

ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ТРАНСКОДУВАННЯ ФОРМАТІВ СТИСНЕНИХ МОВНИХ СИГНАЛІВ

У роботі розглянуто особливості транскодування форматів стиснених мовних сигналів для таких галузей народного господарства, як IP-телефонія та мультимедіа конференції. Запропоновано сценарії обробки транскодером вхідних пакетів з інкапсульованими стисненими мовними сигналами. Визначено ситуації, при яких необхідно проводити транскодування. Формалізовано модель та запропоновано структуру багатоканального транскодера.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку мереж телекомунікацій та їх поступова конвергенція вимагають від мережевого обладнання, що працює з різними форматами даних та протоколами, чіткої взаємодії та можливості в реальному часі гарантувати доставку повідомлень з одного сегменту мережі в інший. Відомо, що сьогодні розроблена велика кількість протоколів, що регламентують передачу інформаційних потоків, та форматів даних для зберігання інформації [1]. Тому часто виникають ситуації, при яких приймач повідомлення не в змозі відтворити одержане повідомлення, оскільки працює в іншому сегменті мережі, в якому не регламентована робота з протоколами чи форматами даних джерела. Для запобігання та усунення таких ситуацій в обладнанні, яке знаходиться на стику двох сегментів мережі використовується транскодери [2].

Транскодер використовуються для реалізації процесу транскодування. Задачею транскодування є перетворення повідомлень з одного формату в інший, для забезпечення адекватного сприйняття повідомлення приймачем.

У зв'язку з стрімким розвитком та широким впровадженням технологій IP-телефонії, мультимедійних конференцій актуальним стає питання дослідження транскодування саме для цих галузей народного господарства. Об'єктом транскодування в цих галузях є формати стиснених мовних сигналів.

II. Постановка проблеми

Алгоритми стиснення мовних сигналів визначають послідовність виконання операцій над даними при стисненні. Форматами стиснених мовних сигналів будемо називати дані, які були стиснені згідно з алгоритмом стиснення мовних сигналів.

До переліку форматів стиснених мовних сигналів, що використовуються в IP-телефонії та мультимедійних конференціях, входять [3]:

- ITU G.711, функціонує згідно з алгоритмом імпульсно-кодової модуляції (PCM A-law / PCM m-law) [4];
- ITU G.722, функціонує згідно з алгоритмом піддіапазонної адаптивно-диференціальної імпульсно-кодової модуляції (SB-ADPCM) [5];
- ITU G.728, функціонує згідно з алгоритмом лінійного передбачення, що генерується кодом з низькою затримкою (LD-CELP) [6];
- ITU G.723, функціонує згідно з алгоритмом лінійного передбачення, що генерується алгебраїчним кодом (ACELP) [7];
- ITU G.729, функціонує згідно з алгоритмом лінійного передбачення, що генерується алгебраїчним кодом сполученої структури (CS-ACELP) [8];

Характеристики наведених вище форматів стиснених мовних сигналів наведені у табл. 1.

Основні характеристики форматів стиснених мовних сигналів

Стандарт	ITU G.711	ITU G.722	ITU G.728	ITU G.723	ITU G.729
Алгоритм стиснення	PCM A-low	SB-ADPCM	LD-CELP	ACELP	CS- ACELP
Швидкість, кб/с	64	64/56/48	16	5,3	8
Кадр, мс	0,125	40/35/30	0,625	30/20	10
Затримка, мс	0,125/0,75/5	5	2,5	30/37,5	10
MOS	4,15	4,1	3,69	3,66	3,96
Завадостійкість	10	9/9/8	4		
Коефіцієнт стиснення	1	1/1,1/1,3	4	12	8
Частота квантування, кГц	8	7			8
Складність виконання, MIPS	0	8,4	30	16,5	21,5

Слід зазначити, що перелічені алгоритми стиснення мовних сигналів використовуються більшістю компонентів функціональної моделі мережі, яка побудована згідно зі стандартом H.323v3 [3]. Цей стандарт визначає набір рекомендацій, прийнятих Міжнародним союзом електрозв'язку, та встановлює вимоги до мультимедійних комунікаційних систем, що не гарантують якості обслуговування [3]. Зокрема, алгоритми стиснення мовних сигналів використовуються в кодексах (компресор/декомпресор) терміналів, шлюзів та пристроях управління багатоабонентськими мультимедіа-конференціями. Однак, транскодери вмонтовані тільки в шлюзах та пристроях управління багатоабонентськими мультимедіа-конференціями. За способом побудови та функціонування, транскодери вмонтовані у пристроях управління багатоабонентськими мультимедіа-конференціями, аналогічні до транскодерів, які вмонтовані у шлюзах.

Тому завдання дослідження особливостей транскодування форматів стиснених мовних сигналів зводиться до дослідження особливостей роботи спеціалізованих процесорів обробки цифрових сигналів, вмонтованих у шлюзі.

III. Аналіз літератури

У роботі [3] наведено набір рекомендацій, які регламентують стиснення мовних сигналів у мультимедійних комунікаційних системах. Опис алгоритмів, згідно з якими відбувається компресія/декомпресія мовних сигналів у транскодерів, наведено у [4-8]. Необхідно зазначити, що структура та принципи функціонування транскодерів мало досліджені та в основному обмежуються визначеннями процесу транскодування [2,9-11]. Тому у даній роботі необхідно приділити увагу розробці структури багатоканального транскодера та визначити принципи його функціонування.

IV. Постановка завдання

Формалізувати модель багатоканального транскодера. Запропонувати сценарії обробки транскодером вхідних пакетів з інкапсульованими стисненими мовними сигналами. Запропонувати структуру багатоканального транскодера.

V. Формалізація моделі багатоканального транскодера

Виконання процесу транскодування вимагає від спеціалізованих процесорів обробки цифрових сигналів вирішення наступних підзадач: приймання, декомпресії, мікшування та видачі мовних сигналів [12].

Необхідно зазначити, що транскодування форматів стиснених мовних сигналів виконується у зв'язку з необхідністю адекватного сприйняття та відтворення потоків мовних сигналів територіально віддаленими гетерогенними приймачами.

Транскодування форматів стиснених мовних сигналів виконуються при наступних ситуаціях:

- 1) коли приймач повідомлення не має засобів для відтворення повідомлення (не підтримується алгоритм компресії, що використовується джерелом);
- 2) потужність приймача не дозволяє в реальному масштабі часу відтворити повідомлення;
- 3) для покращення характеристик мовного сигналу (покращення якості мовлення, зменшенні завадостійкості, зменшенні затримок ...);
- 4) для ефективнішого використання пропускної спроможності цифрових каналів зв'язку.

Для формалізації моделі багатоканального транскодера необхідно визначити сценарії роботи транскодера та описати принцип роботи його основних блоків.

Вхідні пакети з інкапсульованими стисненими мовними сигналами характеризуються множиною векторів параметрів $S = \{S_j \mid S_j = [A_{дж}, A_{пр}, k, F_BX, Data]\}$, де $A_{дж}$ – адреса джерела повідомлення, $A_{пр}$ – адреса приймача повідомлення, k – номер пакету, F_BX – формат інкапсульованих в пакет даних, $Data$ – блок даних зі стисненими мовними сигналами. На вхід багатоканального транскодера з кожного каналу (K_1-K_N) поступають блоки даних зі стисненими мовними сигналами, які обробляються вхідним комутатором даних ($VxКом$). Вхідний комутатор, отримавши інформацію про початковий та кінцевий формат даних від пристрою керування ($ПрК$), визначає сценарії їх подальшої обробки.

Згідно зі стандартом H.323v3, на вхід багатоканального транскодера можуть поступати наступні формати стиснених мовних сигналів: G.111, G.722, G.723, G.728 та G.729. Отже, у вихідний комутатор ($VихКом$), функцією якого є збір даних для вихідних каналів ($K'_1-K'_N$), також може поступити будь-який із цих форматів. Тому в загальному випадку максимальна кількість комбінацій транскодування, що може виконуватись багатоканальним транскодером, дорівнює $m \cdot (m-1)$.

Для визначення всіх можливих шляхів та сценаріїв обробки вхідних потоків стиснених мовних сигналів, у залежності від форматів даних на вході та виході транскодера, прийmemo, що:

- $F_BX = \{F_m \mid F_m = [G.111, G.722, G.723, G.728, G.729]\}$, $m=1...5$.
- $F_ВИХ$ – вихідний формат даних, які поступають у вхідні канали $K'_1-K'_N$, $F_ВИХ = \{F_m \mid F_m = [G.111, G.722, G.723, G.728, G.729]\}$, $m=1...5$.
- P – кількість учасників, що спілкуються між собою в реальному часі. Якщо $P > 2$, то мультимедіа-конференція (сеанс IP-телефонії) називається багатоабо-нентською [13].

Відповідно до зазначеного вище, одержимо наступні сценарії обробки вхідних потоків:

- 1) Якщо $F_ВИХ = F_BX$ і $P \leq 2$, то S_j необхідно відправити у вихідний комутатор;
- 2) Якщо $F_ВИХ = F_BX$ і $P > 2$, то необхідно здійснити декомпресію S_j (блок декомпресії ($Дк(F_m)$)), провести мікшування [14] (Мікш) ($P-1$) k -пакетів учасників, відправити сформований потік даних у проміжний комутатор ($ПрКом$), який повинен, згідно із форматами $F_ВИХ$, переправити потоки у відповідні блоки компресії ($Ком(F_m)$). Після компресії потоки відправляються у вихідний комутатор. Функцією проміжного комутатора є зберігання даних для передачі необхідному компресору;
- 3) Якщо $F_ВИХ \neq F_BX$ і $P \leq 2$, то необхідно здійснити декомпресію S_j , відправити сформований потік у проміжний комутатор, який повинен, згідно із форматом $F_ВИХ$, переправити потік у відповідний блок компресії. Після компресії потік відправляється у вихідний комутатор;

- 4) Якщо $F_ВІХ \neq F_ВХ$ і $P > 2$, то необхідно здійснити декомпресію S_j , провести мікшування (P-1) k-пакетів учасників, відправити сформований потік даних у проміжний комутатор, який повинен, згідно із форматами $F_ВІХ$, переправити потоки у відповідні блоки компресії. Після компресії потоки відправляються у вихідний комутатор.
Подамо одержані результати у вигляді таблиці (табл.2).

Таблиця 2

Сценарії обробки вхідних потоків багатоканальним транскодером

№ п/п	Правила перевірки вхідних потоків	Сценарій роботи транскодера
1.	$F_ВІХ = F_ВХ$ і $P \leq 2$	$ВхКом \rightarrow ВихКом$
2.	$F_ВІХ = F_ВХ$ і $P > 2$ або $F_ВІХ \neq F_ВХ$ і $P > 2$	$ВхКом \rightarrow Дк(F_m) \rightarrow Мікш \rightarrow ПрКом \rightarrow Ком(F_m) \rightarrow ВихКом$
3.	$F_ВІХ \neq F_ВХ$ і $P \leq 2$	$ВхКом \rightarrow Дк(F_m) \rightarrow ПрКом \rightarrow Ком(F_m) \rightarrow ВихКом$

Одержані сценарії обробки вхідних потоків стиснених мовних сигналів дозволяють визначити основні складові блоки у структурі багатоканального транскодера:

- блок вхідної комутації здійснює зберігання та розподіл одержаних з каналів зв'язку стиснених мовних сигналів;
- блок декомпресії здійснює декомпресію мовних сигналів згідно з алгоритмами стиснення; кількість блоків декомпресії залежить від кількості форматів стиснених мовних сигналів; у загальному випадку кожен з блоків декомпресії може здійснювати декомпресію тільки одного формату даних; на виході будь-якого з блоків декомпресії будуть дані у форматі G.111 [4-8];
- блок мікшування, тут вхідні потоки приводяться до однієї частоти, одного бітового розширення та однієї довжини фрейму, після чого потоки змішуються за певним правилом; на виході одержується один потік даних, з якого виключається власний потік приймача повідомлення;
- блок проміжної комутації здійснює зберігання потоків, що надходять з блоку мікшування та з вхідного комутатора; перенаправляє одержані потоки у блок компресії;
- блок компресії – здійснює компресію мовних сигналів, що поступають з проміжного комутатора; кількість блоків компресії залежить від кількості форматів стиснених мовних сигналів; кожен з блоків компресії може здійснювати компресію тільки в один формат даних; на вході блоку мовні сигнали генеруються у форматі G.111 [4-8];
- блок вихідної комутації здійснює формування вихідних даних та розподіляє їх між вихідними каналами;
- пристрій керування здійснює керування блоками багатоканального транскодера.

VI. Розробка структури багатоканального транскодера

Для розробки структури багатоканального транскодера скористаємось інформацією, одержаною вище (табл. 2), та побудуємо таблицю, яка буде визначати зв'язки між блоками багатоканального транскодера (табл. 3)

Таблиця 3

Зв'язки між блоками багатоканального транскодера

	ВхКом	Дк(F _m)	Мікш	ПрКом	Ком(F _m)	ВихКом
ВхКом		→	→	→		→
Дк(F _m)			→	→		

Мікш				→		→
ПрКом					→	
Ком(F _m)						→
ВихКом						
ПрК	→,←		→,←	→,←		→,←

На основі таблиці 3 побудуємо структуру багатоканального транскодера (рис. 1).

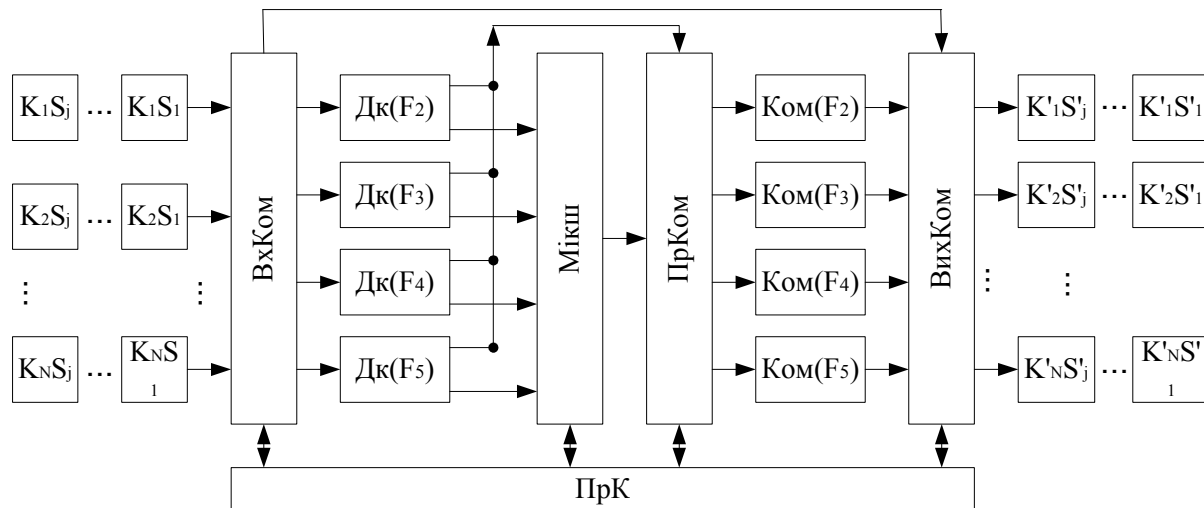


Рис. 1. Структура багатоканального транскодера

Отже, як видно з рис. 1, багатоканальний транскодер є лінійною конвеєрною схемою із послідовно з'єднаних комутатора входних даних, декомпресорів, блоку міксування, проміжного комутатора, компресорів та комутатора вихідних даних.

VII. Висновок

Значна кількість територіально віддалених гетерогенних джерел, що працюють з різними форматами повідомлень, вимагають від мережевого обладнання ефективного перетворення форматів повідомлень в реальному часі.

Для вирішення цієї задачі в обладнанні використовують транскодери – технічні засоби для перетворення повідомлень з одного формату в інший, що реалізуються на базі цифрових процесорів обробки інформації. Широкому впровадженню транскодерів сприяє розвиток IP-телефонії, мультимедіа конференції. Об'єктом транскодування в цих галузях є формати стиснених мовних сигналів.

Однак теорія транскодування форматів стиснених мовних сигналів недостатньо досліджена. Тому в даній роботі зверталась увага на розвиток теоретичних основ транскодування. Зокрема, запропоновано сценарії обробки входних пакетів з інкапсульованими стисненими мовними сигналами транскодером, визначено ситуації, при яких необхідно проводити транскодування. На основі аналізу сценаріїв обробки входних пакетів визначено основні складові блоки багатоканального транскодера, що дозволило формалізувати його модель. На основі формалізованої моделі багатоканального транскодера запропоновано його структуру, яка є лінійною конвеєрною схемою з послідовно з'єднаних комутатора входних даних, декомпресорів, блоку міксування, проміжного комутатора, компресорів та комутатора вихідних даних.

In this work considered the particularities of transcoding of formats of compressed speech signals for IP-telephony and multimedia conference. The scenarios processing of entrance packages with the encapsulated compressed speech signals by transcoder are offered. A model is formalized and the structure of multichannel transcoder is offered.

Література

1. Буров Є. Комп'ютерні мережі. - Львів: Бак, 1999. –468 с.
2. Marwan Jabri. Design hits media standards wall. EE Times. № 02, 2002.
3. International Telecommunication Union, "Packet based multimedia communication systems", Recommendation H.323 / Telecommunication Standardization Sector of ITU, Geneva, Switzerland, Feb., 1998.
4. Recommendation G.711, "Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies", ITU-T G Series Recommendations, 1988.
5. Recommendation G.722, "7 KHz Audio Coding within 64 kbits/s," Blue Book, Vol. III, Fascicle III, Oct. 1988.
6. Recommendation G.728, "Coding of Speech at 16 kbit/s Using Low-Delay Code Excited Linear Prediction (LD-CELP)," 1992.
7. Recommendation G.723, "Extensions of Recommendation G.721 Adaptive Differential Pulse Code Modulation to 24 and 40 Kbits/s for Digital Circuit Multiplication Equipment Application," Melbourne, 1988.
8. Recommendation G.729, "Coding of Speech at 8 kbit/s Using Conjugate-Structure Algebraic Code-Excited Lin-ear-Prediction (CS-ACELP)," 1995.
9. Robert Padjen , Sean Thurston , Michael E. Flannagan. Cisco AVVID IP Telephony and Design &Implementation. Syngress, 2001. – 608 p.
10. www.digivoxcom.com
11. <http://resource.intel.com/telecom/support/appnotes/rd001/1858-01.pdf>
12. Гольдштейн В.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-Телефония. – М.: Радио и Связь, 2001. – 336с.
13. Коркішко Т., Шевчук Р. Часові характеристики паралельних багатобонентських мультимедіа конференцій рекурсивної архітектури // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль, 2004. № 2. – С. 109 – 116.
14. Rangan P. V., Harrick M., Ramanathan V. S., Communication Architectures and Algorithms for Media Mixing in Multimedia Conferences, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.1, No.1, February 1993.

Одержано 04.01.2005 р.