

Задачі створення облікового запису студента чи надання студентіві доступу до курсу реалізуються автоматично, використовуючи дані навчального плану та бази користувачів мережі Університету.

Висновки

Наведена в розділі 3 навчальна система розроблена в Національному університеті "Львівська політехніка" в рамках проекту "Національний центр інноваційних технологій у навчанні" за програмою Tempus/Tacis та впроваджена в навчальний процес з початку 2001/2002 навчального року.

Вважаємо, що незаперечною перевагою такої системи є інтеграція нормативних документів, які регламентують навчальний процес в Університеті (навчальний план спеціальності, робоча програма дисципліни, навантаження викладача, графік навчального процесу) із змістом дисципліни. Це забезпечує цілісне уявлення користувача про навчальну програму та єдину точку доступу до усієї інформації, пов'язаної з організацією навчального процесу.

1. Ю.Рашкевич. Інформаційні технології у навчальному процесі. Львів, 2000.
2. Д.Пелешко, А.Стецюк. Web-технології як основа сучасних інформаційних технологій в навчанні. Вісник НУ "Львівська політехніка" N413, с.74-78.
3. М.Пасека, А.Стецюк. Інструментальні засоби для створення систем навчання з використанням Web. Праці семінару Національного центру інноваційних технологій у навчанні. К., 2000, с.34-41.

УДК 681.84.087.4

НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТЕЙ ЗВУКІВ У ПРОЦЕСІ СПОВІЛЬНЕНОГО ВІДТВОРЕННЯ МОВНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ

© З. Шпак, Л. Шпак

Національний університет "Львівська політехніка"

Запропоновано математичну модель нормування тривалості мовних елементів для методів адаптивного часового масштабування голосових записів. Наведено числові параметри моделі для мовних елементів базових темпоральних класів.

Computer model for normalization of speech element duration is suggested. Non-linear normalizing function naturally limits the time-scale modification of long phones

during the processes of speech adaptive slowdown playback. Numerical values of model parameters for main temporal classes speech elements are presented.

Вступ

Можливість керування швидкістю відтворення мовних записів дає змогу істотно підвищити ефективність переважної більшості технологій комп'ютерного опрацювання усномовної інформації. Зокрема, засоби сповільненого відтворення мовних записів є необхідною компонентою автоматизованих навчальних систем (передусім для вивчення іноземних мов), процесів лікування заїкання, фоноскопичних експертиз, стенографічного опрацювання текстів, синхронізації звукового супроводу з відеозображеннями та багатьох інших сфер роботи з голосовою інформацією. Тому першочерговим завданням сповільнення мовних повідомлень є забезпечення високої розбірливості та натуральності звучання перетвореного в часі мовного потоку, а також збереження просодичних особливостей голосу мовця. Досягнення даної мети вимагає максимального наближення методів часової трансформації мовного потоку до природних процесів перетворення тривалостей мовних елементів у випадках зміни темпу мовлення.

Модель темпорального перетворення мовного потоку

За однорідністю діапазонів тривалостей та спільними особливостями перетворень структур мовних сигналів у широкому діапазоні зміни темпу мовлення з усієї множини звуків української мови виділено набір темпоральних класів [1]: наголошені голосні, ненаголошені голосні, сонорні приголосні, щілинні приголосні, зімкнені дзвінки та глухі приголосні. Окремі дві темпоральні групи утворюють паузи – зімкнення та міжсловні, поведінка яких при зміні швидкості мовлення є істотно відмінною.

Записаний мовний потік X^m зобразимо послідовністю елементів x_i^m (звуків та пауз), кожен з яких характеризується своєю тривалістю t_i^m та класом c_j , що відповідає одному з K встановлених темпоральних класів:

$$X^m = \{x_1^m(t_1^m, c_1), x_2^m(t_2^m, c_2), \dots, x_i^m(t_i^m, c_i), \dots\}. \quad (1)$$

Звуковий потік X^{out} у випадку сповільнення в k разів темпу відтворення мовної інформації буде формуватись з послідовності перетворених вхідних елементів $x_i^{out}(k)$:

$$X^{out} = X^{out}(k) = \{x_1^{out}(t_1^{out}(k)), x_2^{out}(t_2^{out}(k)), \dots, x_i^{out}(t_i^{out}(k)), \dots\}, \quad (2)$$

де t_i^{out} – тривалість перетвореного i -го мовного елемента.

Загальна модель адаптивної часової трансформації елементів мовного потоку [2] передбачає диференційоване перетворення звукових ділянок, залежне від їх початкових параметрів. У розробленій в [1] моделі сповільнення тривалість розтягнутого i -го звукового елемента t_i^{out} визначається його вхідною тривалістю t_i^m та значенням загального коефіцієнта сповільнення k , пов'язаних залежною від темпорального класу даного звуку функцією відносної зміни тривалості (ФВЗТ) $s_j(j = j(c_j) = \overline{1, K}); t_i^{out} = s_j(k)t_i^m$.

Водночас, у процесі дослідження змін тривалостей звуків при сповільненні темпу мовлення встановлено закономірність природного обмеження на розтягування звуків та пауз, які відрізнялись значними тривалостями у розмовному темпі. Такі обмеження

найбільш характерні для подовжених приголосних, голосних, які в силу якихось обставин (значний просодичний наголос, випадкова протяжність та ін.) перевищували певний поріг тривалості, та для довгих синтагматичних пауз. А для звуків, тривалість яких у розмовному темпі була помітно меншою за середню для даного класу, відзначено вище за середнє зростання тривалості. В обох випадках проявлялась тенденція наближення тривалості звуку в повільному темпі до середнього значення, властивого для елементів даного темпорального класу.

Для врахування особливостей лімітованої зміни тривалості мовних елементів, довжини яких в звичайному темпі виходять за часові межі свого звукового класу, у модель темпоральної трансформації мовних сигналів звуків введено функцію нормування тривалості $\eta(t)$. Це дозволяє поширити загальну модель темпоральних перетворень на основі розроблених ФВЗТ на всі звуки без втрати природних властивостей обмеженого збільшення надмірно довгих чи коротких мовних елементів:

$$t_i^{out} = t_i^{out}(k) = T_j(t_i^m, k) = s_j(k)t_i^{norm} = s_j(k)\eta_j(t_i^m), \quad (3)$$

де $T_j(t, k)$ – функція темпоральної зміни тривалості мовних елементів j -го класу; $t_i^{norm} = \eta_j(t)$ – пронормоване значення початкової тривалості даного мовного елемента.

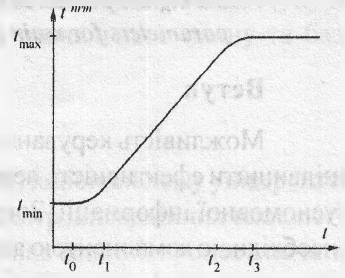
Побудова нормувальної функції

Функцію нормування тривалості звуків задаємо кривою (див. рис.), яка обмежує знизу і зверху випадкові відхилення тривалостей звуків у звичайному мовному темпі:

$$t_{norm} = \eta(t) = \begin{cases} t_{min}, & t < t_0; \\ g_1(t), & t_0 \leq t < t_1; \\ t, & t_1 \leq t \leq t_2; \\ g_2(t), & t_2 < t \leq t_3; \\ t_{max}, & t > t_3, \end{cases} \quad (4)$$

де $t_p = t_p^{(j)}$ ($p = \overline{0, 3}$) – опорні точки кривої нормування тривалості мовних елементів j -го темпорального класу; $g_1(t)$, $g_2(t)$ – перехідні ділянки кривої нормування; $t_{min} = t_{min}^{(j)}$ і $t_{max} = t_{max}^{(j)}$ – відповідно мінімальна та максимальна допустима тривалість мовних елементів j -го класу.

Розподіли тривалостей мовних елементів усіх темпоральних класів є близькими до нормальних з певними асиметрією та ексцесом у бік більшої тривалості. Експериментально підібрано найбільш відповідні значення параметрів нормувальної залежності (4):



Загальний графік функції нормування тривалості мовних елементів

$$\begin{cases} t_{min} = t_m - 2,2\sigma; & t_{max} = t_m + 2,3\sigma; \\ t_0 = t_m - 2,5\sigma; & t_1 = t_m - 1,5\sigma; \\ t_2 = t_m + 1,6\sigma; & t_3 = t_m + 2,7\sigma, \end{cases} \text{ у випадку } \frac{t_m}{\sigma} \geq 2,5; \quad (5)$$

та

$$\begin{cases} t_{min} = t_m - 1,7\sigma; & t_{max} = t_m + 2,5\sigma; \\ t_0 = t_m - 1,8\sigma; & t_1 = t_m - 1,2\sigma; \\ t_2 = t_m + 1,7\sigma; & t_3 = t_m + 2,8\sigma, \end{cases} \text{ у випадку } \frac{t_m}{\sigma} < 2,5, \quad (6)$$

де $t_m = t_m^{(j)}$ – середня тривалість мовних елементів j -го темпорального класу в звичайному розмовному темпі; $\sigma = \sigma(j)$ – середньоквадратичне відхилення розподілу тривалостей цих елементів.

У табл. 1 наведено числові значення параметрів функцій нормування для груп звуків, що характеризуються подібністю темпоральної поведінки та спільними діапазонами тривалості: наголошених і ненаголошених голосних, сонорних, щільних, дзвінких

Таблиця 1

Параметри функцій нормування тривалості мовних елементів базових темпоральних класів.

Класи мовних елементів		Параметри тривалості (мс)								
		t_m	σ	t_{max}	t_{min}	t_0	t_1	t_2	t_3	
Голосні	наголошені	192	47	300,1	88,6	74,5	121,5	267,2	318,9	
	ненаголошені	117	30	186,0	51,0	42,0	72,0	165,0	198,0	
Приголосні	сонорні	89	25	146,5	34,0	26,5	51,5	129,0	156,5	
	щільні, африкати	166	28	230,4	104,4	96,0	124,0	210,8	241,6	
	зімкнені	дзвінкі	36	17	78,5	8,8	5,4	15,6	64,9	83,6
		глухі	29	14	64,0	6,6	3,8	12,2	52,8	68,2
Паузи	зімкнення	92	20	138,0	48,0	42,0	62,0	124,0	146,0	
	міжслівні	258	82	446,6	77,6	53	135,0	389,2	479,4	

і глухих зімкнених приголосних, а також міжслівних та внутрішньослівних пауз.

Формули проміжних нормувальних ділянок $g_1(t)$, $t_0 \leq t < t_1$ та $g_2(t)$, $t_2 < t \leq t_3$ визначаємо з умов забезпечення згладженого пере-

ходу від початкової нормувальної ділянки ($t_{norm} = t_{min}$) до основної, на якій $t_{norm} = t$, та від основної до кінцевої нормувальної ділянки ($t_{norm} = t_{max}$). Отже, для побудови $g_1(t)$ та $g_2(t)$ маємо по чотири умови, які задають значення нормувальної функції $\eta(t)$ у кінцевих точках перехідних ділянок та значення коефіцієнтів нахилу кривої нормування у цих точках:

$$\begin{cases} g_1(t_0) = t_{min}; & g_1'(t_0) = 0; \\ g_1(t_1) = t_1; & g_1'(t_1) = 1; \end{cases} \quad (7)$$

та відповідно

$$\begin{cases} g_2(t_2) = t_2; & g_2'(t_2) = 1; \\ g_2(t_3) = t_{max}; & g_2'(t_3) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Тому обидві перехідні ділянки апроксимуємо кубічними поліномами:

$$g_1(t) = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3, \quad t_0 \leq t < t_1; \quad (9)$$

$$g_2(t) = c_0 + c_1t + c_2t^2 + c_3t^3, \quad t_2 < t \leq t_3. \quad (10)$$

Підставивши (9) в (7), отримаємо систему 4-х рівнянь, розв'язок якої дає значення коефіцієнтів многочлена ділянки $g_1(t)$:

$$\begin{aligned} b_3 &= \frac{t_1 + t_0 + 2t_{min}}{t_0^3 - t_1^3 + 3t_0t_1(t_1 - t_0)}, & b_2 &= \frac{1 - 3b_3(t_1^2 - t_0^2)}{2(t_1 - t_0)}, \\ b_1 &= 1 - 2b_2t_1 - 3b_3t_1^2, & b_0 &= t_1 - b_1t_1 - b_2t_1^2 - b_3t_1^3. \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогічно, розв'язавши систему (8) для полінома (10), визначаємо коефіцієнти другої перехідної ділянки $g_2(t)$:

$$\begin{aligned} c_3 &= \frac{2t_{max} - t_2 - t_3}{3t_3t_2(t_3 - t_2) + t_2^3 - t_3^3}, & c_2 &= \frac{-1 - 3c_3(t_3^2 - t_2^2)}{2(t_3 - t_2)}, \\ c_1 &= -2c_2t_3 - 3c_3t_3^2, & c_0 &= t_{max} - c_1t_3 - c_2t_3^2 - c_3t_3^3. \end{aligned} \quad (12)$$

Значення коефіцієнтів b_i, c_i ($i = \overline{0, 3}$) перехідних ділянок функцій нормування тривалості для мовних елементів базових темпоральних класів наведено в табл.2.

Висновки

Корекція базової тривалості мовних елементів (звуків і пауз) на першому етапі процесу адаптивного часового масштабування голосових записів дозволяє надалі застосовувати загальну схему нелінійних трансформацій тривалості [3] на основі ФВЗТ, що визначаються класом звуку та заданим коефіцієнтом зміни темпу, без огляду на початкову тривалість мовних елементів.

Запропоновані функції нормування тривалості забезпечують підвищення розбірливості та натуральності мовного запису, що відтворюється в зміненому темпі, оскільки вони зберігають оригінальність дикторської вимови для переважної більшості звуків і водночас лімітують зміну тривалості мовних елементів, час вимови яких виходить за встановлені природні межі. Експериментальні прослуховування підтвердили помітне покращення якості та високу

Таблиця 2
Параметри перехідних ділянок нормувальних функцій.

Класи мовних елементів		Коефіцієнти перехідних ділянок								
		b_0 *10 ⁻²	b_1 *10 ⁰	b_2 *10 ²	b_3 *10 ⁴	c_0 *10 ⁻²	c_1 *10 ⁻¹	c_2 *10 ¹	c_3 *10 ⁴	
Голосні	наголошені	2,93	-6,50	6,39	-1,81	18,20	-1,99	0,80	-1,02	
	ненаголошені	1,49	-5,43	9,27	-4,44	10,50	-1,85	1,21	-2,50	
Приголосні	сонорні		0,77	-3,68	9,49	-6,40	7,19	-1,62	1,36	-3,61
	щільні, африкати		9,18	-21,6	18,6	-5,10	25,60	-3,61	1,79	-2,87
	зімкнені	дзвінки	0,12	-1,34	10,5	-32,0	3,96	-1,67	2,63	-13,1
		глухі	0,09	-1,11	17,3	-47,2	3,15	-1,63	3,15	-19,2
Паузи	зімкнення		2,19	-9,91	18,1	-10,0	10,10	-2,40	2,05	-5,63
	міжслівні		1,24	-1,92	2,29	-0,60	18,20	-1,34	0,38	0,34

природність звучання сповільнено відтворених голосових повідомлень у випадках застосування функцій нормування оригінальної тривалості мовних елементів (особливо для протяжних звуків та початково довгих пауз). Розроблені криві корегування тривалості можна ефективно використовувати також у процесах прискороного відтворення мовних даних, оскільки вони підтримують лімітоване скорочення короткотривалих звуків.

1. Шпак З.Я. Модель сповільнення темпу подання мовної інформації. // "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології", Вісник ДУ"Львівська політехніка" №351. Львів, 1998. С. 98-106.
2. Рашкевич Ю.М. Перетворення часового масштабу мовних сигналів. Львів, 1997.
3. З.Шпак. Фіксоване часове масштабування фрагментів мовного потоку на основі адаптивного підходу. / Вісник Державного університету "Львівська політехніка": Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. Львів, 1999. №380. С. 101-109.

УДК 621.397.3

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ КРЕДИТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: КРЕДИТИ ІЗ СЕКВЕНЦІЙНИМИ ВНЕСКАМИ

© Е. Марецька

Державний НДІ інформаційної інфраструктури
Академія інформатики та управління

Розроблено математичні моделі консолідації кредитів, які сплачують у секвенційних внесках. Моделі враховують різноманітні способи нарахування процентів: простий чи складний, постійну чи змінну процентні ставки. Створена інформаційна система дає можливість порівнювати кошти кредитів, знаходити оптимальні умови надання кредитів.

The mathematical models for consolidation of credits, which are repaid in sequential instalments, are carried out. The models allow various ways of charge of interests: simple or compound interest, fixed or floating interest rate. The created informational system enables to compare the costs of credits, and to find optimum conditions of granting the credits.

Частими є випадки, коли один клієнт сплачує декілька кредитів одному кредиторі. Будь-яка затримка сплати клієнтом чергового внеску вимагає оперативного перегляду подальшого графіка сплати всіх кредитів [1,2]. При цьому як з боку клієнта, так і з боку кредитодавця може ініціюватися процедура консолідації (об'єднання) всіх