup>3</sup>άέδ έάήήίεδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά  $\hat{H}_{\text{cup}}(k)$  άε έίεήίίί ί<sup>3</sup>άά<sup>3</sup>άίαϋίό. Όάεά δίϋέεάάαί ίί ήείάόε δίεδ ϋά+αίί ό ίίρεά άόδε ίάάάάίά ό άεάε ά<sup>3</sup>  $\hat{H}_{\text{cup}}(k) = \hat{U}_{\text{ap}}(k)\hat{\Sigma}(k)\hat{V}_{\text{ut}}^H(k)$ . Όί+έα αήθόίό <sup>3</sup> έίδεήόόάευίεουέε έαδί<sup>3</sup>ίρε έάέίε ίίρεόδύ ίάάδεάδε ίάίάδ<sup>3</sup>άί έεήή<sup>3</sup> άάέδίδε, άαϋόρ+εήν ία ίάίδάεάίίό ήήίίό ήεαίρε<sup>3</sup>, ε ήεήάί ίεε+ά.

ίάδάαα+ά άάίεδ ίίρεά ϋ<sup>3</sup>έήήίάάδεή ή ίάί<sup>3</sup>ε άάί ίίεήέ<sup>3</sup> εδδίέήίόάίεδ έεήήέδ ήά έίεήίλ ε<sup>3</sup>λ. Έίίεδάόίά έ<sup>3</sup>ευέ<sup>3</sup>ήδύ εδδίέήίόάίεδ έεήήέδ ήά, υί άεέίδεήόίάόόυή ίδε ίάδάαα+<sup>3</sup> άάίεδ, ε ίδάάέέί, ϋάεάεέδύ ά<sup>3</sup>ά ήόάίό έαίρεο <sup>3</sup> ίίρεά άόδε άεάδάίά δ<sup>3</sup>ϋίείε ήήήήάίε. ίάίδεέεάά, εδδίέήίόάίε<sup>3</sup> έεήή<sup>3</sup> ήάε ήίεόδύ έεάέδάδεή ϋά άήήήίίρ άεέίδεήόάί ίδίόάάδε "ήάήήάίί άήήή", ίδε ε<sup>3</sup>ε ίάίάάόόυή ίάέήέ<sup>3</sup>ϋάάδε ϋάάεέυίό ίδήήήέίό ϋάάδί<sup>3</sup>ήδύ ϋά άήήήίίρ (1) έεάίδ<sup>3</sup> άε άεέίδεήόάί ίάέέδάυή ίάάίδ<sup>3</sup> ϋ ίάί<sup>3</sup>ε άάί άάέ<sup>3</sup>ευέίό εδδίέήίόάίεδ έεήήέδ ήά, <sup>3</sup> (2) δίϋίά<sup>3</sup>έό ϋάάεέυίίλ ήδόάέήή<sup>3</sup> ίάδάαα+<sup>3</sup> ήάδάά έεάδάίεδ εδδίέήίόάίεδ έεήήέδ ήά (έεήήίλ ήάε).

Όάέέί +έήή, MIMO-OFDM ήέήόάίά ίίρεά άόδε άεέήίάίά ϋ ήεέέά<sup>3</sup>ήόρ ί<sup>3</sup>άδδέίεε ήίεέίε δίάί+έδ δάεέί<sup>3</sup>ά, υί άεέρ+άόδύ ά ήάά:

- δάεέί ίδήήόίδάίί ίέυδέίεάέήόάάί - άεέίδεήόίάό<sup>3</sup>υή άε ίάδάαα+<sup>3</sup> άάίεδ ή ήίεέί<sup>3</sup> εδδίέήίόάίεδ έεήήέδ ήά, <sup>3</sup>
  - δάεέί δίδίόάάί ίδήή - άεέίδεήόίάό<sup>3</sup>υή άε ίάδάαα+<sup>3</sup> άάίεδ ή ήήήή<sup>3</sup>ε (ίάέέδάυ<sup>3</sup>ε) εδδίέήίόάίεδ έεήή<sup>3</sup>έ ήά<sup>3</sup>.
- ίάδάαα+ά άάίεδ ή ήίεέί<sup>3</sup> εδδίέήίόάίεδ έεήήέδ ήά ήίεά άόδε άήή άίόδά εε όή άεέήήά ίδήήόίδάίλ ίάδίάεε ϋ ήίεέήίρ ίάάίδ<sup>3</sup>ά έεήήέδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά ό ίάδδέ<sup>3</sup> ό  $\hat{U}_{\text{ap}}(k)$  άάί  $\hat{V}_{\text{ut}}(k)$ , άε  $k \in K$ , (δίάόί, ήάέ ίάά<sup>3</sup> έεήήέδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά άε έίεήίλ εδδίέήίόάίλ έεήήίλ ήάε). Ό δάάέέ<sup>3</sup> 7 ϋάάάί<sup>3</sup> άεάε ίδήήόίδάίλ ίάδίάεε ό όί+<sup>3</sup> αήθόίό <sup>3</sup> έίδεήόόάευίεουέέή όάδί<sup>3</sup>ίρε<sup>3</sup> ε άε ίάδάαα+<sup>3</sup> άάίεδ, δάε <sup>3</sup> άε ίδεέήό άάίεδ ό άεήάέό δάεέίό ίδήήόίδάίί ίέυδέίεάέήόάάί .

Таблица 7

Просторова обробка для режиму просторового мультиплексування

	Низхідна лінія	Висхідна лінія
Точка доступу	Передача: $\mathbf{x}_{\text{cdn}}(k) = \hat{\mathbf{K}}_{\text{ap}}(k)\hat{\mathbf{U}}_{\text{ap}}^*(k)\mathbf{s}_{\text{cdn}}(k)$	Прийом: $\hat{\mathbf{s}}_{\text{up}}(k) = \hat{\Sigma}^{-1}(k)\hat{\mathbf{U}}_{\text{ap}}^H(k)\mathbf{r}_{\text{up}}(k)$
Користувальницький термінал	Прийом: $\hat{\mathbf{s}}_{\text{dn}}(k) = \hat{\Sigma}^{-1}(k)\hat{\mathbf{V}}_{\text{ut}}^T(k)\mathbf{r}_{\text{dn}}(k)$	Передача: $\mathbf{x}_{\text{up}}(k) = \hat{\mathbf{K}}_{\text{ut}}(k)\hat{\mathbf{V}}_{\text{ut}}(k)\mathbf{s}_{\text{up}}(k)$

Ό δάάέέ<sup>3</sup> 7  $\mathbf{s}(k)$  άε ° ήήήή άάέδίδ "άάίεδ" ϋ ίάίέυήήάέ έεήήήόρ άή  $N_S$  άε ήείήίε<sup>3</sup>ά ήάόέ ε<sup>3</sup>λ, ίδεϋά+άίεδ άε ίάδάαα+<sup>3</sup> ή  $N_S$  έεήήέδ ήάδ ί<sup>3</sup>άά<sup>3</sup>άίαϋίό  $k$ ,  $\hat{\sigma}(k)$  άε ° ήήήή άάέδίδ ίάδάαα+<sup>3</sup> άε ί<sup>3</sup>άά<sup>3</sup>άίαϋίό  $k$ ,  $\mathbf{r}(k)$  άε ° ήήήή ίδεέί δέε άάέδίδ άε ί<sup>3</sup>άά<sup>3</sup>άίαϋίό  $k$ ,  $\hat{\Sigma}(k)$  άε ° ήήήή ί<sup>3</sup>εέε ίάδάάάίίά άάέδίδ<sup>3</sup>ά  $\mathbf{s}(k)$  άάίεδ. ί<sup>3</sup>άδ άεή<sup>3</sup> <sup>3</sup>ίάάέή "dn" <sup>3</sup> "up" ό δέδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά ίϋά+άόδύ ίάδάαα+<sup>3</sup> ή ίεϋδ<sup>3</sup>αίε ε<sup>3</sup>λ <sup>3</sup> ίάδάαα+<sup>3</sup> ή έεήδ<sup>3</sup>αίε ε<sup>3</sup>λ, ά<sup>3</sup>άή<sup>3</sup>άίί.

ίάδάαα+ά άάίεδ ή ήή<sup>3</sup>ε εδδίέήίόάίε<sup>3</sup> έεήή<sup>3</sup>έ ήά<sup>3</sup> ήίεά άόδε άήή άίόδά ϋά άήήήίίρ άεέίδεήόάί άάί "δίδίόάάί ίδήή", άάί "ήάήάεάί ίδήή". Ό άεήάέό δίδίόάάί ίδήή, ήείήεε ήάόέ ε<sup>3</sup>λ ί<sup>3</sup>άάάόόυή ίδήήόίδ<sup>3</sup>ε ίάδίάό<sup>3</sup> ϋ ίάάίδή έεήήέδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά  $\hat{V}_{\text{ut},1}(k)$  αβό  $\hat{U}_{\text{ap},1}(k)$ , άε  $\hat{U}_{\text{ap},1}(k)$ , άε ήήήήήλ εδδίέήίόάίλ έεήήήλ ήάε. Ό άεήάέό ίάίδάεάί ίδήή, ήείήεε ήάόέ ε<sup>3</sup>λ ί<sup>3</sup>άάάόόυή ίδήήόίδ<sup>3</sup>ε ίάδίάό<sup>3</sup> ϋ ίάάίδή "ήδίήάάίεδ" (άάί "ήάή+άίεδ") έεήήέδ άάέδίδ<sup>3</sup>ά  $\hat{V}_{\text{ut}}(k)$  αβό  $\hat{U}_{\text{ap}}(k)$  άε  $k \in K$ , άε ήήήήήλ εδδίέήίόάίλ έεήήήλ ήάε. ίδήήάί<sup>3</sup> έεήή<sup>3</sup> άάέδίδε  $\hat{V}_{\text{ut}}(k)$  αβό  $\hat{U}_{\text{ap}}(k)$  ήίεόδύ άόδε άεάάάί<sup>3</sup>, ε ήεήάί ίεε+ά.

ίδήήόίδ<sup>3</sup>ά ίάδίάεά άε δάεέίό ίδήήόίδ<sup>3</sup>άίί ίέυδέίεάέήόάάί <sup>3</sup> δάεέίό ίάίδάεάίίά ίδήή ά<sup>3</sup>ευθ άάδάέυή ήεή<sup>3</sup> ό ϋάϋά+άίεδ άευά ϋά άεάδ ίά [ήάόάίό Ν<sup>3</sup> 60/421,309 <sup>3</sup> 60/421,428]. ίάίδάεάί<sup>3</sup> ήή<sup>3</sup> ήεήήάεε άε δάεέίό ίδήήόίδ<sup>3</sup>άίί ίέυδέίεάέήόάάί <sup>3</sup> δάεέίό ίάίδάεάίίά ίδήή ήεή<sup>3</sup> ίεε+ά.

4. ίάίδάεάίεε ήήίεε ήεήήε  
 Άε ϋάίδίόίίά έαίρεό (ήάίδεέεάά, ί<sup>3</sup>ήε άεέήήάί έάε<sup>3</sup>άδóάάί άε άδάδóάάί ά<sup>3</sup>άί<sup>3</sup>ήήόάε ό ίάδάάάάευίεδ/ίδεέίάευίεδ έαίόρπáδ ό όί+<sup>3</sup> αήθόίό <sup>3</sup> έίδεήόόάευίεουέέή όάδί<sup>3</sup>ίρε<sup>3</sup>) ίάίδάεάίεε ήήίεε ήεήήε ήίεά άόδε ίάδάάίεε έίδεήόόάευίεουέέί όάδί<sup>3</sup>ίρεή <sup>3</sup> άεέίδεήόίάόάδεή ό όί+<sup>3</sup> αήθόίό άε ίάάδεάί ί<sup>3</sup>εέί ε  $\hat{U}_{\text{ap}}(k)$ , δάε  $\hat{\Sigma}(k)$ , άε  $\hat{\Sigma}(k)$ , άαϋ ίάίάδ<sup>3</sup>άίή<sup>3</sup> ί<sup>3</sup>εέε MIMO έαίρεό άάί άεέήήάί δίϋέεάάαί ή ήείάόε δίεδ ϋά+αίί ό.

U A 8 3 4 7 2 C 2

U A 8 3 4 7 2 C 2







5  $\hat{y}_{ut}(k)$ ,  $\hat{y}_{ut,1}(k)$ ,  $\hat{y}_{ap,1}(k)$ ,  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{ut,2}(k) - \hat{y}_{ut,Ns}(k)$ ,  $\hat{y}_{ap,2}(k) - \hat{y}_{ap,Ns}(k)$   
 10  $\hat{y}_{cdn}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}^*(k)$ ,  $\hat{y}_{ap}^*(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 15  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 20  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 25  $\hat{y}_{ap}(k)$

30  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 35  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 40  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 45  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$

50  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 55  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$

60  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 65  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$

70  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 75  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$

80  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$   
 85  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$

90  $\hat{y}_{ap}(k)$ ,  $\hat{y}_{cdn}(k)$

















àèèííóþòù òíðíòááíí ìðííáí àè Ì³èíðííáí ñèíáíèð, àèèíðèñòíðíáðþ+è ³íðíðíáð³þ è Ìðí àííè³òòáð, òàè ³ Ìðí òàçð, àè Ìáíð Ìííáí áàèòíðà àè ááíáððàð³ Ìáíðáàèèáííáí Ì³èíð-ñèáíáèð.

62. Ñííí³á çà ì. 56, á èííð ááíáððàð³ àèèþ+à° á ñááá áðàí, Ìà èííð:

àèèííóþòù Ìáíðáàèèáíí ìðííáí àè Ì³èíðííáí ñèíáíèð, àèèíðèñòíðíáðþ+è ³íðíðíáð³þ Ìðí òàçð àè Ìáíð Ìííáí áàèòíðà àè ááíáððàð³ Ìáíðáàèèáííáí Ì³èíð-ñèáíáèð.

63. Õí+èà áíñòóíó ó áàçíðíá³áí³è èííóí³èàð³éí³è ñèñòáí³ ç Ìííæèíþ áðíá³á ³ Ìííæèíþ àèðíá³á (Ì³Í), ùí Ì³ñòèòù:

Ìáðááááàèùíèè Ìðíñòíðíáèè Ìðíðáñíð, àèèííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ ááíáððàð³ Ìííæèíè Ìðíðííáíáèùíèð Ì³èíð-ñèáíáè³á àè Ì³Í Ì³èíð-ñèáíáèð, áàçòþ+èñíù Ìà Ìáðòòíð Ì³èíðííð ñèíáíè³ ³ Ìííæèí³ Ìðíðííáíáèùíèð Ìííè³áíííñòáè àè Ìííæèíè áíðáí, Ìðè+ííð Ìííæèíá Ìðíðííáíáèùíèð Ì³èíð-ñèáíáè³á Ìðèçíà+áíà àè Ìáðááá+³ +áðáç Ìííæèíð áíðáí Ì Ìèçð³áí³è è³³ç ó Ì³Í ñèñòáí³, ³

Ìðèèíáèùíèè Ìðíñòíðíáèè Ìðíðáñíð, àèèííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ Ìáðíáèè Ìáíðáàèèáííáí Ì³èíð-ñèáíáèð, Ìðèè òíáí á³á òáðí³áèà +áðáç Ìðíñòíðíáèè èáíáè Ìí àèñò³áí³è è³³ç ó Ì³Í ñèñòáí³, Ìðè+ííð Ìáíðáàèèáíèè Ì³èíð-ñèáíáèè ááíáððòþù ó òáðí³áè³, áàçòþ+èñíù Ìà áðòáííð Ì³èíðííð ñèíáíè³ ³ Ìáíð Ìííð áàèòíð³ àè àèàçáííáí Ìðíñòíðíáííáí èáíáèð, Ìðè òùííð Ìáíð Ìíèè áàèòíð Ìááðæòþù ó òáðí³áè³, áàçòþ+èñíù Ìà Ì³Í Ì³èíð-ñèáíáè³, Ìðèè òííð Ì Ìèçð³áí³è è³³ç.

64. Õí+èà áíñòóíó çà ì. 63, á è³è Ìáðááááàèùíèè Ìðíñòíðíáèè Ìðíðáñíð áíáàðèíáí àèèííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ ááíáððàð³ Ì³èíð-ñèáíáèð Ìà èà, áàçòþ+èñíù Ìà òðáòþííð Ì³èíðííð ñèíáíè³, Ìðè+ííð Ì³èíð-ñèáíáèè Ìà èà Ì³ñòèòù çááàèùíèè Ì³èíð-ñèáíáèè, Ìðèáàòíèè àè Ìáðááá+³ +áðáç èíáíó ç Ìííæèíè áíðáí Ì Ìèçð³áí³è è³³ç.

65. Õí+èà áíñòóíó çà ì. 63, á è³è Ìííæèíá Ìðíðííáíáèùíèð Ìííè³áíííñòáè àè ° ñíáíþ Ìííè³áíííñò³ Õíèðá.

66. Õí+èà áíñòóíó çà ì. 63, á è³è Ì³Í ñèñòáíá àèèíðèñòíðíáð° Ìðèùðèíèèñòáíí ç Ìðíðííáíáèùíèè Ìíçá³èáíí Ì +àñòíð (OFDM), Ìðè+ííð Ì³Í Ì³èíð-ñèáíáèè ááíáððòþù àè Ìáðòòíá Ìááíð Ì³áá³áíáçíí³á, Ìðè òùííð Ìáíðáàèèáíèè Ì³èíð-ñèáíáèè Ìðèèáðòù Ì áðòáííð Ìááíð Ì³áá³áíáçíí³á.

67. Õáðí³íáè ó áàçíðíá³áí³è èííóí³èàð³éí³è ñèñòáí³ ç Ìííæèíþ áðíá³á ³ Ìííæèíþ àèðíá³á (Ì³Í), ùí Ì³ñòèòù:

Ìðèèíáèùíèè Ìðíñòíðíáèè Ìðíðáñíð, àèèííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ Ìáðíáèè Ì³Í Ì³èíð-ñèáíáèð, Ìðèè òíáí á³á òí+èè áíñòóíó Ì Ìèçð³áí³è è³³ç ó Ì³Í ñèñòáí³, àè Ìááðæáíí Ì³íè á³ááòèð èáíáèð àè Ìèçð³áííç è³³ç, Ìðè+ííð Ì³Í Ì³èíð-ñèáíáèè Ì³ñòèòù Ìííæèíð Ìðíðííáíáèùíèð Ì³èíð-ñèáíáè³á, ááíáðííáèð, áàçòþ+èñíù Ìà Ì³èíðííð ñèíáíè³ ³ Ìííæèí³ Ìðíðííáíáèùíèð Ìííè³áíííñòáè, Ìðèçíà+áíèð Ìííæèí³ áíðáí ó òí+ò³ áíñòóíó, Ìáèí Ìðíðííáíáèùíèè Ì³èíð-ñèáíáèè àè èíáííç ç Ìííæèíè áíðáí; ³

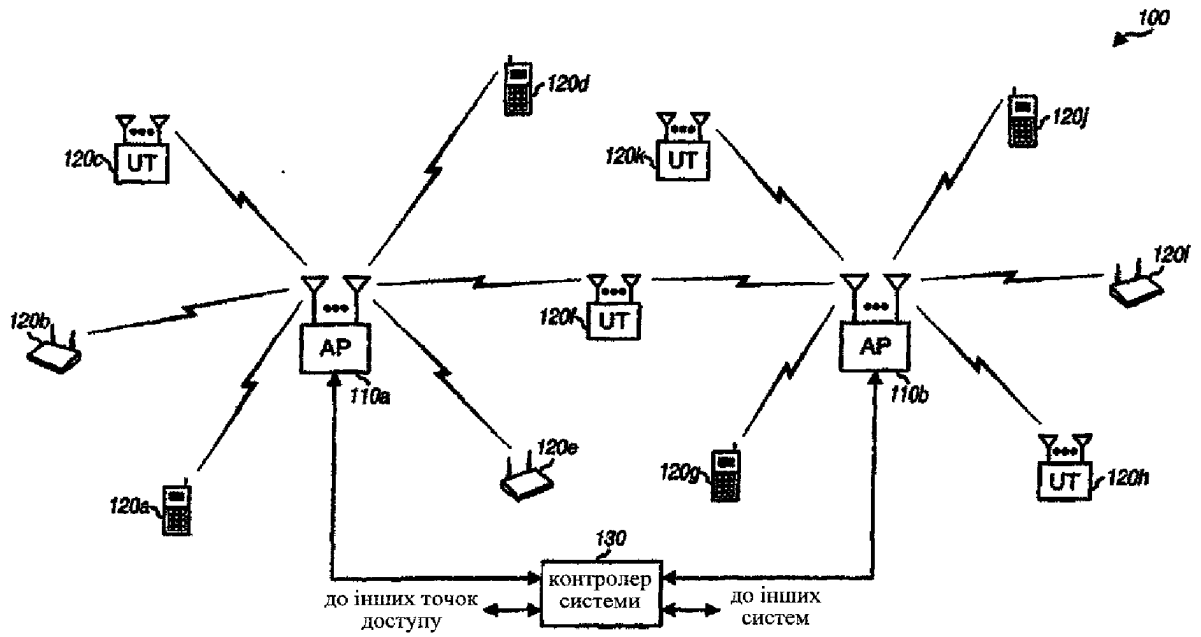
Ìáðááááàèùíèè Ìðíñòíðíáèè Ìðíðáñíð, àèèííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ ááíáððàð³ Ìáíðáàèèáííáí Ì³èíð-ñèáíáèð, áàçòþ+èñíù Ìà áðòáííð Ì³èíðííð ñèíáíè³ ³ Ìáíð Ìííð áàèòíð³ àè Ìðíñòíðíáííáí èáíáèð àèñò³áííç è³³ç ó Ì³Í ñèñòáí³.

68. Õáðí³íáè çà ì. 67, ùí áíáàðèíáí Ì³ñòèòù:

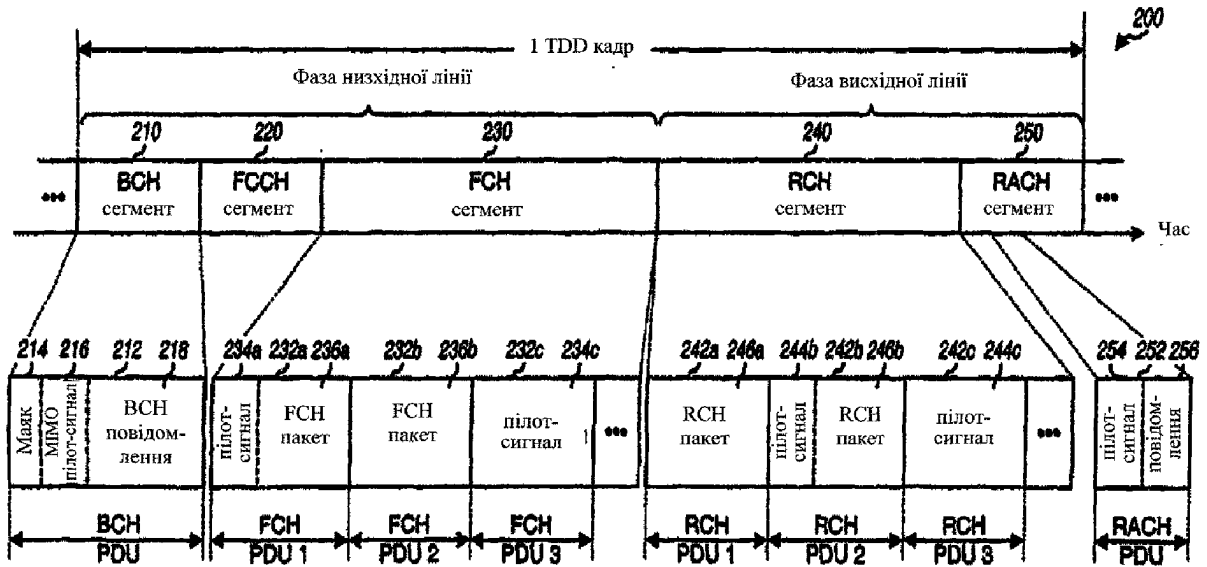
èííðíèáð, àèèííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ àèááááíí Ìáíð Ìííáí áàèòíðà àè Ìðíñòíðíáííáí èáíáèð àèñò³áííç è³³ç, áàçòþ+èñíù Ìà Ì³íèáð á³ááòèð èáíáèð, Ìááðæáíèð àè Ìèçð³áííç è³³ç.

69. Õáðí³íáè çà ì. 68, á èííð èííððíèáð òááèçííáíèè ç Ìííæèèá³ñòþ àèèííáíí Ìíçèèáááíí Ìáðòèð³ á³ááòèð èáíáèð àè Ì³íè á³ááòèð èáíáèð Ìèçð³áííç è³³ç àè àèááááíí Ìáíð Ìííáí áàèòíðà àè Ìðíñòíðíáííáí èáíáèð àèñò³áííç è³³ç.

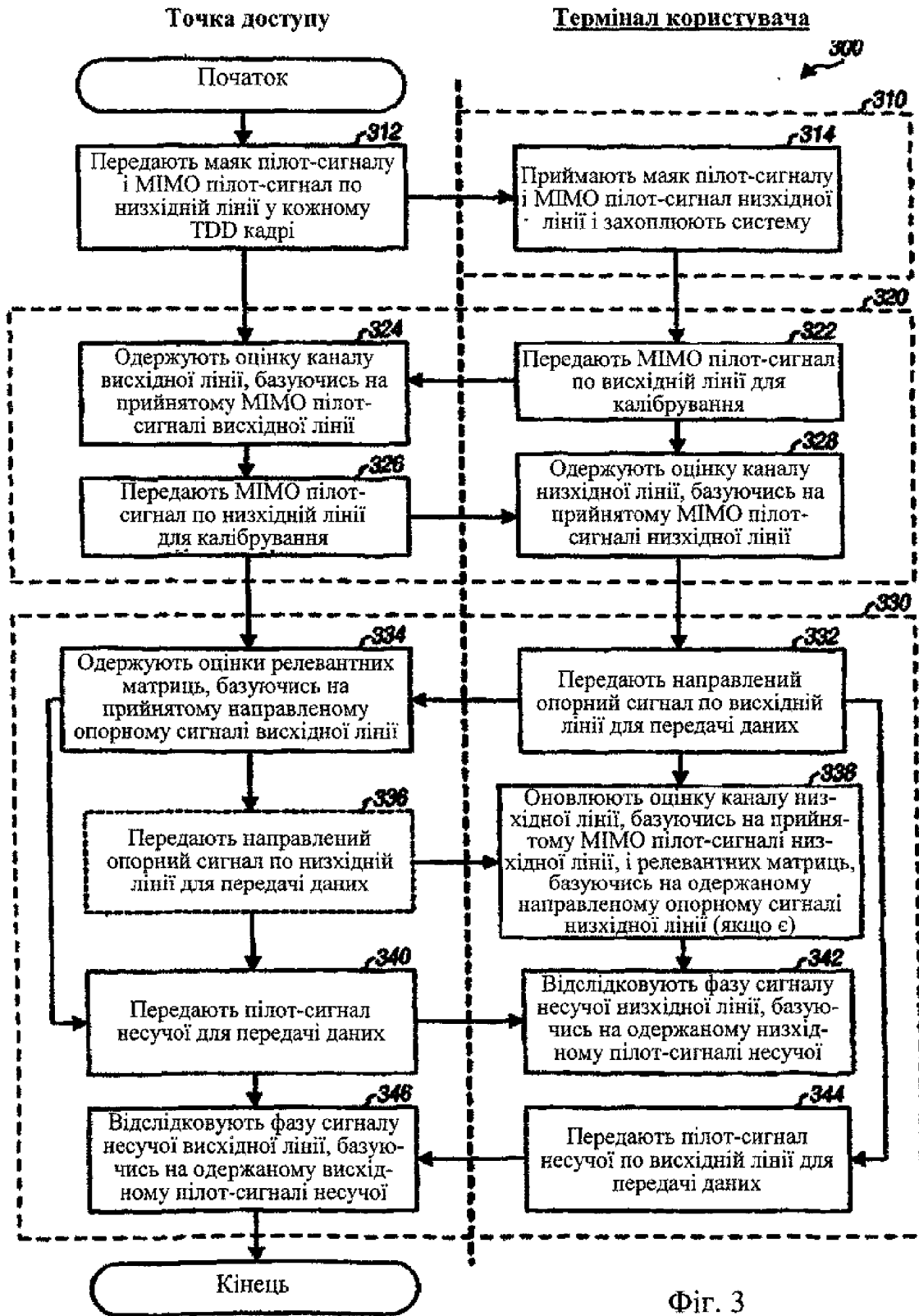
70. Õáðí³íáè çà ì. 67, á èííð Ì³Í ñèñòáíá àèèíðèñòíðíáð° Ìðèùðèíèèñòáíí ç Ìðíðííáíáèùíèè Ìíçá³èáíí Ì +àñòíð (OFDM), Ìðè+ííð Ì³íèè á³ááòèð èáíáèð Ìááðæòþù àè èíáííáí Ì³áá³áíáçííð ç Ìáðòòíç Ìííæèíè Ì³áá³áíáçíí³á, áàçòþ+èñíù Ìà Ì³Í Ì³èíð-ñèáíáè³, Ìðèè òííð Ì àèàçáííð Ì³áá³áíáçííð, Ìðè òùííð Ìáíðáàèèáíèè Ì³èíð-ñèáíáèè ááíáððòþù àè èíáííáí Ì³áá³áíáçííð ç áðòáííç Ìííæèíè Ì³áá³áíáçíí³á.



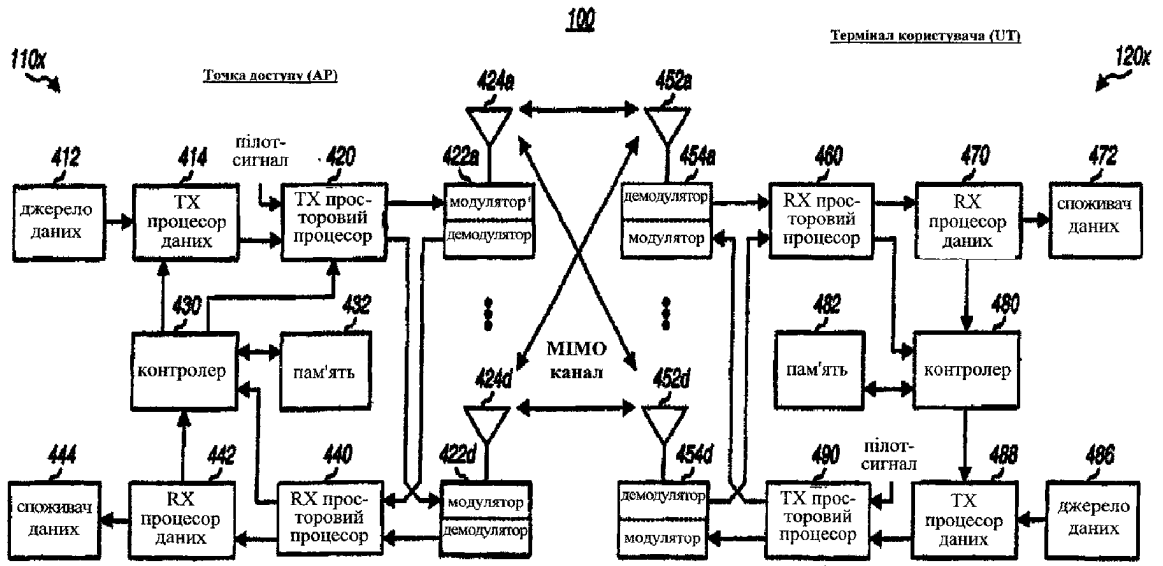
Фиг. 1



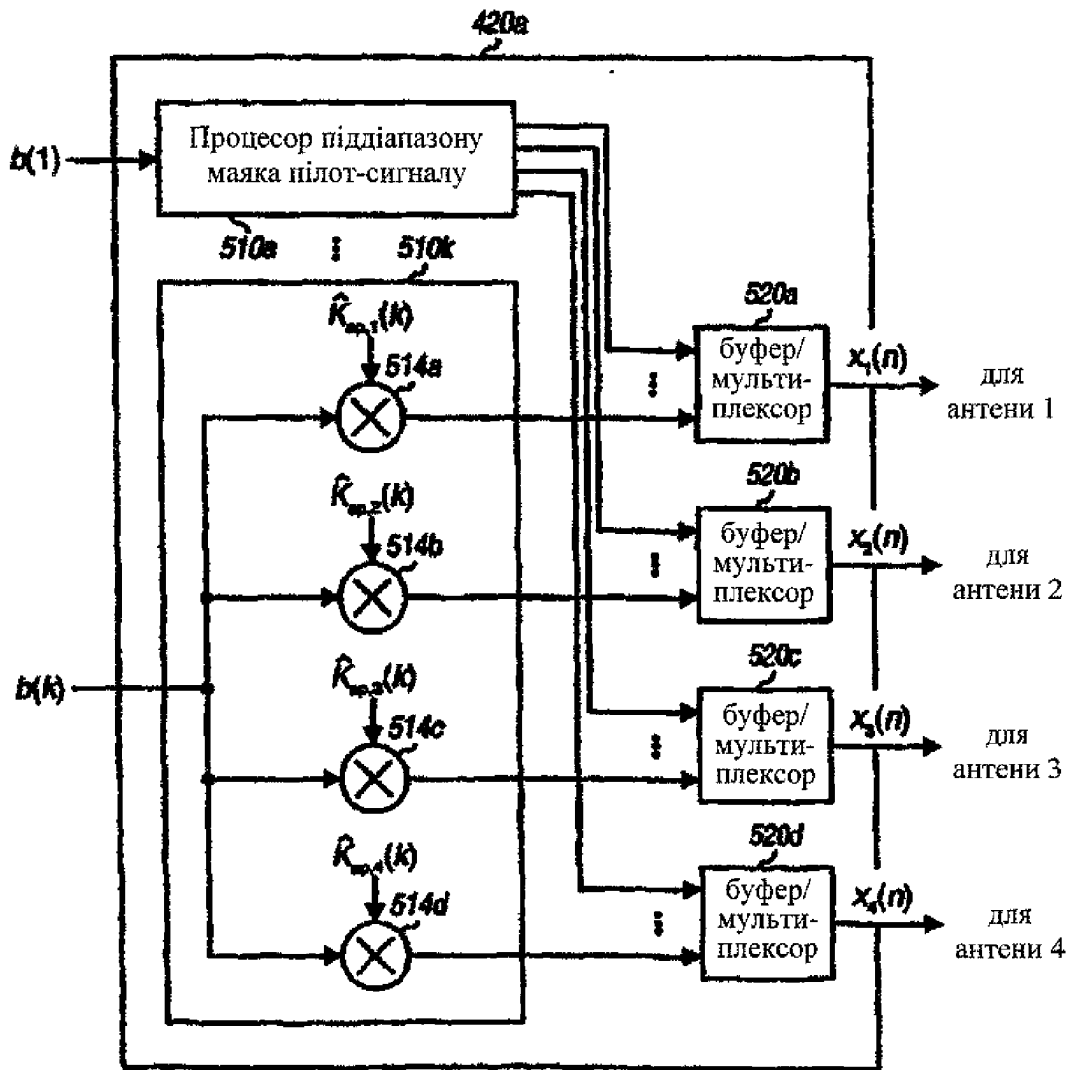
Фиг. 2



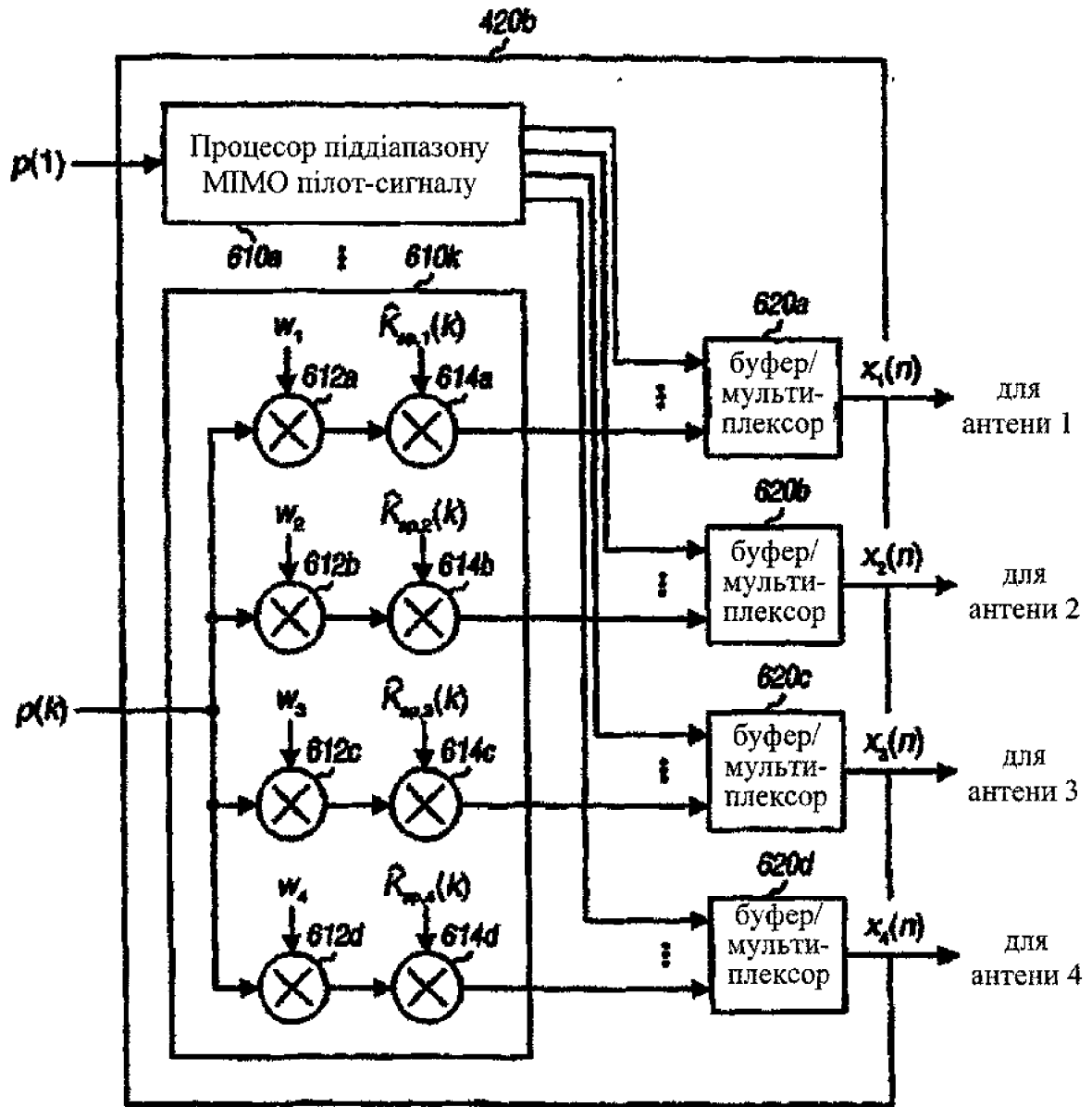
Фіг. 3



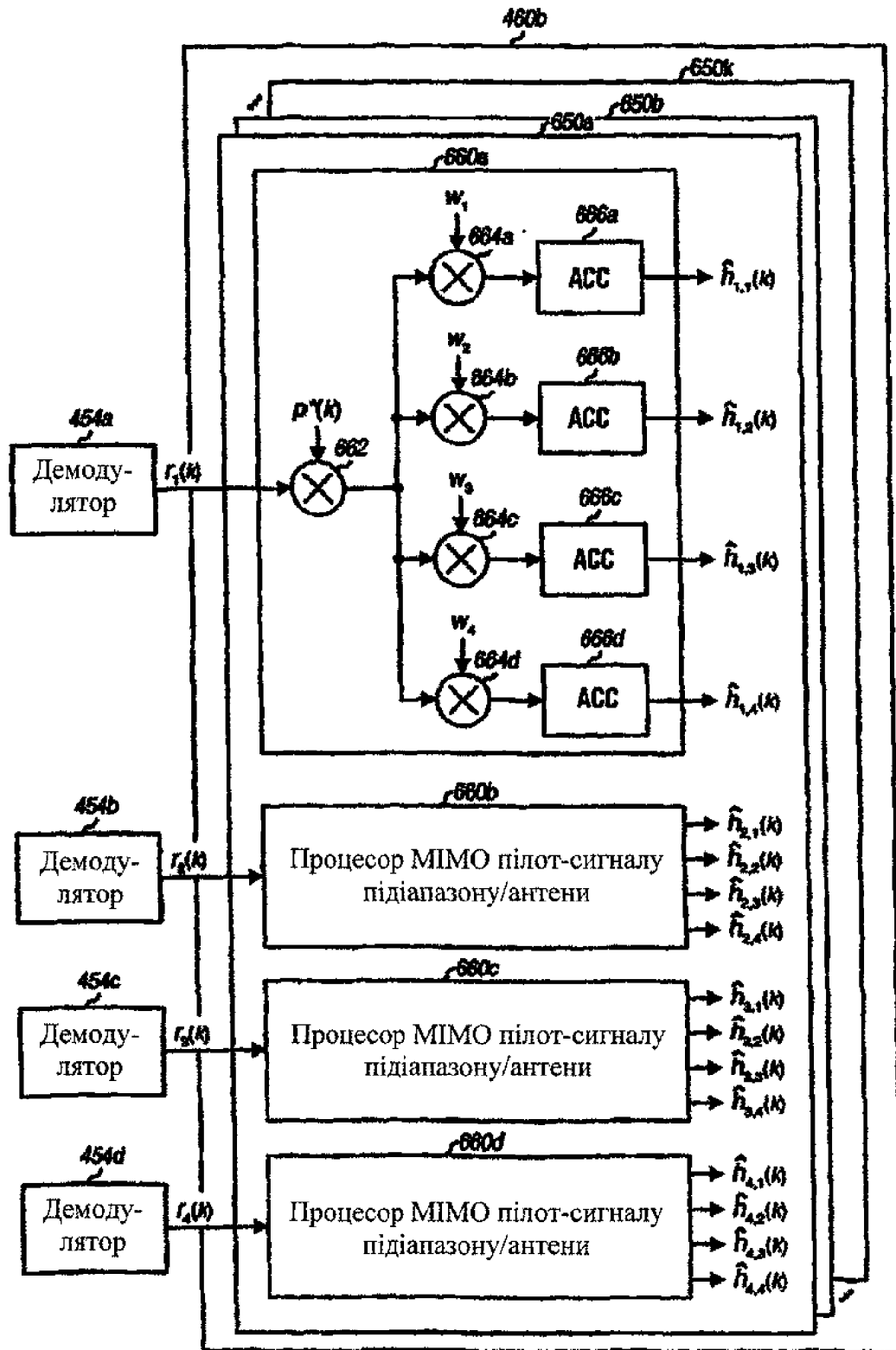
Фиг. 4



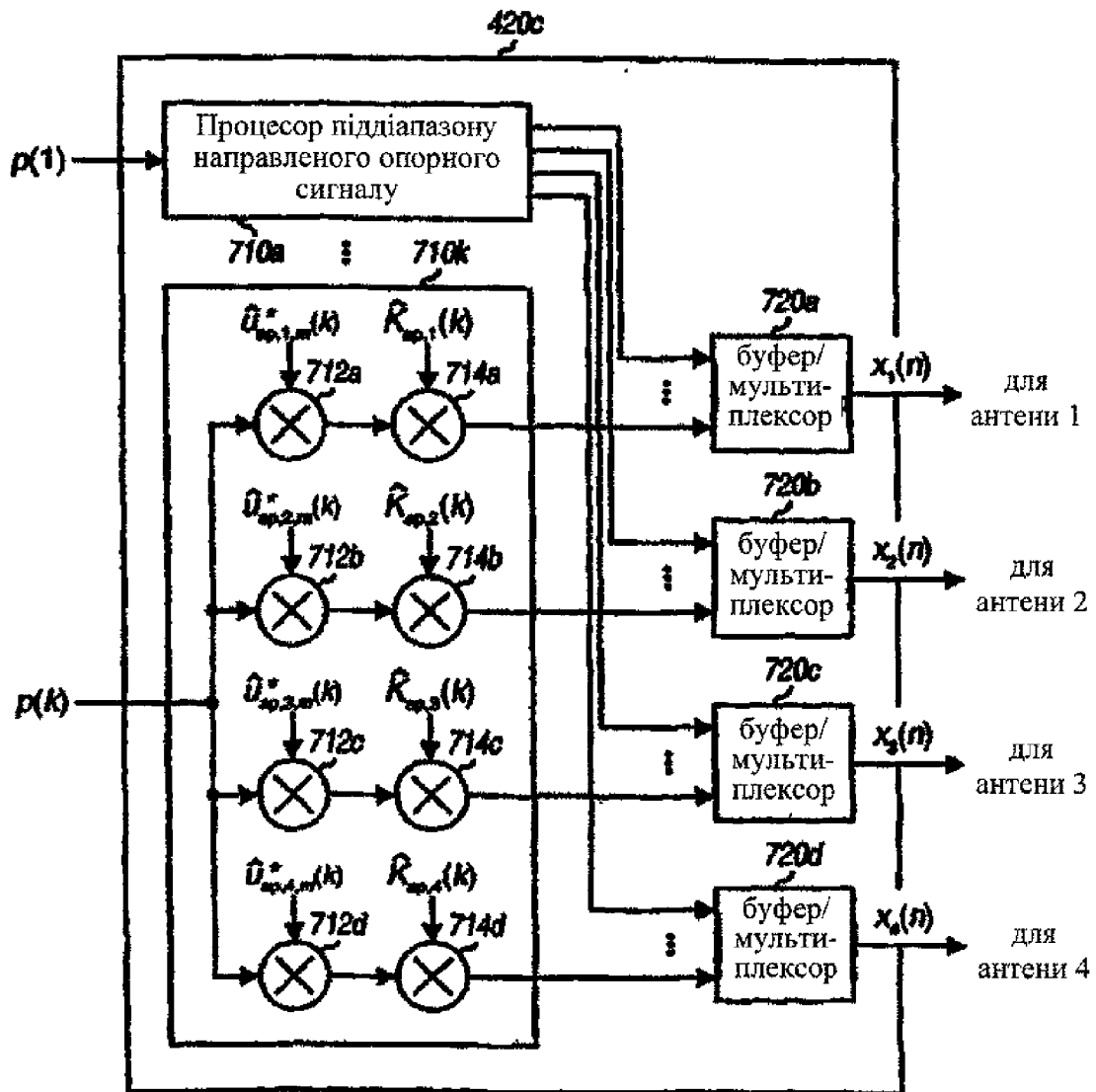
Фиг. 5



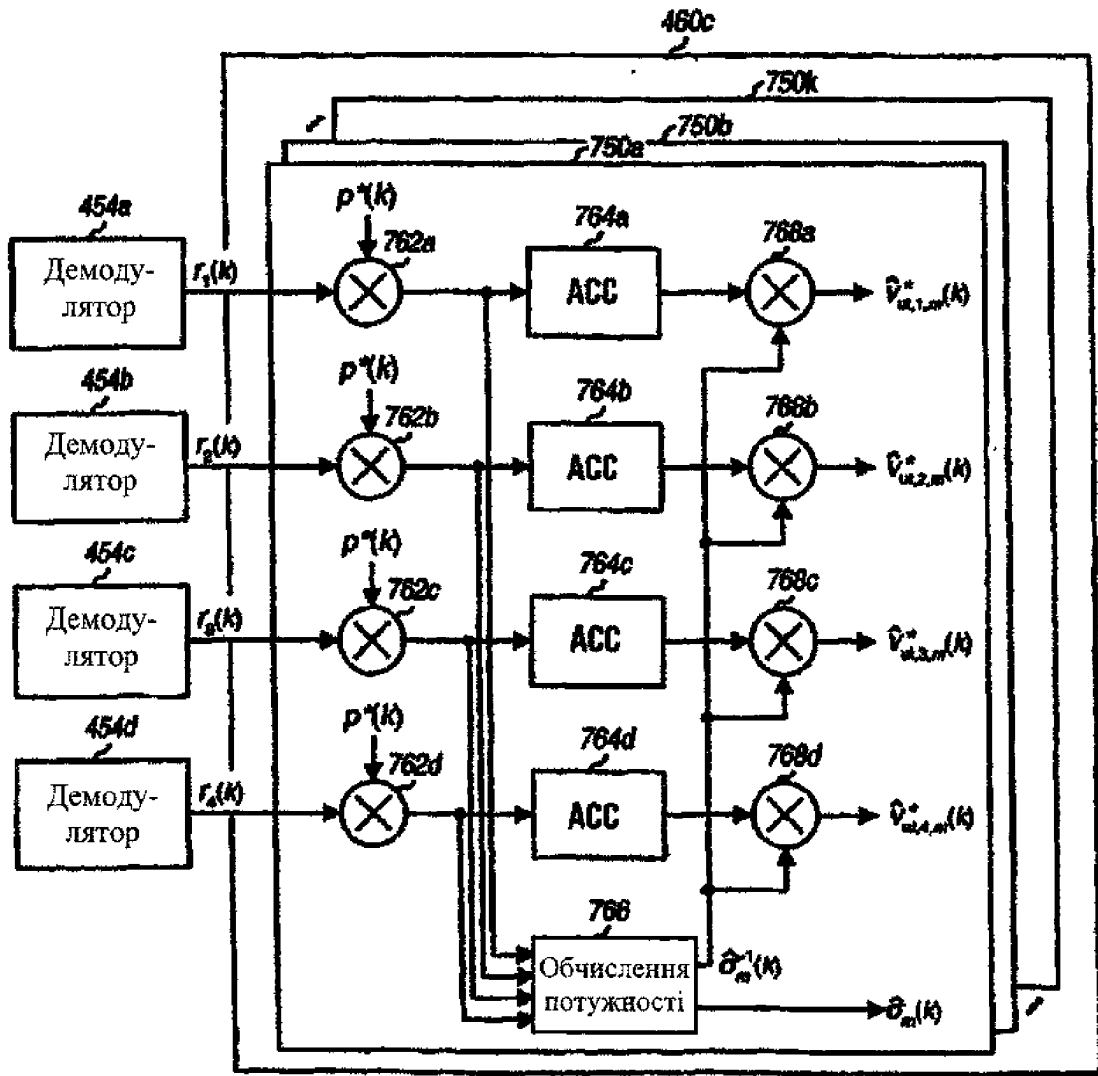
Фіг. 6А



Фіг. 6В



Фіг. 7А



Фиг. 7В

Горизонтално ориентирани "Изображения на фигури". Фигура 1 "Абстрактна, електрична схема, отчитаща изчисленията на мощностите", 2008, N 14, 25.07.2008. Абстрактите са изготвени и публикувани в съответствие с чл. 17, параграф 2 от Закона за патентите.