

CERTIFICATE OF AVAILABILITY OF A CERTIFIED PATENT DOCUMENT IN A DIGITAL LIBRARY

The International Bureau certifies that a copy of the patent application indicated below has been available to the WIPO Digital Access Service since the date of availability indicated, and that the patent application has been available to the indicated Office(s) as of the date specified following the relevant Office code:

Document details: Country/Office: US

Filing date: 03 May 2017 (03.05.2017)

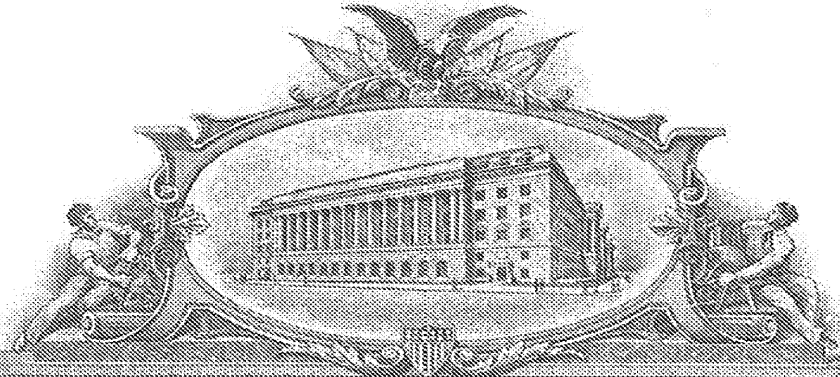
Application number: 62501048

Date of availability of document: 15 May 2017 (15.05.2017)

The following Offices can retrieve this document by using the access code:

JP, US, SE, NZ, KR, EA, IN, BR, GB, AU, ES, IB, EE, CN, MA, FI

Date of issue of this certificate: 20 Mar 2018 (20.03.2018)



THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

March 20, 2018

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 62/501,048
FILING DATE: *May 03, 2017*

THE COUNTRY CODE AND NUMBER OF YOUR PRIORITY APPLICATION, TO BE USED FOR FILING ABROAD UNDER THE PARIS CONVENTION, IS *US62/501,048*



Certified by

Andres Ibarra

Under Secretary of Commerce
for Intellectual Property
and Director of the United States
Patent and Trademark Office

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		
The application data sheet is part of the provisional or nonprovisional application for which it is being submitted. The following form contains the bibliographic data arranged in a format specified by the United States Patent and Trademark Office as outlined in 37 CFR 1.76. This document may be completed electronically and submitted to the Office in electronic format using the Electronic Filing System (EFS) or the document may be printed and included in a paper filed application.			

Secrecy Order 37 CFR 5.2:

☐ Portions or all of the application associated with this Application Data Sheet may fall under a Secrecy Order pursuant to 37 CFR 5.2 (Paper filers only. Applications that fall under Secrecy Order may not be filed electronically.)

Inventor Information:

Inventor	1				Remove
Legal Name					
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix	
	Suckchel		YANG		
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service					
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR		
Mailing Address of Inventor:					
Address 1	19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu				
Address 2					
City	Seoul	State/Province			
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR		
Inventor	2				Remove
Legal Name					
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix	
	Joonkui		AHN		
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service					
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR		
Mailing Address of Inventor:					
Address 1	19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu				
Address 2					
City	Seoul	State/Province			
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR		
Inventor	3				Remove
Legal Name					

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US	
		Application Number		
Title of Invention		METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
▼	Hanjun		PARK	▼
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service				
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR	
Mailing Address of Inventor:				
Address 1		19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu		
Address 2				
City	Seoul	State/Province		
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR	
Inventor	4			Remove
Legal Name				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
▼	Seonwook		KIM	▼
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service				
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR	
Mailing Address of Inventor:				
Address 1		19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu		
Address 2				
City	Seoul	State/Province		
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR	
Inventor	5			Remove
Legal Name				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
▼	Changhwan		PARK	▼
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service				
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR	
Mailing Address of Inventor:				
Address 1		19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu		
Address 2				
City	Seoul	State/Province		
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR	

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Inventor	6	Remove		
Legal Name				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
	Seunggye		HWANG	
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service				
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR	

Mailing Address of Inventor:

Address 1	19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu			
Address 2				
City	Seoul	State/Province		
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR	
Inventor	7	Remove		

Legal Name				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
	Kijun		KIM	
Residence Information (Select One) US Residency ☒ Non US Residency Active US Military Service				
City	Seoul	Country of Residence ⁱ	KR	

Mailing Address of Inventor:

Address 1	19, Yangjae-daero 11gil, Seocho-gu			
Address 2				
City	Seoul	State/Province		
Postal Code	06772	Country ⁱ	KR	

All Inventors Must Be Listed - Additional Inventor Information blocks may be generated within this form by selecting the Add button.

[Add](#)**Correspondence Information:**Enter either Customer Number or complete the Correspondence Information section below.
For further information see 37 CFR 1.33(a).☐ An Address is being provided for the correspondence information of this application.

Customer Number	67487		
Email Address	info@kpatent.com	Add Email	Remove Email
Email Address	uspto@kpatent.com	Add Email	Remove Email

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Application Information:

Title of the Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		
Attorney Docket Number	UT17-0756-US	Small Entity Status Claimed	☐
Application Type	Provisional		
Subject Matter	Utility		
Total Number of Drawing Sheets (if any)		Suggested Figure for Publication (if any)	

Filing By Reference:

Only complete this section when filing an application by reference under 35 U.S.C. 111(c) and 37 CFR 1.57(a). Do not complete this section if application papers including a specification and any drawings are being filed. Any domestic benefit or foreign priority information must be provided in the appropriate section(s) below (i.e., "Domestic Benefit/National Stage Information" and "Foreign Priority Information").

For the purposes of a filing date under 37 CFR 1.53(b), the description and any drawings of the present application are replaced by this reference to the previously filed application, subject to conditions and requirements of 37 CFR 1.57(a).

Application number of the previously filed application	Filing date (YYYY-MM-DD)	Intellectual Property Authority or Country

Publication Information:

☐ Request Early Publication (Fee required at time of Request 37 CFR 1.219)
☐ Request Not to Publish. I hereby request that the attached application not be published under 35 U.S.C. 122(b) and certify that the invention disclosed in the attached application has not and will not be the subject of an application filed in another country, or under a multilateral international agreement, that requires publication at eighteen months after filing.

Representative Information:

Representative information should be provided for all practitioners having a power of attorney in the application. Providing this information in the Application Data Sheet does not constitute a power of attorney in the application (see 37 CFR 1.32). Either enter Customer Number or complete the Representative Name section below. If both sections are completed the customer Number will be used for the Representative Information during processing.			
Please Select One:	☒ Customer Number	☐ US Patent Practitioner	☐ Limited Recognition (37 CFR 11.9)
Customer Number	67487		

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Domestic Benefit/National Stage Information:

This section allows for the applicant to either claim benefit under 35 U.S.C. 119(e), 120, 121, 365(c), or 386(c) or indicate National Stage entry from a PCT application. Providing benefit claim information in the Application Data Sheet constitutes the specific reference required by 35 U.S.C. 119(e) or 120, and 37 CFR 1.78. When referring to the current application, please leave the "Application Number" field blank.

Prior Application Status		Remove	
Application Number	Continuity Type	Prior Application Number	Filing or 371(c) Date (YYYY-MM-DD)
Additional Domestic Benefit/National Stage Data may be generated within this form by selecting the Add button.			Add

Foreign Priority Information:

This section allows for the applicant to claim priority to a foreign application. Providing this information in the application data sheet constitutes the claim for priority as required by 35 U.S.C. 119(b) and 37 CFR 1.55. When priority is claimed to a foreign application that is eligible for retrieval under the priority document exchange program (PDX)ⁱ the information will be used by the Office to automatically attempt retrieval pursuant to 37 CFR 1.55(i)(1) and (2). Under the PDX program, applicant bears the ultimate responsibility for ensuring that a copy of the foreign application is received by the Office from the participating foreign intellectual property office, or a certified copy of the foreign priority application is filed, within the time period specified in 37 CFR 1.55(g)(1).

Application Number	Country ⁱ	Filing Date (YYYY-MM-DD)	Remove
			Access Code ^j (if applicable)
Additional Foreign Priority Data may be generated within this form by selecting the Add button.			Add

Statement under 37 CFR 1.55 or 1.78 for AIA (First Inventor to File) Transition Applications

☐ This application (1) claims priority to or the benefit of an application filed before March 16, 2013 and (2) also contains, or contained at any time, a claim to a claimed invention that has an effective filing date on or after March 16, 2013. NOTE: By providing this statement under 37 CFR 1.55 or 1.78, this application, with a filing date on or after March 16, 2013, will be examined under the first inventor to file provisions of the AIA.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Authorization or Opt-Out of Authorization to Permit Access:

When this Application Data Sheet is properly signed and filed with the application, applicant has provided written authority to permit a participating foreign intellectual property (IP) office access to the instant application-as-filed (see paragraph A in subsection 1 below) and the European Patent Office (EPO) access to any search results from the instant application (see paragraph B in subsection 1 below).

Should applicant choose not to provide an authorization identified in subsection 1 below, applicant **must opt-out** of the authorization by checking the corresponding box A or B or both in subsection 2 below.

NOTE: This section of the Application Data Sheet is **ONLY** reviewed and processed with the **INITIAL** filing of an application. After the initial filing of an application, an Application Data Sheet cannot be used to provide or rescind authorization for access by a foreign IP office(s). Instead, Form PTO/SB/39 or PTO/SB/69 must be used as appropriate.

1. Authorization to Permit Access by a Foreign Intellectual Property Office(s)

A. Priority Document Exchange (PDX) - Unless box A in subsection 2 (opt-out of authorization) is checked, the undersigned hereby **grants the USPTO authority** to provide the European Patent Office (EPO), the Japan Patent Office (JPO), the Korean Intellectual Property Office (KIPO), the State Intellectual Property Office of the People's Republic of China (SIPO), the World Intellectual Property Organization (WIPO), and any other foreign intellectual property office participating with the USPTO in a bilateral or multilateral priority document exchange agreement in which a foreign application claiming priority to the instant patent application is filed, access to: (1) the instant patent application-as-filed and its related bibliographic data, (2) any foreign or domestic application to which priority or benefit is claimed by the instant application and its related bibliographic data, and (3) the date of filing of this Authorization. See 37 CFR 1.14(h)(1).

B. Search Results from U.S. Application to EPO - Unless box B in subsection 2 (opt-out of authorization) is checked, the undersigned hereby **grants the USPTO authority** to provide the EPO access to the bibliographic data and search results from the instant patent application when a European patent application claiming priority to the instant patent application is filed. See 37 CFR 1.14(h)(2).

The applicant is reminded that the EPO's Rule 141(1) EPC (European Patent Convention) requires applicants to submit a copy of search results from the instant application without delay in a European patent application that claims priority to the instant application.

2. Opt-Out of Authorizations to Permit Access by a Foreign Intellectual Property Office(s)

☐ A. Applicant **DOES NOT** authorize the USPTO to permit a participating foreign IP office access to the instant application-as-filed. If this box is checked, the USPTO will not be providing a participating foreign IP office with any documents and information identified in subsection 1A above.

☐ B. Applicant **DOES NOT** authorize the USPTO to transmit to the EPO any search results from the instant patent application. If this box is checked, the USPTO will not be providing the EPO with search results from the instant application.

NOTE: Once the application has published or is otherwise publicly available, the USPTO may provide access to the application in accordance with 37 CFR 1.14.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Applicant Information:

Providing assignment information in this section does not substitute for compliance with any requirement of part 3 of Title 37 of CFR to have an assignment recorded by the Office.				
Applicant	1			Remove
If the applicant is the inventor (or the remaining joint inventor or inventors under 37 CFR 1.45), this section should not be completed. The information to be provided in this section is the name and address of the legal representative who is the applicant under 37 CFR 1.43; or the name and address of the assignee, person to whom the inventor is under an obligation to assign the invention, or person who otherwise shows sufficient proprietary interest in the matter who is the applicant under 37 CFR 1.46. If the applicant is an applicant under 37 CFR 1.46 (assignee, person to whom the inventor is obligated to assign, or person who otherwise shows sufficient proprietary interest) together with one or more joint inventors, then the joint inventor or inventors who are also the applicant should be identified in this section.				
Clear				
Assignee	Legal Representative under 35 U.S.C. 117		Joint Inventor	
Person to whom the inventor is obligated to assign.		Person who shows sufficient proprietary interest		
If applicant is the legal representative, indicate the authority to file the patent application, the inventor is:				
Name of the Deceased or Legally Incapacitated Inventor:				
If the Applicant is an Organization check here. ☐				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
Mailing Address Information For Applicant:				
Address 1				
Address 2				
City		State/Province		
Country		Postal Code		
Phone Number		Fax Number		
Email Address				
Additional Applicant Data may be generated within this form by selecting the Add button. Add				

Assignee Information including Non-Applicant Assignee Information:

Providing assignment information in this section does not substitute for compliance with any requirement of part 3 of Title 37 of CFR to have an assignment recorded by the Office.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

Assignee	1			
Complete this section if assignee information, including non-applicant assignee information, is desired to be included on the patent application publication. An assignee-applicant identified in the "Applicant Information" section will appear on the patent application publication as an applicant. For an assignee-applicant, complete this section only if identification as an assignee is also desired on the patent application publication.				
Remove				
If the Assignee or Non-Applicant Assignee is an Organization check here. ☐				
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix
Mailing Address Information For Assignee including Non-Applicant Assignee:				
Address 1				
Address 2				
City		State/Province		
Country i		Postal Code		
Phone Number		Fax Number		
Email Address				
Additional Assignee or Non-Applicant Assignee Data may be generated within this form by selecting the Add button. Add				

Signature:

Remove

NOTE: This Application Data Sheet must be signed in accordance with 37 CFR 1.33(b). However, if this Application Data Sheet is submitted with the INITIAL filing of the application and either box A or B is not checked in subsection 2 of the "Authorization or Opt-Out of Authorization to Permit Access" section, then this form must also be signed in accordance with 37 CFR 1.14(c).

This Application Data Sheet **must** be signed by a patent practitioner if one or more of the applicants is a **juristic entity** (e.g., corporation or association). If the applicant is two or more joint inventors, this form must be signed by a patent practitioner, **all** joint inventors who are the applicant, or one or more joint inventor-applicants who have been given power of attorney (e.g., see USPTO Form PTO/AIA/81) on behalf of **all** joint inventor-applicants.

See 37 CFR 1.4(d) for the manner of making signatures and certifications.

Signature	/Andrew S. Park/			Date (YYYY-MM-DD)	2017-05-03
First Name	Andrew	Last Name	Park	Registration Number	47841
Additional Signature may be generated within this form by selecting the Add button. Add					

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	UT17-0756-US
		Application Number	
Title of Invention	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM		

This collection of information is required by 37 CFR 1.76. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 23 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application data sheet form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

PROVISIONAL APPLICATION FOR UNITED STATES PATENT
IN THE NAMES OF

**Suckchel YANG, Joonkui AHN, Hanjun PARK, Seonwook KIM,
Changhwan PARK, Seunggye HWANG and Kijun KIM**

for

**METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR
NEW RADIO SYSTEM**

Customer Number: 67487

Attorney Docket Number: UT17-0756-US

Total Number of pages: 88 (including cover)

INVENTION DESCRIPTION DOCUMENT

CTO) Mobile communication lab. ACS team		Date: 2017.04.30	TEL : 82-31-450-4074
Inventor	양석철, 안준기, 박한준, 김선욱, 박창환, 황승계, 김기준		
Title of Invention	Method of data scheduling and HARQ operation for new radio system		

Specification Groups	3GPP TSG RAN1		
Related Technology field			
Related Specification	LTE-Advanced		

1. Purpose of Invention

본 발명에서는 Code Block (CB) 또는 CB group (CBG) 기반의 data 스케줄링 방법 및 HARQ 동작 방식에 대하여 제안한다.

2. Prior Arts in the same field of the invention

Techniques, apparatus and systems described herein can be used in various wireless access technologies such as code division multiple access (CDMA), frequency division multiple access (FDMA), time division multiple access (TDMA), orthogonal frequency division multiple access (OFDMA), single carrier frequency division multiple access (SC-FDMA), etc. The CDMA may be implemented with a radio technology such as Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) or CDMA2000. The TDMA may be implemented with a radio technology such as Global System for Mobile communications (GSM)/ General Packet Radio Service (GPRS)/ Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE). The OFDMA may be implemented with a radio technology such as institute of electrical and electronics engineers (IEEE) 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802-20, evolved-UTRA (E-UTRA) etc. The UTRA is a part of a universal mobile telecommunication system (UMTS). 3rd generation partnership project (3GPP) long term evolution (LTE) is a part of an evolved-UMTS (E-UMTS) using the E-UTRA. The 3GPP LTE employs the OFDMA in downlink and employs the SC-FDMA in uplink [1][2][3]. LTE-advanced (LTE-A) is an evolution of the 3GPP LTE. For clarity, this application focuses on the 3GPP LTE/LTE-A. However, technical features of the present invention are not limited thereto.

2-1. LTE system architecture

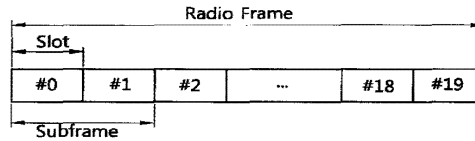


Figure 1. Structure of a radio frame of 3GPP LTE

In Figure 1, a radio frame includes 10 subframes. A subframe includes two slots in time domain. A time for transmitting one subframe is defined as a transmission time interval (TTI). For example, one subframe may have a length of 1 millisecond (ms), and one slot may have a length of 0.5 ms. One slot includes a plurality of orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) symbols in time domain. Since the 3GPP LTE uses the OFDMA in the downlink, the OFDM symbol is for representing one symbol period. The OFDM symbol may also be referred to as an SC-FDMA symbol or a symbol period. A resource block (RB) is a resource allocation unit, and includes a plurality of contiguous subcarriers in one slot. The structure of the radio frame is shown for exemplary purposes only. Thus, the number of subframes included in the radio frame or the number of slots included in the subframe or the number of OFDM symbols included in the slot may be modified in various manners.

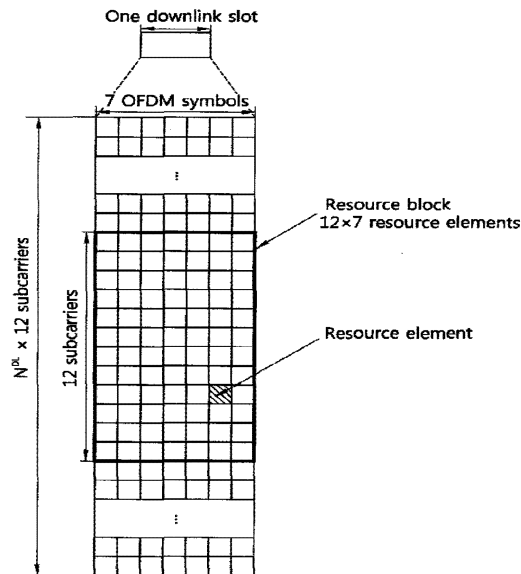


Figure 2. Resource grid for one downlink slot

In Figure 2, a downlink slot includes a plurality of OFDM symbols in time domain. It is described herein that one downlink slot includes 7 OFDM symbols, and one resource block (RB) includes 12 subcarriers in frequency domain as an example. However, the present invention is not limited thereto. Each element on the resource grid is referred to as a resource element (RE). One RB includes 12x7 REs. The number N^{DL} of RBs included in the downlink slot

Section 1

depends on a downlink transmit bandwidth. The structure of an uplink slot may be same as that of the downlink slot.

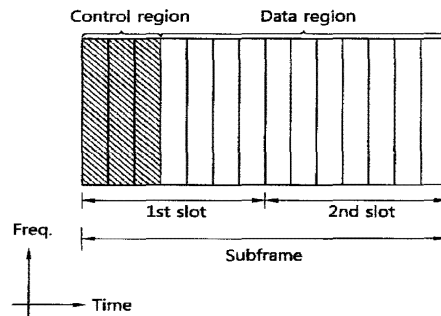


Figure 3. Structure of downlink subframe

In Figure 3, a maximum of three OFDM symbols located in a front portion of a first slot within a subframe correspond to a control region to be assigned with a control channel. The remaining OFDM symbols correspond to a data region to be assigned with a physical downlink shared channel (PDSCH). Examples of downlink control channels used in the 3GPP LTE includes a physical control format indicator channel (PCFICH), a physical downlink control channel (PDCCH), a physical hybrid ARQ indicator channel (PHICH), etc. The PCFICH is transmitted at a first OFDM symbol of a subframe and carries information regarding the number of OFDM symbols used for transmission of control channels within the subframe. The PHICH is a response of uplink transmission and carries an HARQ acknowledgment (ACK)/not-acknowledgment (NACK) signal. Control information transmitted through the PDCCH is referred to as downlink control information (DCI). The DCI includes uplink or downlink scheduling information or includes an uplink transmit (Tx) power control command for arbitrary UE groups.

The PDCCH may carry a transport format and a resource allocation of a downlink shared channel (DL-SCH), resource allocation information of an uplink shared channel (UL-SCH), paging information on a paging channel (PCH), system information on the DL-SCH, a resource allocation of an upper-layer control message such as a random access response transmitted on the PDSCH, a set of Tx power control commands on individual UEs within an arbitrary UE group, a Tx power control command, activation of a voice over IP (VoIP), etc. A plurality of PDCCHs can be transmitted within a control region. The UE can monitor the plurality of PDCCHs. The PDCCH is transmitted on an aggregation of one or several consecutive control channel elements (CCEs). The CCE is a logical allocation unit used to provide the PDCCH with a coding rate based on a state of a radio channel. The CCE corresponds to a plurality of resource element groups (REGs). A format of the PDCCH and the number of bits of the available PDCCH are determined according to a correlation between the number of CCEs and the coding rate provided by the CCEs. The BS determines a PDCCH format according to a DCI to be transmitted to the UE, and attaches a cyclic redundancy check (CRC) to control information. The CRC is masked with a unique identifier (referred to as a radio network temporary identifier (RNTI)) according to an owner or usage of the PDCCH. If the PDCCH is for a specific UE, a unique identifier (e.g., cell-RNTI (C-RNTI)) of the UE may be masked to the CRC. Alternatively, if the

Section 1

PDCCH is for a paging message, a paging indicator identifier (e.g., paging-RNTI (P-RNTI)) may be masked to the CRC. If the PDCCH is for system information (more specifically, a system information block (SIB) to be described below), a system information identifier and a system information RNTI (SI-RNTI) may be masked to the CRC. To indicate a random access response that is a response for transmission of a random access preamble of the UE, a random access-RNTI (RA-RNTI) may be masked to the CRC.

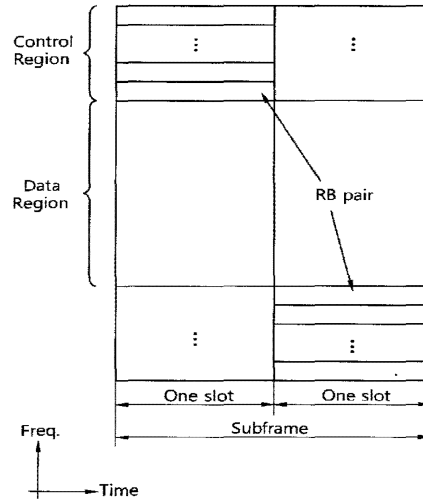


Figure 4. Structure of uplink subframe

In Figure 4, an uplink subframe can be divided in a frequency domain into a control region and a data region. The control region is allocated with a physical uplink control channel (PUCCH) for carrying uplink control information. The data region is allocated with a physical uplink shared channel (PUSCH) for carrying user data. To maintain a single carrier property, one UE does not simultaneously transmit the PUCCH and the PUSCH. The PUCCH for one UE is allocated to an RB pair in a subframe. RBs belonging to the RB pair occupy different subcarriers in respective two slots. This is called that the RB pair allocated to the PUCCH is frequency-hopped in a slot boundary.

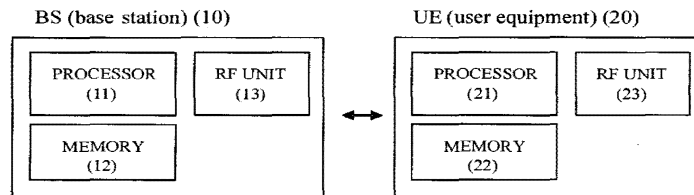


Figure 5. System for implementing present invention

In Figure 5, a wireless communication system includes a BS 10 and one or more UE 20. In downlink, a transmitter may be a part of the BS 10, and a receiver may be a part of the UE 20. In uplink, a transmitter may be a

Section 1

part of the UE 20, and a receiver may be a part of the BS 10. A BS 10 may include a processor 11, a memory 12, and a radio frequency (RF) unit 13. The processor 11 may be configured to implement proposed procedures and/or methods described in this application. The memory 12 is coupled with the processor 11 and stores a variety of information to operate the processor 11. The RF unit 13 is coupled with the processor 11 and transmits and/or receives a radio signal. A UE 20 may include a processor 21, a memory 22, and a RF unit 23. The processor 21 may be configured to implement proposed procedures and/or methods described in this application. The memory 22 is coupled with the processor 21 and stores a variety of information to operate the processor 21. The RF unit 23 is coupled with the processor 21 and transmits and/or receives a radio signal. The BS 10 and/or the UE 20 may have single antenna and multiple antennas. When at least one of the BS 10 and the UE 20 has multiple antennas, the wireless communication system may be called as multiple input multiple output (MIMO) system.

2-2. Frame structure in LTE

Throughout LTE specification, unless otherwise noted, the size of various fields in the time domain is expressed as a number of time units $T_s = 1/(15000 \times 2048)$ seconds.

Downlink and uplink transmissions are organized into radio frames with $T_f = 307200 \times T_s = 10$ ms duration.

Two radio frame structures are supported:

- Type 1, applicable to FDD,
- Type 2, applicable to TDD.

(1). Frame structure type 1

Frame structure type 1 is applicable to both full duplex and half duplex FDD. Each radio frame is $T_f = 307200 \times T_s = 10$ ms long and consists of 20 slots of length $T_{slot} = 15360 \times T_s = 0.5$ ms, numbered from 0 to 19. A subframe is defined as two consecutive slots where subframe i consists of slots $2i$ and $2i+1$.

For FDD, 10 subframes are available for downlink transmission and 10 subframes are available for uplink transmissions in each 10 ms interval. Uplink and downlink transmissions are separated in the frequency domain. In half-duplex FDD operation, the UE cannot transmit and receive at the same time while there are no such restrictions in full-duplex FDD.

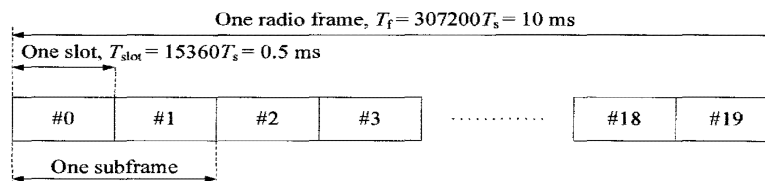


Figure 6: Frame structure type 1.

(2). Frame structure type 2

Section 1

Frame structure type 2 is applicable to TDD. Each radio frame of length $T_f = 307200 \cdot T_s = 10 \text{ ms}$ consists of two half-frames of length $153600 \cdot T_s = 5 \text{ ms}$ each. Each half-frame consists of five subframes of length $30720 \cdot T_s = 1 \text{ ms}$. The supported uplink-downlink configurations are listed in Table 2 where, for each subframe in a radio frame, "D" denotes the subframe is reserved for downlink transmissions, "U" denotes the subframe is reserved for uplink transmissions and "S" denotes a special subframe with the three fields DwPTS, GP and UpPTS. The length of DwPTS and UpPTS is given by Table 1 subject to the total length of DwPTS, GP and UpPTS being equal to $30720 \cdot T_s = 1 \text{ ms}$. Each subframe i is defined as two slots, $2i$ and $2i+1$ of length $T_{\text{slot}} = 15360 \cdot T_s = 0.5 \text{ ms}$ in each subframe.

Uplink-downlink configurations with both 5 ms and 10 ms downlink-to-uplink switch-point periodicity are supported. In case of 5 ms downlink-to-uplink switch-point periodicity, the special subframe exists in both half-frames. In case of 10 ms downlink-to-uplink switch-point periodicity, the special subframe exists in the first half-frame only. Subframes 0 and 5 and DwPTS are always reserved for downlink transmission. UpPTS and the subframe immediately following the special subframe are always reserved for uplink transmission.

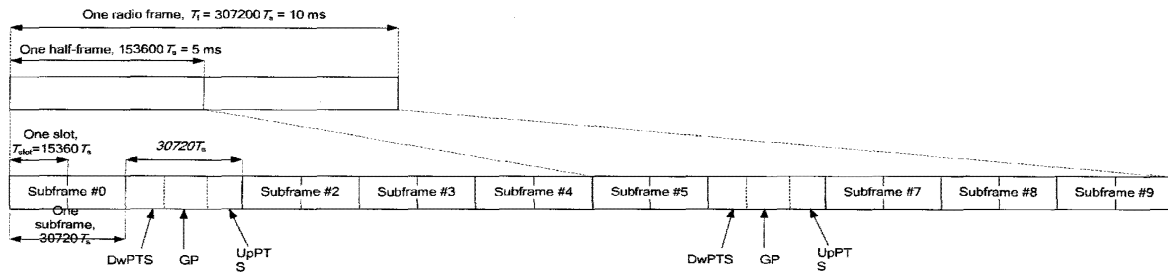


Figure 7: Frame structure type 2 (for 5 ms switch-point periodicity).

Table 1: Configuration of special subframe (lengths of DwPTS/GP/UpPTS).

Special subframe configuration	Normal cyclic prefix in downlink			Extended cyclic prefix in downlink		
	DwPTS	UpPTS		DwPTS	UpPTS	
		Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink		Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink
0	$6592 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$
1	$19760 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
2	$21952 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
3	$24144 \cdot T_s$			$25600 \cdot T_s$		
4	$26336 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
5	$6592 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
7	$21952 \cdot T_s$			-	-	-
8	$24144 \cdot T_s$			-	-	-

Table 2: Uplink-downlink configurations.

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

2-3. PUSCH related procedures in LTE

For FDD, there shall be 8 HARQ processes in the uplink for non-subframe bundling operation, i.e. normal HARQ operation, and 4 HARQ processes in the uplink for subframe bundling operation. The subframe bundling operation is configured by the parameter *ttiBundling* provided by higher layers.

In subframe bundling operation, a bundle of PUSCH transmissions consists of four consecutive uplink subframes in

both FDD and TDD.

For FDD and normal HARQ operation, the UE shall upon detection of a PDCCH with DCI format 0 and/or a PHICH transmission in subframe n intended for the UE, adjust the corresponding PUSCH transmission in subframe $n+4$ according to the PDCCH and PHICH information.

For FDD and subframe bundling operation, the UE shall upon detection of a PDCCH with DCI format 0 in subframe n intended for the UE, and/or a PHICH transmission in subframe $n-5$ intended for the UE, adjust the corresponding first PUSCH transmission in the bundle in subframe $n+4$ according to the PDCCH and PHICH information.

For FDD and TDD, the NDI as signalled on PDCCH, the RV, and the TBS shall be delivered to higher layers. For TDD, the number of HARQ processes shall be determined by the DL/UL configuration, as indicated in Table 3.

Table 3: Number of synchronous UL HARQ processes for TDD

TDD UL/DL configuration	Number of HARQ processes for normal HARQ operation	Number of HARQ processes for subframe bundling operation
0	7	3
1	4	2
2	2	N/A
3	3	N/A
4	2	N/A
5	1	N/A
6	6	3

For TDD UL/DL configurations 1-6 and normal HARQ operation, the UE shall upon detection of a PDCCH with DCI format 0 and/or a PHICH transmission in subframe n intended for the UE, adjust the corresponding PUSCH transmission in subframe $n+k$, with k given in Table 4, according to the PDCCH and PHICH information.

For TDD UL/DL configuration 0 and normal HARQ operation the UE shall upon detection of a PDCCH with DCI format 0 and/or a PHICH transmission in subframe n intended for the UE, adjust the corresponding PUSCH transmission in subframe $n+k$ if the MSB of the UL index in the DCI format 0 is set to 1 or PHICH is received in subframe $n=0$ or 5 in the resource corresponding to $I_{PHICH}=0$, with k given in Table 4. If, for TDD UL/DL configuration 0 and normal HARQ operation, the LSB of the UL index in the DCI format 0 is set to 1 in subframe n or a PHICH is received in subframe $n=0$ or 5 in the resource corresponding to $I_{PHICH}=1$, or PHICH is received in subframe $n=1$ or 6, the UE shall adjust the corresponding PUSCH transmission in subframe $n+7$. If, for TDD UL/DL configuration 0, both the MSB and LSB of the UL index in the DCI format 0 are set in subframe n , the UE shall adjust the corresponding PUSCH transmission in both subframes $n+k$ and $n+7$, with k given in Table 4.

For TDD UL/DL configurations 1 and 6 and subframe bundling operation, the UE shall upon detection of a PDCCH with DCI format 0 in subframe n intended for the UE, and/or a PHICH transmission intended for the UE in

Section 1

subframe $n-l$ with l given in Table 5, adjust the corresponding first PUSCH transmission in the bundle in subframe $n+k$, with k given in Table 4, according to the PDCCH and PHICH information.

For TDD UL/DL configuration 0 and subframe bundling operation, the UE shall upon detection of a PDCCH with DCI format 0 in subframe n intended for the UE, and/or a PHICH transmission intended for the UE in subframe $n-l$ with l given in Table 5, adjust the corresponding first PUSCH transmission in the bundle in subframe $n+k$, if the MSB of the UL index in the DCI format 0 is set to 1 or if $I_{PHICH} = 0$, with k given in Table 4, according to the PDCCH and PHICH information. If, for TDD UL/DL configuration 0 and subframe bundling operation, the LSB of the UL index in the DCI format 0 is set to 1 in subframe n or if $I_{PHICH} = 1$, the UE shall adjust the corresponding first PUSCH transmission in the bundle in subframe $n+7$, according to the PDCCH and PHICH information.

Table 4: k for TDD configurations 0-6

TDD UL/DL Configuratio n	DL subframe number n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4	6				4	6			
1		6			4		6			4
2				4					4	
3	4								4	4
4									4	4
5									4	
6	7	7				7	7			5

Table 5: l for TDD configurations 0, 1 and 6

TDD UL/DL Configuratio n	DL subframe number n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	9	6				9	6			
1		2			3		2			3
6	5	5				6	6			8

2-4. UE ACK/NACK procedure in LTE

For Frame Structure type 1, an ACK/NACK received on the PHICH assigned to a UE in subframe i is associated with the PUSCH transmission in subframe $i-4$.

For Frame Structure type 2 UL/DL configuration 1-6, an ACK/NACK received on the PHICH assigned to a UE in subframe i is associated with the PUSCH transmission in the subframe $i-k$ as indicated by the following Table 6. For Frame Structure type 2 UL/DL configuration 0, an ACK/NACK received on the PHICH in the resource corresponding to $I_{PHICH} = 0$, assigned to a UE in subframe i is associated with the PUSCH transmission in the subframe $i-k$ as indicated by the following Table 6. If, for Frame Structure type 2 UL/DL configuration 0, an ACK/NACK received on the PHICH in the resource corresponding to $I_{PHICH} = 1$, assigned to a UE in subframe i is associated with the PUSCH transmission in the subframe $i-6$.

Table 6: k for TDD configurations 0-6

TDD UL/DL Configuratio n	DL subframe number i									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	7	4				7	4			
1		4			6		4			6
2				6					6	
3	6								6	6
4									6	6
5									6	
6	6	4				7	4			6

The physical layer in the UE shall deliver indications to the higher layers as follows:

For downlink subframe i , if a transport block was transmitted in the associated PUSCH subframe then:

- ① if ACK is decoded on the PHICH in subframe i , ACK shall be delivered to the higher layers;
- ② else NACK shall be delivered to the higher layers.

2-5. PHICH assignment procedure

For PUSCH transmissions scheduled from serving cell c in subframe n , a UE shall determine the corresponding PHICH resource of serving cell c in subframe $n + k_{PHICH}$, where k_{PHICH} is always 4 for FDD and is given in Table 7 for TDD. For subframe bundling operation, the corresponding PHICH resource is associated with the last subframe in the bundle.

Table 7: k_{PHICH} for TDD

TDD UL/DL Configuratio n	subframe index n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0			4	7	6			4	7	6
1			4	6				4	6	
2			6					6		
3			6	6	6					
4			6	6						
5			6							
6			4	6	6			4	7	

The PHICH resource is identified by the index pair $(n_{PHICH}^{group}, n_{PHICH}^{seq})$ where n_{PHICH}^{group} is the PHICH group number and n_{PHICH}^{seq} is the orthogonal sequence index within the group as defined by:

$$n_{PHICH}^{group} = (I_{PRB_RA} + n_{DMRS}) \bmod N_{PHICH}^{group} + I_{PHICH} N_{PHICH}^{group}$$

$$n_{PHICH}^{seq} = (\lfloor I_{PRB_RA} / N_{PHICH}^{group} \rfloor + n_{DMRS}) \bmod 2N_{SF}^{PHICH}$$

where

- n_{DMRS} is mapped from the cyclic shift for DMRS field (according to Table 8) in the most recent PDCCH with uplink DCI format [2] for the transport block(s) associated with the corresponding PUSCH transmission. n_{DMRS} shall be set to zero, if there is no PDCCH with uplink DCI format for the same transport block, and
 - if the initial PUSCH for the same transport block is semi-persistently scheduled, or
 - if the initial PUSCH for the same transport block is scheduled by the random access response grant.
- N_{SF}^{PHICH} is the spreading factor size used for PHICH modulation as described in [1].

Section 1

$$I_{PRB_RA} = \begin{cases} I_{PRB_RA}^{lowest_index} & \text{for the first TB of a PUSCH with associated PDCCH or for the case of} \\ & \text{no associated PDCCH when the number of negatively acknowledged} \\ & \text{TBs is not equal to the number of TBs indicated in the most recent} \\ & \text{PDCCH associated with the corresponding PUSCH} \\ I_{PRB_RA}^{lowest_index} + 1 & \text{for a second TB of a PUSCH with associated PDCCH} \end{cases}$$

where $I_{PRB_RA}^{lowest_index}$ is the lowest PRB index in the first slot of the corresponding PUSCH transmission

- N_{PHICH}^{group} is the number of PHICH groups configured by higher layers as described in [1],
- $I_{PHICH} = \begin{cases} 1 & \text{for TDD UL/DL configuration 0 with PUSCH transmission in subframe } n = 4 \text{ or } 9 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Table 8: Mapping between n_{DMRS} and the cyclic shift for DMRS field in PDCCH with uplink DCI format [2]

Cyclic Shift for DMRS Field in PDCCH with uplink DCI format in [2]	n_{DMRS}
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

2-6. UE procedure for reporting ACK/NACK in LTE

For FDD, when both ACK/NACK and SR are transmitted in the same sub-frame a UE shall transmit the ACK/NACK on its assigned ACK/NACK PUCCH resource for a negative SR transmission and transmit the ACK/NACK on its assigned SR PUCCH resource for a positive SR transmission.

For TDD and all UL-DL configurations except configuration 5, two ACK/NACK feedback modes are supported by higher layer configuration.

- ACK/NACK bundling, and
- ACK/NACK multiplexing

For TDD UL-DL configuration 5, only ACK/NACK bundling is supported.

For TDD, the UE shall upon detection of a PDSCH transmission or a PDCCH indicating downlink SPS release within subframe(s) $n-k$, where $k \in K$ and K is defined in Table 11 intended for the UE and for which

Section 1

ACK/NACK response shall be provided, transmit the ACK/NACK response in UL subframe n .

For TDD UL-DL configurations 1-6, the value of the Downlink Assignment Index (DAI) in DCI format 0, V_{DAI}^{UL} , detected by the UE according to Table 9 in subframe $n - k'$, where k' is defined in Table 10, represents the total number of subframes with PDSCH transmissions and with PDCCH indicating downlink SPS release to the corresponding UE within all the subframe(s) $n - k$, where $k \in K$. The value V_{DAI}^{UL} includes all PDSCH transmission with and without corresponding PDCCH within all the subframe(s) $n - k$. In case neither PDSCH transmission, nor PDCCH indicating the downlink SPS resource release is intended to the UE, the UE can expect that the value of the DAI in DCI format 0, V_{DAI}^{UL} , if transmitted, is set to 4.

For TDD UL-DL configurations 1-6, the value of the DAI in DCI format 1/1A/1B/1D/2/2A denotes the accumulative number of PDCCH(s) with assigned PDSCH transmission(s) and PDCCH indicating downlink SPS release up to the present subframe within subframe(s) $n - k$, where $k \in K$, and shall be updated from subframe to subframe. Denote V_{DAI}^{DL} as the value of the DAI in PDCCH with DCI format 1/1A/1B/1D/2/2A detected by the UE according to Table 9 in subframe $n - k_m$, where k_m is the smallest value in the set K (defined in Table 11) such that the UE detects a DCI format 1/1A/1B/1D/2/2A. Denote U_{DAI} as the total number of PDCCH(s) with assigned PDSCH transmission(s) and PDCCH indicating downlink SPS release detected by the UE within the subframe(s) $n - k$, where $k \in K$. Denote N_{SPS} , which can be zero or one, as the number of PDSCH transmissions without a corresponding PDCCH within the subframe(s) $n - k$, where $k \in K$.

Table 9: Value of Downlink Assignment Index

DAI MSB, LSB	V_{DAI}^{UL} or V_{DAI}^{DL}	Number of subframes with PDSCH transmission
0,0	1	1 or 5 or 9
0,1	2	2 or 6
1,0	3	3 or 7
1,1	4	0 or 4 or 8

Table 10: Uplink association index k' for TDD

TDD UL/DL Configuration	DL subframe number n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1			6	4				6	4	
2			4					4		

3			4	4	4					
4			4	4						
5			4							
6			7	7	5			7	7	

2-7. UE procedure for determining PUCCH assignment in LTE

Uplink control information (UCI) in subframe n shall be transmitted

- on PUCCH using format 1/1a/1b or 2/2a/2b if the UE is not transmitting on PUSCH in subframe n
- on PUSCH if the UE is transmitting on PUSCH in subframe n unless the PUSCH transmission corresponds to a Random Access Response Grant or a retransmission of the same transport block as part of the contention based random access procedure, in which case UCI is not transmitted

Throughout this section, subframes are numbered in monotonically increasing order; if the last subframe of a radio frame is denoted k , the first subframe of the next radio frame is denoted $k+1$.

The following combinations of uplink control information on PUCCH are supported:

- HARQ-ACK using PUCCH format 1a or 1b
- HARQ-ACK using PUCCH format 1b with channel selection
- Scheduling request (SR) using PUCCH format 1
- HARQ-ACK and SR using PUCCH format 1a or 1b
- CQI using PUCCH format 2
- CQI and HARQ-ACK using PUCCH format
 - 2a or 2b for normal cyclic prefix
 - 2 for extended cyclic prefix

The scrambling initialization of PUCCH format 2, 2a and 2b is by C-RNTI.

The parameter *Simultaneous-AN-and-CQI* provided by higher layers determine if a UE can transmit a combination of CQI and HARQ-ACK on PUCCH in the same subframe.

For TDD, two ACK/NACK feedback modes are supported by higher layer configuration.

- ACK/NACK bundling and
- ACK/NACK multiplexing

For TDD UL-DL configuration 5, only ACK/NACK bundling is supported.

TDD ACK/NACK bundling is performed per codeword across M multiple DL subframes associated with a single UL subframe n , where M is the number of elements in the set K defined in Table 11, by a logical AND operation

Section 1

of all the individual PDSCH transmission (with and without corresponding PDCCH) ACK/NACKs and ACK in response to PDCCH indicating downlink SPS release. The bundled 1 or 2 ACK/NACK bits are transmitted using PUCCH format 1a or PUCCH format 1b, respectively.

For TDD ACK/NACK multiplexing and a subframe n with $M > 1$, where M is the number of elements in the set K defined in Table 11, spatial ACK/NACK bundling across multiple codewords within a DL subframe is performed by a logical AND operation of all the corresponding individual ACK/NACKs and PUCCH format 1b with channel selection is used. For TDD ACK/NACK multiplexing and a subframe n with $M = 1$, spatial ACK/NACK bundling across multiple codewords within a DL subframe is not performed, 1 or 2 ACK/NACK bits are transmitted using PUCCH format 1a or PUCCH format 1b, respectively.

Table 11: Downlink association set index $K : \{k_0, k_1, \dots, k_{M-1}\}$ for TDD

UL-DL Configuration	Subframe n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	6	-	4	-	-	6	-	4
1	-	-	7, 6	4	-	-	-	7, 6	4	-
2	-	-	8, 7, 4, 6	-	-	-	-	8, 7, 4, 6	-	-
3	-	-	7, 6, 11	6, 5	5, 4	-	-	-	-	-
4	-	-	12, 8, 7, 11	6, 5, 4, 7	-	-	-	-	-	-
5	-	-	13, 12, 9, 8, 7, 5, 4, 11, 6	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	7	7	5	-	-	7	7	-

2-8. Carrier aggregation in LTE-A

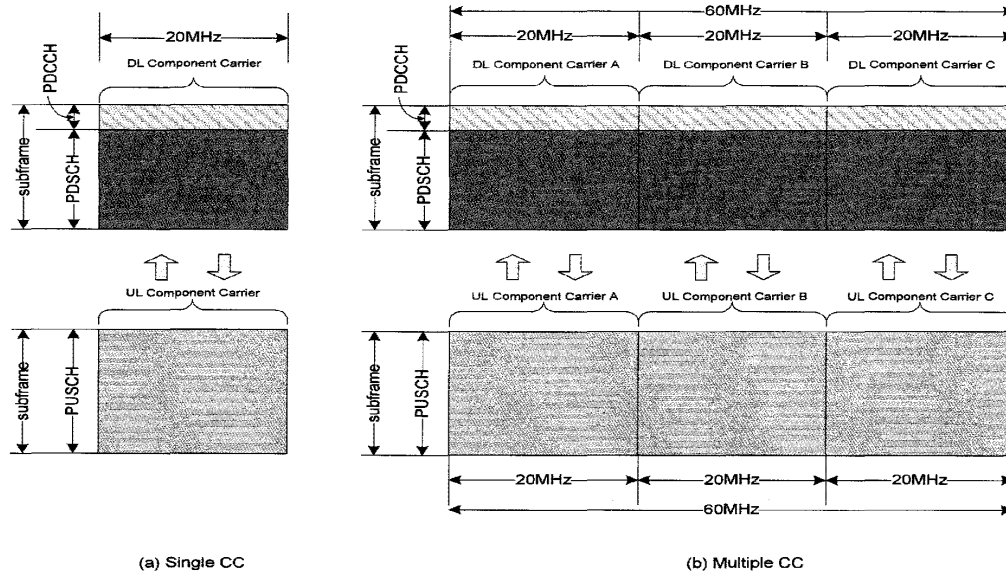


Figure 8 : Subframe structure of 3GPP LTE Release-8 system and LTE-A system with CC aggregation

As the increased demands for the high data rate transmission, the mobile communication system composed of aggregated multiple CCs (component carriers) is now being researched. For example, Figure 8 (b) illustrates the DL/UL subframe structure considered in 3GPP LTE-A (LTE-Advanced) system where multiple CCs are aggregated (in this example, 3 carriers exist), while Figure 8 (a) illustrates a single carrier operation as in conventional systems. As shown in Figure 8 (b), a UE can monitor and receive DL signal/data from multiple DL CCs at the same time. However, even if a cell is managing N DL CCs, the network may configure a UE with M DL CCs where $M \leq N$ so that the UE's monitoring of the DL signal/data is limited to those M DL CCs. In addition, the network may configure L DL CCs as the main DL CCs from which the UE should monitor/receive DL signal/data with a priority, either UE-specifically or cell-specifically, where $L \leq M \leq N$.

Moreover, for cross-CC scheduling of LTE-A UEs, the introduction of carrier indicator field (CIF) has been considered. The baseline of PDCCH transmission for LTE-A is summarized as below, and configuration for the presence or absence of the CIF within PDCCH is semi-statically and UE-specifically enabled by higher layer signaling.

- CIF disabled: PDCCH on a DL CC assigns PDSCH resources on the same DL CC and PUSCH resources on a single linked UL CC
 - No CIF
 - Same as Rel-8 PDCCH structure (same coding, same CCE-based resource mapping) and DCI formats
- CIF enabled: PDCCH on a DL CC can assign PDSCH or PUSCH resources in one of multiple aggregated

DL/UL CCs using the CIF

- Rel-8 DCI formats extended with the CIF
 - CIF (if configured) is a fixed 3-bit field
 - CIF (if configured) location is fixed irrespective of DCI format size
- Reusing Rel-8 PDCCH structure (same coding, same CCE-based resource mapping)

In the case of presence of CIF, desirably, the eNB may assign the PDCCH monitoring DL CC set for reduction of blind decoding complexity at the UE side. This CC set is a portion of the entire aggregated DL CCs and the UE only performs detection/decoding of PDCCHs scheduled for it on this set. In other words, to schedule PDSCH/PUSCH for a UE, the eNB transmits PDCCHs only through the PDCCH monitoring DL CC set. The PDCCH monitoring DL CC set may be set UE-specific or UE-group-specific or cell-specific. For example, Figure 9 shows a DL subframe for a LTE-A UE for which 3 DL CCs are aggregated, and DL CC A is configured as the PDCCH monitoring DL CC. If the CIF is disabled, each DL CC can transmit only the PDCCH scheduling its own PDSCH without the CIF, by following the Rel-8 PDCCH principle. On the other hand, if the CIF is enabled by UE-specific higher layer signaling, only DL CC A can transmit the PDCCHs scheduling not only its own PDSCH but also PDSCHs of the other CCs, by using the CIF. Note that no PDCCH is transmitted on DL CC B and C which are not configured as the PDCCH monitoring DL CC.

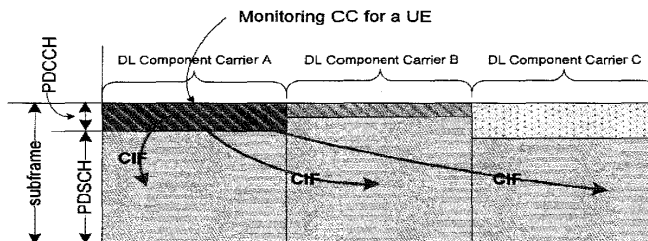


Figure 9 : Subframe structure of LTE-A system with CIF for cross-CC scheduling

2-9. PDCCH assignment procedure in LTE-A

The control region of each serving cell (i.e. CC) consists of a set of CCEs, numbered from 0 to $N_{\text{CCE},k} - 1$, where $N_{\text{CCE},k}$ is the total number of CCEs in the control region of subframe k . The UE shall monitor a set of PDCCH candidates on one or more activated serving cells as configured by higher layer signaling for control information in every non-DRX subframe, where monitoring implies attempting to decode each of the PDCCHs in the set according to all the monitored DCI formats.

The set of PDCCH candidates to monitor are defined in terms of search spaces, where a search space $S_k^{(L)}$ at aggregation level $L \in \{1, 2, 4, 8\}$ is defined by a set of PDCCH candidates. For each serving cell on which PDCCH is monitored, the CCEs corresponding to PDCCH candidate m of the search space $S_k^{(L)}$ are given by

$$L \left\{ (Y_k + m') \bmod \left\lfloor N_{\text{CCE},k} / L \right\rfloor \right\} + i$$

where Y_k is defined below, $i = 0, \dots, L-1$. For the common search space (i.e. CSS) $m' = m$. For the UE specific search space (i.e. USS), for the serving cell on which PDCCH is monitored, if the monitoring UE is configured with carrier indicator field then $m' = m + M^{(L)} \cdot n_{\text{CI}}$ where n_{CI} is the carrier indicator field value, else if the monitoring UE is not configured with carrier indicator field then $m' = m$, where $m = 0, \dots, M^{(L)} - 1$. $M^{(L)}$ is the number of PDCCH candidates to monitor in the given search space.

The UE shall monitor one common search space at each of the aggregation levels 4 and 8 on the primary cell (i.e. PCC). A UE not configured with a carrier indicator field shall monitor one UE-specific search space at each of the aggregation levels 1, 2, 4, 8 on each activated serving cell. A UE configured with a carrier indicator field shall monitor one or more UE-specific search spaces at each of the aggregation levels 1, 2, 4, 8 on one or more activated serving cells as configured by higher layer signaling. The common and UE-specific search spaces on the primary cell may overlap.

A UE configured with the carrier indicator field associated with monitoring PDCCH on serving cell c shall monitor PDCCH configured with carrier indicator field and with CRC scrambled by C-RNTI in the UE specific search space of serving cell c . A UE configured with the carrier indicator field associated with monitoring PDCCH on the primary cell shall monitor PDCCH configured with carrier indicator field and with CRC scrambled by SPS C-RNTI in the UE specific search space of the primary cell.

The UE shall monitor the common search space for PDCCH without carrier indicator field. For the serving cell on which PDCCH is monitored, if the UE is not configured with a carrier indicator field, it shall monitor the UE specific search space for PDCCH without carrier indicator field, if the UE is configured with a carrier indicator field it shall monitor the UE specific search space for PDCCH with carrier indicator field.

A UE is not expected to monitor the PDCCH of a secondary cell (i.e. SCC) if it is configured to monitor PDCCH with carrier indicator field corresponding to that secondary cell in another serving cell. For the serving cell on which PDCCH is monitored, the UE shall monitor PDCCH candidates at least for the same serving cell.

A UE configured with carrier indicator field for a given serving cell and configured to monitor PDCCH candidates with CRC scrambled by C-RNTI with a common payload size and with the same first CCE index n_{CCE} in the

- common search space
- UE specific search space

may assume that only the PDCCH in the common search space is transmitted by the primary cell.

A UE configured to monitor PDCCH candidates in a given serving cell with a given DCI format size with CIF, and CRC scrambled by C-RNTI, where the PDCCH candidates may have one or more possible values of CIF for

Section 1

the given DCI format size, shall assume that a PDCCH candidate with the given DCI format size may be transmitted in the given serving cell in any UE specific search space corresponding to any of the possible values of CIF for the given DCI format size.

The aggregation levels defining the search spaces are listed in Table 12. The DCI formats that the UE shall monitor depend on the configured transmission mode per each serving cell.

For the common search spaces, Y_k is set to 0 for the two aggregation levels $L = 4$ and $L = 8$. For the UE-specific search space $S_k^{(L)}$ at aggregation level L , the variable Y_k is defined by

$$Y_k = (A \cdot Y_{k-1}) \bmod D$$

where $Y_{-1} = n_{RNTI} \neq 0$, $A = 39827$, $D = 65537$ and $k = \lfloor n_s/2 \rfloor$, n_s is the slot number within a radio frame. The RNTI value used for n_{RNTI} is defined in [3] as a kind of UE's ID.

Table 12: PDCCH candidates monitored by a UE

Type	Search space $S_k^{(L)}$		Number of PDCCH candidates $M^{(L)}$
	Aggregation level L	Size [in CCEs]	
UE-specific	1	6	6
	2	12	6
	4	8	2
	8	16	2
Common	4	16	4
	8	16	2

2-10. ACK/NACK multiplexing in LTE

Under the situation that a UE should simultaneously transmit multiple ACK/NACKs corresponding to multiple data units received from the eNB, in order to maintain the single-carrier property of ACK/NACK signals and reduce the total ACK/NACK transmission power, ACK/NACK multiplexing method based on PUCCH resource selection can be considered. With ACK/NACK multiplexing, contents of the ACK/NACK responses for multiple data units are identified by the combination of the PUCCH resource used in actual ACK/NACK transmission and the one of QPSK modulation symbols. For example, if we assume one PUCCH resource carries 4 bits and 4 data units can be transmitted in maximum (here we assume HARQ operation for each data unit can be managed by single ACK/NACK bit), the ACK/NACK result can be identified at the TX node as in the following Table 13.

Table 13 : Example of ACK/NACK multiplexing based on PUCCH resource selection

HARQ-ACK(0), HARQ-ACK(1), HARQ-ACK(2), HARQ-ACK(3)	$n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$	$b(0), b(1)$
ACK, ACK, ACK, ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1, 1
ACK, ACK, ACK, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1, 0
NACK/DTX, NACK/DTX, NACK, DTX	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	1, 1
ACK, ACK, NACK/DTX, ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1, 0

Section 1

NACK, DTX, DTX, DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1, 0
ACK, ACK, NACK/DTX, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1, 0
ACK, NACK/DTX, ACK, ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	0, 1
NACK/DTX, NACK/DTX, NACK/DTX, NACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	1, 1
ACK, NACK/DTX, ACK, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	0, 1
ACK, NACK/DTX, NACK/DTX, ACK	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0, 1
ACK, NACK/DTX, NACK/DTX, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1, 1
NACK/DTX, ACK, ACK, ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	0, 1
NACK/DTX, NACK, DTX, DTX	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	0, 0
NACK/DTX, ACK, ACK, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	1, 0
NACK/DTX, ACK, NACK/DTX, ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	1, 0
NACK/DTX, ACK, NACK/DTX, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	0, 1
NACK/DTX, NACK/DTX, ACK, ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	0, 1
NACK/DTX, NACK/DTX, ACK, NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	0, 0
NACK/DTX, NACK/DTX, NACK/DTX, ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	0, 0
DTX, DTX, DTX, DTX	N/A	N/A

In Table 2, HARQ-ACK(i) indicates the ACK/NACK result for the data unit i (there are maximum 4 data units, that is, from data unit 0 to data unit 3 in this example). In Table 2, DTX means there is no data unit transmitted for corresponding HARQ-ACK(i) or the RX node doesn't detect the existence of the data unit corresponding to HARQ-ACK(i). $n_{\text{PUCCH},x}^{(1)}$ indicates the PUCCH resource which should be used in actual ACK/NACK transmission, where there are 4 PUCCH resources, $n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$, $n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$, $n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$, and $n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$ in maximum. $b(0), b(1)$ indicates two bits carried by the selected PUCCH resource. Modulation symbol which is transmitted through PUCCH resource is decided according to the bits. For example, if the RX node receives and decodes 4 data units successfully, the RX node should transmit two bits, (1, 1), using PUCCH resource $n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$. For another example, if the RX node receives 4 data units, fails in decoding (or misses) the first and the third data units (corresponding to HARQ-ACK(0) and HARQ-ACK(2)) and decodes the second and the fourth data units (corresponding to HARQ-ACK(1) and HARQ-ACK(3)) successfully, the RX node should transmit (1, 0) using $n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$. By linking the actual ACK/NACK contents with the combination of PUCCH resource selection and the actual bit contents in the transmitted PUCCH resource in this way, ACK/NACK transmission using single PUCCH resource for multiple data units is possible.

In ACK/NACK multiplexing method, basically, NACK and DTX are coupled as NACK/DTX as shown in Table 2 if at least one ACK exists for all data units. This is because combinations of PUCCH resource and QPSK symbol are insufficient to cover all ACK/NACK hypotheses based on decoupling of NACK and DTX. On the other hand, for the

Section 1

case that no ACK exists for all data units (in other words, NACK or DTX only exists for all data units), single definite NACK case is defined as the case that only one of HARQ-ACK(i)s is NACK decoupled with DTX. In this case, PUCCH resource linked to the data unit corresponding to single definite NACK can be also reserved to transmit the signal of multiple ACK/NACKs.

2-11. ACK/NACK transmission for LTE-A

LTE-A 시스템에서는 복수의 DL CC를 통해 전송된 복수의 PDSCH에 대한 복수의 ACK/NACK 정보/신호를 특정 UL CC를 통해 전송하는 것을 고려하고 있다. 이를 위해 기존 Rel-8 LTE에서의 PUCCH format 1a/1b를 이용한 ACK/NACK 전송과는 달리, 복수의 ACK/NACK 정보를 채널 코딩 (e.g. Reed-Muller code, Tail-biting convolutional code, etc.)한 후 PUCCH format 2, 또는 아래와 같은 Block-spreading 기반의 변형된 형태의 새로운 PUCCH format (i.e. E-PUCCH format)을 이용하여 복수의 ACK/NACK 정보/신호를 전송하는 것을 고려할 수 있다.

• Block-spreading

Block-spreading 기법은 제어 정보/신호 (e.g. ACK/NACK, etc.) 전송을 기존 LTE에서의 PUCCH format 1 또는 2 계열과는 다르게 SC-FDMA 방식을 이용하여 변조하는 방법이다. 이 방식에서는 Figure 10에서와 같이 심볼 sequence가 OCC (Orthogonal Cover Code)에 의해 time-domain spreading되어 전송되는 형태이며, OCC를 이용하여 동일한 RB에 여러 UE들의 제어 신호들을 multiplexing시킬 수 있다. 앞서의 PUCCH format 2에서는 하나의 심볼 sequence가 시간 영역에 걸쳐 전송되고 CAZAC sequence의 cyclic shift (i.e. CCS)를 이용하여 UE multiplexing을 수행하는 반면, Block-spreading 기반의 E-PUCCH format의 경우 하나의 심볼 sequence가 주파수 영역에 걸쳐 전송되고 OCC 기반의 time-domain spreading을 이용하여 UE multiplexing을 수행한다. 하나의 예로 Figure 10과 같이 하나의 심볼 sequence를 length-5 ($SF = 5$)의 OCC를 이용하여 5개의 SC-FDMA 심볼을 생성시켜 전송하는 방법을 나타낸다. 그림의 예제에서는 1 slot 동안 총 2개의 RS 심볼을 사용하였지만, 3개의 RS 심볼을 사용하고 $SF = 4$ 의 OCC를 이용하는 방식 등 다양한 응용도 고려할 수 있다. 여기서, RS 심볼은 특정 cyclic shift를 갖는 CAZAC sequence로부터 생성될 수 있으며, 시간 영역의 복수 RS 심볼에 특정 OCC가 적용된 (곱해진) 형태로 전송될 수 있다.

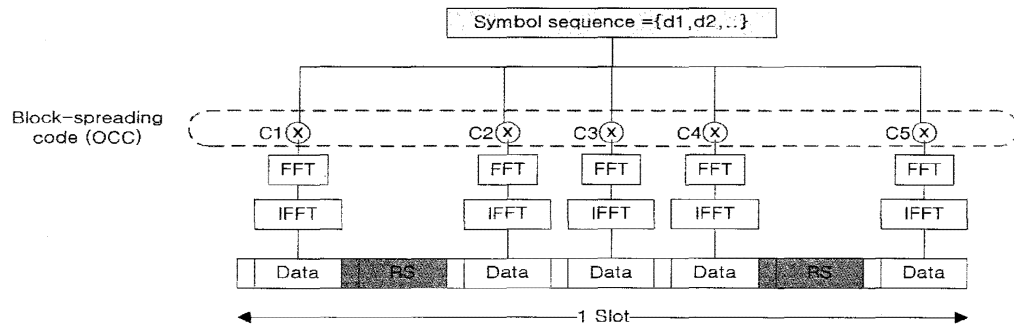


Figure 10. Block-spreading 기반의 E-PUCCH format 예시 (i.e. PUCCH format 3)

설명의 편의를 위해, PUCCH format 2 또는 E-PUCCH format을 사용하는 이러한 채널 코딩 기반의 복수 ACK/NACK 전송 방식을 “multi-bit ACK/NACK coding” 전송 방법이라 칭한다. 이 방법은 복수 DL CC의 PDSCH에 대한 ACK/NACK 또는 DTX 정보 (PDCCH를 수신/검출하지 못함을 의미)들을 채널 코딩하여 생성된 ACK/NACK coded block을 전송하는 방법을 나타낸다. 예를 들어 단말이 어떤 DL CC에서 SU-MIMO mode로 동작하여 2개의 codeword (CW)를 수신한다면 그 CC에 대해 CW 별로 ACK/ACK, ACK/NACK, NACK/ACK, NACK/NACK의 총 4개의 feedback state를 전송하거나, DTX까지 포함하여 최대 5개의 feedback state를 가질 수 있다. 또한 만약 단말이 single CW 수신을 한다면 ACK, NACK, DTX의 최대 3개 state를 가질 수 있다 (만약, NACK을 DTX와 동일하게 처리한다면 ACK, NACK/DTX의 총 2개 state를 가질 수 있다). 따라서 만약 단말이 최대 5개의 DL CC를 aggregation하고 모든 CC에서 SU-MIMO mode로 동작한다면 최대 5⁵개의 전송 가능한 feedback state를 가질 수 있고 이를 표현하기 위한 ACK/NACK payload 사이즈는 총 12 bits가 된다 (만약, DTX를 NACK과 동일하게 처리한다면 feedback state 수는 4⁵개가 되고 이를 표현하기 위한 ACK/NACK payload 사이즈는 총 10 bits가 된다).

기존 Rel-8 TDD 시스템에 적용되는 앞서의 ACK/NACK multiplexing (i.e. ACK/NACK selection) 방법에서는, 기본적으로 각 UE의 PUCCH 자원 확보를 위해 해당 UE의 각 PDSCH를 스케줄링하는 PDCCH에 대응되는 (i.e. lowest CCE 인덱스와 링크되어있는) implicit PUCCH 자원을 사용하는 implicit ACK/NACK selection 방식을 고려하고 있다. 한편, LTE-A FDD 시스템에서는 기본적으로 UE-specific하게 설정되는 하나의 특정 UL CC를 통하여 복수의 DL CC를 통해 전송된 복수의 PDSCH에 대한 복수 ACK/NACK 전송을 고려하고 있으며, 이를 위해 특정 혹은 일부 혹은 모든 DL CC를 스케줄링하는 PDCCH에 링크되어 있는 (i.e. lowest CCE 인덱스 nCCE에 링크되어있는, 혹은 nCCE와 nCCE+1에 링크되어있는) implicit PUCCH 자원 혹은 해당 implicit PUCCH 자원과 RRC signaling을 통해 각 UE에게 미리 예약된 explicit PUCCH 자원의 조합을 사용하는 “ACK/NACK selection” 방식을 고려하고 있다.

한편, LTE-A TDD 시스템에서도 복수의 CC가 aggregation (CA)된 상황을 고려할 수 있으며, 이에 따라 복수의 DL subframe과 복수의 CC를 통해 전송된 복수의 PDSCH에 대한 복수 ACK/NACK 정보/신호를, 해당 복수 DL subframe에 대응되는 UL subframe에서 특정 CC (i.e. A/N CC)를 통해 전송하는 것을 고려하고 있다. 여기서는 앞서 LTE-A FDD에서와는 달리, UE에게 할당된 모든 CC를 통해 전송될 수 있는 최대 CW 수에 대응되는 복수 ACK/NACK을, 복수 DL subframe (i.e. SF) 모두에 대하여 전송하는 방식 (i.e. full ACK/NACK)을 고려하거나, 또는 CW and/or CC and/or SF domain에 대해 ACK/NACK bundling을 적용하여 전체 전송 ACK/NACK 수를 줄여서 전송하는 방식 (i.e. bundled ACK/NACK)을 고려할 수 있다 (여기서, CW bundling의 경우 각 DL SF에 대해 CC별로 CW에 대한 ACK/NACK bundling을 적용하는 것을 의미하고, CC bundling의 경우 각 DL SF에 대해 모든 혹은 일부 CC에 대한 ACK/NACK bundling을 적용하는 것을 의미하며, SF bundling의 경우 각 CC에 대해 모든 혹은 일부 DL SF에 대한 ACK/NACK bundling을 적용하는 것을 의미한다. 특징적으로 SF bundling 방법으로써, CC 각각에 대해 수신된 모든 PDSCH or DL grant PDCCH에 대하여 CC별 총 ACK 개수 (혹은, 일부 ACK 개수)를 알려주는 “ACK-counter” 방식을 고려할 수 있다). 이때, UE별 ACK/NACK payload, 즉 각 UE 별로 설정된 full or bundled ACK/NACK 전송을 위한 ACK/NACK payload의 사이즈에 따라 “multi-bit ACK/NACK

coding” 혹은 “ACK/NACK selection” 기반의 ACK/NACK 전송 기법을 configurable하게 적용할 수 있다.

2-12. Random access procedure in LTE

An LTE UE can only be scheduled for UL transmission if its UL transmission timing is synchronized. The LTE random access channel (RACH) therefore plays a key role as an interface between non-synchronized UEs and the orthogonal transmission scheme of the LTE UL radio access [3]. LTE uses the RACH for initial network access, but in LTE the RACH cannot carry any user data. Instead, the LTE RACH is used to achieve UL time synchronization for a UE which either has not yet acquired, or has lost, its UL synchronization. Once UL synchronization is achieved for a UE, the eNB can schedule orthogonal UL transmission resources for it.

The LTE random access procedure comes in two forms, allowing access to be either contention-based (implying an inherent risk of collision) or contention-free. A UE initiates a contention-based random access procedure for all use-cases including the initial access. In this procedure, a RACH preamble signature is randomly chosen by the UE, with the result that it is possible for more than one UE simultaneously to transmit the same signature, leading to a need for a subsequent contention resolution process. For the use-cases such as handover, the eNB has the option of preventing contention occurring by allocating a dedicated signature to a UE, resulting in contention-free access (namely, dedicated random access). This is faster than contention-based access - a factor which is particularly important for the case of handover, which is time-critical. These two procedures are outlined in Figure 11.

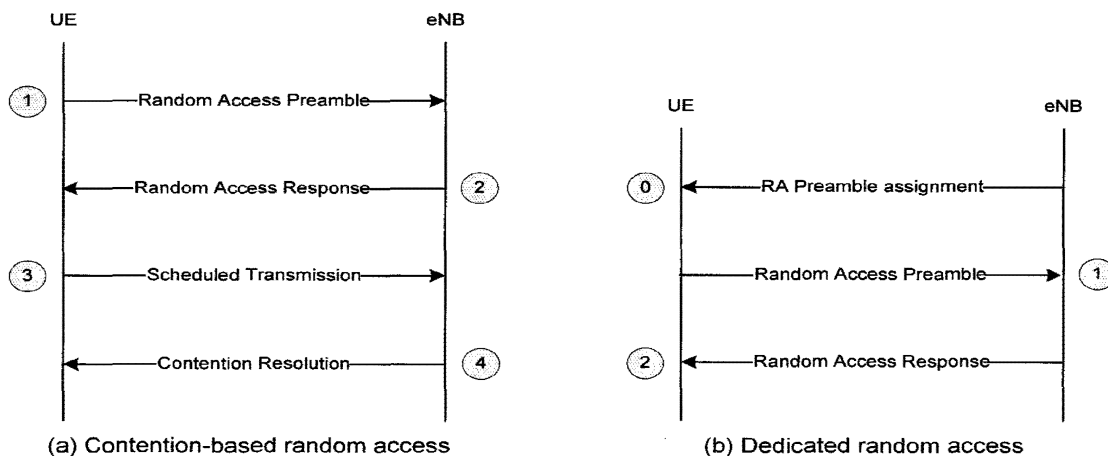


Figure 11. Random access procedures of 3GPP LTE Release-8 system

The four steps of the contention-based random access procedure are provided as below:

- Step 1: RACH preamble transmission (from UE to eNB in UL)
- Step 2: Random access response (from eNB to UE in DL)

- Step 3: Layer 2 / Layer 3 message (from UE to eNB in UL)
- Step 4: Contention resolution message (from eNB to UE in DL)

On the other hand, the dedicated random access procedure consists of the following three steps:

- Step 0: RACH preamble assignment via dedicated signalling (from eNB to UE in DL)
- Step 1: RACH preamble transmission (from UE to eNB in UL)
- Step 2: Random access response (from eNB to UE in DL)

The Random Access Response (RAR) is sent by the eNodeB on the Physical Downlink Shared CHannel (PDSCH), and addressed with an ID, the Random Access Radio Network Temporary Identifier (RA-RNTI), identifying the time-frequency slot in which the preamble was detected. If multiple UEs had collided by selecting the same signature in the same preamble time-frequency resource, they would each receive the RAR. The RAR conveys the identity of the detected preamble, a timing alignment instruction (i.e. TA: Timing Advance) to synchronize subsequent uplink transmissions from the UE, an initial uplink resource grant for transmission of the Step 3 message, and an assignment of a Temporary Cell Radio Network Temporary Identifier (C-RNTI) (which may or may not be made permanent as a result of the next step – contention resolution).

(1) Transmission timing adjustments

Upon reception of a timing advance command, the UE shall adjust its uplink transmission timing for PUCCH/PUSCH/SRS of the primary cell. The timing advance command indicates the change of the uplink timing relative to the current uplink timing as multiples of $16 T_s$. The start timing of the random access preamble is specified in [1]. The UL transmission timing for PUSCH/SRS of a secondary cell is the same as the primary cell.

In case of random access response, 11-bit timing advance command, T_A , indicates N_{TA} values by index values of $T_A = 0, 1, 2, \dots, 1282$, where an amount of the time alignment is given by $N_{TA} = T_A \times 16$. N_{TA} is defined in [1].

In other cases, 6-bit timing advance command, T_A , indicates adjustment of the current N_{TA} value, $N_{TA,old}$, to the new N_{TA} value, $N_{TA,new}$, by index values of $T_A = 0, 1, 2, \dots, 63$, where $N_{TA,new} = N_{TA,old} + (T_A - 31) \times 16$. Here, adjustment of N_{TA} value by a positive or a negative amount indicates advancing or delaying the uplink transmission timing by a given amount respectively.

For a timing advance command received on subframe n , the corresponding adjustment of the timing shall apply from the beginning of subframe $n+6$. When the UE's uplink PUCCH/PUSCH/SRS transmissions in subframe n and subframe $n+1$ are overlapped due to the timing adjustment, the UE shall transmit complete subframe n and not transmit the overlapped part of subframe $n+1$.

If the received downlink timing changes and is not compensated or is only partly compensated by the uplink timing adjustment without timing advance command, the UE changes N_{TA} accordingly.

(2) Random Access Response Grant

The higher layers indicate the 20-bit UL Grant to the physical layer. This is referred to the Random Access Response Grant in the physical layer. The content of these 20 bits starting with the MSB and ending with the LSB are as follows:

- Hopping flag – 1 bit
- Fixed size resource block assignment – 10 bits
- Truncated modulation and coding scheme – 4 bits
- TPC command for scheduled PUSCH – 3 bits
- UL delay – 1 bit
- CSI request – 1 bit

The UE shall use the single-antenna port uplink transmission scheme for the PUSCH transmission corresponding to the Random Access Response Grant and the PUSCH retransmission for the same transport block.

The UE shall perform PUSCH frequency hopping if the single bit frequency hopping (FH) field in a corresponding Random Access Response Grant is set as 1 and the uplink resource block assignment is type 0, otherwise no PUSCH frequency hopping is performed. When the hopping flag is set, the UE shall perform PUSCH hopping as indicated via the fixed size resource block assignment detailed below.

The fixed size resource block assignment field is interpreted as follows:

if $N_{RB}^{UL} \leq 44$

Truncate the fixed size resource block assignment to its b least significant bits, where $b = \lceil \log_2(N_{RB}^{UL} \cdot (N_{RB}^{UL} + 1) / 2) \rceil$, and interpret the truncated resource block assignment according to the rules for a regular DCI format 0

else

Insert b most significant bits with value set to '0' after the N_{UL_hop} hopping bits in the fixed size resource block assignment, where the number of hopping bits N_{UL_hop} is zero when the hopping flag bit is not set to 1 when the hopping flag bit is set to 1, and $b = \left(\lceil \log_2(N_{RB}^{UL} \cdot (N_{RB}^{UL} + 1) / 2) \rceil - 10 \right)$, and interpret the expanded resource block assignment according to the rules for a regular DCI format 0

end if

The truncated modulation and coding scheme field is interpreted such that the modulation and coding scheme corresponding to the Random Access Response grant is determined from MCS indices 0 through 15 defined for PUSCH transmission in [3]. The TPC command δ_{msg2} shall be used for setting the power of the PUSCH, and is interpreted according to Table 14.

Table 14: TPC Command δ_{msg2} for Scheduled PUSCH

TPC Command	Value (in dB)
0	-6
1	-4
2	-2
3	0
4	2
5	4
6	6
7	8

In non-contention based random access procedure, the CSI request field is interpreted to determine whether an aperiodic CQI, PMI, and RI report is included in the corresponding PUSCH transmission. In contention based random access procedure, the CSI request field is reserved. The UL delay applies for both TDD and FDD and this field can be set to 0 or 1 to indicate whether the delay of PUSCH is introduced.

(3) DCI format 1A

DCI format 1A is used for the compact scheduling of one PDSCH codeword in one cell and random access procedure initiated by a PDCCH order. The following information is transmitted by means of the DCI format 1A:

- Carrier indicator – 0 or 3 bits. This field is present according to the definitions in [3].
- Flag for format0/1A differentiation – 1 bit, where value 0 indicates format 0 and value 1 indicates format 1A
- Format 1A is used for random access procedure initiated by a PDCCH order only if format 1A CRC is scrambled with C-RNTI and all the remaining fields are set as follows:
 - Localized/Distributed VRB assignment flag – 1 bit is set to '0'
 - Resource block assignment – $\lceil \log_2(N_{RB}^{DL}(N_{RB}^{DL} + 1)/2) \rceil$ bits, where all bits shall be set to 1
 - Preamble Index – 6 bits
 - PRACH Mask Index – 4 bits
 - All the remaining bits in format 1A for compact scheduling assignment of one PDSCH codeword are set to zero

Otherwise,

- Localized/Distributed VRB assignment flag – 1 bit as defined in [3]
- Resource block assignment – $\lceil \log_2(N_{RB}^{DL}(N_{RB}^{DL} + 1)/2) \rceil$ bits as defined in [3]:
 - For localized VRB:
 - $\lceil \log_2(N_{RB}^{DL}(N_{RB}^{DL} + 1)/2) \rceil$ bits provide the resource allocation
 - For distributed VRB:
 - If $N_{RB}^{DL} < 50$ or if the format 1A CRC is scrambled by RA-RNTI, P-RNTI, or SI-RNTI
 - $\lceil \log_2(N_{RB}^{DL}(N_{RB}^{DL} + 1)/2) \rceil$ bits provide the resource allocation
 - Else

Section 1

- 1 bit, the MSB indicates the gap value, where value 0 indicates $N_{\text{gap}} = N_{\text{gap},1}$ and value 1 indicates $N_{\text{gap}} = N_{\text{gap},2}$
- $\left(\left\lceil \log_2(N_{\text{RB}}^{\text{DL}}(N_{\text{RB}}^{\text{DL}} + 1)/2) \right\rceil - 1\right)$ bits provide the resource allocation, where N_{gap} is defined in [1].
- Modulation and coding scheme – 5bits as defined in [3]
- HARQ process number – 3 bits (FDD) , 4 bits (TDD)
- New data indicator – 1 bit
 - If the format 1A CRC is scrambled by RA-RNTI, P-RNTI, or SI-RNTI:
 - If $N_{\text{RB}}^{\text{DL}} \geq 50$ and Localized/Distributed VRB assignment flag is set to 1
 - the new data indicator bit indicates the gap value, where value 0 indicates $N_{\text{gap}} = N_{\text{gap},1}$ and value 1 indicates $N_{\text{gap}} = N_{\text{gap},2}$.
 - Else the new data indicator bit is reserved.
 - Else
 - The new data indicator bit
- Redundancy version – 2 bits
- TPC command for PUCCH – 2 bits as defined in [3]
 - If the format 1A CRC is scrambled by RA-RNTI, P-RNTI, or SI-RNTI:
 - The most significant bit of the TPC command is reserved.
 - The least significant bit of the TPC command indicates column $N_{\text{PRB}}^{\text{1A}}$ of the TBS table defined of [3].
 - If least significant bit is 0 then $N_{\text{PRB}}^{\text{1A}} = 2$ else $N_{\text{PRB}}^{\text{1A}} = 3$.
 - Else
 - The two bits including the most significant bit indicates the TPC command
- Downlink Assignment Index (this field is present in TDD for all the uplink –downlink configurations and only applies to TDD operation with uplink –downlink configuration 1-6. This field is not present in FDD) – 2 bits
- SRS request – 0 or 1 bit. This field can only be present in DCI formats scheduling PDSCH which are mapped onto the UE specific search space given by the C-RNTI as defined in [3]. The interpretation of this field is provided in [3]

If the number of information bits in format 1A mapped onto a given search space is less than that of format 0 for scheduling the same serving cell and mapped onto the same search space, zeros shall be appended to format 1A until the payload size equals that of format 0. If the number of information bits in format 1A belongs to one of the sizes in Table 15, one zero bit shall be appended to format 1A.

Table 15: Ambiguous Sizes of Information Bits.

{12, 14, 16, 20, 24, 26, 32, 40, 44, 56}
--

When the format 1A CRC is scrambled with a RA-RNTI, P-RNTI, or SI-RNTI then the following fields among the fields above are reserved:

- HARQ process number
- Downlink Assignment Index (used for TDD only and is not present in FDD)

2-13. PHICH resource configuration in LTE

The PHICH carries the hybrid-ARQ ACK/NACK. Multiple PHICHs mapped to the same set of resource elements constitute a PHICH group, where PHICHs within the same PHICH group are separated through different orthogonal sequences. A PHICH resource is identified by the index pair $(n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}, n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}})$, where $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ is the PHICH group number and $n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}}$ is the orthogonal sequence index within the group.

For frame structure type 1, the number of PHICH groups $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ is constant in all subframes and is given by

$$N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} = \begin{cases} \left\lceil N_g \left(N_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 8 \right) \right\rceil & \text{for normal cyclic prefix} \\ 2 \cdot \left\lceil N_g \left(N_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 8 \right) \right\rceil & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

where $N_g \in \{1/6, 1/2, 1, 2\}$ is provided by higher layers. The index $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ ranges from 0 to $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 1$.

For frame structure type 2, the number of PHICH groups may vary between downlink subframes and is given by $m_i \cdot N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ where m_i is given by Table 6.9-1 and $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ by the expression above. The index $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ in a downlink subframe with non-zero PHICH resources ranges from 0 to $m_i \cdot N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 1$.

Table 6.9-1: The factor m_i for frame structure type 2

Uplink-downlink configuration	Subframe number i									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2	1	-	-	-	2	1	-	-	-
1	0	1	-	-	1	0	1	-	-	1
2	0	0	-	1	0	0	0	-	1	0
3	1	0	-	-	-	0	0	0	1	1
4	0	0	-	-	0	0	0	0	1	1
5	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0
6	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1

2-14. HARQ timing for CA between TDD and FDD

TDD PCell과 FDD SCell이 CA (carrier aggregation)될 때에 FDD cell을 통해 전송되는 PDSCH에 대하여 UL

Section 1

로 전송되는 ACK/NACK 타이밍에 기존 FDD cell에 정의된 PDCCH/PDSCH-to-ACK/NACK 타이밍 (e.g. 4 ms)을 그대로 적용하여 ACK/NACK을 TDD PCell의 UL 서브프레임을 통해 전송하게 되면, ACK/NACK 전송 타이밍에서 TDD PCell이 DL 서브프레임으로 정의되어 있을 경우 ACK/NACK을 전송할 수 없게 된다. 따라서, FDD cell에서 더 많은 DL 서브프레임에 대하여 ACK/NACK 전송을 제공하기 위하여 기존 FDD cell에 정의된 PDCCH/PDSCH-to-ACK/NACK 타이밍이 아닌 새로운 DL HARQ 타이밍을 적용할 수 있다. 마찬가지로 UL HARQ 타이밍도 새로운 HARQ 타이밍을 적용할 수 있다. 아래에 현재 LTE 시스템에서 논의 중인 가능한 HARQ 타이밍들을 정리한다.

- 1) DL HARQ timing (PDSCH to HARQ-ACK timing) for TDD SCell in case of FDD PCell
 - A. Self-scheduling case: follow DL HARQ timing of FDD PCell
 - B. Cross-carrier scheduling case: follow DL HARQ timing of FDD PCell
- 2) UL HARQ timing (UL grant DCI to PUSCH, PUSCH to PHICH) for TDD SCell in case of FDD PCell
 - A. Self-scheduling case: follow UL HARQ timing of TDD scheduled cell timing
 - B. Cross-carrier scheduling case
 - i. Option UL-A1:
 1. For FDD scheduling cell case, follow TDD scheduled cell timing
 2. For TDD scheduling cell case, reference U/D configuration for UL timing is derived by scheduling and scheduled cells U/D configuration following Rel-11 LTE rule.
 - ii. Option UL-B1
 1. For FDD scheduling cell case, 4ms for UL grant to PUSCH, 6ms for PUSCH to PHICH
 2. For TDD scheduling cell case, reference U/D configuration for UL timing is derived by scheduling and scheduled cells U/D configuration following Rel-11 LTE rule.
- 3) DL HARQ timing (PDSCH to HARQ-ACK timing) for FDD SCell in case of TDD PCell
 - A. Self-scheduling case
 - i. Option 1: for each TDD PCell U/D configuration, follow TDD PCell timing + additional new timings for the DL subframes for which DL HARQ timing is not defined in TDD PCell timing (or new timings for each TDD PCell U/D configuration to address more DL subframes than defined in TDD PCell)
 - ii. Option 2: Follow reference U/D configuration defined (or configured) for the FDD SCell. (Configurable) reference U/D configuration depends on the TDD PCell's U/D configuration. (new timing can be added to the reference U/D configuration to support more DL subframes with HARQ-ACK feedback)
 - B. Cross-carrier scheduling case: same options (option 1 and option 2) as in self-scheduling case, or else, only follow TDD PCell timing
- 4) UL HARQ timing (UL grant DCI to PUSCH, PUSCH to PHICH) for FDD SCell in case of TDD PCell
 - A. Self-scheduling case: follow FDD scheduled cell timing
 - B. Cross-carrier scheduling case

Section 1

- i. Option UL-A2:
 1. For TDD scheduling cell case, follow scheduling cell timing
 2. For FDD scheduling cell case, follow FDD timing
- ii. Option UL-B2:
 1. For TDD scheduling cell case, 4ms for UL grant to PUSCH, 6ms for PUSCH to PHICH
 2. For FDD scheduling cell case, follow FDD timing

상기 DL HARQ timing option 1에서 적용 가능한 HARQ timing (e.g. DL association set index)의 예는 다음 Table A와 같다. 아래 테이블에서 UL-DL conf.는 TDD PCell의 U/D configuration, HARQ timing은 해당 TDD PCell U/D configuration에 대하여 option 1으로 구성되는 HARQ timing의 종류/인덱스, DL association set index 칸의 []는 해당 TDD PCell U/D configuration에 대하여 새로 생성되는 DL association set index를 의미한다. 그리고, 상기 DL HARQ option 2에서 FDD SCell에 적용 가능한 reference U/D configuration의 예를 아래 Table B-1, B-2, B-3에 제시한다.

Table A.

UL-DL Conf.	HARQ timing	Subframe <i>n</i>									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0A	-	-	6, [5]	[5], [4]	4	-	-	6, [5]	[5], [4]	4
0	0B	-	-	6, [5], [4]	[5], 4	-	-	-	6, [5], [4]	[5], [4]	[5], 4
1	1	-	-	7, 6, [5]	[5], 4	-	-	-	7, 6, [5]	[5], 4	-
1	1*	-	-	7, 6	[6], [5], 4	-	-	-	7, 6	[6], [5], 4	-
2	2	-	-	8, 7, 6, [5], 4	-	-	-	-	8, 7, 6, [5], 4	-	-
3	3	-	-	11, [10], [9], [8], 7, 6	6, 5	5, 4	-	-	-	-	-
3	3a	-	-	11, [10], 7, 6	[10], 6, 5	[10], 5, 4	-	-	-	-	-
4	4	-	-	12, 11, [10], [9], 8, 7	7, 6, 5, 4	-	-	-	-	-	-
4	4a	-	-	12, 11, [10], 8, 7	[10], 7, 6, 5, 4	-	-	-	-	-	-
5	5	-	-	13, 12, 11, [10], 9, 8, 7, 6, 5, 4	-	-	-	-	-	-	-
6	6	-	-	[8], 7	7, [6]	[6], 5	-	-	7	7, [6], [5]	-
6	6*	-	-	7	7, [6], [5]	5	-	-	7, [6], [5], [4]	7	-

Table B-1.

TDD PCell U/D configuration	Allowed reference configuration for FDD SCell
0	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}
1	{1, 2, 4, 5}

2	{2, 5}
3	{3, 4, 5}
4	{4, 5}
5	{5}
6	{1, 2, 3, 4, 5, 6}

Table B-2.

TDD PCell U/D configuration	Allowed reference configuration for FDD SCell
0	{2, 4, 5}
1	{2, 4, 5}
2	{2, 5}
3	{4, 5}
4	{4, 5}
5	{5}
6	{2, 4, 5}

Table B-3.

TDD PCell U/D configuration	Allowed reference configuration for FDD SCell (2 aggregated cells)	Allowed reference configuration for FDD SCell (more than 2 aggregated cells)
0	5	2
1	5	2
2	5	2
3	5	4
4	5	4
5	5	Not applicable
6	5	2

2-15. FDD HARQ-ACK feedback procedures

For FDD and for a UE transmitting HARQ-ACK using PUCCH format 1b with channel selection or PUCCH format 3, the UE shall determine the number of HARQ-ACK bits, O , based on the number of configured serving cells and the downlink transmission modes configured for each serving cell. The UE shall use two HARQ-ACK bits for a serving cell configured with a downlink transmission mode that support up to two transport blocks; and one HARQ-ACK bit otherwise.

Section 1

A UE that supports aggregating at most 2 serving cells with frame structure type 1 shall use PUCCH format 1b with channel selection for transmission of HARQ-ACK when configured with more than one serving cell with frame structure type 1.

A UE that supports aggregating more than 2 serving cells with frame structure type 1 is configured by higher layers to use either PUCCH format 1b with channel selection or PUCCH format 3 for transmission of HARQ-ACK when configured with more than one serving cell with frame structure type 1.

The FDD HARQ-ACK feedback procedure for one configured serving cell is given in section 10.1.2.1 and procedures for more than one configured serving cell are given in section 10.1.2.2.

2-15-1. FDD HARQ-ACK procedure for one configured serving cell

HARQ-ACK transmission on two antenna ports ($p \in [p_0, p_1]$) is supported for PUCCH format 1a/1b.

For FDD and one configured serving cell, the UE shall use PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p})}$ for transmission of HARQ-ACK in subframe n for $\tilde{p}$ mapped to antenna port p for PUCCH format 1a/1b [3], where

- for a PDSCH transmission indicated by the detection of a corresponding PDCCH in subframe $n-4$, or for a PDCCH indicating downlink SPS release (defined in section 9.2) in subframe $n-4$, the UE shall use $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_0)} = n_{\text{CCE}} + N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ for antenna port p_0 , where n_{CCE} is the number of the first CCE (i.e. lowest CCE index used to construct the PDCCH) used for transmission of the corresponding DCI assignment and $N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ is configured by higher layers. For two antenna port transmission the PUCCH resource for antenna port p_1 is given by $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_1)} = n_{\text{CCE}} + 1 + N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$.
- for a PDSCH transmission on the primary cell where there is not a corresponding PDCCH detected in subframe $n-4$, the value of $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p})}$ is determined according to higher layer configuration and Table 9.2-2. For a UE configured for two antenna port transmission, a PUCCH resource value in Table 9.2-2 maps to two PUCCH resources with the first PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_0)}$ for antenna port p_0 and the second PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_1)}$ for antenna port p_1 , otherwise, the PUCCH resource value maps to a single PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_0)}$ for antenna port p_0 .

2-15-2. FDD HARQ-ACK procedures for more than one configured serving cell

The FDD HARQ-ACK feedback procedures for more than one configured serving cell are either based on a PUCCH format 1b with channel selection HARQ-ACK procedure as described in section 10.1.2.2.1 or a PUCCH format 3 HARQ-ACK procedure as described in section 10.1.2.2.2.

HARQ-ACK transmission on two antenna ports ($p \in [p_0, p_1]$) is supported for PUCCH format 3.

(1) PUCCH format 1b with channel selection HARQ-ACK procedure

For FDD with two configured serving cells and PUCCH format 1b with channel selection, the UE shall transmit $b(0)b(1)$ on PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ selected from A PUCCH resources, $n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}$ where $0 \leq j \leq A-1$ and $A \in \{2,3,4\}$, according to Table 10.1.2.2.1-3, Table 10.1.2.2.1-4, Table 10.1.2.2.1-5 in subframe n using

Section 1

PUCCH format 1b. HARQ-ACK(j) denotes the ACK/NACK/DTX response for a transport block or SPS release PDCCH associated with serving cell c , where the transport block and serving cell for HARQ-ACK(j) and A PUCCH resources are given by Table 10.1.2.2.1-1.

A UE configured with a transmission mode that supports up to two transport blocks on serving cell, c , shall use the same HARQ-ACK response for both the transport blocks in response to a PDSCH transmission with a single transport block or a PDCCH indicating downlink SPS release associated with the serving cell c .

Table 10.1.2.2.1-1: Mapping of Transport Block and Serving Cell to HARQ-ACK(j) for PUCCH format 1b HARQ-ACK channel selection

A	HARQ-ACK(j)			
	HARQ-ACK(0)	HARQ-ACK(1)	HARQ-ACK(2)	HARQ-ACK(3)
2	TB1 Primary cell	TB1 Secondary cell	NA	NA
3	TB1 Serving cell1	TB2 Serving cell1	TB1 Serving cell2	NA
4	TB1 Primary cell	TB2 Primary cell	TB1 Secondary cell	TB2 Secondary cell

The UE shall determine the A PUCCH resources, $n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}$ associated with HARQ-ACK(j) where $0 \leq j \leq A-1$ in

Table 10.1.2.2.1-1, according to

- for a PDSCH transmission indicated by the detection of a corresponding PDCCH in subframe $n-4$ on the primary cell, or for a PDCCH indicating downlink SPS release (defined in section 9.2) in subframe $n-4$ on the primary cell, the PUCCH resource is $n_{\text{PUCCH},j}^{(1)} = n_{\text{CCE}} + N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$, and for transmission mode that supports up to two transport blocks, the PUCCH resource $n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)}$ is given by $n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)} = n_{\text{CCE}} + 1 + N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ where n_{CCE} is the number of the first CCE used for transmission of the corresponding PDCCH and $N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ is configured by higher layers.
- for a PDSCH transmission on the primary cell where there is not a corresponding PDCCH detected in subframe $n-4$, the value of $n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}$ is determined according to higher layer configuration and Table 9.2-2. For transmission mode that supports up to two transport blocks, the PUCCH resource $n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)}$ is given by $n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)} = n_{\text{PUCCH},j}^{(1)} + 1$
- for a PDSCH transmission indicated by the detection of a corresponding PDCCH in subframe $n-4$ on the secondary cell, the value of $n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}$, and the value of $n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)}$ for the transmission mode that supports up to two transport blocks is determined according to higher layer configuration and Table 10.1.2.2.1-2. The TPC field in the DCI format of the corresponding PDCCH shall be used to determine the PUCCH resource values from one of the four resource values configured by higher layers, with the mapping defined in Table 10.1.2.2.1-2. For a UE configured for a transmission mode that supports up to two transport blocks a PUCCH resource value in Table 10.1.2.2.1-2 maps to two PUCCH resources ($n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}, n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)}$), otherwise, the PUCCH resource value maps to a single PUCCH resource $n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}$.

Table 10.1.2.2.1-2: PUCCH Resource Value for HARQ-ACK Resource for PUCCH

Value of 'TPC command for PUCCH'	$n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}$ or $(n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}, n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)})$
'00'	The 1 st PUCCH resource value configured by the higher layers
'01'	The 2 nd PUCCH resource value configured by the higher layers
'10'	The 3 rd PUCCH resource value configured by the higher layers
'11'	The 4 th PUCCH resource value configured by the higher layers
Note: $(n_{\text{PUCCH},j}^{(1)}, n_{\text{PUCCH},j+1}^{(1)})$ are determined from the first and second PUCCH resource lists configured by $n1\text{PUCCH-AN-CS-List-r10}$ in [11], respectively.	

Table 10.1.2.2.1-3: Transmission of Format 1b HARQ-ACK channel selection for $A = 2$

HARQ-ACK(0)	HARQ-ACK(1)	$n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$	$b(0)b(1)$
ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1,1
ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1,1
NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	0,0
NACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,0
DTX	NACK/DTX	No Transmission	

Table 10.1.2.2.1-4: Transmission of Format 1b HARQ-ACK channel selection for $A = 3$

HARQ-ACK(0)	HARQ-ACK(1)	HARQ-ACK(2)	$n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$	$b(0)b(1)$
ACK	ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1,1
ACK	NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1,0
NACK/DTX	ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	0,1
NACK/DTX	NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	1,1
ACK	ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1,1
ACK	NACK/DTX	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1,0
NACK/DTX	ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,1
NACK/DTX	NACK/DTX	NACK	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	0,0
NACK	NACK/DTX	DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,0
NACK/DTX	NACK	DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,0
DTX	DTX	DTX	No Transmission	

Table 10.1.2.2.1-5: Transmission of Format 1b HARQ-ACK channel selection for $A = 4$

HARQ-ACK(0)	HARQ-ACK(1)	HARQ-ACK(2)	HARQ-ACK(3)	$n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$	$b(0)b(1)$
ACK	ACK	ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1,1
ACK	NACK/DTX	ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	0,1
NACK/DTX	ACK	ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	0,1
NACK/DTX	NACK/DTX	ACK	ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	1,1
ACK	ACK	ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	1,0
ACK	NACK/DTX	ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	0,0
NACK/DTX	ACK	ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},1}^{(1)}$	0,0
NACK/DTX	NACK/DTX	ACK	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	1,0
ACK	ACK	NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	1,1
ACK	NACK/DTX	NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},2}^{(1)}$	1,0
NACK/DTX	ACK	NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	0,1
NACK/DTX	NACK/DTX	NACK/DTX	ACK	$n_{\text{PUCCH},3}^{(1)}$	0,0
ACK	ACK	NACK/DTX	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1,1
ACK	NACK/DTX	NACK/DTX	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	1,0
NACK/DTX	ACK	NACK/DTX	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,1
NACK/DTX	NACK	NACK/DTX	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,0
NACK	NACK/DTX	NACK/DTX	NACK/DTX	$n_{\text{PUCCH},0}^{(1)}$	0,0
DTX	DTX	NACK/DTX	NACK/DTX	No Transmission	

(2) PUCCH format 3 HARQ-ACK procedure

For FDD with PUCCH format 3, the UE shall use PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p})}$ or $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p})}$ for transmission of HARQ-ACK in subframe n for $\tilde{p}$ mapped to antenna port p where

- for a PDSCH transmission only on the primary cell indicated by the detection of a corresponding PDCCH in subframe $n-4$, or for a PDCCH indicating downlink SPS release (defined in section 9.2) in subframe $n-4$ on the primary cell, the UE shall use PUCCH format 1a/1b and PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p})}$ with $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_0)} = n_{\text{CCE}} + N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ for antenna port p_0 , where n_{CCE} is the number of the first CCE (i.e. lowest CCE index used to construct the PDCCH) used for transmission of the corresponding PDCCH and $N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ is configured by higher layers. When two antenna port transmission is configured for PUCCH format 1a/1b, the PUCCH resource for antenna port p_1 is given by $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_1)} = n_{\text{CCE}} + 1 + N_{\text{PUCCH}}^{(1)}$.
- for a PDSCH transmission only on the primary cell where there is not a corresponding PDCCH detected in subframe $n-4$, the UE shall use PUCCH format 1a/1b and PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p})}$ where the value of $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p})}$ is determined according to higher layer configuration and Table 9.2-2. For a UE configured for two antenna port transmission for PUCCH format 1a/1b, a PUCCH resource value in Table 9.2-2 maps to two PUCCH resources with

Section 1

the first PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_0)}$ for antenna port p_0 and the second PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_1)}$ for antenna port p_1 , otherwise, the PUCCH resource value maps to a single PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(1,\tilde{p}_0)}$ for antenna port p_0 .

- for a PDSCH transmission on the secondary cell indicated by the detection of a corresponding PDCCH in subframe $n-4$, the UE shall use PUCCH format 3 and PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p})}$ where the value of $n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p})}$ is determined according to higher layer configuration and Table 10.1.2.2.2-1. The TPC field in the DCI format of the corresponding PDCCH shall be used to determine the PUCCH resource values from one of the four resource values configured by higher layers, with the mapping defined in Table 10.1.2.2.2-1. For a UE configured for two antenna port transmission for PUCCH format 3, a PUCCH resource value in Table 10.1.2.2.2-1 maps to two PUCCH resources with the first PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p}_0)}$ for antenna port p_0 and the second PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p}_1)}$ for antenna port p_1 , otherwise, the PUCCH resource value maps to a single PUCCH resource $n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p}_0)}$ for antenna port p_0 . A UE shall assume that the same HARQ-ACK PUCCH resource value is transmitted in each DCI format of the corresponding secondary cell PDCCH assignments in a given subframe.

Table 10.1.2.2.2-1: PUCCH Resource Value for HARQ-ACK Resource for PUCCH

Value of 'TPC command for PUCCH'	$n_{\text{PUCCH}}^{(3,\tilde{p})}$
'00'	The 1 st PUCCH resource value configured by the higher layers
'01'	The 2 nd PUCCH resource value configured by the higher layers
'10'	The 3 rd PUCCH resource value configured by the higher layers
'11'	The 4 th PUCCH resource value configured by the higher layers

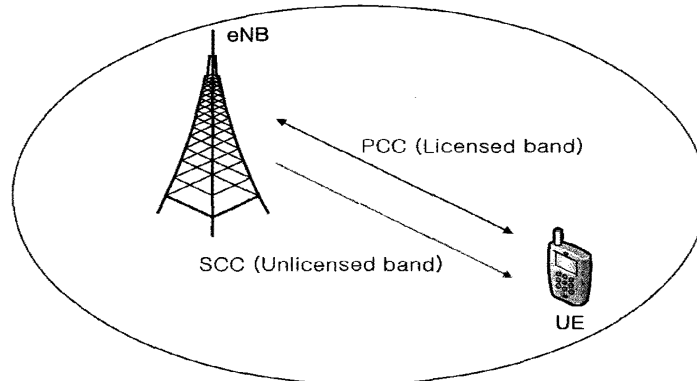
2-16. LTE in unlicensed band (LTE-U)

더욱 많은 통신 기기들이 더욱 큰 통신 용량을 요구하게 됨에 따라서 차기 무선 통신 시스템에서 제한된 주파수 대역의 효율적 활용은 점점 더 중요한 요구가 되고 있다. LTE 시스템과 같은 셀룰라 통신 시스템도 기존의 WiFi 시스템이 사용하는 2.4GHz 대역과 같은 unlicensed 대역이나 새로 주목 받고 있는 5GHz 대역과 같은 unlicensed 대역을 트래픽 오프로딩에 활용하는 방안을 검토 중이다. 기본적으로 unlicensed 대역은 각 통신 노드 간의 경쟁을 통해 무선 송수신을 하는 방식을 가정하므로 각 통신 노드가 신호를 전송하기 전에 channel sensing을 수행하여 다른 통신 노드가 신호 전송을 하지 않음을 확인할 것을 요구하고 있다. 이를 CCA (clear channel assessment)라고 부르며, LTE 시스템의 eNB나 UE도 unlicensed 대역(편의상 LTE-U 대역으로 칭함)에서의 신호 전송을 위해서는 CCA를 수행해야 할 수 있다. 또한 LTE 시스템의 eNB나 UE가 신호를 전송할 때에 WiFi 등 다른 통신 노드들도 CCA를 수행하여 간섭을 일으키지 않아야 한다. 예를 들어서 WiFi 표준(801.11ac)에서 CCA threshold는 non-WiFi 신호에 대하여 -62dBm, WiFi 신호에 대하여 -82dBm으로 규정되어 있으며, 이는 STA이나 AP는, 예를 들어서, WiFi 이외의 신호가 -62dBm 이상의 전력으로 수신되면 간섭을 일으키지 않도록 신호 전송을 하지 않음을 의미한다. 특징적으로 WiFi 시스템에서 STA나 AP는 4us 이상 동안 CCA threshold 이상의 신호를 검출하지 않으면 CCA를 수행하고 신호 전송을 수행할 수 있다.

Section 1

본 특허에서 기술하는 기지국의 명칭은 remote radio head(RRH), eNB, transmission point (TP), reception point (RP), 중계기(relay) 등을 포함하는 포괄적인 용어로 사용된다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 3GPP LTE 시스템을 기반으로 제안 방식을 설명한다. 하지만, 제안 방식이 적용되는 시스템의 범위는 3GPP LTE 시스템 외에 다른 시스템(e.g., UTRA 등)으로도 확장 가능하다.

본 발명에서는 특정 시스템의 독점적인 사용이 보장되지 않는 비 면허 대역(Unlicensed band)의 경우와 같이 가용 자원 구간이 비주기적 혹은 불연속적으로 확보/구성되는 cell/carrier에서의 자원 구간 설정 방법 및 수행되는 UE 동작을 제안한다. 일 예로 <도 1>과 같이 면허 대역(licensed band)인 LTE-A Band와 비 면허 대역(Unlicensed band; 이하에서는 편의상 "LTE-U Band"로 칭하기로 함)의 반송파 집성 상황 하에서 eNB가 UE에게 신호를 송신하거나 UE가 eNB로 신호를 송신할 수 있다. 이하의 설명에서는 제안 방식에 대한 설명의 편의를 위해서, UE가 면허 대역과 비 면허 대역 각각에서 두 개의 요소 반송파 (component carrier, CC)를 통하여 무선 통신을 수행 하도록 설정된 상황을 가정하였다. 여기서, 일례로 면허 대역의 반송파는 주요소 반송파 (Primary CC; PCC 혹은 PCell로 부를 수 있음), 비 면허 대역의 반송파는 부요소 반송파(Secondary CC; SCC 혹은 SCell로 부를 수 있음)로 해석될 수 있다. 하지만, 본 발명의 제안 방식들은 다수 개의 면허 대역과 다수 개의 비 면허 대역들이 반송파 집성 기법으로 이용되는 상황에서도 확장 적용이 가능하며, 또한 비 면허 대역만으로 eNB와 UE 사이의 신호 송수신이 이루어지는 경우에도 적용 가능하다. 또한, 본 발명의 제안 방식들은 3GPP LTE 시스템뿐만 아니라 다른 특성의 시스템 상에서도 확장 적용이 가능하다.



<도 1>

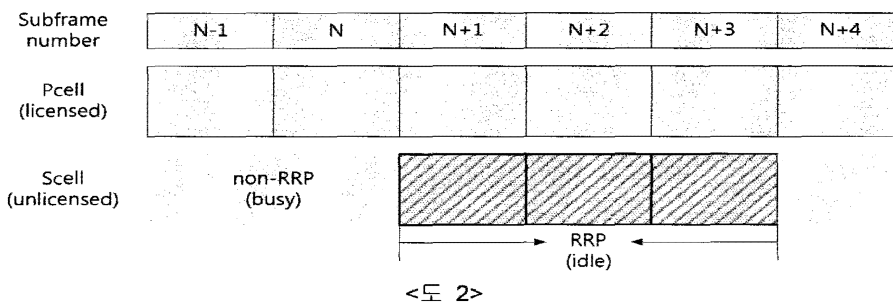
LTE-U band에서 기지국과 단말이 통신을 수행하기 위해서는, 우선 해당 대역이 unlicensed spectrum이므로 LTE와 무관한 다른 통신(e.g., WiFi) 시스템과의 경쟁을 통해서 해당 대역을 특정 시간 구간동안 점유/확보할 수 있어야 한다 (이하에서는 편의상, LTE-U band에서의 통신을 위해 점유/확보된 시간 구간을 reserved resource period (RRP) 구간으로 칭함). 이러한 RRP 구간을 확보하기 위해서는 여러가지 방법이 존재할 수 있다. 대표적으로는 WiFi 등 다른 통신 시스템 device들이 해당 무선 채널이 busy하다고 인식할 수 있도록 특정 reservation signal을 전송하거나, RRP 구간 동안 특정 전력 레벨 이상의 신호가 끊임없이 전송되도록 RS 및 데이터 신호를 지속적으로 전송하는 방법이 가능하다. 이와 같이 기지국이 LTE-U band를 점유하고자 하는

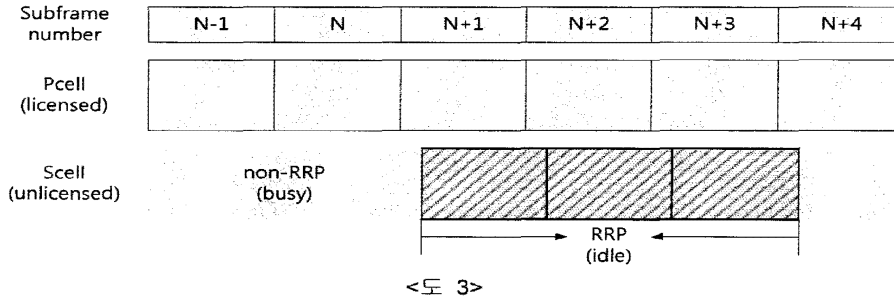
Section 1

RRP 시간 구간을 미리 결정하였다면, 단말한테 이를 미리 알려줌으로써 단말로 하여금 해당 indicated RRP 구간 동안 통신 송/수신 링크를 유지하고 있도록 할 수 있다. 단말에게 해당 RRP 시간 구간 정보를 알려주는 방식으로는 상기 반송파 집성 형태로 연결되어 있는 또 다른 CC (e.g., 상기 LTE-A band)를 통해서 해당 RRP 시간 구간 정보를 전달해주는 방식이 가능하다.

경쟁 기반의 임의 접속 방식으로 동작하는 비 면허 대역 동작의 또 다른 일 예로, eNB는 data 송수신 전에, 먼저 carrier sensing (CS)를 수행할 수 있다. SCell의 현재 채널 상태가 busy인지 idle인지를 체크하고 idle이라고 판단되면, eNB는 PCell의 (E)PDCCH를 통해 (i.e., cross carrier scheduling (CCS)) 혹은 SCell의 PDCCH를 통해 scheduling grant를 전송하고, 데이터 송수신을 시도할 수 있다. 이 때, 일 예로 M개의 연속된 subframe (SF)으로 구성된 RRP 구간을 설정할 수 있다. 여기서, M값 및 M개의 SF 용도를 사전에 eNB가 UE에게 higher layer signaling (using PCell)이나 physical control/data channel 을 통해 알려줄 수 있다. RRP 구간의 시작 지점은 higher layer signaling에 의해 주기적으로 (혹은 semi-static 하게) 설정되어 있을 수도 있다. 또는 RRP 시작 지점을 SF #n 으로 설정하고자 할 때, SF #n에서 혹은 SF #(n-k)에서 physical layer signaling을 통해 RRP 구간의 시작 지점이 지정될 수 있다.

한편, 이러한 RRP를 구성하는 subframe의 경우 <도 2>에서와 같이 subframe boundary 및 subframe number/index가 Pcell과 일치된 형태로 구성되거나 (이러한 경우를 "aligned-RRP"라 칭함), 혹은 <도 3>에서와 같이 subframe boundary 또는 subframe number/index가 Pcell과 일치되지 않은 형태까지 지원되도록 구성될 수 있다 (이러한 경우를 "floating-RRP"라 칭함). 본 발명에서 cell간 subframe boundary가 일치된다 함은, 서로 다른 2개 cell의 subframe boundary간 간격이 특정 시간 (예를 들어 CP length, 혹은 X usec where $X \geq 0$) 이하가 됨을 의미할 수 있다. 또한 본 발명에서 Pcell이라 함은, time (and/or frequency) synchronization 관점에서 U-band상의 cell (i.e. Ucell)의 subframe (and/or symbol) boundary를 결정하기 위해 참조하는 특정 cell (예를 들어, licensed band (i.e. L-band)상의 cell (i.e. Lcell) 등)을 의미할 수 있다.





2-17. New RAT for next generation system

더욱 많은 통신 기기들이 더욱 큰 통신 용량을 요구하게 됨에 따라 기존의 radio access technology에 비해 향상된 mobile broadband 통신에 대한 필요성이 대두되고 있다. 또한 다수의 기기 및 사물들을 연결하여 언제 어디서나 다양한 서비스를 제공하는 massive MTC (Machine Type Communications) 역시 차세대 통신에서 고려될 주요 이슈 중 하나이다. 뿐만 아니라 reliability 및 latency에 민감한 서비스/UE를 고려한 통신 시스템 디자인이 논의되고 있다. 이와 같이 enhanced mobile broadband communication, massive MTC, URLLC (Ultra-Reliable and Low Latency Communication) 등을 고려한 차세대 radio access technology의 도입이 논의되고 있으며, 본 발명에서는 편의상 해당 technology를 new RAT이라고 부른다.

[Self-contained subframe structure]

TDD 시스템에서 데이터 전송 latency를 최소화하기 위하여 5세대 new RAT에서는 그림 2-1과 같은 self-contained subframe structure를 고려하고 있다.

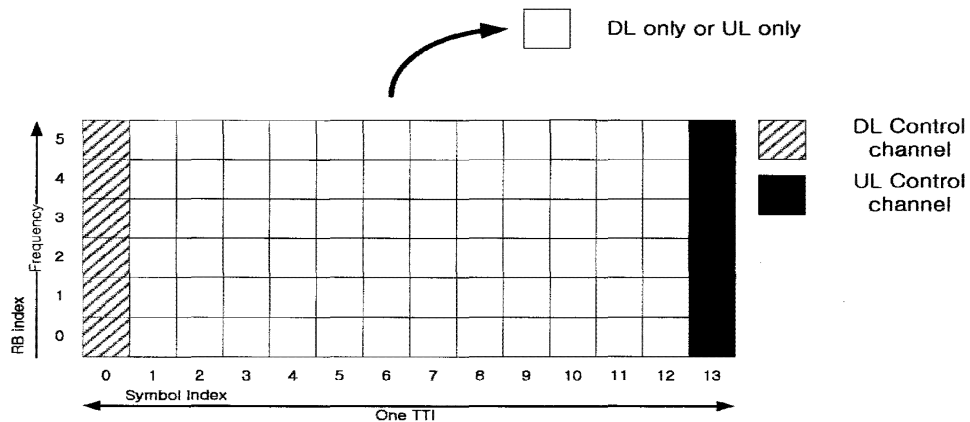


그림 A. Self-contained subframe structure

Section 1

그림 A에서 빗금친 영역은 downlink control 영역을 나타내고, 검정색 부분은 uplink control 영역을 나타낸다. 표시가 없는 영역은 downlink data 전송을 위해 사용될 수도 있고, uplink data 전송을 위해 사용될 수도 있다. 이러한 구조의 특징은 한 개의 subframe 내에서 DL 전송과 UL 전송의 순차적으로 진행되어, subframe 내에서 DL data를 보내고, UL ACK/NACK도 받을 수 있다. 결과적으로 데이터 전송 에러 발생시에 데이터 재전송까지 걸리는 시간을 줄이게 되며, 이로 인해 최종 데이터 전달의 latency를 최소화할 수 있다.

New RAT을 기반으로 동작하는 시스템에서 구성/설정 가능한 상기 self-contained subframe type의 일례로, 적어도 다음과 같은 4가지 subframe type을 고려할 수 있다 (아래는 subframe 내의 시간 순서상의 표현임).

- 1) DL control 구간 + DL data 구간 + GP + UL control 구간
- 2) DL control 구간 + DL data 구간
- 3) DL control 구간 + GP + UL data 구간 + UL control 구간
- 4) DL control 구간 + GP + UL data 구간

이러한 self-contained subframe 구조에서 기지국과 UE가 송신 모드에서 수신모드로 전환 과정 또는 수신 모드에서 송신모드로 전환 과정을 위한 time gap이 필요하다. 이를 위하여 subframe 구조에서 DL에서 UL로 전환되는 시점의 일부 OFDM symbol이 guard period (GP)로 설정될 수 있으며, 본 발명에서는 편의상 상기와 같은 subframe type을 self-contained SF이라고 부른다.

[Analog beamforming]

Millimeter Wave (mmW)에서는 파장이 짧아져서 동일 면적에 다수개의 안테나 설치가 가능해 진다. 즉 30GHz 대역에서 파장은 1cm로써 5 by 5 cm의 panel에 0.5 lambda(파장) 간격으로 2-dimension 배열 형태로 총 100개의 안테나 element 설치가 가능하다. 그러므로 mmW에서는 다수개의 안테나 element를 사용하여 beamforming(BF) 이득을 높여 커버리지를 증가시키거나, throughput을 높이려고 한다.

이 경우에 안테나 element 별로 전송 파워 및 위상 조절이 가능하도록 TXRU (transceiver unit)을 가지면 주파수 자원 별로 독립적인 beamforming이 가능하다. 그러나 100여개의 안테나 element 모두에 TXRU를 설치 하기에는 가격측면에서 실효성이 떨어지는 문제를 갖게 된다. 그러므로 하나의 TXRU에 다수개의 안테나 element를 mapping하고 analog phase shifter로 beam의 방향을 조절하는 방식이 고려되고 있다. 이러한 analog beamforming 방식은 전 대역에 있어서 하나의 beam 방향만을 만들 수 있어 주파수 선택적 beaming을 해줄 수 없는 단점을 갖는다.

Digital BF와 analog BF의 중간 형태로 Q개의 안테나 element보다 적은 개수인 B개의 TXRU를 갖는 hybrid BF를 고려할 수 있다. 이 경우에 B개의 TXRU와 Q개의 안테나 element의 연결 방식에 따라서 차이는 있지만, 동시에 전송할 수 있는 beam의 방향은 B개 이하로 제한되게 된다.

2-18. Resource Allocation for PDCCH with uplink DCI Format

Two resource allocation schemes Type 0 and Type 1 are supported for PDCCH with uplink DCI format.

Section 1

If the resource allocation type bit is not present in the uplink DCI format, only resource allocation type 0 is supported. If the resource allocation type bit is present in the uplink DCI format, the selected resource allocation type for a decoded PDCCH is indicated by a resource allocation type bit where type 0 is indicated by 0 value and type 1 is indicated otherwise. The UE shall interpret the resource allocation field depending on the resource allocation type bit in the uplink PDCCH DCI format detected.

8.1.1 Uplink Resource allocation type 0

The resource allocation information for uplink resource allocation type 0 indicates to a scheduled UE a set of contiguously allocated virtual resource block indices denoted by n_{VRB} . A resource allocation field in the scheduling grant consists of a resource indication value (RIV) corresponding to a starting resource block (RB_{START}) and a length in terms of contiguously allocated resource blocks ($L_{\text{CRBs}} \geq 1$). The resource indication value is defined by

$$\begin{aligned} &\text{if } (L_{\text{CRBs}} - 1) \leq \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{UL}} / 2 \rfloor \text{ then} \\ &\quad RIV = N_{\text{RB}}^{\text{UL}} (L_{\text{CRBs}} - 1) + RB_{\text{START}} \\ &\text{else} \\ &\quad RIV = N_{\text{RB}}^{\text{UL}} (N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - L_{\text{CRBs}} + 1) + (N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - 1 - RB_{\text{START}}) \end{aligned}$$

8.1.2 Uplink Resource allocation type 1

The resource allocation information for uplink resource allocation type 1 indicates to a scheduled UE two sets of resource blocks with each set including one or more consecutive resource block groups of size P as given in table 7.1.6.1-1 assuming $N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ as the system bandwidth. A combinatorial index r consists of $\left\lceil \log_2 \left(\binom{\lceil N_{\text{RB}}^{\text{UL}} / P \rceil + 1}{4} \right) \right\rceil$

bits. The bits from the resource allocation field in the scheduling grant represent r unless the number of bits in the resource allocation field in the scheduling grant is

- smaller than required to fully represent r , in which case the bits in the resource allocation field in the scheduling grant occupy the LSBs of r and the value of the remaining bits of r shall be assumed to be 0; or
- larger than required to fully represent r , in which case r occupies the LSBs of the resource allocation field in the scheduling grant.

The combinatorial index r corresponds to a starting and ending RBG index of resource block set 1, s_0 and $s_1 - 1$, and resource block set 2, s_2 and $s_3 - 1$ respectively, where r is given by equation $r = \sum_{i=0}^{M-1} \binom{N - s_i}{M - i}$ defined in section 7.2.1 with $M=4$ and $N = \lceil N_{\text{RB}}^{\text{UL}} / P \rceil + 1$. Section 7.2.1 also defines ordering properties and range of values that s_i (RBG indices) map to. Only a single RBG is allocated for a set at the starting RBG index if the corresponding ending RBG index equals the starting RBG index.

2-19. Code block based data transmission in LTE

5.1.4 Rate matching

5.1.4.1 Rate matching for turbo coded transport channels

The rate matching for turbo coded transport channels is defined per coded block and consists of interleaving the three information bit streams $d_k^{(0)}$, $d_k^{(1)}$ and $d_k^{(2)}$, followed by the collection of bits and the generation of a circular buffer as depicted in Figure 5.1.4-1. The output bits for each code block are transmitted as described in section 5.1.4.1.2.

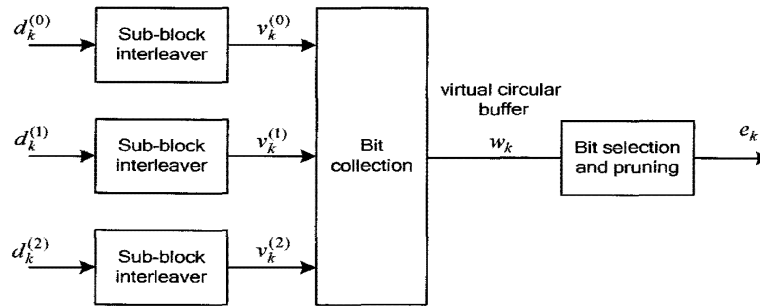


Figure 5.1.4-1. Rate matching for turbo coded transport channels.

The bit stream $d_k^{(0)}$ is interleaved according to the sub-block interleaver defined in section 5.1.4.1.1 with an output sequence defined as $v_0^{(0)}, v_1^{(0)}, v_2^{(0)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(0)}$ and where K_{Π} is defined in section 5.1.4.1.1.

The bit stream $d_k^{(1)}$ is interleaved according to the sub-block interleaver defined in section 5.1.4.1.1 with an output sequence defined as $v_0^{(1)}, v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(1)}$.

The bit stream $d_k^{(2)}$ is interleaved according to the sub-block interleaver defined in section 5.1.4.1.1 with an output sequence defined as $v_0^{(2)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(2)}$.

The sequence of bits e_k for transmission is generated according to section 5.1.4.1.2.

5.1.4.1.1 Sub-block interleaver

The bits input to the block interleaver are denoted by $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$, where D is the number of bits. The output bit sequence from the block interleaver is derived as follows:

- (1) Assign $C_{subblock}^{TC} = 32$ to be the number of columns of the matrix. The columns of the matrix are numbered 0, 1, 2, ..., $C_{subblock}^{TC} - 1$ from left to right.
- (2) Determine the number of rows of the matrix $R_{subblock}^{TC}$, by finding minimum integer $R_{subblock}^{TC}$ such that:

$$D \leq (R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$$

The rows of rectangular matrix are numbered 0, 1, 2, ..., $R_{subblock}^{TC} - 1$ from top to bottom.

- (3) If $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC}) > D$, then $N_D = (R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC} - D)$ dummy bits are padded such that $y_k = \langle NULL \rangle$ for $k = 0, 1, \dots, N_D - 1$. Then, $y_{N_D+k} = d_k^{(i)}$, $k = 0, 1, \dots, D-1$, and the bit sequence y_k is written into the $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ matrix row by row starting with bit y_0 in column 0 of row 0:

$$\begin{bmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \cdots & y_{C_{subblock}^{TC}-1} \\ y_{C_{subblock}^{TC}} & y_{C_{subblock}^{TC}+1} & y_{C_{subblock}^{TC}+2} & \cdots & y_{2C_{subblock}^{TC}-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}+1} & y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}+2} & \cdots & y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}-1} \end{bmatrix}$$

For $d_k^{(0)}$ and $d_k^{(1)}$:

- (4) Perform the inter-column permutation for the matrix based on the pattern $\langle P(j) \rangle_{j \in \{0, 1, \dots, C_{subblock}^{TC}-1\}}$ that is shown in table 5.1.4-1, where $P(j)$ is the original column position of the j -th permuted column. After permutation of the columns, the inter-column permuted $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ matrix is equal to

$$\begin{bmatrix} y_{P(0)} & y_{P(1)} & y_{P(2)} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{TC}-1)} \\ y_{P(0)+C_{subblock}^{TC}} & y_{P(1)+C_{subblock}^{TC}} & y_{P(2)+C_{subblock}^{TC}} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{TC}-1)+C_{subblock}^{TC}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{P(0)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & y_{P(1)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & y_{P(2)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{TC}-1)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} \end{bmatrix}$$

- (5) The output of the block interleaver is the bit sequence read out column by column from the inter-column permuted $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ matrix. The bits after sub-block interleaving are denoted by $v_0^{(i)}, v_1^{(i)}, v_2^{(i)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(i)}$, where $v_0^{(i)}$ corresponds to $y_{P(0)}, v_1^{(i)}$ to $y_{P(0)+C_{subblock}^{TC}}, \dots$ and $K_{\Pi} = (R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$.

For $d_k^{(2)}$:

- (4) The output of the sub-block interleaver is denoted by $v_0^{(2)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(2)}$, where $v_k^{(2)} = y_{\pi(k)}$ and where

$$\pi(k) = \left(P \left(\left\lfloor \frac{k}{R_{subblock}^{TC}} \right\rfloor \right) + C_{subblock}^{TC} \times (k \bmod R_{subblock}^{TC}) + 1 \right) \bmod K_{\Pi}$$

The permutation function P is defined in Table 5.1.4-1.

Table 5.1.4-1 Inter-column permutation pattern for sub-block interleaver.

Number of columns $C_{subblock}^{TC}$	Inter-column permutation pattern $\langle P(0), P(1), \dots, P(C_{subblock}^{TC} - 1) \rangle$
32	$\langle 0, 16, 8, 24, 4, 20, 12, 28, 2, 18, 10, 26, 6, 22, 14, 30, 1, 17, 9, 25, 5, 21, 13, 29, 3, 19, 11, 27, 7, 23, 15, 31 \rangle$

5.1.4.1.2 Bit collection, selection and transmission

The circular buffer of length $K_w = 3K_{\Pi}$ for the r -th coded block is generated as follows:

$$\begin{aligned} w_k &= v_k^{(0)} && \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \\ w_{K_{\Pi}+2k} &= v_k^{(1)} && \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \\ w_{K_{\Pi}+2k+1} &= v_k^{(2)} && \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \end{aligned}$$

Denote the soft buffer size for the transport block by N_{IR} bits and the soft buffer size for the r -th code block by N_{cb} bits. The size N_{cb} is obtained as follows, where C is the number of code blocks computed in section 5.1.2:

$$\begin{aligned} - N_{cb} &= \min\left(\left\lceil \frac{N_{IR}}{C} \right\rceil, K_w\right) && \text{for DL-SCH and PCH transport channels} \\ - N_{cb} &= K_w && \text{for UL-SCH and MCH transport channels} \end{aligned}$$

where N_{IR} is equal to:

$$N_{IR} = \left\lfloor \frac{N_{soft}}{K_C \cdot K_{MIMO} \cdot \min(M_{DL_HARQ}, M_{limit})} \right\rfloor$$

where:

If the UE signals *ue-Category-v10xy*, and is configured with transmission mode 9 for the DL cell, N_{soft} is the total number of soft channel bits [4] according to the UE category indicated by *ue-Category-v10xy* [6]. Otherwise, N_{soft} is the total number of soft channel bits [4] according to the UE category indicated by *ue-Category* [6].

If $N_{soft} = 35982720$,

$$K_C = 5,$$

elseif $N_{soft} = 3654144$ and the UE is capable of supporting no more than a maximum of two spatial layers for the DL cell,

$$K_C = 2$$

else

$$K_C = 1$$

End if.

K_{MIMO} is equal to 2 if the UE is configured to receive PDSCH transmissions based on transmission modes 3, 4, 8 or 9 as defined in section 7.1 of [3], and is equal to 1 otherwise.

M_{DL_HARQ} is the maximum number of DL HARQ processes as defined in section 7 of [3].

M_{limit} is a constant equal to 8.

Denoting by E the rate matching output sequence length for the r -th coded block, and rv_{idx} the redundancy version number for this transmission ($rv_{idx} = 0, 1, 2$ or 3), the rate matching output bit sequence is e_k , $k = 0, 1, \dots, E-1$.

Define by G the total number of bits available for the transmission of one transport block.

Set $G' = G / (N_L \cdot Q_m)$ where Q_m is equal to 2 for QPSK, 4 for 16QAM and 6 for 64QAM, and where

- For transmit diversity:
 - N_L is equal to 2,
- Otherwise:

- N_L is equal to the number of layers a transport block is mapped onto

Set $\gamma = G' \bmod C$, where C is the number of code blocks computed in section 5.1.2.

if $r \leq C - \gamma - 1$

set $E = N_L \cdot Q_m \cdot \lfloor G' / C \rfloor$

else

set $E = N_L \cdot Q_m \cdot \lceil G' / C \rceil$

end if

Set $k_0 = R_{subblock}^{TC} \cdot \left(2 \cdot \left\lceil \frac{N_{cb}}{8R_{subblock}^{TC}} \right\rceil \cdot rv_{idx} + 2 \right)$, where $R_{subblock}^{TC}$ is the number of rows defined in section 5.1.4.1.1.

Set $k = 0$ and $j = 0$

while $\{ k < E \}$

if $w_{(k_0+j) \bmod N_{cb}} \neq \text{NULL}$

$e_k = w_{(k_0+j) \bmod N_{cb}}$

$k = k + 1$

end if

$j = j + 1$

end while

5.1.4.2 Rate matching for convolutionally coded transport channels and control information

The rate matching for convolutionally coded transport channels and control information consists of interleaving the three bit streams, $d_k^{(0)}$, $d_k^{(1)}$ and $d_k^{(2)}$, followed by the collection of bits and the generation of a circular buffer as depicted in Figure 5.1.4-2. The output bits are transmitted as described in section 5.1.4.2.2.

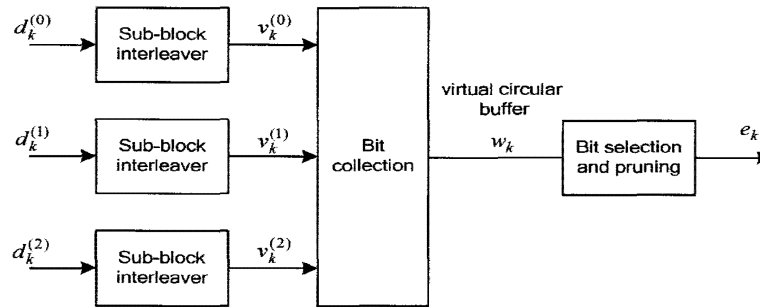


Figure 5.1.4-2. Rate matching for convolutionally coded transport channels and control information.

The bit stream $d_k^{(0)}$ is interleaved according to the sub-block interleaver defined in section 5.1.4.2.1 with an output sequence defined as $v_0^{(0)}, v_1^{(0)}, v_2^{(0)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(0)}$ and where K_{Π} is defined in section 5.1.4.2.1.

Section 1

The bit stream $d_k^{(1)}$ is interleaved according to the sub-block interleaver defined in section 5.1.4.2.1 with an output sequence defined as $v_0^{(1)}, v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(1)}$.

The bit stream $d_k^{(2)}$ is interleaved according to the sub-block interleaver defined in section 5.1.4.2.1 with an output sequence defined as $v_0^{(2)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(2)}$.

The sequence of bits e_k for transmission is generated according to section 5.1.4.2.2.

5.1.4.2.1 Sub-block interleaver

The bits input to the block interleaver are denoted by $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$, where D is the number of bits. The output bit sequence from the block interleaver is derived as follows:

- (1) Assign $C_{subblock}^{CC} = 32$ to be the number of columns of the matrix. The columns of the matrix are numbered 0, 1, 2, ..., $C_{subblock}^{CC} - 1$ from left to right.

- (2) Determine the number of rows of the matrix $R_{subblock}^{CC}$, by finding minimum integer $R_{subblock}^{CC}$ such that:

$$D \leq (R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$$

The rows of rectangular matrix are numbered 0, 1, 2, ..., $R_{subblock}^{CC} - 1$ from top to bottom.

- (3) If $(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC}) > D$, then $N_D = (R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC} - D)$ dummy bits are padded such that $y_k = \langle NULL \rangle$ for $k = 0, 1, \dots, N_D - 1$. Then, $y_{N_D+k} = d_k^{(i)}$, $k = 0, 1, \dots, D-1$, and the bit sequence y_k is written into the $(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$ matrix row by row starting with bit y_0 in column 0 of row 0:

$$\begin{bmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \dots & y_{C_{subblock}^{CC}-1} \\ y_{C_{subblock}^{CC}} & y_{C_{subblock}^{CC}+1} & y_{C_{subblock}^{CC}+2} & \dots & y_{2C_{subblock}^{CC}-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}+1} & y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}+2} & \dots & y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}-1} \end{bmatrix}$$

- (4) Perform the inter-column permutation for the matrix based on the pattern $\langle P(j) \rangle_{j \in \{0, 1, \dots, C_{subblock}^{CC}-1\}}$ that is shown in table 5.1.4-2, where $P(j)$ is the original column position of the j -th permuted column. After permutation of the columns, the inter-column permuted $(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$ matrix is equal to

$$\begin{bmatrix} y_{P(0)} & y_{P(1)} & y_{P(2)} & \dots & y_{P(C_{subblock}^{CC}-1)} \\ y_{P(0)+C_{subblock}^{CC}} & y_{P(1)+C_{subblock}^{CC}} & y_{P(2)+C_{subblock}^{CC}} & \dots & y_{P(C_{subblock}^{CC}-1)+C_{subblock}^{CC}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{P(0)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & y_{P(1)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & y_{P(2)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & \dots & y_{P(C_{subblock}^{CC}-1)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} \end{bmatrix}$$

- (5) The output of the block interleaver is the bit sequence read out column by column from the inter-column permuted $(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$ matrix. The bits after sub-block interleaving are denoted by $v_0^{(i)}, v_1^{(i)}, v_2^{(i)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(i)}$, where $v_0^{(i)}$ corresponds to $y_{P(0)}$, $v_1^{(i)}$ to $y_{P(0)+C_{subblock}^{CC}}$... and $K_{\Pi} = (R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$

Table 5.1.4-2 Inter-column permutation pattern for sub-block interleaver.

Number of columns $C_{subblock}^{CC}$	Inter-column permutation pattern $\langle P(0), P(1), \dots, P(C_{subblock}^{CC} - 1) \rangle$
32	$\langle 1, 17, 9, 25, 5, 21, 13, 29, 3, 19, 11, 27, 7, 23, 15, 31, 0, 16, 8, 24, 4, 20, 12, 28, 2, 18, 10, 26, 6, 22, 14, 30 \rangle$

This block interleaver is also used in interleaving PDCCH modulation symbols. In that case, the input bit sequence consists of PDCCH symbol quadruplets [2].

5.1.4.2.2 Bit collection, selection and transmission

The circular buffer of length $K_w = 3K_{\Pi}$ is generated as follows:

$$\begin{aligned}
 w_k &= v_k^{(0)} & \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \\
 w_{K_{\Pi}+k} &= v_k^{(1)} & \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \\
 w_{2K_{\Pi}+k} &= v_k^{(2)} & \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1
 \end{aligned}$$

Denoting by E the rate matching output sequence length, the rate matching output bit sequence is e_k , $k = 0, 1, \dots, E-1$.

Set $k = 0$ and $j = 0$

while $\{ k < E \}$

if $w_{j \bmod K_w} \neq \text{NULL}$

$$e_k = w_{j \bmod K_w}$$

$$k = k + 1$$

end if

$$j = j + 1$$

end while

5.1.5 Code block concatenation

The input bit sequence for the code block concatenation block are the sequences e_{rk} , for $r = 0, \dots, C-1$ and $k = 0, \dots, E_r - 1$. The output bit sequence from the code block concatenation block is the sequence f_k for $k = 0, \dots, G-1$.

The code block concatenation consists of sequentially concatenating the rate matching outputs for the different code blocks. Therefore,

Set $k = 0$ and $r = 0$

while $r < C$

Set $j = 0$

while $j < E_r$

$$f_k = e_{rj}$$

$$k = k + 1$$

```
         $j = j + 1$   
    end while  
     $r = r + 1$   
end while
```

5.3.2 Downlink shared channel, Paging channel and Multicast channel

Figure 5.3.2-1 shows the processing structure for each transport block for the DL-SCH, PCH and MCH transport channels. Data arrives to the coding unit in the form of a maximum of two transport blocks every transmission time interval (TTI) per DL cell. The following coding steps can be identified for each transport block of a DL cell:

- Add CRC to the transport block
- Code block segmentation and code block CRC attachment
- Channel coding
- Rate matching
- Code block concatenation

The coding steps for PCH and MCH transport channels, and for one transport block of DL-SCH are shown in the figure below. The same processing applies for each transport block on each DL cell.

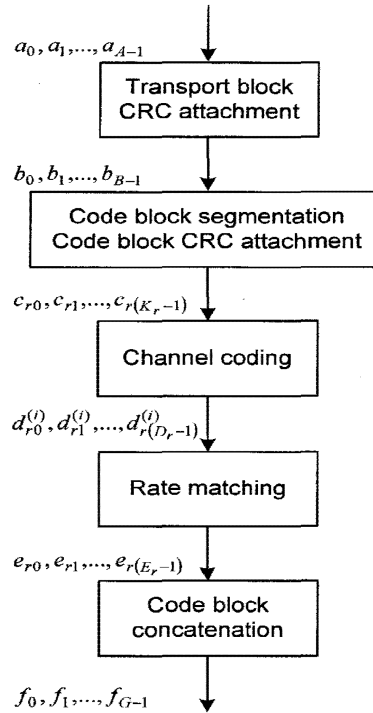


Figure 5.3.2-1: Transport block processing for DL-SCH, PCH and MCH.

5.3.2.1 Transport block CRC attachment

Error detection is provided on transport blocks through a Cyclic Redundancy Check (CRC).

The entire transport block is used to calculate the CRC parity bits. Denote the bits in a transport block delivered to layer 1 by $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{A-1}$, and the parity bits by $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_{L-1}$. A is the size of the transport block and L is the number of parity bits. The lowest order information bit a_0 is mapped to the most significant bit of the transport block as defined in section 6.1.1 of [5].

The parity bits are computed and attached to the transport block according to section 5.1.1 setting L to 24 bits and using the generator polynomial $g_{\text{CRC24A}}(D)$.

5.3.2.2 Code block segmentation and code block CRC attachment

The bits input to the code block segmentation are denoted by $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ where B is the number of bits in the transport block (including CRC).

Code block segmentation and code block CRC attachment are performed according to section 5.1.2.

Section 1

The bits after code block segmentation are denoted by $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \dots, c_{r(K_r-1)}$, where r is the code block number and K_r is the number of bits for code block number r .

5.3.2.3 Channel coding

Code blocks are delivered to the channel coding block. They are denoted by $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \dots, c_{r(K_r-1)}$, where r is the code block number, and K_r is the number of bits in code block number r . The total number of code blocks is denoted by C and each code block is individually turbo encoded according to section 5.1.3.2. After encoding the bits are denoted by $d_{r0}^{(i)}, d_{r1}^{(i)}, d_{r2}^{(i)}, d_{r3}^{(i)}, \dots, d_{r(D_r-1)}^{(i)}$, with $i = 0, 1$, and 2 , and where D_r is the number of bits on the i -th coded stream for code block number r , i.e. $D_r = K_r + 4$.

5.3.2.4 Rate matching

Turbo coded blocks are delivered to the rate matching block. They are denoted by $d_{r0}^{(i)}, d_{r1}^{(i)}, d_{r2}^{(i)}, d_{r3}^{(i)}, \dots, d_{r(D_r-1)}^{(i)}$, with $i = 0, 1$, and 2 , and where r is the code block number, i is the coded stream index, and D_r is the number of bits in each coded stream of code block number r . The total number of code blocks is denoted by C and each coded block is individually rate matched according to section 5.1.4.1. After rate matching, the bits are denoted by $e_{r0}, e_{r1}, e_{r2}, e_{r3}, \dots, e_{r(E_r-1)}$, where r is the coded block number, and where E_r is the number of rate matched bits for code block number r .

5.3.2.5 Code block concatenation

The bits input to the code block concatenation block are denoted by $e_{r0}, e_{r1}, e_{r2}, e_{r3}, \dots, e_{r(E_r-1)}$ for $r = 0, \dots, C-1$ and where E_r is the number of rate matched bits for the r -th code block.

Code block concatenation is performed according to section 5.1.5.

The bits after code block concatenation are denoted by $f_0, f_1, f_2, f_3, \dots, f_{G-1}$, where G is the total number of coded bits for transmission. This sequence of coded bits corresponding to one transport block after code block concatenation is referred to as one codeword in section 6.3.1 of [2]. In case of multiple transport blocks per TTI, the transport block to codeword mapping is specified according to section 5.3.3.1.5, 5.3.3.1.5A or 5.3.3.1.5B, depending on the DCI Format.

7.1.8 Storing soft channel bits

Both for FDD and TDD, if the UE is configured with more than one serving cell, then for each serving cell, for at least $K_{\text{MIMO}} \cdot \min(M_{\text{DL_HARQ}}, M_{\text{limit}})$ transport blocks, upon decoding failure of a code block of a transport block, the UE shall store received soft channel bits corresponding to a range of at least $w_k, w_{k+1}, \dots, w_{\text{mod}(k+n_{\text{SB}}-1, N_{\text{cb}})}$, where:

$$n_{\text{SB}} = \min \left(N_{\text{cb}}, \left\lceil \frac{N'_{\text{soft}}}{C \cdot N_{\text{cells}}^{\text{DL}} \cdot K_{\text{MIMO}} \cdot \min(M_{\text{DL_HARQ}}, M_{\text{limit}})} \right\rceil \right),$$

w_k , C , N_{cb} , K_{MIMO} , and M_{limit} are defined in Section 5.1.4.1.2 of [4].

M_{DL_HARQ} is the maximum number of DL HARQ processes.

N_{cells}^{DL} is the number of configured serving cells.

If the UE signals *ue-Category-v10xy*, N'_{soft} is the total number of soft channel bits [12] according to the UE category indicated by *ue-Category-v10xy* [11]. Otherwise, N'_{soft} is the total number of soft channel bits [12] according to the UE category indicated by *ue-Category*[11].

In determining k , the UE should give priority to storing soft channel bits corresponding to lower values of k . w_k shall all correspond to a received soft channel bit. The range $w_k, w_{k+1}, \dots, w_{\text{mod}(k+n_{sb}-1, N_{cb})}$ may include subsets not containing received soft channel bits.

3. Composition of Invention

기존 LTE 시스템의 경우, DL data의 크기 (즉, TB 사이즈)가 일정 수준 이상이 되면 PDSCH를 통해 송신될 bit stream은 복수의 CB (Code Block)들로 분할되고, 각 CB별로 채널 코딩 및 CRC가 개별적으로 인가된 형태로 PDSCH를 통해 전송되는 방식을 적용하고 있다. UE는 하나의 PDSCH에 포함된 복수의 CB들중 하나라도 수신 (decoding)에 실패하면, 해당 PDSCH에 대응되는 HARQ-ACK 피드백을 NACK으로 eNB에 보고하게 되며, 이를 통해 eNB로부터 모든 CB가 재전송되도록 동작하고 있다. 다시 말해, 기존 LTE에서의 DL data에 대한 HARQ 동작은 eNB로부터의 TB 단위의 스케줄링/전송 및 이에 대응되는 UE로부터의 TB 단위의 HARQ-ACK 피드백 구성을 기반으로 수행되는 구조를 가진다.

한편 new RAT 시스템에서는, 기본적으로 LTE에 비해 큰 (wider) 시스템 (carrier) BW를 가질 수 있고, 이로 인해 (최대) TB 사이즈가 기존 LTE에서보다 커질 가능성이 높으며, 이에 따라 하나의 TB를 구성하는 CB 수 역시 LTE에서보다 많아질 수 있다. 따라서, 만약 이러한 상황에서도 기존과 같이 TB 단위의 HARQ-ACK 피드백이 수행된다면, 일부 소수의 CB에 대해서만 decoding error (i.e. NACK)가 발생한 경우에도 TB 단위의 재전송 스케줄링이 수반되어야 하므로 자원 사용 효율성이 저하될 수 있다. 또한 new RAT 시스템 환경에서는, 큰 time duration (TTI)을 가지는 delay-insensitive한 data type 1 (e.g. eMBB) 전송에 할당된 자원의 일부 (심볼)를 통해, 작은 time duration (TTI)을 가지는 delay-sensitive한 data type 2 (e.g. URLLC)가 해당 data type 1을 puncturing하는 형태로 전송되는 동작이 지원될 수 있으며, 이를 포함하여 time-selective한 특성을 가지는 간섭 신호의 영향으로 인해 data type 1에 대하여 하나의 TB를 구성하는 복수 CB들중 특정 일부에만 decoding error (i.e. NACK)가 집중되는 현상이 발생할 수 있다.

본 발명에서는 이러한 new RAT 시스템의 동작상 특성을 고려하여, CB 또는 CB group (CBG) 단위로 (재전송) 스케줄링을 수행하고 CB/CBG 단위로 HARQ-ACK 피드백을 구성/전송하는 방법을 제안한다. 세부적으로는, CBG를 구성하는 방법, HARQ-ACK (i.e. A/N) 피드백을 구성하는 방법, UE의 수신 soft buffer를 운영하는 방법, 그리고 특정 mismatch 상황에 대한 핸들링 방법 등을 제시한다. 하기에 CBG의 경우, (단일 TB를 구성하는) 모든 CB가 하나의 CBG로 설정되거나, 혹은 일부 복수 CB가 하나의 CBG로 구성되거나, 혹은 하나의 CB 각각이 하나의 CBG로 구성될 수 있다. 또한 하기에, $\text{floor}(X)$ 의 경우 X 이하의 최대 정수를 나타내는 내림함수를, $\text{ceiling}(X)$ 의 경우 X 이상의 최소 정수를 나타내는 올림함수를 각각 의미하며, $\text{mod}(A, B)$ 의 경우 A 를 B 로 나눈 나머지를 의미한다.

(X) CB를 구성하는 방법

- 1) 방법 X-1: 하나의 CB를 구성하는 bit 수 C_n 이 주어지고 이를 기반으로 C_m 개의 CB를 구성
이 방법의 경우, 하나의 CB를 구성하는 bit 수 C_n 이 TB 사이즈에 관계없이 동일한 하나의 값으로 혹은 TB 사이즈 별로 다른 (TB 사이즈에 비례적인) 값들로 사전에 정의되거나, 혹은 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, 이에 따라 TB를 구성하는 전체 bit 수가 C_k 일 때 총 $C_m = \text{floor}(C_k / C_n)$ 혹은 $C_m = \text{ceiling}(C_k / C_n)$ 개의 CB가 구성될 수 있다. 전자의 경우 하나의 CB만 $(C_n + \text{mod}(C_k, C_n))$ 개의 bit로 구성되고 나머지 $(C_m - 1)$ 개 CB는 각각 C_n 개의 bit로 구성될 수

Section 1

있으며, 후자의 경우 하나의 CB만 $\text{mod}(C_k, C_n)$ 개의 bit로 구성되고 나머지 $(C_m - 1)$ 개 CB는 각각 C_n 개의 bit로 구성될 수 있다. 따라서, 전자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최소 bit 수를, 후자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최대 bit 수를 각각 의미할 수 있다.

또 다른 방법으로, CB당 bit 수를 전체 CB에 고르게 할당하는 (near-equal) 방식을 적용할 수 있으며, 구체적으로 상기에서 $C_m = \text{floor}(C_k / C_n)$ 개 CB가 구성되는 경우에는 $\text{mod}(C_k, C_n)$ 개의 CB는 $(C_n + 1)$ 개 bit로 구성되고 나머지 CB는 C_n 개 bit로 구성될 수 있으며, $C_m = \text{ceiling}(C_k / C_n)$ 개 CB가 구성되는 경우에는 $(C_n - \text{mod}(C_k, C_n))$ 개의 CB는 $(C_n - 1)$ 개 bit로 구성되고 나머지 CB는 C_n 개 bit로 구성될 수 있다. 따라서, 전자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최소 bit 수를, 후자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최대 bit 수를 각각 의미할 수 있다.

한편, 상기 방법을 적용하게 되면 전체 C_m 개의 CB들중 하나 이상의 특정 (small) CB가 나머지 다른 CB들에 비해 적은 수의 bit로 구성될 수 있는데, 이렇게 불균등한 사이즈를 가지는 C_m 개의 CB들을 M 개의 복수 CBG들로 grouping하는 방식이 필요할 수 있다. 구체적으로, 전체 CB수 C_m 이 CBG 수 M 의 배수가 되는 경우와 그렇지 않은 경우로 구분될 수 있으며, 각각에 대해 다음과 같은 CB grouping 방식을 고려할 수 있다. 하기에서, CBG 사이즈는 CBG당 CB 수를 의미할 수 있다. 한편, C_m 이 M 의 배수가 아닌 경우에는 CBG별로 사이즈가 다를 수 있으며, CBG간의 사이즈 차이는 최대 1개의 CB로 고려될 수 있다.

- A) C_m 이 M 의 배수인 경우 (모든 CBG가 동일한 사이즈를 가짐)
 - A. Opt 1-1: small CB가 최대한 모든 CBG들에 분산되도록 구성
 - B. Opt 1-2: small CB가 최대한 적은 수의 일부 CBG에만 속하도록 구성
- B) C_m 이 M 의 배수가 아닌 경우 (CBG별로 사이즈가 다를 수 있음)
 - A. Opt 2-1: small CB가 되도록 큰 사이즈의 CBG에 속하도록 구성
 - B. Opt 2-2: small CB가 되도록 작은 사이즈의 CBG에 속하도록 구성
 - C. Opt 2-3: 상기 Opt 1-1 혹은 Opt 1-2를 적용

일례로, $C_m = 7$ 개의 CB index 1/2/3/4/5/6/7이 각각 5/5/5/5/5/2 bits로 구성된 상황에서 $M = 3$ 개의 CBG 구성을 고려할 경우, 상기 Opt 2-1을 적용하게 되면 CB index {1, 2}, {3, 4}, {5, 6, 7}이 각각 CBG index 1/2/3으로 구성될 수 있으며, 상기 Opt 2-2를 적용하게 되면 CB index {1, 2, 3}, {4, 5}, {6, 7}이 각각 CBG index 1/2/3으로 구성될 수 있다. 다른 일례로, $C_m = 7$ 개의 CB index 1/2/3/4/5/6/7이 각각 5/5/5/5/4/4/4 bits로 구성된 상황에서 $M = 3$ 개의 CBG 구성을 고려할 경우, 상기 Opt 2-1을 적용하게 되면 CB index {1, 2}, {3, 4}, {5, 6, 7}이, 상기 Opt 2-2를 적용하게 되면 CB index {1, 2, 3}, {4, 5}, {6, 7}이 각각 CBG index 1/2/3으로 구성될 수 있으며, 반면 상기 Opt 1-1을 적용할 경우 CB index {1, 2, 5}, {3, 6}, {4, 7}이, 상기 Opt 1-2를 적용할 경우 CB index {1, 2}, {3, 4}, {5, 6, 7}이 각각 CBG index 1/2/3으로 구성될 수 있다.

추가적으로, decoding reliability가 낮을 수 있는 부분 (예를 들어, CB 사이즈가 상대적으로 작거나 혹은 DMRS로부터 시간상으로 멀리 떨어져있거나 혹은 CSI 피드백 시점으로부터 멀리 떨어져있거나 혹은 SRS

Section 1

(or PUCCH or PRACH)와 인접한 심볼에 매핑되는 신호)에 대응되는 CBG 내의 CB 수를 최대한 적게 포함 시킴으로써 재전송 확률이 높은 CBG의 사이즈를 가능한 줄일 수 있으며, 이를 위해 다음과 같은 방식으로 CBG를 구성할 수 있다.

- a) 낮은 CB index부터 X-bit 단위로 regular CB를 구성해가다가, 특정 CB index부터는 Y-bit 단위로 small CB를 구성 ($Y < X$)
- b) (낮은 CB index부터 순차적으로) 낮은 CBG index부터 M개 CB 단위로 묶어서 regular CBG를 구성해가다가, 특정 CBG index부터는 K개 CB 단위로 묶어서 small CBG를 구성 ($K < M$)
- c) 낮은 CBG index부터 순차적으로 frequency-first (or time-first) 방식으로 신호를 매핑

한편, $C_n > C_k$ 로 설정된 경우에는 TB의 모든 bit가 단일 CB로 구성되는 형태이며, 따라서 이 경우 C_k 개 bit를 포함하는 CB 하나가 구성될 수 있다.

- 2) 방법 X-2: 전체 CB 수 C_m 이 주어지고 이를 기반으로 C_n 개 bit 단위로 각각의 CB를 구성
이 방법의 경우, 전체 CB 수 C_m 이 TB 사이즈에 관계없이 동일한 하나의 값으로 혹은 TB 사이즈 별로 다른 (TB 사이즈에 비례적인) 값들로 사전에 정의되거나, 혹은 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, 이에 따라 TB를 구성하는 전체 bit 수가 C_k 일 때 총 $C_n = \text{floor}(C_k / C_m)$ 혹은 $C_n = \text{ceiling}(C_k / C_m)$ 개의 bit 단위로 각각의 CB가 구성될 수 있다. 전자의 경우 하나의 CB만 ($C_n + \text{mod}(C_k, C_n)$)개의 bit로 구성되고 나머지 $(C_m - 1)$ 개 CB는 각각 C_n 개의 bit로 구성될 수 있으며, 후자의 경우 하나의 CB만 $\text{mod}(C_k, C_n)$ 개의 bit로 구성되고 나머지 $(C_m - 1)$ 개 CB는 각각 C_n 개의 bit로 구성될 수 있다. 따라서, 전자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최소 bit 수를, 후자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최대 bit 수를 각각 의미할 수 있다.

또 다른 방법으로, CB당 bit 수를 전체 CB에 고르게 할당하는 (near-equal) 방식을 적용할 수 있으며, 구체적으로 상기에서 $C_n = \text{floor}(C_k / C_m)$ 개 bit 단위의 CB 구성인 경우에는 $\text{mod}(C_k, C_n)$ 개의 CB는 $(C_n + 1)$ 개 bit로 구성되고 나머지 CB는 C_n 개 bit로 구성될 수 있으며, $C_n = \text{ceiling}(C_k / C_m)$ 개 bit 단위의 CB 구성인 경우에는 $(C_n - \text{mod}(C_k, C_n))$ 개의 CB는 $(C_n - 1)$ 개 bit로 구성되고 나머지 CB는 C_n 개 bit로 구성될 수 있다. 따라서, 전자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최소 bit 수를, 후자의 경우 C_n 은 하나의 CB를 구성하는 최대 bit 수를 각각 의미할 수 있다.

- 3) 방법 X-3: 하나의 CB를 구성하는 최소 bit 수 T_m 이 주어지고 이를 기반으로 CB를 구성
이 방법의 경우, 하나의 TB를 구성하는 모든 CB 각각이 적어도 T_m 개 이상의 bit로 구성되도록 설정될 수 있으며, 일례로 TB 사이즈 (즉, TB를 구성하는 전체 bit 수)를 C_k 로 가정했을 경우 $C_k / C_m \geq T_m$ 의 관계식을 만족시키는 최대 C_m 값인 $C_{m.\text{max}}$ 를 산출하여, 해당 TB를 총 $C_{m.\text{max}}$ 개의 CB들로 분할하는 동작을 고려할 수 있다.
- 4) 방법 X-4: CB 수가 특정 수준 이상인 경우 CB 단위의 스케줄링 및 복수 CB간 grouping 수행

Section 1

이 방법의 경우, 하나의 CB를 구성하는 bit 수 C_n 이 (예를 들어, 사전에 정의되거나 혹은 특정 시그널링을 통해) 주어진 상태에서, 하나의 TB를 구성하는 전체 CB 수 K 가 T_s 개 이상인 경우에만 해당 TB에 대한 CB 또는 CBG 단위의 (재전송) 스케줄링이 적용되도록 설정/정의될 수 있으며, 전체 CB 수 K 가 T_g 개 이상인 경우에는 복수 CB들이 grouping되어 하나의 CBG를 구성하도록 설정/정의될 수 있다 (여기서, $T_s < T_g$ 로 설정될 수 있음).

(A) CBG를 구성하는 방법

- 1) 방법 A-1: 하나의 CBG를 구성하는 CB 수 N 이 주어지고 이를 기반으로 M 개의 CBG를 구성

이 방법의 경우, 하나의 CBG를 구성하는 CB 수 N 이 TB 사이즈에 관계없이 동일한 하나의 값으로 혹은 TB 사이즈 별로 다른 (TB 사이즈에 비례적인) 값들로 사전에 정의되거나, 혹은 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, 이에 따라 TB를 구성하는 전체 CB 수가 K 일 때 총 $M = \text{floor}(K / N)$ 혹은 $M = \text{ceiling}(K / N)$ 개의 CBG가 구성될 수 있다. 전자의 경우 하나의 CBG만 $(N + \text{mod}(K, N))$ 개의 CB로 구성되고 나머지 $(M - 1)$ 개 CBG는 각각 N 개의 CB로 구성될 수 있으며, 후자의 경우 하나의 CBG만 $\text{mod}(K, N)$ 개의 CB로 구성되고 나머지 $(M - 1)$ 개 CBG는 각각 N 개의 CB로 구성될 수 있다. 한편, UE는 이러한 방식으로 구성된 각 CBG별로 A/N 비트를 구성하여 전송할 수 있다. 따라서, 전자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최소 CB 수를, 후자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최대 CB 수를 각각 의미할 수 있다.

또 다른 방법으로, CBG당 CB 수를 전체 CBG에 고르게 할당하는 (near-equal) 방식을 적용할 수 있으며, 구체적으로 상기에서 $M = \text{floor}(K / N)$ 개 CBG가 구성되는 경우에는 $\text{mod}(K, N)$ 개의 CBG는 $(N + 1)$ 개 CB로 구성되고 나머지 CBG는 N 개 CB로 구성될 수 있으며, $M = \text{ceiling}(K / N)$ 개 CBG가 구성되는 경우에는 $(N - \text{mod}(K, N))$ 개의 CBG는 $(N - 1)$ 개 CB로 구성되고 나머지 CBG는 N 개 CB로 구성될 수 있다. 따라서, 전자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최소 CB 수를, 후자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최대 CB 수를 각각 의미할 수 있다.

한편, $N > K$ 로 설정된 경우에는 TB를 구성하는 모든 CB가 단일 CBG에 속하게 되는 형태이며, 따라서 이 경우 K 개 CB를 포함하는 CBG 하나가 구성될 수 있다.

- 2) 방법 A-2: 전체 CBG 수 M 이 주어지고 이를 기반으로 N 개 CB 단위로 각각의 CBG를 구성

이 방법의 경우, 전체 CBG 수 M 이 TB 사이즈에 관계없이 동일한 하나의 값으로 혹은 TB 사이즈 별로 다른 (TB 사이즈에 비례적인) 값들로 사전에 정의되거나, 혹은 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, 이에 따라 TB를 구성하는 전체 CB 수가 K 일 때 총 $N = \text{floor}(K / M)$ 혹은 $N = \text{ceiling}(K / M)$ 개의 CB 단위로 각각의 CBG가 구성될 수 있다. 전자의 경우 하나의 CBG만 $(N + \text{mod}(K, N))$ 개의 CB로 구성되고 나머지 $(M - 1)$ 개 CBG는 각각 N 개의 CB로 구성될 수 있으며, 후자의 경우 하나의 CBG만 $\text{mod}(K, N)$ 개의 CB로 구성되고 나머지 $(M - 1)$ 개 CBG는 각각 N 개 CB로 구성될 수 있다. 한편, UE는 이러한 방식으로 구성된 각 CBG별로 A/N 비트를 구성하여 전송할 수 있다. 따라

Section 1

서, 전자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최소 CB 수를, 후자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최대 CB 수를 각각 의미할 수 있다.

또 다른 방법으로, CBG당 CB 수를 전체 CBG에 고르게 할당하는 (near-equal) 방식을 적용할 수 있으며, 구체적으로 상기에서 $N = \text{floor}(K / M)$ 개 CB 단위의 CBG 구성인 경우에는 $\text{mod}(K, N)$ 개의 CBG는 $(N + 1)$ 개 CB로 구성되고 나머지 CBG는 N 개 CB로 구성될 수 있으며, $N = \text{ceiling}(K / M)$ 개 CB 단위의 CBG 구성인 경우에는 $(N - \text{mod}(K, N))$ 개의 CBG는 $(N - 1)$ 개 CB로 구성되고 나머지 CBG는 N 개 CB로 구성될 수 있다. 따라서, 전자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최소 CB 수를, 후자의 경우 N 은 하나의 CBG를 구성하는 최대 CB 수를 각각 의미할 수 있다.

한편, $M > K$ 로 설정된 경우에는 CB 각각이 하나의 CBG가 되어 총 K 개의 CBG가 구성될 수 있으며, 이 경우 1) 전체 A/N 피드백은 M 개 비트로 구성된 상태에서 실제 CBG에 대응되지 않는 $(M - K)$ 개 비트는 NACK 또는 DTX로 처리하거나, 혹은 2) A/N 피드백 자체를 실제 CBG에 대응되는 K 개 비트로만 구성하는 방식을 고려할 수 있다.

3) 방법 A-3: CBG 수 M 과 CBG 사이즈 N 에 대한 tree (or nested) 구조 기반의 CBG 구성

이 방법의 경우, 전체 CBG 수 M (e.g. $M_1, M_2, \dots$)과 CBG 구성 CB 수, 즉 CBG 사이즈 N (e.g. $N_1, N_2, \dots$)에 대해 tree 구조를 가지도록 CBG가 구성될 수 있다. 이 경우, 하나의 TB (사이즈)에 대하여 복수의 서로 다른 (M, N) 조합에 기반한 복수의 서로 다른 CBG 구성이 설정될 수 있으며, 서로 다른 (M, N) 조합에 대해 (M_1, N_1) 인 경우와 (M_2, N_2) 인 경우의 CBG 구성을 고려하면 $M_1 < M_2$ 인 경우 $N_1 > N_2$ 로 설정될 수 있다. 또한, (M_1, N_1) 인 경우의 하나의 CBG는 (M_2, N_2) 인 경우의 하나 이상의 CBG를 포함하도록 구성될 수 있으며, 반대로 (M_2, N_2) 인 경우의 하나의 CBG는 (M_1, N_1) 인 경우의 특정 하나의 CBG에만 속하도록 구성될 수 있다. 또한, M_2 는 M_1 의 배수로 설정되거나 그리고/또는 N_1 은 N_2 의 배수로 설정될 수 있으며, M 의 경우 특징적으로 2^m ($m = 0, 1, \dots$) 형태의 값으로 설정될 수 있다. 한편, 상기 M 또는 N 또는 (M, N) 조합에 대한 인덱스 또는 모든 (M, N) 조합으로 가능한 CBG 인덱스 중 하나가 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, UE는 해당 인덱스에 대응되어 구성된 각 CBG별로 A/N 비트를 구성하여 전송할 수 있다. 또한, 상기 M 및 N 의 경우 TB 사이즈에 관계없이 동일한 하나의 값으로 사전에 정의되거나, 혹은 TB 사이즈 별로 다른 (TB 사이즈에 비례적인) 값들로 사전에 정의될 수 있다.

이 방법의 일례로, TB를 구성하는 전체 CB 수를 $K = 16$ 으로 가정하고 각각의 CB를 $k = 0, 1, \dots, 15$ 로 indexing한 상태에서, CBG 수를 $M = \{1, 2, 4, 8, 16\}$ 로 설정하고 각각에 대응되는 CBG 사이즈를 $N = K / M = \{16, 8, 4, 2, 1\}$ 로 설정하는 다음과 같은 방식을 고려할 수 있다 ("nested CBG example 1").

- a) $(M, N) = (1, 16)$ 인 경우, 1개 CBG만 구성되고 해당 CBG가 16개의 모든 CB들을 포함.
- b) $(M, N) = (2, 8)$ 인 경우, 2개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 8개의 CB를 포함. 이 경우 하나의 CBG는 아래 $(M, N) = (4, 4)$ 인 경우의 2개 CBG를 포함.

Section 1

- c) $(M, N) = (4, 4)$ 인 경우, 4개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 4개의 CB를 포함. 이 경우 하나의 CBG는 아래 $(M, N) = (8, 2)$ 인 경우의 2개 CBG를 포함.
- d) $(M, N) = (8, 2)$ 인 경우, 8개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 2개의 CB를 포함.
- e) $(M, N) = (16, 1)$ 인 경우, 16개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 1개의 CB만을 포함.

상기 예에서와 같이, 서로 다른 복수의 (M, N) 조합 및 이에 따른 CBG 수/사이즈가 사전에 구성/지정된 상태에서 특정 M 또는 N 또는 (M, N) 조합의 인덱스 또는 모든 (M, N) 조합으로 가능한 CBG 인덱스 중 하나가 UE에게 indication될 수 있으며 (상기 예에서는, 가능한 M 또는 N 또는 (M, N) 조합이 총 5가지로, 모든 (M, N) 조합으로 가능한 CBG 인덱스는 (가능한 M 값들 $\{1, 2, 4, 8, 16\}$ 의 총합에 해당하는) 총 31가지로 설정된 경우에 해당됨), UE는 스케줄링된 DL data (e.g. TB or CBG)에 대하여 indication된 해당 M 및/또는 N 인덱스에 대응되는 CBG 구성을 가정한 상태에서 decoding 및 대응되는 A/N 피드백 구성/전송을 수행하도록 동작할 수 있다.

이 방법을 일반화하여, 서로 다른 (M, N) 조합인 (M_1, N_1) 과 (M_2, N_2) 인 경우의 CBG 구성에 대해 $M_1 < M_2$ 인 경우 $N_1 \geq N_2$ 로 설정되는 조건만으로도, 하나의 TB (사이즈)에 대한 복수의 CBG 구성이 설정될 수 있다. 일례로, TB를 구성하는 전체 CB 수를 $K = 6$ 으로 가정하고 각각의 CB를 $k = 0, 1, \dots, 5$ 로 indexing한 상태에서, CBG 수를 $M = \{1, 2, 3, 6\}$ 로 설정하고 각각에 대응되는 CBG 사이즈를 $N = K / M = \{6, 3, 2, 1\}$ 로 설정하는 다음과 같은 방식을 고려할 수 있다 ("nested CBG example 2").

- a) $(M, N) = (1, 6)$ 인 경우, 1개 CBG만 구성되고 해당 CBG가 6개의 모든 CB들을 포함.
- b) $(M, N) = (2, 3)$ 인 경우, 2개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 3개의 CB를 포함. 예를 들어, CB index 집합 $\{0, 1, 2\}$ 와 $\{3, 4, 5\}$ 가 각각 하나의 CBG를 구성.
- c) $(M, N) = (3, 2)$ 인 경우, 3개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 2개의 CB를 포함. 예를 들어, CB index 집합 $\{0, 1\}$ 와 $\{2, 3\}$ 와 $\{4, 5\}$ 가 각각 하나의 CBG를 구성.
- d) $(M, N) = (6, 1)$ 인 경우, 6개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 1개의 CB만을 포함.

또 다른 일례로, TB를 구성하는 전체 CB 수를 $K = 9$ 로 가정하고 각각의 CB를 $k = 0, 1, \dots, 8$ 로 indexing한 상태에서, CBG 수를 $M = \{1, 2, 3, 6\}$ 로 설정하고 각각에 대응되는 CBG 사이즈를 $N = \{9, (5 \text{ or } 4), 3, (2 \text{ or } 1)\}$ 로 설정하는 다음과 같은 방식을 고려할 수 있다 ("nested CBG example 3").

- a) $(M, N) = (1, 9)$ 인 경우, 1개 CBG만 구성되고 해당 CBG가 9개의 모든 CB들을 포함.
- b) $(M, N) = (2, 5 \text{ or } 4)$ 인 경우, 총 2개의 CBG가 구성되고 하나의 CBG는 5개, 다른 하나의 CBG는 4개 CB를 각각 포함. 예를 들어, CB index 집합 $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ 와 $\{5, 6, 7, 8\}$ 이 각각 하나의 CBG를 구성.
- c) $(M, N) = (3, 3)$ 인 경우, 3개 CBG가 구성되고 CBG별로 서로 다른 3개의 CB를 포함. 예를 들어, CB index 집합 $\{0, 1, 2\}$ 와 $\{3, 4, 5\}$ 와 $\{6, 7, 8\}$ 이 각각 하나의 CBG를 구성.
- d) $(M, N) = (6, 2 \text{ or } 1)$ 인 경우, 총 6개의 CBG가 구성되고 이중 3개의 CBG는 2개 CB를, 다른 3개의 CBG는 1개 CB를 각각 포함. 예를 들어, CB index 집합 $\{0, 1\}$, $\{2, 3\}$, $\{4, 5\}$, $\{6\}$, $\{7\}$, $\{8\}$ 이 각각 하나의 CBG

를 구성.

따라서, 위와 같이 (4가지 서로 다른 (M, N) 조합에 기반하여) 구성된 전체 12 (=1+2+3+6)개의 CBG를 indexing하여, 이를 기반으로 (eNB에서) 재전송 스케줄링되는 CBG가 (DCI를 통해) indication되거나 및/또는 (UE에서) indication된 해당 CBG에 대한 A/N 피드백을 구성하여 전송하도록 동작할 수 있다.

한편, 스케줄링 대상 CBG indication을 위한 DCI overhead 및/또는 대응되는 A/N 피드백 구성을 위한 UCI overhead를 고려하여, 상기와 같은 nested 형태로 구성되는 전체 CBG 인덱스 수 L값이 TBS별로 동일하게 설정되거나, 혹은 TBS별로 CBG indication을 위한 bit overhead가 동일하도록 (예를 들어, $\text{ceiling}(\log_2(L))$ 값이 동일하도록) TBS별 L값이 설정될 수 있다.

- 4) 방법 A-4: 특정 수의 심볼 집합 (및 특정 수의 RB 집합)에 속한 CB들을 하나의 CBG로 구성
- 이 방법의 경우, TB가 전송되는 시간 구간 (및/또는 주파수 영역)을 복수의 심볼 집합 (및/또는 복수의 RB 집합)으로 분할한 상태에서, 각 심볼 집합 (및/또는 각 RB 집합)을 통해 전송되는 CB들이 하나의 CBG로 구성될 수 있다. 이 경우, 각 심볼 집합 (i.e. SG: Symbol Group) 내 심볼 수 혹은 단일 SG을 구성하는 심볼 수 (및/또는 각 RB 집합 (i.e. RBG) 내 RB 수 혹은 단일 RBG를 구성하는 RB 수) 정보가 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, UE는 이러한 방식으로 구성된 각 CBG별로 A/N 비트를 구성하여 전송할 수 있다.

또한, 이 경우에도 하나의 SG를 구성하는 심볼 수 혹은 TB 전송 시간 구간 내 구성된 전체 SG 수 (및/또는 하나의 RBG를 구성하는 RB 수 혹은 TB 전송 주파수 영역 내 구성된 전체 RBG 수)에 대해 상기 방법 A-3에서와 같은 tree 구조를 가지도록 CBG를 구성하는 방식도 가능하다. 상기 nested CBG example 1/2/3을 기반으로 예를 들면, TB를 구성하는 전체 심볼 (혹은 RB) 수를 $K = 16 \text{ or } 6 \text{ or } 9$ 로 가정하고 각각의 심볼 (혹은 RB)를 (상기 K값에 따라) $k = 0, 1, \dots, 15$ 또는 $k = 0, 1, \dots, 5$ 또는 $k = 0, 1, \dots, 8$ 로 indexing한 상태에서, 상기 nested CBG example 1/2/3에서와 유사한 형태로 서로 nested 구조 관계를 가지는 복수의 SG (혹은 RBG)를 구성할 수 있다. 또한, 상기 SG (및/또는 RBG) 사이즈 및 수의 경우 TB 사이즈에 관계없이 동일한 하나의 값으로 사전에 정의되거나, 혹은 TB 사이즈 별로 다른 (TB 사이즈에 비례적인) 값들로 사전에 정의될 수 있다.

한편, 이 방법을 적용했을 때에 하나의 CB가 복수의 SG (및/또는 RBG)에 걸쳐 매핑/전송되는 경우 해당 CB는, Opt 1) 가장 낮은 혹은 가장 높은 심볼 인덱스를 가지는 SG (및/또는 가장 낮은 혹은 가장 높은 RB 인덱스를 가지는 RBG)에 대응되는 CBG로 구성되거나, 혹은 Opt 2) 해당 CB의 coded bit를 가장 많이 포함하는 SG (및/또는 RBG)에 대응되는 CBG로 구성될 수 있다.

또 다른 방법으로, 하나의 CB가 복수의 SG (및/또는 RBG)에 걸쳐 매핑/전송되는 경우, eNB에서의 (재전송) 스케줄링을 위한 CBG 구성/지시 관점에서는 해당 CB를 해당 복수 SG (/RBG)에 대응되는 복수 CBG 모두에 공통적으로 포함되도록 설정하되, UE에서의 CBG별 A/N 피드백 구성 관점에서는 해당 CB를 해당 복수

Section 1

SG (/RBG)중 특정 하나에 대응되는 CBG에만 포함시킨 상태에서, 각 CBG별로 A/N 비트를 구성하여 전송하도록 동작할 수 있다. 이 경우 특징적으로, UE는 (A/N 피드백 구성 시) 해당 CB가 포함되는 특정 하나의 CBG를, 1) 해당 CB의 decoding 결과가 NACK인 경우에는 (스케줄링 관점에서 해당 CB를 포함하는 모든 복수 CBG중) 해당 CB를 제외해도 NACK인 CB가 포함되어있는 CBG가 존재하면 그 중 (상기 Opt 1/2 적용에 기반한) 하나로 선택하고, 그러한 CBG가 존재하지 않으면 (스케줄링 관점에서 해당 CB를 포함하는) 모든 복수 CBG중 (상기 Opt 1/2 적용에 기반한) 하나로 선택하도록 동작할 수 있으며, 2) 해당 CB의 decoding 결과가 ACK인 경우에도 (스케줄링 관점에서 해당 CB를 포함하는) 모든 복수 CBG중 (상기 Opt 1/2 적용에 기반한) 하나로 선택하도록 동작할 수 있다. 한편, 동일한 하나의 CB를 포함하는 복수 CBG가 동시에 스케줄링되는 경우 해당 CB는 한번만 전송되도록 동작할 수 있으며, 이때에도 해당 복수 CBG 인덱스 중 (상기 Opt 1/2 적용에 기반한) 특정 하나에만 포함된 형태로 전송될 수 있다. 상기 방식을 일반화하여, eNB의 스케줄링을 위한 CBG 구성/지시 관점에서 하나의 CB가 복수의 CBG에 공통적으로 포함되도록 설정하고, UE가 CBG별 A/N 피드백을 구성하는 관점에서 해당 CB를 해당 복수 CBG중 특정 하나에만 포함시키도록 동작할 수 있으며, 이 경우에 상기 방식이 적용될 수 있다.

또 다른 방안으로, 하나의 CB가 복수의 SG (및/또는 RBG)에 걸쳐 매핑/전송되는 것을 방지하기 위해 혹은 각 CBG에 속하는 data bit 수를 CBG간에 최대한 동일하게 맞추기 위해, 다음과 같은 방법을 고려할 수 있다. 스케줄링된 TBS를 A bit으로 가정하고 해당 TBS에 할당된 SG 또는 RBG (일반화하여 CBG) 수를 M으로 가정하면, 우선 각 CBG별로 (A / M) 혹은 $\text{ceiling}(A / M)$ 혹은 $\text{floor}(A / M)$ 개 data bit가 할당될 수 있다. 다음, 각 CBG별로 할당된 data bit 수를 상기 방법 X-1 또는 X-2 또는 X-3에서의 TBS에 해당하는 bit 수 C_k 로 대체한 상태에서, 방법 X-1/2/3를 적용하여 각 CBG에 속하는 복수의 CB를 구성할 수 있다. 한편, 상기와 같이 구성된 단일 CBG에 대한 coded bit은 하나의 SG 또는 RBG에만 매핑/전송될 수 있다.

한편, 하나의 SG를 구성하는 심볼 수를 data 전송에 할당된 심볼 수 그리고/또는 RB 수 (혹은 TBS)에 따라 변경하는 방식 또한 가능하다. 예를 들어, (CBG 수를 가급적 동일하게 만들기 위해) data 전송에 할당된 심볼 수가 클수록 SG당 심볼 수가 크게 구성될 수 있으며, (CBG 사이즈를 가급적 동일하게 만들기 위해) data 전송에 할당된 RB 수 (혹은 TBS)가 클수록 SG당 심볼 수는 작게 구성될 수 있다. 유사하게, 하나의 RBG를 구성하는 RB 수를 data 전송에 할당된 RB 수 그리고/또는 심볼 수 (혹은 TBS)에 따라 변경하는 방식 또한 가능하다. 예를 들어, (CBG 수를 가급적 동일하게 만들기 위해) data 전송에 할당된 RB 수가 클수록 RBG당 RB 수가 크게 구성될 수 있으며, (CBG 사이즈를 가급적 동일하게 만들기 위해) data 전송에 할당된 심볼 수 (혹은 TBS)가 클수록 RBG당 RB 수는 작게 구성될 수 있다.

5) 방법 A-5: 전체 CBG 수 M과 CBG 사이즈 (CBG내 CB 수) N을 TB 사이즈 (TBS) 별로 구성

이 방법의 경우, CBG 구성을 위한 (M, N) 조합을 각 TBS별로 (상이하계) 설정하는 방식이며, 여기서 스케줄링 대상 CBG indication을 위한 DCI bit 수 및/또는 대응되는 A/N 피드백 구성을 위한 UCI payload 사이즈의 경우, TBS별로 설정된 M값들중 최대값 $M_{\max}$ 에 기반하여 (예를 들어, $M_{\max}$ 또는 $\text{ceiling}(M_{\max} / K)$ 또는 $\text{ceiling}(\log_2(M_{\max}))$ 개의 비트로) 결정될 수 있다 (여기서, K는 양의 정수, 예를 들어 $K = 2$).

Section 1

또한 추가적인 방법의 하나로, 우선 TBS별로 적용될 (M, N) 조합의 집합을 TBS-CBG table로 칭하면, 이러한 TBS-CBG table 복수 개를 사전에 정의/설정해놓은 상태에서 해당 복수 table중 하나를 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링을 통해 UE에게 indication하는 방식을 고려할 수 있으며, 이 경우 동일한 TBS에 대응되는 (M, N) 조합이 해당 복수 TBS-CBG table간에 상이하게 구성될 수 있다. 이에 따라, UE는 indication된 해당 TBS-CBG table을 참조하여 DL/UL scheduling DCI를 통해 지시된 TBS에 대응되는 (M, N) 조합을 결정하고, 결정된 해당 (M, N) 조합에 기반하여 DL/UL data 송수신 및 A/N 피드백 전송을 수행하도록 동작할 수 있다.

또 다른 방법으로, 전체 TBS 집합을 복수의 TBS 범위 (range)로 나눈 상태에서 각 TBS range별로 상이한 CBG 구성 방법을 적용하는 방식을 고려할 수 있다. 일례로, 특정 TBS range 1 내에서는 상기 방법 A-1 또는 TBS별로 CBG 수 M을 상이하게 (또는, CBG 사이즈 N을 동일하게) 구성하는 방법을 적용하는 반면, 다른 TBS range 2에 대해서는 상기 방법 A-2 또는 TBS별로 CBG 수 M을 동일하게 구성하는 방법을 적용할 수 있으며, 이 경우 DCI overhead 및/또는 UCI payload를 고려하여 TBS range 2는 TBS range 1에 속한 TBS들보다 큰 TBS들로 구성될 수 있다. 또 다른 방법으로, 복수의 TBS range 각각에 대해 동일한 CBG 구성 방법을 적용하되 TBS range간에는 CBG 수/사이즈 파라미터 값을 상이하게 적용하는 방식 또한 가능하다. 일례로, TBS range 1/2 각각에 대해 상기 방법 A-2 또는 TBS별로 CBG 수 M을 동일하게 구성하는 방법을 적용하되 TBS range 1과 2간에는 상이한 M값이 설정될 수 있으며, 이 경우 TBS range 2의 M이 TBS range 1의 M보다 큰 값으로 설정될 수 있다. 또 다른 일례로, TBS range 1/2 각각에 대해 상기 방법 A-1 또는 TBS별로 CBG 사이즈 (CBG별 CB 수) N을 동일하게 구성하는 방법을 적용하되 TBS range 1과 2간에는 상이한 N값이 설정될 수 있으며, 이 경우 TBS range 2의 N이 TBS range 1의 N보다 큰 값으로 설정될 수 있다.

- 6) 방법 A-6: data-to-resource mapping 이전에 동일한 CBG에 속한 CB간에 interleaving을 적용
- 이 방법의 경우, 특정 (예를 들어, time-selective한) 패턴을 가지는 interference (예를 들어, 상기와 같은 URLLC puncturing 동작) 영향을 고려하여 data-to-resource (RE) mapping (예를 들어, frequency-first manner에 기반한 RE 매핑) 이전에, 동일한 하나의 CBG에 속한 복수 CB (coded bit)간에 inter-CB interleaving을 적용하는 방식이다. 구체적으로는 동일한 하나의 CBG에 속한 복수 CB (coded bit)에 대하여, 1) 각 CB 내에서의 intra-CB interleaving을 먼저 적용한 상태에서 추가로 inter-CB interleaving을 적용하거나, 혹은 2) (CBG 기반의 HARQ 동작이 설정된 경우에는) intra-CB interleaving을 생략한 상태에서 inter-CB interleaving만을 적용하는 방식을 고려할 수 있다.

한편, 상기 모든 제안 방법에서 M, N, K값의 경우, 서로 다른 TB 사이즈에 대해 각각 동일한 값으로 설정/지시되거나, 혹은 서로 다른 TB 사이즈에 대해 각각 상이한 값으로 설정/지시되거나, 혹은 TB 사이즈에 따라 일부 (e.g. N)에 대해서는 동일한 값으로, 나머지 (e.g. M, K)에 대해서는 각각 상이한 값으로 설정/지시될 수 있다. 또한, 하나의 DL data 스케줄링/전송이 복수의 slot에 걸쳐 수행되는 방식을 고려할 경우, 상기 제안 방법에서의 하나의 심볼 집합 (SG)이 slot으로 구성/설정 (이 경우, 상기에서 심볼 인덱스는 slot 인덱스로 대체하여 적용)될 수 있다.

(B) HARQ-ACK 피드백 방법

- 1) 방법 B-1: CBG 인덱스 상으로 모든 NACK이 포함된 (최소) 범위를 피드백으로 구성/전송
- 이 방법의 경우, CBG 구성 방식 (예를 들어, CBG 수/사이즈)이 주어진 상태에서 time-selective한 간섭에 의한 연속된 CBG 인덱스에 걸친 decoding error (i.e. NACK)를 고려하여, 1) UE가 (CBG 인덱스 상으로) 첫 번째 NACK인 CBG 인덱스와 마지막 NACK인 CBG 인덱스를 eNB에 피드백하거나, 혹은 2) 첫 번째 NACK인 CBG 인덱스 그리고 첫 번째 NACK과 마지막 NACK간 distance를 피드백하도록 동작할 수 있다. 여기서 1)과 2)의 경우 특징적으로, 상기 2-18에서의 UL resource allocation type 0에 적용되는 RIV indication 방식 또는 UL resource allocation type 1에 적용되는 combinatorial index 방식을 사용하여 시그널링될 수 있다. 이 경우, CBG 구성 방식은 상기 제안 방법 A-1/2/3/4를 포함할 수 있다.

추가적인 방법으로, 복수의 CBG 구성 방식 (예를 들어, CBG 수/사이즈)중 하나를 UE가 직접 선택하고, 선택된 해당 CBG 구성을 토대로, 1) 상기와 같이 NACK이 포함된 (최소) CBG 범위를 결정하여 해당 NACK CBG 범위와 선택된 CBG 구성 정보를 함께 eNB에 피드백하거나, 혹은 2) 각 CBG별로 개별적인 A/N 비트를 구성하여 (선택된 CBG 구성 정보와 함께) eNB에 피드백하는 방식도 가능하다. 이 경우에도, CBG 구성 방식은 상기 제안 방법 A-1/2/3/4를 포함할 수 있다.

또한 추가적으로, eNB로부터의 CBG 스케줄링에도 상기 방법이 적용될 수 있으며, 구체적으로 1) (재)전송이 수행될 첫 번째와 마지막 CBG 인덱스, 혹은 2) 첫 번째 CBG 인덱스와 (재)전송될 전체 CBG 수 L이 DL data scheduling DCI를 통해 indication될 수 있다. 이 경우, UE는 1) 첫 번째와 마지막 CBG 인덱스를 포함하여 그 사이에 있는 인덱스에 대응되는 CBG 집합, 혹은 2) 첫 번째 CBG 인덱스를 포함하여 이후 연속적인 L개 인덱스에 대응되는 CBG 집합이, 해당 DCI를 통해 스케줄링되었다고 가정/간주한 상태에서 (수신) 동작할 수 있다.

- 2) 방법 B-2: tree 구조의 CBG 구성에서 모든 NACK이 포함된 (최소 사이즈의) CBG를 피드백
- 이 방법의 경우, 상기 방법 A-3에서와 같은 tree 구조를 기반으로 한 복수의 CBG 구성 (예를 들어, (M, N) 조합)이 주어진 상태에서, UE가 하나의 특정 CBG 구성을 선택하고 선택된 해당 CBG 구성을 토대로 모든 NACK을 포함하는 CBG 인덱스를 결정하여, 해당 NACK CBG 인덱스와 선택된 CBG 구성 정보를 함께 eNB에 피드백하도록 동작할 수 있다. 여기서 NACK CBG의 경우, 모든 NACK을 포함하면서 최소 사이즈를 가지는 하나의 CBG로 선택되는 것이 바람직할 수 있으며, 이는 다시 말해 UE는 먼저 tree 구조를 가지는 복수의 CBG 구성들 중 단일 CBG가 최소 사이즈로 모든 NACK을 포함하도록 하는 특정 CBG 구성을 선택하고, 선택된 해당 CBG 구성을 토대로 모든 NACK을 포함하는 하나의 CBG 인덱스를 결정하여, 이를 (선택된 CBG 구성 정보와 함께) eNB에 피드백하도록 동작할 수 있다.

또한 이와 유사하게, 상기 방법 A-4에서와 같은 SG (및/또는 RBG) 기반의 tree 구조를 가지는 (서로 다른 SG/(RBG) 사이즈/수를 기반으로 하는) 복수의 CBG 구성이 주어진 상태에서, UE가 특정 SG/(RBG)를 기반

Section 1

으로 한 하나의 CBG 구성을 선택하고 선택된 해당 CBG 구성을 토대로 모든 NACK을 포함하는 CBG 인덱스를 결정하여, 해당 NACK CBG 인덱스와 선택된 CBG 구성 (또는 이에 대응되는 SB(/RBG) 구성) 정보를 함께 eNB에 피드백하는 방식도 가능하다.

추가적으로, eNB로부터의 CBG 스케줄링에도 상기 방법이 적용될 수 있으며, 구체적으로 상기 방법 A-3 또는 A-4에서와 같은 tree 구조를 가지는 복수의 CBG 구성 (예를 들어, M 및/또는 N (조합) 또는 SG(/RBG) 사이즈/수)이 주어진 상태에서, 하나의 특정 CBG 구성에 기반한 하나의 CBG 인덱스가 DL data scheduling DCI를 통해 indication될 수 있다. 이 경우, UE는 해당 CBG 인덱스에 속한 CBG 집합이 해당 DCI를 통해 스케줄링되었다고 가정/간주한 상태에서 (수신) 동작할 수 있다.

- 3) 방법 B-3: 하나의 HARQ process 동안 CBG 구성 및 대응되는 A/N 구성을 동일하게 유지
이 방법의 경우, 특정 CBG의 A/N error로 인한 불필요한 RLC 레벨의 DL data 재전송을 방지하기 위하여 하나의 HARQ process가 수행되는 동안 (즉, 종료될 때까지) (eNB에서의 재전송 (CBG) 스케줄링 (indication)을 위한) CBG 구성 및 해당 CBG 구성에 대응되는 A/N 피드백 구성을 동일하게 유지할 수 있으며, 구체적으로는 특정 HARQ process ID를 가지는 DL data 스케줄링/전송에 최초 적용/지시된 CBG 구성 및 대응되는 A/N 피드백 구성을 해당 process 종료까지 (예를 들어, 해당 DL data의 TB를 구성하는 모든 CB에 대해 decoding에 성공할 때까지, 혹은 동일한 HARQ process ID로 (NDI가 toggle된) 새로운 DL data 스케줄링이 시작되기 전까지) 동일하게 유지하도록 동작할 수 있다. 상기에서, 최초 적용/지시되는 CBG 및 A/N 구성 정보는 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링 (예를 들어, (initial) DL data scheduling DCI)을 통해 UE에게 indication될 수 있다.

한편, 이 경우 UE는 각 CBG별로 A/N 비트를 구성하여 피드백하되, 각각의 CBG에 대하여 decoding에 성공하기 전까지 (해당 CBG의 스케줄링 유무에 관계없이) 해당 CBG에 대해 NACK으로 피드백하도록 동작할 수 있으며, decoding에 성공한 시점부터는 (해당 CBG의 스케줄링 유무에 관계없이, 그리고 대응되는 HARQ process 종료까지) 해당 CBG에 대해 ACK으로 피드백하도록 동작할 수 있다.

- 4) 방법 B-4: 스케줄링된 CB/CBG 수에 따라 대응되는 A/N 전송 timing delay를 다르게 설정
이 방법의 경우, 동일한 하나의 TB (사이즈)에 대하여 동시에 스케줄링된 CB 수 또는 CBG 수에 따라 대응되는 A/N 전송 timing delay (즉, DL data 수신과 대응되는 A/N 피드백 전송간 시간 간격)를 다르게 설정하는 것을 고려할 수 있으며, 구체적으로는 스케줄링된 CB 또는 CBG 수가 적을수록 대응되는 A/N delay가 작게 설정될 수 있다. 일례로, TB 전체, 즉 모든 CB가 스케줄링된 경우에 비해 일부 CB 또는 CBG가 스케줄링된 경우에 대응되는 A/N delay가 더 작게 설정될 수 있고, 동일한 CBG 사이즈 (즉, CBG 구성 CB 수)를 가정했을 때에 더 적은 수의 CBG가 스케줄링된 경우에 대응되는 A/N delay가 더 작게 설정될 수 있으며, 스케줄링된 CBG 수가 동일했을 경우 CBG 사이즈가 더 작게 구성된 경우에 대응되는 A/N delay가 더 작게 설정될 수 있다.

- 5) 방법 B-5: DL data 스케줄링과 A/N 피드백간에 CBG 구성 (CBG 수/사이즈)을 다르게 설정

Section 1

이 방법의 경우, DL data 스케줄링/전송에 적용되는 (예를 들어, DL data scheduling DCI를 통해 indication되는) CBG 구성 (예를 들어, CBG 수/사이즈)과 해당 DL data 수신에 대응되는 A/N 피드백에 적용되는 CBG 구성을 상이하게 설정하는 것을 고려할 수 있으며, 구체적으로는 DL data 스케줄링 (DCI를 통한 indication)을 위한 (M, N) 조합과 A/N 피드백 구성을 위한 (M, N) 조합이 다른 값들로 설정될 수 있다. 일례로, DL data 스케줄링에는 (M1, N1) 조합이, A/N 피드백에는 (M2, N2) 조합이 각각 설정될 수 있으며, 이에 따라 M1 > M2 (및 N1 < N2)로 설정된 case 1과 M1 < M2 (및 N1 > N2)로 설정된 case 2를 비교할 경우, case 1은 DCI 비트 수는 증가하는 반면 재전송 DL data 자원 및 A/N 피드백 비트 수는 감소할 수 있으며, case 2는 DCI 비트 수는 감소하는 반면 재전송 DL data 자원 및 A/N 피드백 비트 수는 증가할 수 있다.

- 6) 방법 B-6: 스케줄링된 복수 CBG에 대해 각 CBG별로 A/N 전송 timing delay를 다르게 설정
- 이 방법의 경우, 동시에 스케줄링된 복수의 CBG에 대하여 각 CBG별로 A/N 전송 timing delay를 다르게 설정하는 (즉, CBG별 A/N을 TDM시켜 전송하는) 것을 고려할 수 있으며, 구체적으로는 더 낮은 심볼 (또는 slot) 인덱스를 통해 전송된 CBG에 대응되는 A/N delay가 더 작게 (상대적으로 더 빠른 심볼 (또는 slot) timing을 통해 피드백되도록) 설정될 수 있다.
- 7) 방법 B-7: (M개 CBG로 구성된) TB 단위의 (재)전송 스케줄링에 대응되는 A/N 피드백 구성
- 이 방법의 경우, TB 단위의 A/N 비트 구성과 CBG 단위의 A/N 비트 구성 중 어느 방식으로 A/N 피드백을 수행할지에 대하여 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링 (예를 들어, (initial) DL data scheduling DCI)을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, CBG 단위의 A/N 비트 구성인 경우에는 대응되는 A/N payload 사이즈 (및 해당 A/N 전송을 위한 PUCCH format)가 semi-static (e.g. RRC) 시그널링을 통해 설정될 수 있다. 이 경우, 주어진 (고정된) A/N payload 사이즈 (예를 들어, M개 비트)에 따라 TB를 구성하는 전체 CBG 수가 (예를 들어, 전체 A/N 비트 수와 동일한 M으로) 결정될 수 있고, 이에 따라 서로 다른 TB 사이즈에 대해서도 TB 구성 CBG 수 (M)는 동일하게 설정될 수 있으며, 따라서 TB 사이즈에 따라 하나의 CBG를 구성하는 CB 수가 다르게 (예를 들어, TB 사이즈에 비례적인 값으로) 설정될 수 있다. 한편, TB를 구성하는 전체 CB 수가 주어진 A/N payload 사이즈와 동일하거나 그보다 작은 경우, CB에 대한 grouping없이 각 CB별로 A/N 비트를 할당하는 방식으로 전체 A/N 피드백이 구성될 수 있으며, 전체 CB 수 N이 주어진 A/N payload 사이즈 M (비트)보다 작은 경우, 1) CB별 A/N에 할당되지 않은 나머지 (M - N) 개 비트는 NACK으로 처리하거나 혹은 2) A/N payload 사이즈 자체를 전체 CB 수와 동일하게 N (비트)으로 변경하도록 동작할 수 있다.

한편, TB 사이즈 별로 해당 TB를 구성하는 CB 수 및 이에 기반한 CBG 구성 (예를 들어, TB를 구성하는 전체 CBG 수 M 및 단일 CBG를 구성하는 CB 수 N)이 미리 정해진 규칙에 따라 결정될 수 있으며, 주어진 TB에 설정된 CBG 수에 기반하여 A/N payload 사이즈 및 대응되는 PUCCH format이 설정될 수 있다. 예를 들어, TB 사이즈 (이에 따른 전체 CBG 수 M)별로 CBG 단위 A/N 전송에 사용되는 PUCCH format 및 후보 PUCCH resource 세트가 독립적으로 (상이하게) 설정될 수 있다. 또한, M값 및/또는 대응되는 PUCCH format이 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링 (예를 들어, DL data scheduling DCI)을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, 일례로 M값과 PUCCH format (및 후보 PUCCH resource 세

Section 1

트)의 조합 복수 개를 사전에 지정해놓은 상태에서 DCI를 통해 특정 하나의 조합이 indication되거나 (예를 들어, M값이 지시되면 해당 M값에 사전 지정된 PUCCH format (및 후보 PUCCH resource 세트)이 자동 결정되거나, 또는 PUCCH format이 지시되면 해당 PUCCH format에 사전 지정된 M값이 자동 결정될 수 있음), 혹은 RRC 및/또는 DCI를 통해 M값과 PUCCH format이 각각 독립적으로 indication될 수 있다.

또 다른 방법으로, N값 및/또는 대응되는 PUCCH format이 semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링 (예를 들어, DL data scheduling DCI)을 통해 UE에게 indication될 수 있으며, 일례로 복수의 N값과 이에 따른 복수의 (M, PUCCH format (및 후보 PUCCH resource 세트)) 조합을 사전에 지정해놓은 상태에서 DCI를 통해 특정 하나의 조합이 indication되거나 (예를 들어, N값이 지시되면 이에 따른 M값에 지정된 PUCCH format (및 후보 PUCCH resource 세트)이 자동 결정되거나, 또는 PUCCH format이 지시되면 이에 따른 A/N payload 사이즈 (예를 들어, M개 비트)를 기준으로 전체 CBG 수 및 CBG당 CB 수가 자동 결정될 수 있음), 혹은 RRC 및/또는 DCI를 통해 N값과 PUCCH format이 각각 독립적으로 indication될 수 있다.

8) 방법 B-8: (TB를 구성하는 M개 CBG중) 일부 CBG 재전송에 대응되는 A/N 피드백 구성

이 방법의 경우, TB를 구성하는 전체 M개 CBG중 L개 ($L < M$) 이하의 CBG에 대한 재전송 스케줄링 시, Opt 1) (상기 방법 B-7에서와 같은) TB 단위 (재)전송에 대응되는 A/N 피드백의 경우와 동일한 A/N payload 사이즈 (예를 들어, M개 비트)가 적용되거나 (이에 따라, 예를 들어 실제 A/N은 L개 비트에만 매핑되고 나머지 ($M - L$)개 비트는 NACK으로 처리될 수 있음), 혹은 Opt 2) TB 단위 (재)전송에 대응되는 A/N 피드백의 경우와 다른 (예를 들어, 더 작은) A/N payload 사이즈 (및 PUCCH format)가 적용될 수 있으며, 상기 Opt 2의 경우 A/N payload 사이즈 (및 PUCCH format)은 스케줄링된 CBG 수 L값에 따라 변경 (예를 들어, L개 비트만으로 구성)될 수 있다. 이 경우 L은, semi-static (e.g. RRC) 시그널링을 통해 하나의 값으로 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링 (예를 들어, DL data scheduling DCI)을 통해 동적으로 변경되는 값으로 UE에게 indication될 수 있으며, 전자의 경우 CBG 단위의 스케줄링 DCI를 통해 전체 M개 CBG중 최대 L개까지의 CBG에 대한 스케줄링이 가능하도록 대응되는 CBG indication 시그널링이 구성될 수 있다. 또한 추가적으로, TB를 구성하는 전체 M개 CBG중 L개 ($L < M$) 이하의 CBG에 대해서만 (eNB로부터의) 재전송 스케줄링이 수행되도록 설정될 수 있으며, 이 경우 만약 스케줄링 대상 CBG 수가 L개를 초과하면 TB 단위의 스케줄링 (DCI 전송)을 수행하도록 동작할 수 있다.

한편, 상기 Opt 1과 Opt 2의 경우 기본적으로 TB 스케줄링/전송에 최초 적용/지시된 CBG 구성 (예를 들어, TB를 구성하는 전체 CBG 수 M 및 단일 CBG를 구성하는 CB 수 N)이 HARQ process 동안 동일하게 유지됨을 가정하여 적용될 수 있으며, 추가적으로 Opt 1의 경우 A/N payload 사이즈는 TB 단위 (재)전송을 기준으로 (예를 들어, M개 비트로) 설정하되 실제 스케줄링된 CBG에 대해서만 A/N 피드백을 구성하기 위하여, 스케줄링된 L개 CBG (각각이 N개의 CB로 구성) 전체에 속한 CB들을 다시 (N보다 작은 수의 CB로 구성된) M개 CBG로 재구성하여 이를 기준으로 한 CBG 단위의 A/N 비트 할당에 따른 전체 A/N 피드백이 구성될 수 있다. 한편, 상기 Opt 2에서의 A/N 피드백에 대응되는 CBG 재전송 스케줄링 DCI의 경우, 1) A/N payload 사이즈 변경에 관계없이 전체 CBG 수 M을 기준으로 한 재전송 CBG indication, 혹은 2) UE가 NACK으로 피드백한 (M개 이하의) CBG 집합을 전체 CBG 구성으로 가정한 상태에서의 CBG indication 형

태로 대응되는 시그널링이 구성될 수 있다.

또한 추가적으로, CBG (재전송) 스케줄링에 대하여 상기 Opt 1에서와 같이 스케줄링된 CBG 수에 관계없이 항상 (고정된) 동일한 A/N payload 사이즈 (및 PUCCH format)를 적용할지, 아니면 상기 Opt 2에서와 같이 스케줄링된 CBG 수에 따라 A/N payload 사이즈 (및 PUCCH format)를 (동적으로) 변경 적용할지에 대하여, semi-static (e.g. RRC) 혹은 dynamic (e.g. DCI) 시그널링 (예를 들어, DL data scheduling DCI)을 통해 UE에게 indication해주는 방식도 가능하다.

- 9) 방법 B-9: (TB를 구성하는 M개 CBG중) 일부가 NACK인 경우에만 CBG 단위의 A/N 피드백
- 이 방법의 경우, TB를 구성하는 전체 M개 CBG중 NACK인 CBG 수가 L개 ($L < M$) 이하인 경우에만 CBG 단위의 A/N 피드백을 구성/전송할 수 있으며 (예를 들어, 각 CBG별로 개별적인 A/N 비트를 할당), NACK인 CBG 수가 L개를 초과하는 경우에는 TB 단위의 A/N 피드백을 구성/전송하도록 동작할 수 있다. 이 경우, L개 이하의 NACK에 대해서만 CBG 단위 A/N 피드백을 구성하기 때문에, CBG 단위 (재전송) 스케줄링 DCI를 통한 재전송 CBG (인덱스) indication 역시 1) 전체 M개중 L개 이하의 CBG에 대한 indication 형태이거나, 혹은 2) UE가 NACK으로 피드백한 (L개 이하의) CBG 집합을 전체 CBG 구성으로 가정한 상태에서의 CBG indication 형태로 대응되는 시그널링이 구성될 수 있다. 또한 이 경우, 세부적으로 $i = \{1, \dots, L\}$ 일 때 모든 i값에 대하여 전체 M개 CBG중 i개 CBG를 선택하는 모든 조합을 인덱싱하여, UE는 해당 인덱스들 중 하나를 NACK인 CBG 집합으로 eNB에게 피드백하는 방식을 고려할 수 있다.

- 10) 방법 B-10: 최대 CBG 수가 M개로 제한되는 형태의 CBG 재전송 스케줄링 및 A/N 피드백
- 이 방법의 경우, eNB 스케줄링 관점에서 전체 CBG 구성을 M개 이하의 Mr개 CBG로 구성하고 그 중에서 L개 ($L \leq Mr \leq M$)의 CBG에 대한 재전송을 UE에게 indication하도록 동작할 수 있으며, 이때 M은 적어도 하나의 TB 전송 혹은 하나의 HARQ process 동안 고정된 값을 가지는 반면 Mr (및 L)값은 (재전송) 스케줄링 시점마다 변경될 수 있다.

이 경우, UE는 A/N 피드백 관점에서 Opt 1) 가능한 최대 CBG 수 M을 기반으로 A/N 피드백을 구성 (예를 들어, 전체 A/N payload 사이즈를 M개 비트로 구성하되 실제 스케줄링되지 않은 CBG에 대응되는 $(M - L)$ 개 비트에 대해서는 NACK 또는 DTX로 처리)하거나, 혹은 Opt 2) 스케줄링 시점에서의 전체 CBG 수 Mr을 기반으로 A/N 피드백을 구성 (예를 들어, 전체 A/N payload 사이즈를 Mr개 비트로 구성하되 실제 스케줄링되지 않은 CBG에 대응되는 $(Mr - L)$ 개 비트에 대해서는 NACK 또는 DTX로 처리)하거나, 혹은 Opt 3) 스케줄링된 CBG 수 L을 기반으로 A/N 피드백을 구성 (예를 들어, 전체 A/N payload 사이즈를 L개 비트로 구성하여 스케줄링된 CBG별로 A/N 비트를 매핑/전송)하도록 동작할 수 있다. 상기 Opt 2/3의 경우, Mr값 혹은 L값에 따라 A/N payload 사이즈가 변경될 수 있으며, 이에 따라 (서로 다른 Mr값 혹은 서로 다른 L값에 기반한) A/N 피드백 전송에 사용되는 PUCCH format (및 후보 PUCCH resource 세트) 역시 변경 (즉, Mr값 혹은 L값에 따라 상이하게 설정)될 수 있다.

또한 이 경우, eNB에서의 재전송 스케줄링을 위한 전체 Mr개의 CBG 구성은, TB를 구성하는 전체 CB 집

Section 1

합에 대하여 구성되거나 (즉, 전체 CBG 집합이 TB 전체와 동일), 혹은 전체 CB중 특정 일부에 국한하여 구성될 수 있다 (즉, 전체 CBG 집합이 TB의 일부에 해당). 전자의 경우, 하나의 TB 전송 혹은 하나의 HARQ process에 대하여 특정 스케줄링 시점에서의 $M_{r,k}$ 값은 이전 스케줄링 시점에서의 $M_{r,k}$ 값보다 항상 작거나 동일한 값으로만 설정되도록 제한될 수 있다. 후자의 경우 해당 특정 일부 CB는, 1) 이전 스케줄링 시점에서 스케줄링된 L개 CBG에 속한 CB 집합으로 고려되거나, 혹은 2) 스케줄링된 L개 CBG중 UE로부터 NACK으로 피드백된 CBG에 속한 CB 집합으로 고려될 수 있다.

11) 방법 B-11: A/N 피드백 전송 이전에 재전송 스케줄링된 (subsequent) CBG에 대한 처리

특정 TB (이를 “original TB”로 칭함) 수신에 대응되는 A/N 피드백 (이를 “first A/N”으로 칭함) 전송 이전 시점을 통해 동일 TB에 대한 CBG 재전송이 스케줄링된 상황에서 (이를 “subsequent CBG”로 칭함), 해당 subsequent CBG에 대한 수신 combining까지 반영한 A/N 피드백을 상기 first A/N 시점을 통해 전송하는 동작이, subsequent CBG에 대한 decoding 종료 시점이 너무 늦어짐에 따라 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 여기서의 수신 combining은, 이전에 수신된 신호가 저장된 버퍼를 비운 (flush한) 후 subsequent CBG를 저장하는 동작을 의미할 수 있다. 이 경우 UE는, 1) 우선 original TB에 대해서만 decoding 결과에 따른 A/N 피드백을 first A/N 시점을 통해 전송하고 subsequent CBG에 대해서는 (이후 시점에서의 A/N 피드백을 위해) 수신 combining을 수행하거나, 혹은 2) subsequent CBG의 수신 combining까지 반영한 decoding 결과에 따른 A/N 피드백을 first A/N 시점보다 특정 delay만큼 늦은 시점을 통해 전송하도록 동작할 수 있으며, 이때 first A/N 시점에서의 A/N 전송은 생략 (drop)되거나 또는 original TB에 대한 A/N만 전송될 수 있다.

한편, UL data 스케줄링 상황에서도 상기와 유사하게 특정 (original) TB 전송 이전 시점을 통해 동일 TB에 대한 (subsequent) CBG 재전송이 스케줄링될 수 있으며, 여기서 original TB 전송 시점 (이를 “TX timing 1”으로 칭함)과 subsequent CBG 전송 시점 (이를 “TX timing 2”로 칭함)은 서로 다르면서 TX timing 2가 TX timing 1보다 느린 시점으로 지시될 수 있다. 이 경우 UE는 TX timing 1을 통해서는 스케줄링된 original TB 신호 중에서 subsequent CBG에 해당하는 CBG를 제외 (예를 들어, 해당 CBG가 매핑된 RE/RB/심볼에 대해 puncturing)한 나머지 신호만을 전송하도록 동작할 수 있으며, TX timing 2를 통해서는 재전송 스케줄링된 subsequent CBG를 그대로 전송할 수 있다.

또한, DL data에 대한 cross-slot 스케줄링 상황에서도 상기와 유사하게 특정 (original) TB 수신 이전 시점을 통해 동일 TB에 대한 (subsequent) CBG 재전송이 스케줄링될 수 있으며, 여기서 original TB 수신 시점 (이를 “TX timing 1”으로 칭함)과 subsequent CBG 수신 시점 (이를 “TX timing 2”로 칭함)은 서로 다르면서 TX timing 2가 TX timing 1보다 느린 시점으로 지시될 수 있다. 이 경우 UE는 TX timing 1을 통해서는 스케줄링된 original TB 신호 중에서 subsequent CBG에 해당하는 CBG를 제외 (예를 들어, 해당 CBG가 매핑된 RE/RB/심볼에 대해 puncturing)한 나머지 신호만을 수신하도록 동작할 수 있으며, TX timing 2를 통해서는 재전송 스케줄링된 subsequent CBG를 그대로 수신할 수 있다.

(C) Soft buffer 운영 방법

Section 1

1) 방법 C-1: NACK인 CBG에 속한 CB 수의 총합을 기준으로 CB당 최소 buffer 사이즈를 결정

이 방법의 경우, 하나의 HARQ process 혹은 하나의 TB에 할당된 TB당 (최소) buffer 사이즈 (Bt)에 대하여, UE가 (eNB에) NACK으로 피드백한 CBG(들)에 속한 CB 수의 총합 (Cn)으로 나눈 buffer 사이즈 (Bc)를, UE 수신 관점에서의 CB당 최소 buffer 사이즈 (예를 들어, 상기 TB 전송에 대하여 각 CB별로 UE가 buffer에 저장해야 하는 최소 (soft channel) 비트 수)로 결정하는 방식을 고려할 수 있으며 (예를 들어, $B_c = B_t / C_n$), 이에 대한 구체적인 일례로 상기 2-19에서의 아래 수식에서 C를 Cn으로 대체하여 적용하는 것을 고려할 수 있다.

$$n_{SB} = \min \left(N_{cb}, \left\lfloor \frac{N'_{soft}}{C \cdot N_{cells}^{DL} \cdot K_{MIMO} \cdot \min(M_{DL_HARQ}, M_{limit})} \right\rfloor \right)$$

이 경우, TB 단위의 A/N 피드백을 기반으로 하는 기존 방식과 비교했을 때 (예를 들어, $C > C_n$ 인 관계로) CB당 최소 buffer 사이즈를 증가시킬 수 있는 장점이 있으며, 이때 하나의 HARQ process 혹은 하나의 TB 전송에 적용되는 Cn의 경우, 1) CBG 단위로 구성된 최초 A/N 피드백 (이중 NACK인 CBG)만을 기준으로 결정 (즉, 이렇게 결정된 Cn을 HARQ process 종료까지 동일하게 적용)하거나, 혹은 2) A/N 전송 시점마다 각 시점에서의 A/N 피드백 (이중 NACK인 CBG)을 기준으로 결정 (즉, Cn을 매 스케줄링/피드백 시점에서의 NACK CBG에 따라 결정하여 적용)하도록 동작할 수 있다.

2) 방법 C-2: 재전송 CBG 신호에 대한 eNB에서의 (limited/circular buffer) rate-matching 동작

이 방법의 경우, eNB 관점에서 (UE로부터) NACK으로 피드백된 혹은 재전송이 필요한 전체 CBG를 기준으로 (limited/circular buffer) rate-matching을 수행할 때에, A/N error로 인해 eNB 관점에서의 NACK CBG와 UE가 피드백한 NACK CBG간 불일치가 발생할 수 있는데, 이러한 불일치를 없애기 위하여 1) eNB는 (UE로부터) NACK으로 피드백된 (혹은, ACK 피드백을 수신하지 못한) 모든 CBG에 대해 항상 한꺼번에/동시에 재전송 스케줄링을 수행하도록 동작 (UE는 이를 가정/간주한 상태에서 동작)하거나 (즉, 일부 NACK CBG에 대해서만 재전송 스케줄링하는 동작을 허용하지 않음), 혹은 2) (eNB에서의 전체 NACK CBG중 일부에 대해서만 재전송 스케줄링하는 동작을 허용하되) eNB 관점에서 NACK으로 피드백된 혹은 재전송이 필요한 (혹은, ACK 피드백을 수신하지 못한) 전체 CBG 정보 (예를 들어, NACK CBG 수/인덱스)를 DL data scheduling DCI을 통해 UE에게 indication하는 동작을 고려할 수 있다.

이 경우에도, 하나의 HARQ process 혹은 하나의 TB에 할당된 TB당 (최소) buffer 사이즈 (Bt)에 대하여, eNB 관점에서 NACK으로 피드백된 혹은 재전송이 필요한 (혹은, ACK 피드백을 수신하지 못한) CBG(들)에 속한 CB 수의 총합 (Cn)으로 나눈 buffer 사이즈 (Bc)를, eNB 전송 관점에서의 CB당 최소 buffer 사이즈로 결정하는 방식을 고려할 수 있으며 (예를 들어, $B_c = B_t / C_n$), 이에 대한 구체적인 일례로 상기 2-19에서의 아래 수식에서 C를 Cn으로 대체하여 적용하는 것을 고려할 수 있다.

$$N_{cb} = \min \left(\left\lfloor \frac{N_{IR}}{C} \right\rfloor, K_w \right)$$

이때에도, TB 단위 재전송만을 적용하는 기존 방식과 비교했을 때 (예를 들어, $C > C_n$ 인 관계로) CB당 최소 buffer 사이즈를 증가시킬 수 있는 장점이 있으며, 하나의 TB 전송에 적용되는 C_n 의 경우, 1) 최초로 수행된 CBG 단위 재전송 시점을 기준으로 결정 (즉, 이렇게 결정된 C_n 을 HARQ process 종료까지 동일하게 적용)하거나, 혹은 2) CBG 단위 재전송 시점마다 결정 (즉, 각 시점을 기준으로 NACK으로 피드백된 혹은 재전송이 필요한 (혹은, ACK 피드백을 수신하지 못한) CBG 수에 따라 결정)하도록 동작할 수 있다.

3) 방법 C-3: CBG 단위의 스케줄링에 따른 A/N 피드백 PUCCH 전송에의 power offset 적용

이 방법의 경우, CBG 단위로 구성된 A/N 피드백을 나르는 PUCCH 전송에 부가/적용되는 power offset을, Opt 1) (ACK/NACK간 구분 없이) A/N 비트가 할당된 또는 A/N 피드백 대상이 되는 전체 CBG 수, 혹은 Opt 2) eNB로부터 스케줄링된 CBG 수, 혹은 Opt 3) 상기 방법 C-2에서의 eNB로부터 indication된 (eNB에서의) NACK CBG 수, 혹은 Opt 4) UE에서의 NACK CBG 수, 혹은 Opt 5) 상기 방법 B-3에서와 같은 A/N 피드백 구성 방식을 고려하여 상기 Opt 2에서의 CBG 수와, 스케줄링되지 않았지만 ACK으로 피드백한 CBG 수의 총합, 혹은 Opt 6) 상기 Opt 3에서의 CBG 수와, 스케줄링되지 않았지만 ACK으로 피드백한 CBG 수의 총합, 혹은 Opt 7) 특정 timing을 통한 A/N PUCCH 전송에 부가/적용되는 power offset을 해당 timing 이전 시점에 이미 ACK으로 피드백했던 CBG를 제외한 나머지 CBG 수, 등에 비례적인 값으로 결정하도록 (예를 들어, 상기 Opt 1/2/3/4/5/6/7에서의 CBG 수가 클수록 해당 power offset을 큰 값으로 부가/적용하도록) 동작할 수 있다.

(D) Mismatch 핸들링 방법

1) 방법 D-1: UE가 피드백한 CBG별 A/N 정보와 eNB로부터 재전송 스케줄링된 CBG간 불일치

이 방법의 경우, UE가 피드백한 CBG별 A/N 정보와 이에 대응되어 eNB로부터 재전송 스케줄링된 CBG 인덱스간에 (A/N error에 기인한) 불일치가 발생할 수 있는데, 예를 들면 eNB로부터 스케줄링된 CBG 인덱스에 UE가 NACK으로 피드백한 CBG 일부가 포함되어있지 않거나 그리고/또는 이미 ACK으로 피드백한 CBG가 포함되어있을 가능성이 있다. 이 경우, UE는 Opt 1) 스케줄링된 CBG중 이전에 NACK으로 피드백했던 CBG에 대해서는 combining후 decoding한 A/N 결과를 매핑하거나, 혹은 Opt 2) 스케줄링된 CBG중 이전에 ACK으로 피드백했던 CBG에 대해서는 (combining/decoding을 생략한 상태에서) 다시 ACK을 매핑하거나, 혹은 Opt 3) 모든 CBG에 대해 NACK을 매핑하거나, 혹은 Opt 4) TB 단위의 NACK 피드백 또는 TB 전체의 재전송 요청을 수행하거나, 혹은 Opt 5) 해당 CBG 스케줄링 DCI를 discard하도록 동작할 수 있다. 한편, 스케줄링된 CBG에 이전에 NACK으로 피드백했던 CBG 전체가 포함되어있는 경우에는 상기 Opt 1/2중 하나를 적용하고, 그렇지 않은 경우에는 상기 Opt 3/4/5중 하나를 적용하는 것도 가능하다.

2) 방법 D-2: TB 전체에 적용된 CRC와 CB 단위 및/또는 CBG 단위로 적용된 CRC간 불일치

이 방법의 경우, TB 전체에 적용된 CRC, CB 단위로 적용된 CRC, CBG 단위로 적용된 CRC간에 UE에서의 수신 CRC 체크 결과 (e.g. pass or fail)가 상이하게 나타날 수 있다. 일례로, CB 및/또는 CBG 단위의 CRC 체크 결과는 모두 pass인 반면 TB 전체의 CRC 체크 결과는 fail로 나타날 수 있으며, 반대로 적어도 하나

Section 1

의 CB 및/또는 CBG 단위의 CRC 체크 결과가 fail임에도 불구하고 TB 전체의 CRC 체크 결과는 pass로 나타날 수 있는데, 이 경우에 대하여 UE는 상기 Opt 3/4/5중 하나의 방식을 적용하도록 동작할 수 있다. 다른 일례로, 특정 하나의 CBG에 속한 CB 단위 CRC 체크 결과는 모두 pass인 반면 해당 CBG 전체의 CRC 체크 결과는 fail로 나타날 수 있으며, 반대로 특정 CBG에 속한 적어도 하나의 CB 단위 CRC 체크 결과가 fail임에도 불구하고 해당 CBG 전체의 CRC 체크 결과는 pass로 나타날 수 있는데, 이 경우에 대하여 UE는 해당 CBG에 대해 NACK으로 매핑하여 피드백하거나, 혹은 상기 Opt 3/4/5중 하나의 방식을 적용하도록 동작할 수 있다.

(E) CBG 스케줄링 DCI 구성

- 1) 방법 E-1: CBG 단위의 스케줄링 (DCI)에서 RV (Redundancy Version) 구성 및 설정
이 방법의 경우, CBG 단위의 (재전송) 스케줄링 DCI에서 RV 필드를, 1) TB 단위의 스케줄링 DCI에서의 RV 필드와 동일한 사이즈로 하나만 구성하되 해당 필드에 지시된 RV값을 스케줄링된 CBG 전체에 동일하게 적용하거나 (이때, RV값의 가짓수는 TB 단위 스케줄링의 경우와 동일), 혹은 2) 각 CBG별로 개별적인 RV 필드를 구성하되 각각의 사이즈를 TB 단위 스케줄링 DCI에서의 RV 필드보다 작게 구성할 수 있다 (단, RV값의 가짓수는 TB 단위 스케줄링의 경우보다 적음).
- 2) 방법 E-2: (TB를 구성하는 M개 CBG중) 일부 CBG에 대한 재전송 스케줄링 수행
이 방법의 경우, TB를 구성하는 전체 M개 CBG중 최대 L개 ($L < M$)까지의 CBG에 대해서만 재전송 스케줄링이 가능하도록 동작할 수 있으며, 이 경우 L은 semi-static (e.g. RRC) 시그널링을 통해 하나의 값으로 UE에게 indication될 수 있다. 이에 따라 eNB로부터의 CBG 단위 스케줄링 DCI를 통해 전체 M개 CBG중 최대 L개까지의 CBG가 indication될 수 있으며, L개를 초과한 CBG에 대한 재전송 스케줄링에 대해서는 TB 단위 스케줄링 DCI (혹은, DCI 내에 TB 단위 (재)전송 스케줄링을 지시하는 flag)가 적용될 수 있다. 또한 이 경우, 세부적으로 $i = \{1, \dots, L\}$ 일 때 모든 i값에 대하여 전체 M개 CBG중 i개 CBG를 선택하는 모든 조합을 인덱싱하여, 해당 인덱스들 중 하나에 해당하는 CBG 집합이 CBG 재전송 스케줄링 DCI를 통해 UE에게 indication되는 방식을 고려할 수 있다.

한편, UE에서의 TB decoding 동작에 대한 early termination을 고려하여, 1) 복수 CBG에 대하여 각 CBG별로 번갈아 가면서 CB 하나씩 순차적으로 decoding을 수행하거나 (예를 들어, CB1 in CBG-1 → CB1 in CBG-2 → ... CB1 in CBG-M → CB2 in CBG-1 → ...과 같은 순서로 decoding 수행), 혹은 2) 각 CBG별로 (인덱스상) 순차적으로 CBG 단위로 decoding을 수행하되 (예를 들어, CBs in CBG-1 → CBs in CBG-2 → ...과 같은 순서로 decoding 수행) NACK인 CBG가 발생되면 이후 모든 CBG (인덱스)에 대해 (decoding 동작을 생략하고) NACK을 피드백하도록 동작할 수 있다.

한편, SPS 방식을 기반으로 전송되는 DL/UL data에 대해서는 CBG 단위의 재전송 스케줄링 및 CBG별 A/N 피드백 구성 동작이 적용/설정되지 않을 수 있으며, 이에 따라 SPS 방식이 아닌 일반 스케줄링 기반 DL/UL data 전송에 대해서만 CBG 단위의 재전송 스케줄링 및 CBG별 A/N 피드백 구성 동작이 적용/설정될

Section 1

수 있고 SPS 기반 DL/UL data 전송에 대해서는 TB 단위 스케줄링 및 TB별 A/N 피드백 동작이 적용/설정될 수 있다. 또한, UE (group) CSS 기반의 DCI (혹은, 특정 DCI format) 전송을 통해 스케줄링되는 DL/UL data (그리고/또는 random access 과정에 수반되는 RAR로부터 스케줄링되는 Msg3 및 contention resolution 목적으로 전송되는 Msg4)에 대해서도 CBG 단위의 재전송 스케줄링 및 CBG별 A/N 피드백 구성 동작이 적용/설정되지 않을 수 있으며, 이에 따라 CSS가 아닌 USS 기반의 DCI 전송을 통해 스케줄링되는 DL/UL data 전송에 대해서만 CBG 단위의 재전송 스케줄링 및 CBG별 A/N 피드백 구성 동작이 적용/설정될 수 있고 CSS 기반의 DCI 전송을 통해 스케줄링되는 DL/UL data (및/또는 Msg3/4) 전송에 대해서는 TB 단위 스케줄링 및 TB별 A/N 피드백 동작이 적용/설정될 수 있다.

한편, 상기와 같은 의도적인 URLLC puncturing 동작이 co-channel inter-cell 환경에서 적용되는 상황을 고려할 경우, 적어도 특정 cell에서 전송되는 URLLC 신호가 다른 cell에서의 DL/UL data 수신에 사용되는 DMRS 신호에 미치는 간섭 영향은 최소화하는 것이 바람직할 수 있다. 이를 위해, 각 cell에서 DMRS 전송에 사용할 심볼 위치 정보 및/또는 각 cell에서 URLLC (puncturing) 전송에 사용할 심볼 위치 정보를, cell간에 서로 전달/교환하는 동작을 고려할 수 있다.

본 발명에서의 제안 방법들에 대한 적용은 DL data 스케줄링 및 전송 상황에만 국한되지 않을 수 있으며, (예를 들어, 상기에서 DL data (scheduling DCI)를 UL data (scheduling DCI)로 대체하여) UL data 스케줄링 및 전송 상황에도 제안 방법의 동작 원리 (예를 들어, TB에 따른 CB/CBG 구성, UL data 전송 timing 설정, CBG 스케줄링 DCI 구성 등)가 동일하게 적용될 수 있다.

5. Reference

- [1] 3GPP TS 36.211 V10.2.0, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 10)*
- [2] 3GPP TS 36.212 V10.2.0, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding (Release 10)*
- [3] 3GPP TS 36.213 V10.2.0, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Procedures (Release 10)*

DESCRIPTION OF THE RELATED ART

[0001] Universal mobile telecommunications system (UMTS) is a 3rd Generation (3G) asynchronous mobile communication system operating in wideband code division multiple access (WCDMA) based on European systems, global system for mobile communications (GSM) and general packet radio services (GPRS). The long-term evolution (LTE) of UMTS is under discussion by the 3rd generation partnership project (3GPP) that standardized UMTS.

[0002] The 3GPP LTE is a technology for enabling high-speed packet communications. Many schemes have been proposed for the LTE objective including those that aim to reduce user and provider costs, improve service quality, and expand and improve coverage and system capacity. The 3G LTE requires reduced cost per bit, increased service availability, flexible use of a frequency band, a simple structure, an open interface, and adequate power consumption of a terminal as an upper-level requirement.

[0003] FIG. 1 is a block diagram illustrating network structure of an evolved universal mobile telecommunication system (E-UMTS). The E-UMTS may be also referred to as an LTE system. The communication network is widely deployed to provide a variety of communication services such as voice (VoIP) through IMS and packet data.

[0004] As illustrated in FIG. 1, the E-UMTS network includes an evolved UMTS terrestrial radio access network (E-UTRAN), an Evolved Packet Core (EPC) and one or more user equipment. The E-UTRAN may include one or more evolved NodeB (eNodeB) 20, and a plurality of user equipment (UE) 10 may be located in one cell. One or more E-UTRAN mobility management entity (MME)/system architecture evolution (SAE) gateways 30 may be positioned at the end of the network and connected to an external network.

[0005] As used herein, “downlink” refers to communication from eNodeB 20 to UE 10, and “uplink” refers to communication from the UE to an eNodeB. UE 10 refers to communication equipment carried by a user and may be also referred to as a mobile station (MS), a user terminal (UT), a subscriber station (SS) or a wireless device.

[0006] An eNodeB 20 provides end points of a user plane and a control plane to the UE 10. MME/SAE gateway 30 provides an end point of a session and mobility management function for UE 10. The eNodeB and MME/SAE gateway may be connected via an S1 interface.

[0007] The eNodeB 20 is generally a fixed station that communicates with a UE 10, and may also be referred to as a base station (BS) or an access point. One eNodeB 20 may be deployed per cell. An interface for transmitting user traffic or control traffic may be used between eNodeBs 20.

[0008] The MME provides various functions including NAS signalling to eNodeBs 20, NAS signalling security, AS Security control, Inter CN node signalling for mobility between 3GPP access networks, Idle mode UE Reachability (including control and execution of paging retransmission), Tracking Area list management (for UE in idle and active mode), PDN GW and Serving GW selection, MME

selection for handovers with MME change, SGSN selection for handovers to 2G or 3G 3GPP access networks, Roaming, Authentication, Bearer management functions including dedicated bearer establishment, Support for PWS (which includes ETWS and CMAS) message transmission. The SAE gateway host provides assorted functions including Per-user based packet filtering (by e.g. deep packet inspection), Lawful Interception, UE IP address allocation, Transport level packet marking in the downlink, UL and DL service level charging, gating and rate enforcement, DL rate enforcement based on APN-AMBR. For clarity MME/SAE gateway 30 will be referred to herein simply as a "gateway," but it is understood that this entity includes both an MME and an SAE gateway.

[0009] A plurality of nodes may be connected between eNodeB 20 and gateway 30 via the S1 interface. The eNodeBs 20 may be connected to each other via an X2 interface and neighboring eNodeBs may have a meshed network structure that has the X2 interface.

[0010] FIG. 2 is a block diagram depicting architecture of a typical E-UTRAN and a typical EPC. As illustrated, eNodeB 20 may perform functions of selection for gateway 30, routing toward the gateway during a Radio Resource Control (RRC) activation, scheduling and transmitting of paging messages, scheduling and transmitting of Broadcast Channel (BCCH) information, dynamic allocation of resources to UEs 10 in both uplink and downlink, configuration and provisioning of eNodeB measurements, radio bearer control, radio admission control (RAC), and connection mobility control in LTE_ACTIVE state. In the EPC, and as noted above, gateway 30 may perform functions of paging origination, LTE-IDLE state management, ciphering of the user plane, System Architecture Evolution (SAE) bearer control, and ciphering and integrity protection of Non-Access Stratum (NAS) signaling.

[0011] FIGS. 3(a) and 3(b) are block diagrams depicting the user-plane protocol and the control-plane protocol stack for the E-UMTS. As illustrated, the protocol layers may be divided into a first layer (L1), a second layer (L2) and a third layer (L3) based upon the three lower layers of an open system interconnection (OSI) standard model that is well known in the art of communication systems.

[0012] The physical layer, the first layer (L1), provides an information transmission service to an upper layer by using a physical channel. The physical layer is connected with a medium access control (MAC) layer located at a higher level through a transport channel, and data between the MAC layer and the physical layer is transferred via the transport channel. Between different physical layers, namely, between physical layers of a transmission side and a reception side, data is transferred via the physical channel.

[0013] The MAC layer of Layer 2 (L2) provides services to a radio link control (RLC) layer (which is a higher layer) via a logical channel. The RLC layer of Layer 2 (L2) supports the transmission of data with reliability. It should be noted that the RLC layer illustrated in FIGS. 3(a) and 3(b) is depicted because if the RLC functions are implemented in and performed by the MAC layer, the RLC layer itself is not required. The PDCP layer of Layer 2 (L2) performs a header compression function that reduces unnecessary control information such that data being transmitted by employing Internet protocol (IP) packets, such as IPv4 or IPv6, can be efficiently sent over a radio (wireless) interface that has a relatively small bandwidth.

[0014] A radio resource control (RRC) layer located at the lowest portion of the third layer (L3) is only defined in the control plane and controls logical channels, transport channels and the physical channels in relation to the configuration, reconfiguration, and release of the radio bearers (RBs). Here, the RB signifies a service provided by the second layer (L2) for data transmission between the terminal and the UTRAN.

[0015] As illustrated in FIG. 3(a), the RLC and MAC layers (terminated in an eNodeB 20 on the network side) may perform functions such as Scheduling, Automatic Repeat Request (ARQ), and Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ). The PDCP layer (terminated in eNodeB 20 on the network side) may perform the user plane functions such as header compression, integrity protection, and ciphering.

[0016] As illustrated in FIG. 3(b), the RLC and MAC layers (terminated in an eNodeB 20 on the network side) perform the same functions for the control plane. As illustrated, the RRC layer (terminated in an eNodeB 20 on the network side) may perform functions such as broadcasting, paging, RRC connection management, Radio Bearer (RB) control, mobility functions, and UE measurement reporting and controlling. The NAS control protocol (terminated in the MME of gateway 30 on the network side) may perform functions such as a SAE bearer management, authentication, LTE_IDLE mobility handling, paging origination in LTE_IDLE, and security control for the signaling between the gateway and UE 10.

[0001] The RRC state may be divided into two different states such as a RRC_IDLE and a RRC_CONNECTED. In RRC_IDLE state, the UE 10 may receive broadcasts of system information and paging information while the UE specifies a Discontinuous Reception (DRX) configured by NAS, and the UE has been allocated an identification (ID) which uniquely identifies the UE in a tracking area and may perform PLMN selection and cell re-selection. Also, in RRC-IDLE state, no RRC context is stored in the eNodeB.

[0002] In RRC_CONNECTED state, the UE 10 has an E-UTRAN RRC connection and a context in the E-UTRAN, such that transmitting and/or receiving data to/from the network (eNodeB) becomes possible. Also, the UE 10 can report channel quality information and feedback information to the eNodeB.

[0003] In RRC_CONNECTED state, the E-UTRAN knows the cell to which the UE 10 belongs. Therefore, the network can transmit and/or receive data to/from UE 10, the network can control mobility (handover and inter-RAT cell change order to GERAN with NACC) of the UE, and the network can perform cell measurements for a neighboring cell.

[0004] In RRC_IDLE mode, the UE 10 specifies the paging DRX (Discontinuous Reception) cycle. Specifically, the UE 10 monitors a paging signal at a specific paging occasion of every UE specific paging DRX cycle.

[0005] The paging occasion is a time interval during which a paging signal is transmitted. The UE 10 has its own paging occasion.

[0006] A paging message is transmitted over all cells belonging to the same tracking area. If the UE 10 moves from one tracking area to another tracking area, the UE will send a tracking area update message to the network to update its location.

[0007] A physical channel transfers signaling and data between layer L1 of a UE and eNB. As illustrated in FIG. 4, the physical channel transfers the signaling and data with a radio resource, which consists of one or more sub-carriers in frequency and one more symbols in time.

[0008] One sub-frame, which is 1.0 ms. in length, consists of several symbols. The particular symbol(s) of the sub-frame, such as the first symbol of the sub-frame, can be used for downlink control channel(PDCCH). PDCCHs carries dynamic allocated resources, such as PRBs and MCS

[0009] A transport channel transfers signaling and data between the L1 and MAC layers. A physical channel is mapped to a transport channel.

[0010] Downlink transport channel types include a Broadcast Channel (BCH), a Downlink Shared Channel (DL-SCH), a Paging Channel (PCH) and a Multicast Channel (MCH). The BCH is used for transmitting system information. The DL-SCH supports HARQ, dynamic link adaptation by varying the modulation, coding and transmit power, and both dynamic and semi-static resource allocation. The DL-SCH also may enable broadcast in the entire cell and the use of beamforming. The PCH is used for paging a UE. The MCH is used for multicast or broadcast service transmission.

[0011] Uplink transport channel types include an Uplink Shared Channel (UL-SCH) and Random Access Channel(s) (RACH). The UL-SCH supports HARQ and dynamic link adaptation by varying the transmit power and potentially modulation and coding. The UL-SCH also may enable the use of beamforming. The RACH is normally used for initial access to a cell.

[0012] The MAC sublayer provides data transfer services on logical channels. A set of logical channel types is defined for different data transfer services offered by MAC. Each logical channel type is defined according to the type of information transferred.

[0013] Logical channels are generally classified into two groups. The two groups are control channels for the transfer of control plane information and traffic channels for the transfer of user plane information.

[0014] Control channels are used for transfer of control plane information only. The control channels provided by MAC include a Broadcast Control Channel (BCCH), a Paging Control Channel (PCCH), a Common Control Channel (CCCH), a Multicast Control Channel (MCCH) and a Dedicated Control Channel (DCCH). The BCCH is a downlink channel for broadcasting system control information. The PCCH is a downlink channel that transfers paging information and is used when the network does not know the location cell of a UE. The CCCH is used by UEs having no RRC connection with the network. The MCCH is a point-to-multipoint downlink channel used for transmitting MBMS control information from the network to a UE. The DCCH is a point-to-point bi-directional channel used by UEs having an RRC connection that transmits dedicated control information between a UE and the network.

[0015] Traffic channels are used for the transfer of user plane information only. The traffic channels provided by MAC include a Dedicated Traffic Channel (DTCH) and a Multicast Traffic Channel (MTCH). The DTCH is a point-to-point channel, dedicated to one UE for the transfer of user information

and can exist in both uplink and downlink. The MTCH is a point-to-multipoint downlink channel for transmitting traffic data from the network to the UE.

[0016] Uplink connections between logical channels and transport channels include a DCCH that can be mapped to UL-SCH, a DTCH that can be mapped to UL-SCH and a CCCH that can be mapped to UL-SCH. Downlink connections between logical channels and transport channels include a BCCH that can be mapped to BCH or DL-SCH, a PCCH that can be mapped to PCH, a DCCH that can be mapped to DL-SCH, and a DTCH that can be mapped to DL-SCH, a MCCH that can be mapped to MCH, and a MTCH that can be mapped to MCH.

[0017] It is known that different cause values may be mapped on the signature sequence used to send messages between a UE and eNB and that either Channel Quality Indicator (CQI) or path loss and cause or message size are candidates for inclusion in the initial preamble. FIG. 5 illustrates different messages exchanged between a UE and eNB during initial access.

[0018] When a UE wishes to access the network and determines a message to be transmitted, the message may be linked to a purpose and a cause value may be determined. The size of the ideal message number 3 illustrated in FIG. 5 may also be determined by identifying all optional information and different alternative sizes, such as by removing optional information, or an alternative "scheduling request" message may be used.

[0019] The UE acquires necessary information for the transmission of the preamble, UL interference, Pilot Transmit power and required Signal-to-Noise Ratio (SNR) for the preamble detection at the receiver or combinations thereof. This information must allow the calculation of the initial transmit power of the preamble. It is beneficial to transmit the uplink message in the vicinity of the preamble from a frequency point of view in order to ensure that the same channel is used for the transmission of the message.

[0020] The UE should take into account the uplink interference and the uplink path loss in order to ensure that the network receives the preamble with a minimum SNR. The uplink interference can be determined only in the ENodeB and, therefore, must be broadcast by the ENodeB and received by the UE prior to the transmission of the preamble. The uplink path loss can be considered to be similar to the downlink path loss and can be estimated by the UE from the received Rx (receiver) signal strength when the transmit power of some pilot sequence of the cell is known to the UE.

[0021] The required uplink SNR for the detection of the preamble would typically depend on the NodeB configuration, such as a number of Rx antennas and receiver performance. There may be advantages to transmitting the rather static Transmit power of the pilot and the necessary uplink SNR separately from the varying uplink interference and possibly the power offset required between the preamble and the message.

[0022] The initial transmission power of the preamble can be roughly calculated according to the following formula:

[0023] $\text{Transmit power} = \text{TransmitPilot} - \text{RxPilot} + \text{ULInterference} + \text{Offset} + \text{SNRRequired}.$

[0024] Therefore, any combination of SNRRequired, ULInterference, TransmitPilot and Offset can be broadcast. In principle, only one value must be broadcast. This is essentially the method in current UMTS systems, although the UL interference in LTE will mainly be neighboring cell interference that is probably more constant than in UMTS.

[0025] The UE determines the initial uplink transmit power for the transmission of the preamble as explained above. The receiver in the eNB is able to estimate the absolute received power as well as the relative received power compared to the interference in the cell. The eNB will consider a preamble detected if the received signal power compared to the interference is above an eNB known threshold.

[0026] The UE performs power ramping in order to ensure that a UE can be detected even if the initially estimated transmission power for the preamble is not adequate. Another preamble will most likely be transmitted if no acknowledgement or a negative acknowledgement is received by the UE before the next random access attempt. The transmit power of the preamble can be increased, and / or the preamble can be transmitted on a different uplink frequency in order to increase the probability of detection. Therefore, the actual transmit power of the preamble that will be detected does not necessarily correspond to the initial transmit power of the preamble as initially calculated by the UE.

[0027] The UE must determine the possible uplink transport format. The transport format, which may include Modulation and Coding Scheme (MCS) and a number of resource blocks that should be used by the UE, depends mainly on two parameters, specifically the SNR at the eNB and the required size of the message to be transmitted.

[0028] In practice, a maximum UE message size, or payload, and a required minimum SNR correspond to each transport format. In UMTS, the UE determines before the transmission of the preamble whether a transport format can be chosen for the transmission according to the estimated initial preamble transmit power, the required offset between preamble and the transport block, the maximum allowed or available UE transmit power, a fixed offset and additional margin. The preamble in UMTS need not contain any information regarding the transport format selected by the UE since the network does not need to reserve time and frequency resources and, therefore, the transport format is indicated together with the transmitted message.

[0029] The eNB must be aware of the size of the message that the UE intends to transmit and the SNR achievable by the UE in order to select the correct transport format upon reception of the preamble and then reserve the necessary time and frequency resources. Therefore, the eNB cannot estimate the SNR achievable by the UE according to the received preamble because the UE transmit power compared to the maximum allowed or possible UE transmit power is not known to the eNB, given that the UE will most likely consider the measured path loss in the downlink or some equivalent measure for the determination of the initial preamble transmission power.

[0030] The eNB could calculate a difference between the path loss estimated in the downlink compared and the path loss of the uplink. However, this calculation is not possible if power ramping is used and the UE transmit power for the preamble does not correspond to the initially calculated UE transmit

power. Furthermore, the precision of the actual UE transmit power and the transmit power at which the UE is intended to transmit is very low. Therefore, it has been proposed to code the path loss or CQI estimation of the downlink and the message size or the cause value in the uplink in the signature.

[0031]

[0032]

[0033] Brief Description of the Drawings

[0034] FIG. 1 illustrates a block diagram illustrating network structure of an evolved universal mobile telecommunication system (E-UMTS).

[0035] FIG. 2 illustrates a block diagram depicting architecture of a typical E-UTRAN and a typical EPC.

[0036] FIG. 3(a) illustrates the user-plane protocol for the E-UMTS.

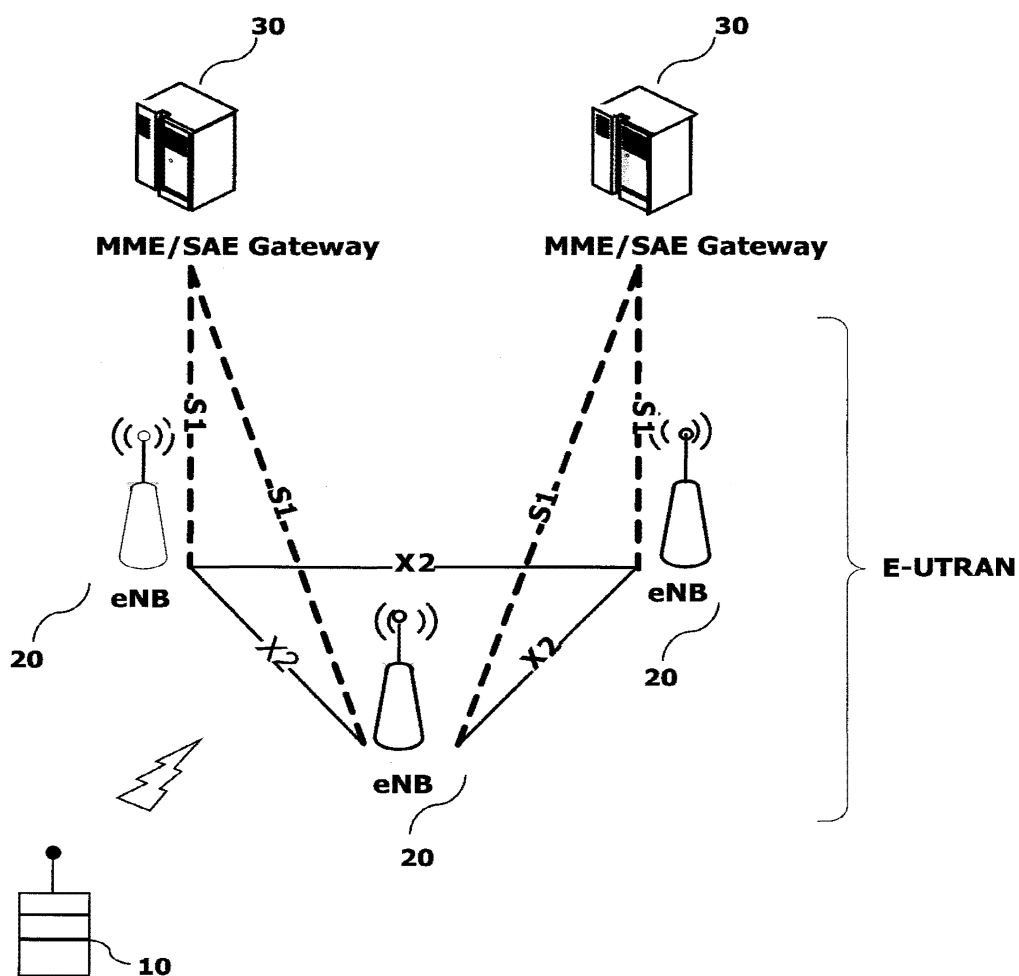
[0037] FIG. 3(b) illustrates the control-plane protocol stack for the E-UMTS

[0038] FIG. 4 illustrates a Structure of the physical channel.

[0039] FIG. 5 illustrates a Random Access procedure for E-UTRAN initial access.

[0040] FIG. 6 illustrates a block diagram of a mobile station (MS) or access terminal (AT) according to the present invention.

Fig. 1



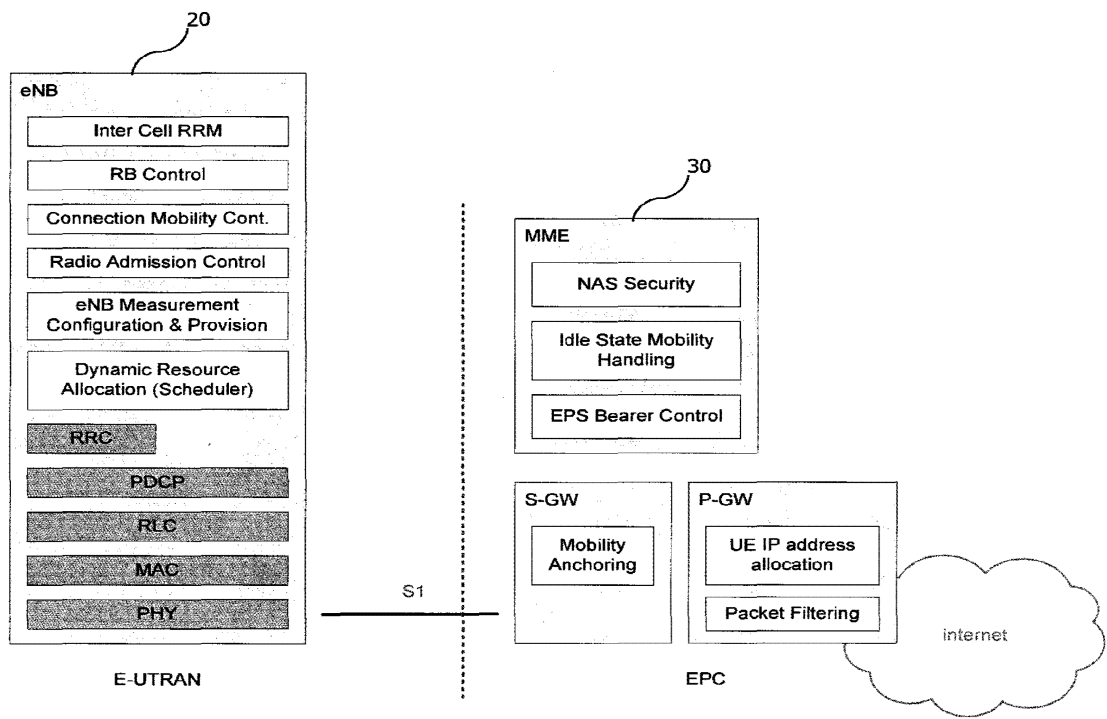


Fig. 3(a)

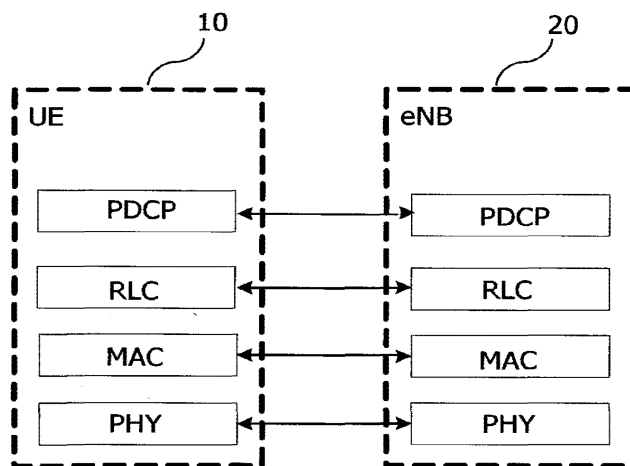


Fig. 3(b)

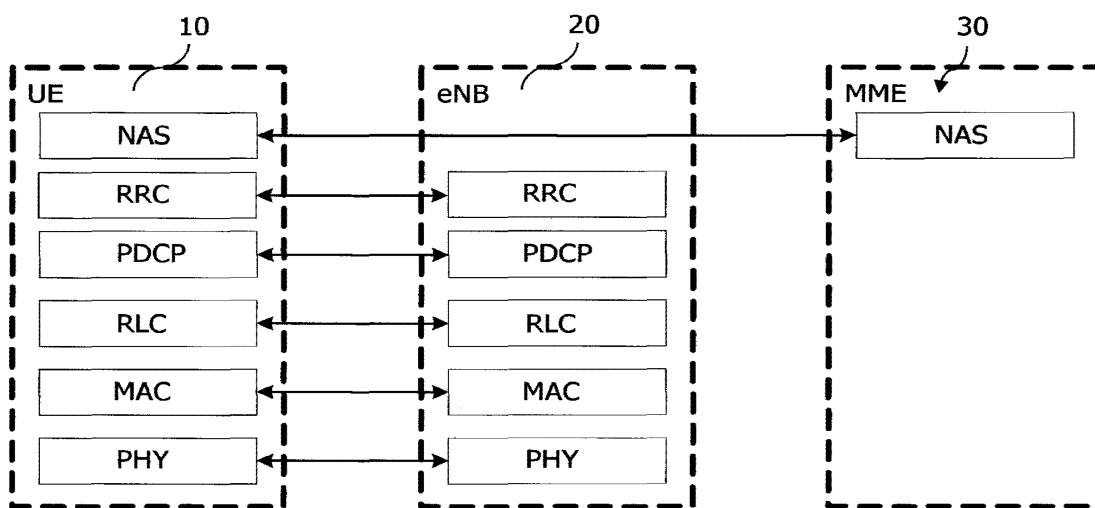


Fig. 4
Structure of the physical channel

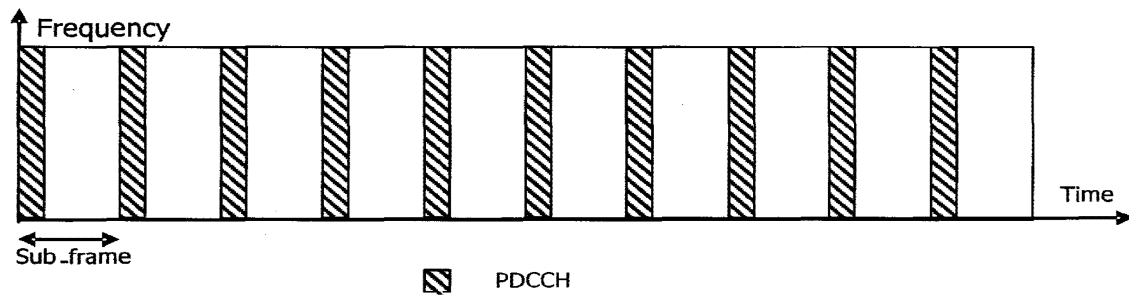


Fig. 5
Random Access procedure for E-UTRAN initial access

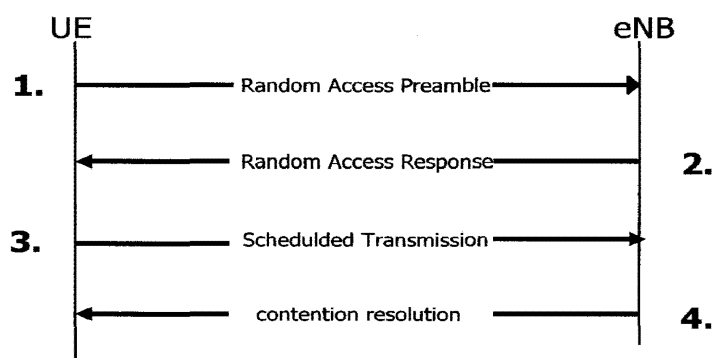
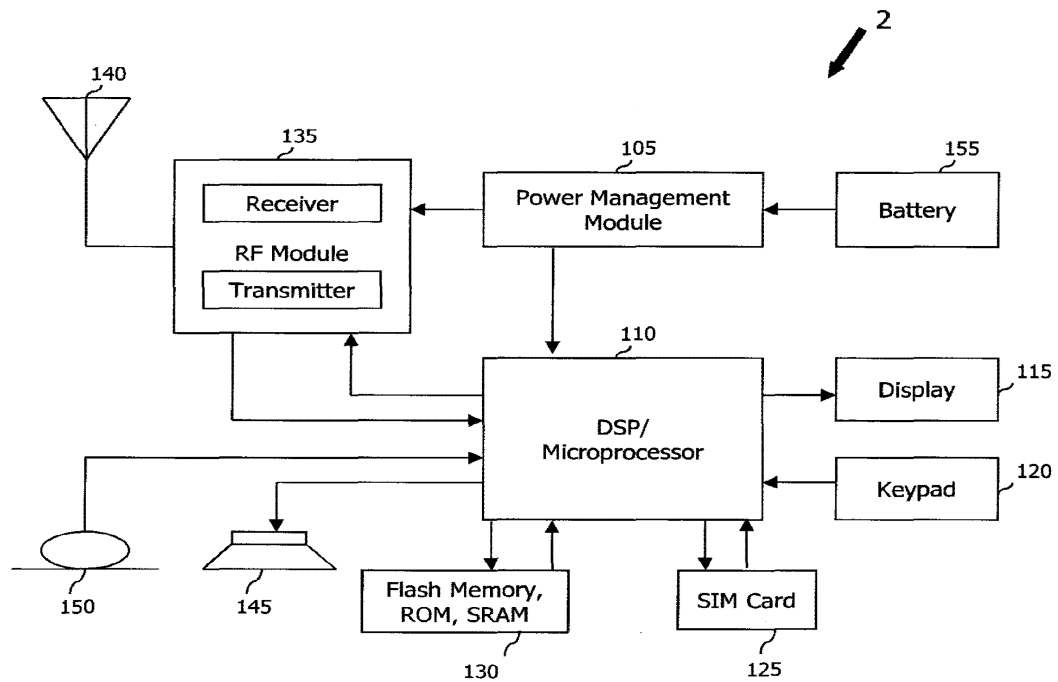


Fig. 6
MOBILE STATION/ACCESS TERMINAL



Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	29111155
Application Number:	62501048
International Application Number:	
Confirmation Number:	8283
Title of Invention:	METHOD OF DATA SCHEDULING AND HARQ OPERATION FOR NEW RADIO SYSTEM
First Named Inventor/Applicant Name:	Suckchel YANG
Customer Number:	67487
Filer:	Andrew S. Park
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	UT17-0756-US
Receipt Date:	03-MAY-2017
Filing Date:	
Time Stamp:	22:29:52
Application Type:	Provisional

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	DA
Payment was successfully received in RAM	\$ 260
RAM confirmation Number	050417INTEFSW00006597504198
Deposit Account	
Authorized User	
The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows:	

File Listing:					
Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Application Data Sheet	UT17-0756_ADS.pdf	1826390	no	10
			2d725a8aef158324e65b85d23e2f1aaf3f623e41		
Warnings:					
Information:					
2	Specification - Not in English	UT17756_SPEC.pdf	9622836	no	85
			3725831f44ab017e483b9ef6fa616d392fcc90a6		
Warnings:					
The page size in the PDF is too large. The pages should be 8.5 x 11 or A4. If this PDF is submitted, the pages will be resized upon entry into the Image File Wrapper and may affect subsequent processing					
Information:					
3	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	29826	no	2
			033810cd53145b0223ea66311ad49e08f67a632d		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			11479052		
This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503. <u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application. <u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course. <u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.					

**DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE
PATENT COOPERATION TREATY (PCT)**

International application number:	PCT/KR2018/002743
International filing date:	08 March 2018 (08.03.2018)
Document type:	Certified copy of priority document
Document details:	Country/Office: US
	Number: 62/501,048
	Filing date: 03 May 2017 (03.05.2017)
Date of receipt at the International Bureau:	17 March 2018 (17.03.2018)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)